



**Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Filosofía y Letras
Colegio de Geografía**

***USO DE LAS IMÁGENES DE SATELITE SPOT 5 PARA LA
ACTUALIZACIÓN
DE CARTAS TOPOGRAFICAS ESCALA 1: 100,000***

**INFORME ACADÉMICO POR ACTIVIDAD PROFESIONAL
Que para obtener el Título de
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

P R E S E N T A

Ramón Iván Cervantes Reyes



Asesor: Lic. Manuel Salvador Vázquez Díaz

México, D.F.

Mayo 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA.

A mis padres Silvia y Ramón les agradezco su apoyo incondicional su guía y confianza que depositaron para alcanzar mis sueños. Soy afortunado por contar siempre con su amor y ejemplo este trabajo es de ustedes.

A mis hermanos Cinthya Rubí y Mario Alán cómplices y testigos de vida que me han acompañado en esta aventura que significó la licenciatura y que de forma incondicional, entendieron mis ausencias y mis malos momentos.

A ti Miriam, por brindarme aliento y apoyo, gracias por entenderme como nadie, por acompañarme en esta experiencia llamada geografía y por compartir este extenso viaje llamado vida conmigo...te amo.

A ti Camila por haber llegado en el mejor momento de mi vida te amo hija mía.

A mis abuelos Ramón, Micaela, Lucio y María Luisa (+) por inculcarme su buen ejemplo vida y sus enseñanzas en cada momento que hemos pasado juntos los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS.

El presente trabajo es un esfuerzo en el cual, directa e indirectamente, han participado varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañándome en los momentos de apuro y en los momentos de felicidad.

Agradezco infinitamente a mi alma máter la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Filosofía y Letras y por su puesto al Colegio de Geografía, por forjarme no solo como geógrafo sino también por hacer de mí un ser humano completo. Muchas gracias por entregarme las mejores experiencias de mi vida.

Quiero agradecer a mi asesor al Mtro. Manuel Salvador Vázquez Díaz por haber confiado en mi persona desde el momento en que me conoció, por la paciencia y su admirable disposición a enseñar, gracias he aprendido muchísimo de usted.

Al Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez por el apoyo y el ánimo que me brindó, al Ing. Marcos Palemón Hernández Sánchez por haberme puesto a prueba como estudiante, al Mtro. José Luis Luna Montoya por la atenta lectura de este trabajo y, por último pero no menos importante, al Mtro. y compañero de generación Gonzalo Hatch Kuri por sus comentarios en todo el proceso de elaboración de este trabajo y sus atinadas correcciones.

Gracias también a mis compañeros, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante estos años de convivir dentro y fuera del salón de clase. Viridiana Zaldívar, Parra, Rosa Martha Peralta, Israel Peyro, Cristian Lomeli y a Guille por las facilidades que me otorgo para que esta meta se hiciera alcanzara.

A mis amigos del alma: Daniel Fernando, Neri David, Sayuri, Nancy Paola, Paty Medicina y Emmanuel Azul sé que cuento con ustedes, muchas gracias por ofrecerme su amistad.

A mis compañeros y amigos del Servicio Cartográfico Juan Daniel Castillo Rosas por su confianza y paciencia depositada a mi persona, a Ismael Cuauhtémoc Gómez Flores a Marco Antonio Hernández Gómez, Juan Carlos Gómez, Javier Bernal Mitra, Ulises González Rivera y Armando Ramírez León gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARTOGRAFÍA	
1.1 Antecedentes de la producción y actualización cartográfica en México	10
1.2 Mapas actuales	12
1.3 Antecedentes de la Dirección General de Cartografía	14
1.3.1 La Comisión de Estadística Militar	16
1.3.2 La Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística	17
1.3.3 La Comisión Geográfico-Exploradora	18
1.3.4 La Comisión Mexicana de Límites con Estados Unidos	24
1.3.5 La Comisión Geodésica Mexicana	28
1.3.6 Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos	29
1.3.7 Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrografía	32
1.3.8 Servicio Geográfico Militar	33
1.3.9 Servicio Geográfico del Ejército	34
1.3.10 Comisión Cartográfica Militar	35
1.3.11 Departamento Geográfico Militar	36
1.4 Dirección General de Cartografía	37
1.4.1 Objetivos institucionales para el desarrollo cartográfico	38
1.4.2 Estructura de trabajo de la Dirección General de Cartografía	40
1.4.3 Organigrama de la Dirección General de Cartografía	40
CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL	
2.1 Cartografía	46
2.2 Definición de cartografía	55
2.3 Importancia de la cartografía	55
2.4 Clasificación de la cartografía	58
2.4.1 Por usos	58
2.4.2 Por escala	59
2.4.3 Componentes de la cartografía	61

2.5 Carta topográfica	61
2.6. Información marginal y simbología	62
2.6.1 Percepción remota	66
2.6.2 Modelo Digital de Elevación MDE o MDT	67
2.7 Marco legal	71

CAPITULO III ACTUALIZACIÓN DE UNA CARTA TOPOGRÁFICA ESCALA 1:100,000

3.1 Actualización Mediante Fotografías Aéreas e Imágenes de Satélite	73
3.1.2 Edición y actualización de cartografía digital	75
3.2 Generalidades	75
3.3 Principales ventajas de las cartas en formato digital	83
3.4 Proceso para crear y copiar las cartas a elaborar así como sus niveles de información básicos en una carta digital	87
3.5 Edición y actualización de los niveles o coberturas de la carta	90
3.5.1 Coberturas que integran la carta para su actualización	90
3.6 Integración de las coberturas actualizadas	96
3.6.1 Mapa composición	96
3.7 Diagrama de flujo	97
CONCLUSIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	100

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Fig.- 1 Guión representativo de la Comisión Geográfico Exploradora	19
Fig.- 2 Coronel e Ingeniero Agustín Díaz	20
Fig.-3 Monumento de mármol 1882	24
Fig.-4 Monumento de mármol 2007	25
Fig.-5 Mapa Comisión Geográfico Exploradora	28
Fig.-6 Insignia de la Comisión Geodésica Mexicana	29
Fig.-7 Fracción Sureste de la Carta General de la República 1:2'000,000	32
Fig.-8 Insignia del Servicio Geográfico del Ejército	35

Fig.-9 Divisa de la Comisión Cartográfica Militar	36
Fig.-10 Organización actual del Servicio de Cartografía	44
Fig.-11 Componentes de un mapa	61
Fig.-12 Numero de hoja	63
Fig.-13 País y escala de hoja	63
Fig.-14 Carta Topográfica	64
Fig.-15 Índice de hojas adyacentes	65
Fig.-16 Modelo Digital de Elevación	67
Fig.-17 Modelo Digital del Terreno	68
Fig.-18 Base de datos relacionada a un elemento hidrográfico	76
Fig.-19 Generación de cartografía digital con equipos y programas de cómputo especializados	77
Fig.-20 Sistema de información geográfica	78
Fig.-21 Localización de objetivo	79
Fig.-22. Carta digital	80
Fig.-23 Satélite de percepción remota <i>SPOT</i>	81
Fig.-24 Conversión de cartografía en papel a digital	81
Fig.-25 Ejemplo de carta formada por <i>pixeles</i>	82
Fig.-26 Ejemplo de carta formada por vectores	82
Fig.-27 Localización de un sitio y consulta de su base de datos asociada	83
Fig.-28 Niveles de información de una carta digital	85
Fig.-29 Prevención de desastres naturales	86
Fig.-30 Referencias	88
Fig.-31 Comandos	89
Fig.-32 Despliegue de grafico	91
Fig.-33 Personal y equipo	93
Fig.-34 SIGEM	95
Fig.-35 Vectorización digital	96

INTRODUCCIÓN

Por mucho que se investigue en la historia, no es posible establecer el momento exacto en el que el hombre emprendió la elaboración de los primeros mapas. En realidad se remonta a los primitivos pueblos de los tiempos prehistóricos. Se podría decir, que desde su aparición en la Tierra el hombre intentó avanzar más allá del ámbito de sus inmediatas necesidades, movido por necesidad de conocer y apropiarse del entorno, la necesidad de alcanzar nuevos recursos y la esperanza de encontrar mejores condiciones de clima y alimento, le estimularon para aventurarse a lo desconocido.

La representación de un itinerario de caza, el recuerdo gráfico de una montaña o de un valle, ha sido una de las más antiguas formas de expresión del hombre. Hoy día, estos documentos son parte de la historia del arte figurativo del ser humano más que en la historia de la cartografía. Pero en la época en que dichos mapas fueron trazados por los Asirios, tales como el antiguo mapa de Mesopotamia, los Fenicios hicieron lo mismo con sus rutas de comercio, Babilonios y Cartaginenses representaron rigurosos secretos de Estado. Por ejemplo, un capitán Fenicio estaba obligado a abandonar su nave antes que revelar la ruta al enemigo (UTHEA, 1998)

Cualquier mapa por impreciso que fuera, sugería un itinerario, una ruta para alcanzar nuevas riquezas ¿Quién hubiera comunicado informaciones de tal importancia desconocida a los enemigos? Por eso en las más antiguas civilizaciones mediterráneas el estudio de la cartografía permitió el descubrimiento

de nuevos espacios que antes no se conocían, que mas tarde fueron conocidos por otros pueblos.

A lo largo del siglo XX, los avances de la cartografía, fueron paralelos al desarrollo de las ciencias de la Tierra, tales como la geomorfología y la geología apareciendo especialidades como la geofísica, la geoquímica, la edafología, la hidrología, la meteorología, la sismología, la climatología, la mineralogía, la vulcanología, la tectónica, la petrología, la petrografía, la oceanografía, la geodesia y la topografía; las cuales han estado íntimamente ligadas al desarrollo tecnológico de instrumentos para la medición y captura de datos terrestres. La mayor parte de estos instrumentos fueron diseñados para uso militar, estratégico y secreto por los países más desarrollados, sin embargo, paulatinamente se han ido comercializando para un uso más general aunque con menor detalle y alcance que las versiones originales.

La fotografía aérea que empezó a utilizarse durante la Primera Guerra Mundial y las técnicas para elaborar mapas a partir de la fotogrametría, generaron durante las primeras décadas del siglo XX cartas y junto con ellos información militar secreta. Actualmente las técnicas se complementan con los sistemas de posicionamiento global (GPS), imágenes de satélite, estaciones totales de trabajo, distanciometros electrónicos y sistemas de información geográfica (SIG), que sirven para la elaboración y actualización de las cartas topográficas que describen con mayor precisión la configuración de la superficie terrestre. En el siglo XXI la elaboración y el uso de Mapas están inmersos en un proceso revolucionario. (Noble, 1998)

Son tan grandes los cambios que los geógrafos y cartógrafos buscan precedentes en el renacimiento (S. XV y XVI), por su ritmo y magnitud; la actual revolución puede ser, sin embargo, verdaderamente incomparable, ante los aclamados logros de los grandes personajes de la cartografía.- Eratóstenes, Claudio Ptolomeo, Mercator y los Hermanos Cassini.

Generaciones enteras de brújulas, cuadrantes y teodolitos aparecieron antiguos en comparación con las computadoras, cámaras, escáners multiespectrales, satélites, GPS y SIG`s. En el inicio de este nuevo siglo, la actividad cartográfica está adquiriendo un carácter propio y especializado, convirtiéndose en una de las ciencias con mayor dinamismo. El añejo anhelo del hombre de conocer y comprender la naturaleza de su entorno, adquiere una premura sin precedente en la historia de la humanidad.

La cartografía continúa siendo una actividad social por lo que representa y su fin es servir a las necesidades del hombre, en función de cada sociedad. Los avances tecnológicos han permitido que en la actualidad existan con satélites artificiales, mismos que han sido concebidos con distintos fines, tales como enlazar las comunicaciones de todo el planeta, ser utilizados como plataformas de investigación, o para su uso en el apoyo de la ejecución de planes sin embargo, uno de los usos mas extensivos de estas plataformas espaciales es aprovechando la capacidad que estas tienen de proporcionar una visión panorámica de toda la superficie terrestre, mediante imágenes que puede ser observadas en un equipo de computo. Ya sean con fines de investigación,

comercial o del estado, estos satélites tienen la propiedad de ser una herramienta para el beneficio de la sociedad.

En la actualidad, las imágenes satelitales juegan un papel importante en el procesamiento de datos para el estudio de la superficie terrestre, por medio de su análisis, representación o como insumo para la formación de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Ayudan a proporcionar un efecto visual sólido ya que la mayoría de las personas son capaces de relacionar conceptos espaciales en perspectiva con la realidad cuando ven fotografías. Tradicionalmente, en el campo de la cartografía, el papel vital de este tipo de imágenes ha sido el de proporcionar una base para la recopilación de información geoespacial, sin embargo, antes de que esta información pueda ser interpretada de manera útil para la elaboración de mapas o de un SIG, los datos de las fotografías aéreas o imágenes satelitales deben prepararse de tal forma, que se eliminen las distorsiones geométricas de la imagen, mismas que son causadas por las variaciones del relieve de la superficie de la tierra, por la inclinación del satélite o sensor y por las características propias de la geometría según sea el caso de cada imagen. El proceso bajo el cual son corregidas estas distorsiones, es conocido como ortorectificación; sin ello no sería posible realizar medidas precisas sobre las imágenes y tampoco se podría ubicar con cierta precisión, al igual que como se hace en un mapa, los objetos identificables en las mismas como son la planimetría, de los que sobre salen los asentamientos humanos, elevaciones, red de caminos, la delimitación de cultivos y los tipos de vegetación.

Como es conocido, los procesos de creación y actualización de la cartografía, dadas sus complejidades, son relativamente dilatados en el tiempo e inclusive aunque la introducción de las imágenes ha acelerado estos procesos, resulta aún difícil, en muchas ocasiones contar con cartografía actualizada en el momento que se requiere. En la actualidad, hoy gracias al desarrollo del Procesamiento Digital de Imágenes, es posible contar con una excelente base para la creación y actualización de cartografía topográfica y temática en lapsos de tiempo relativamente cortos invirtiendo en ello menos recursos humanos y materiales en comparación a los métodos tradicionales.

El procesamiento digital de imágenes involucra un sistema de trabajo conformado principalmente por personal especialista, hardware y software (equipos y programas de computo), gracias a estas tecnologías novedosas, en la actualidad se puede contar con productos de gran calidad que son útiles para la construcción de mapas y cartas, así como para su actualización así como para la toma de decisiones, ya que una imagen de satélite procesada, ofrece una rápida comprensión del terreno si es observada bajo un enfoque de conjunto.

Por lo anterior, la Dirección General de Cartografía de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) ha optado por utilizar el procedimiento de Ortorrectificación para la actualización de cartas topográficas, principalmente con el fin de disponer de manera oportuna de material cartográfico actualizado, habiendo obtenido con este método, resultados favorables al no tratarse de una escala grande. De la misma manera, se han adecuado programas de capacitación para que el personal

de nuevo ingreso, pueda adquirir los conocimientos necesarios para llevar a cabo estas tareas.

En el presente trabajo, se explicará el proceso mediante el cual se ortorectifican las imágenes de satélite Spot 5*, para la actualización de las cartas topográficas escala 1:100,000, con el fin de fomentar mediante este ejemplo el uso de los métodos y tecnologías aquí expuestos.

Actualmente las imágenes de satélite permiten tener una cartografía actualizada considerable en la cual se pueda interpretar a través del análisis social y cualitativo el territorio, esta cartografía permite manejar la información que va de lo general a lo particular, según sea el objetivo y grado de interés que se requiera, para que finalmente puedan ser interpretados estos elementos.

El presente documento tiene como propósito fundamental, explicar la función que realizo en la Dirección General de Cartografía de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), en el área de fotogrametría, la cual he desempeñado durante los últimos dos años presentando este informe, como un análisis de mi trayectoria profesional laboral. Al elaborar este Informe Académico de actividad profesional, es posible dar a conocer algunas de las actividades llevadas a cabo en la práctica como geógrafo, que responden a necesidades de la Secretaría de la Defensa Nacional.

*Satélite correspondiente a la constelación satelital más grande.

Para el logro de lo expuesto anteriormente, es importante señalar que con los conocimientos teóricos y metodológicos obtenidos dentro de la Licenciatura en Geografía, he podido desempeñar actividades en el área de capacitación y actualización de la cartografía.

Este trabajo, además de describir la actividad profesional, permite que el lector conozca la institución en donde se lleva a cabo la práctica. Incluye enfoques metodológicos en los cuales se asentaron cada una de las tareas realizadas y muestra una valoración crítica del desempeño a partir de los resultados y de los logros alcanzados.

Por esto, el informe aquí presentado está conformado por tres capítulos, el primero de ellos da cuenta del contexto donde se llevó a cabo la práctica profesional en este caso, en la Dirección General de Cartografía de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), donde se describen las características de la institución, sus antecedentes, objetivos, estructura y organización.

En el segundo capítulo se podrá encontrar el marco conceptual, soporte de la práctica geográfica, recuperando diversos enfoques teóricos- metodológicos que sustentan cada una de las actividades desarrolladas como geógrafos dentro dicha institución.

En el tercer capítulo se explicará el proceso de ortorrectificación con imágenes de satélite Spot 5, así como un ejercicio de actualización, desarrollados en la Dirección General de Cartografía para el cumplimiento de sus funciones, del mismo modo se describen la serie de acciones incluidas en un apartado de

proceso y análisis por medio del manejo de las paqueterías (software) que se emplean en el proceso de la ortorectificación, actualizando una carta topográfica escala 1:100,000 la cual ha sido realizada como parte de las actividades propias de la Dirección General de Cartografía.

Por lo anterior en este capítulo se hallará la esencia del informe, ya que en él se describen los programas y actividades desarrolladas, sus objetivos, características, logros y limitaciones así como las sugerencias para su mejoramiento.

Finalmente muestro las conclusiones, el lector podrá apreciar una serie de recomendaciones y observaciones sobre la actividad geográfica desempeñada. Apartado donde se realiza una valoración crítica de la actividad profesional y donde se destaca la relación entre la actividad laboral y la formación profesional recibida.

***I.-LA DIRECCIÓN GENERAL DE
CARTOGRAFÍA DE LA
SECRETARIA DE LA DEFENSA
NACIONAL (SEDENA).***

1.1.- Antecedentes de la producción y actualización cartográfica en México.

Antes de que los españoles llegaran a nuestro país, algunas culturas indígenas hacían mapas en papel amate, pieles de animales y otros materiales; para representar los ríos donde abundaba la pesca dibujaban los peces entre las líneas del río. Algunos pueblos indígenas trazaban huellas de pies entre dos líneas cuando querían representar un camino, y si deseaban indicar las zonas cultivadas, hacían un dibujo de las plantas que acostumbraban cultivar, como el maíz y el maguey.

En esos mapas se podían advertir los conocimientos que tenían de Astronomía y Matemáticas; incluso, los colonizadores españoles usaron algunos de estos mapas para guiarse por las sus tierras. Los gobernantes españoles, al querer saber todo sobre México, encargaron sus propios mapas y enviaron expediciones para conocer el territorio y hacer planos de cada lugar. Los mapas se fueron llenando de datos importantes: islas, penínsulas, lagos, poblados indígenas, las montañas más altas, las cordilleras y los volcanes. (Roque, s/f: 43).

Durante la época virreinal se continuó elaborando este tipo de cartografía y persisten en el tiempo sus símbolos y figuras, aunque más esquematizados, conjugándose elementos indígenas con europeos: la influencia indígena en la Cartografía Mexicana es notable hasta casi desaparecer en el siglo XVIII. En el siglo XVI se hicieron importantes esbozos de la cartografía de nuestro país que incluía la costa de Yucatán y el seno mexicano, en el siglo XVII se hizo el primer mapa de un autor mexicano, Carlos de Sigüenza y Góngora.(Fernández, 75: 2004)

En el siglo XIX se realizaron excelentes mapas de México, destacando las *Cartas Generales de la República Mexicana*, que junto con los trabajos geográficos elaborados por la Comisión Geográfica Exploradora, conformaron los trabajos cartográficos más exactos de nuestro territorio hasta ese entonces.

Actualmente, en México hay magníficos cartógrafos de varias instituciones que elaboran los mapas del país para diversas actividades geográficas, agrícolas y educativas y otras muy particulares, como el Instituto de Geografía de la UNAM, el Instituto Nacional Indigenista INI, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI, el Instituto Nacional de Antropología e Historia INAH, el Instituto Nacional de Salud Pública INSP, la Secretaría de Economía SE, la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad CONABIO, el Instituto Nacional de Ecología INE, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT, la Comisión Nacional del Agua CONAGUA, el Instituto Nacional del Petróleo INP, el Servicio Geológico Mexicano SGM, el Servicio Cartográfico Militar de la Secretaría de la Defensa Nacional SEDENA entre otras.

Regularmente, la principal razón en la actualización de las cartas, se debe a la necesidad que ha generado el crecimiento demográfico actual resultado de esto, ha sido la transformación de la estructura urbana de las pequeñas localidades cuya conformación, genera un nuevo espacio urbano en transición.

Actualizar la cartografía, demuestra la dinámica demográfica como un aspecto que tiene expresión espacial y al mismo tiempo señala los componentes principales de la población en municipios más dinámicos, estos elementos de la estructura urbana se pueden ver alterados por la economía local lo cual ocasiona cambios en el uso del suelo.

Estos cambios generan mejores condiciones de infraestructura de la población lo cual permite ya no tener que desplazarse a los polos tradicionales permitiendo así, dar una mayor dinámica interna, provocando una secuencia de renovación de la misma infraestructura que logra atraer población, que por demanda de espacios y servicios, han tenido que residir en los municipios aledaños transformándose como ciudades de transición.

1.2.- Mapas actuales

Conforme ha avanzado la ciencia, los cartógrafos han creado mapas más precisos y de mejor calidad, gracias a los avances tecnológicos que han tenido gran impacto en el desarrollo de la cartografía lo que permite que continúe siendo una actividad social más por lo que su fin es y será servir a las necesidades del hombre según sea cada tipo de sociedad son sus necesidades.

Los avances tecnológicos han permitido que hoy en día se cuente con satélites artificiales, mismos que han sido concebidos con distintos fines, tales como enlazar las comunicaciones de todo el planeta, así como plataformas de investigación, o para su uso en el apoyo de la ejecución de planes sin embargo, uno de los usos mas extensivos de estas plataformas espaciales es aprovechando

la capacidad que estas tienen de proporcionar una visión panorámica de toda la superficie terrestre, mediante imágenes que puede ser observadas en un equipo de computo.

En la actualidad, las imágenes satelitales juegan un papel importante en el procesamiento de datos para el estudio de la superficie terrestre, por medio de su análisis, representación o como insumo para la formación de un Sistema de Información Geográfica (SIG). En primer lugar, ayudan a proporcionar un efecto visual sólido ya que la mayoría de las personas son capaces de relacionar conceptos espaciales en perspectiva con la realidad cuando ven fotografías. Tradicionalmente, en el campo de la cartografía, el papel vital de este tipo de imágenes ha sido el de proporcionar una base para la recopilación de información Geoespacial, sin embargo, antes de que esta información pueda ser interpretada de manera útil para la elaboración de mapas o de un SIG, los datos de las fotografías aéreas o imágenes satelitales deben prepararse de tal forma que se eliminen las distorsiones geométricas de la imagen, mismas que son causadas por las variaciones de la superficie de la tierra, por la inclinación del satélite o sensor y por las características propias de la geometría según sea el caso de cada imagen. El proceso bajo el cual son corregidas estas distorsiones, es conocido como ortorectificación; sin ello no sería posible realizar medidas precisas sobre las imágenes y tampoco se podría ubicar con cierta precisión, al igual que como se hace en un mapa, los objetos identificables en las mismas como son la planimetría de los que sobre salen los asentamientos humanos, elevaciones, red de caminos, la delimitación de cultivos y los tipos de vegetación.

Como es conocido, los procesos de creación y actualización de la cartografía, dada sus complejidades, son relativamente dilatados en el tiempo e inclusive aunque la introducción de las imágenes ha acelerado estos procesos, resulta aún complejo en muchas ocasiones contar con cartografía actualizada en el momento que se requiere. Hoy, gracias al desarrollo del Procesamiento Digital de Imágenes, es posible contar con una excelente base para la creación y actualización de cartografía topográfica y temática en lapsos de tiempo relativamente cortos, e invirtiendo en ello menos recursos humanos y materiales en comparación a los métodos tradicionales.

El procesamiento digital de imágenes, involucra un sistema de trabajo conformado principalmente por personal especialista, hardware y software, gracias a estas tecnologías novedosas en la actualidad se puede contar con productos de gran calidad que son útiles para la construcción de mapas y cartas, para su actualización así como para la toma de decisiones, ya que una imagen de satélite procesada, ofrece una rápida comprensión del terreno si es observada bajo un enfoque de conjunto.

1.3.- Antecedentes de la Dirección General de Cartografía

Aunque para esto se tuvo que pasar por un sinnúmero de eventos históricos relacionados con la cartografía que en la actualidad se desarrolla. La cartografía fue el elemento principal del quehacer geográfico durante el siglo XIX, aun antes y ahora, a través del cual se registran estos trabajos oficiales y permiten que por medio de ellos interpretar la historia. En vista de esto, lo que nos interesa tratar es

como se llevaron los trabajos para la formación de los mapas es decir las instituciones e individuos que participaron, los métodos adoptados, los instrumentos y libros empleados, la publicación y uso de ellos que nos explican el avance de esta disciplina de conocimientos.(Mendoza, 1989: 39)

A partir de que se adopta la República Federal con la Constitución de 1824 los trabajos geográficos de ese periodo son, para el interior del territorio” exploraciones geográficas destinadas a compilar datos sobre posición, nomenclatura y características de regiones, parajes y poblaciones de México”.

Por otro lado para el interior del territorio los gobiernos estatales se preocuparon de la formación de su respectivo mapa. De estos trabajos son los realizados en Aguascalientes, Colima, Jalisco, Sinaloa, Alta y Baja California y Nuevo México por José María Narváez que dieron origen a cartas regionales de ciudades e hidrográficas.

Otros trabajos cartográficos parecidos son los de Francisco Camargo en el estado de Querétaro 1831, Manuel Mier y Terán en Tamaulipas 1831, Pedro García Conde en Chihuahua 1832, Ignacio Rocha en Guanajuato 1813, Alejandro de Arana en Michoacán 1818, D.C. Berghes en Zacatecas 1833 y Juan Orbezo en el Istmo de Tehuantepec 1824.

También hubo otros trabajos realizados por Tomas Ramón del Moral para la carta del estado de México en 1828, comprendiendo lo que hoy son los estados de Guerrero, Hidalgo, Tlaxcala, México y Morelos siendo publicados hasta 1851 y 1852. (Ibídem: 39)

Los trabajos de cartografía estatal que se venían acumulando por métodos astronómicos o por los trigonométricos se continuaron durante la segunda mitad del siglo XIX, cuando nuevos arreglos territoriales, por ejemplo la creación de nuevos estados o tratados como el de Guadalupe- Hidalgo o el de la Mesilla, exigieron continuar nuevos proyectos para completar esta cartografía particular. (Ibídem: 40)

1.3.1.- La Comisión de Estadística Militar.

El 30 de septiembre de 1839, el General Juan Nepomuceno Almonte, Ministro de Guerra y Marina, formó la Comisión de Estadística Militar, ya que era indispensable la obtención de datos de interés general y particular para que las fuerzas armadas pudieran materializar sus funciones, sobre todo se requería de información geográfica. La Comisión fue presidida por el propio Ministro y conformada por un grupo de militares que al mismo tiempo formaban parte del Instituto Nacional de Geografía y Estadística.

Para la recopilación de datos, independientemente de los reportes que cada uno de los gobiernos de las entidades federativas, la Comisión de Estadística Militar envió a Ingenieros Militares de todas las jerarquías para su obtención, los que recabaron diversa información, dentro de ella destaca la obtención de 107 itinerarios y el cálculo de más de 360 alturas barométricas.

A finales de 1846, siendo Presidente de la República el General Mariano Salas, se decretó que la Comisión de Estadística Militar, subsistiera hasta que publicara la Carta General de la República y se concluyeran las cartas particulares de cada uno de los Estados así como la elaboración de un Diccionario Geográfico y de Estadística Nacional; trabajos que eran indispensables para las operaciones que realizaban las Fuerzas Armadas.

Sin embargo el conflicto que vivía el país con los Estados Unidos de Norteamérica, evitó que estos trabajos se desarrollaran; en diciembre de 1849 y a fin de evitar duplicidad de trabajos, se propuso la fusión de la Comisión de Estadística Militar y el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, creándose la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.(SEDENA, 2010:95)

1.3.2.- La Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.

El primer presidente y fundador de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, fue el General de Brigada José María Justo Gómez de la Cortina. Sus integrantes eran hombres destacados, entre los cuales figuraba el General Pedro García Conde, quien desde 1839, se dio a la tarea de integrar una Carta Geográfica General de la República Mexicana, tomando como base para su elaboración, los datos existentes en el Ministerio de Guerra; esta carta incluyó una División Política integrada por 24 Departamentos y fue publicada en la ciudad de Londres, Inglaterra, en el año de 1845; de igual forma García Conde elaboró diversos Atlas de la República Mexicana y Portulanos (de sus costas), de los cuales no se dispone de ejemplares en la actualidad.

Esta sociedad logró recopilar una gran cantidad de mapas de la Nueva España, así mismo elaboró y actualizó en el año de 1850 una Carta General de la República, misma que logró publicar hasta el año de 1853, gracias al apoyo económico del Ministerio de Fomento. Durante el período comprendido de 1839 a 1853, la Sociedad materializó todos sus proyectos cartográficos, una muestra de ello lo constituye el Mapa del Estado de México levantado por el Coronel de Ingenieros, Tomás Ramón del Moral en donde se incluyen la capital del Estado, las cabeceras municipales y las de distrito; el relieve se encuentra representado por un sombreado que permite percibir la configuración del terreno. (Ibídem: 96)

1.3.3.- La Comisión Geográfico-Exploradora

Al inicio del gobierno del General Porfirio Díaz (1876) y dada la necesidad de conocer la extensión del territorio nacional, para ejercer un control administrativo adecuado, se hizo apremiante disponer de un organismo, al cual se le encomendaría la ejecución de trabajos técnicos ineludibles para obtener material cartográfico, conforme a los últimos adelantos científicos que existían hasta el momento.

Para lograr este objetivo, el General Porfirio Díaz integró en el año de 1877, una Comisión de Ingenieros, a la que le encargó la tarea de recopilar y organizar los datos cartográficos existentes hasta la fecha. Esta comisión inicio su función, formando un catalogo de cartas y planos disponibles, donde encontró una gran diversidad en los tipos de proyección, escalas y símbolos utilizados por los autores; aunado a ello, se detectaron múltiples discrepancias en los nombres geográficos y en la ubicación de las localidades.

Al percibir la magnitud del trabajo que debía emprenderse y considerando inaplazable solucionar la falta de uniformidad de los datos geográficos Porfirio Díaz recurrió a la comunidad intelectual, a fin de profesionalizar la investigación científica y relacionarla a través de nuevos organismos, acordes con el proyecto modernizador.

Para cumplir el objetivo el presidente Porfirio Díaz fundó tres instituciones que enmarcaron y promovieron el desarrollo de la cartografía en México: el Observatorio Astronómico Nacional, en mayo de 1876; el Observatorio Meteorológico y La Comisión Geográfico-Exploradora, estos últimos en 1877. El 13 de diciembre de 1877, por decreto Presidencial se fundó La Comisión Geográfico-Exploradora, dependiente del Ministerio de Fomento, encomendándosele la elaboración de la Carta General de la República Mexicana, exigiendo reunir las mejores características de exactitud, escala y diseño, y en la que representara al territorio nacional, dentro de un sistema de referencia cartográfico.(Ibidem:137)



Fig.- 1 Guión representativo de la Comisión Geográfico Exploradora.
Fuente: Dirección General de Cartografía.

El General Vicente Riva Palacio Ministro de Fomento, designó como director de esta comisión al Coronel e Ingeniero Agustín Díaz, en reconocimiento de su vasta experiencia cartográfica y conocimientos científicos. Al asumir sus responsabilidades, el Coronel propuso la elaboración de diversas cartas, entre las que sobresalían las siguientes:

- Cartas fraccionales de la Republica.
- Cartas del conjunto de la Republica y de sus principales divisiones políticas.
- Carta de reconocimientos o de trabajos espéciales sobre regiones aisladas.
- Cartas hidrográficas de las costas, lagos y ríos importantes.
- Cartas particulares de poblaciones y de lugares notables.
- Cartas estratégicas militares.

(Mendoza, 1989: 19)



Fig.- 2 Coronel e Ingeniero Agustín Díaz. Fuente: Libro Información Geográfica hacia el Tercer Milenio. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

La Comisión Geográfico-Exploradora tuvo como sede inicial la Ciudad de México; posteriormente, se trasladó a la ciudad de Puebla, para finalmente establecerse en la Ciudad de Xalapa de Enríquez, Veracruz, lugar donde permaneció la mayor parte del tiempo.

La cartografía elaborada por esta comisión, en su mayoría fue editada en la ciudad de Xalapa pues precisamente en ese lugar se instalaron los denominados Talleres Zincograficos de la República Mexicana, antecesores de los actuales Talleres Gráficos de la Nación.

La Comisión Geográfico-Exploradora tomó la decisión de iniciar sus actividades en la parte oriental del país, específicamente el estado de Puebla, en atención a la importancia histórico-política y para aprovechar la información obtenida durante el diseño del proyecto de ferrocarril, que se había elaborado para comunicar el puerto de Veracruz con la Ciudad de México, realizando a partir del mes de mayo de 1878, el primer levantamiento topográfico en ese Estado. (Ibídem: 143)

La comisión fue apoyada por el Ministerio de Fomento y el de Guerra, quienes la dotaron de personal y de los medios materiales necesarios. El primero proporcionó el personal de campo, de cartografía, de cálculos y de historia natural; el segundo proporcionó personal militar que hacían prácticas en la Comisión y se distribuían alternativamente en el trabajo de campo, en el estado de los cálculos y en el de la cartografía.

La comisión estuvo integrada en un principio a la primera de las seis secciones que componían al Ministerio de Fomento. Su personal civil y militar mantuvo en deseo de terminar una carta oficial de la Republica Mexicana. Aunque más tarde manteniendo sus actividades cartográficas diversifico su programa de trabajo cuando extendió sus labores por el territorio nacional.

Durante su permanencia de tres años en Puebla (1878-1881) la Comisión preparo el fraccionamiento de la carta general de la Republica escala 1:100 000 y realizo el levantamiento geodésico de precisión para la carta topográfica de los alrededores de Puebla. (Mendoza, 1989:119)

Este breve periodo sirvió para que le Comisión se entrenara para los futuros trabajos que llevaría a cabo por el país. También quedo demostrado el beneficio que el Ministerio de Guerra obtendría al tener personal asignado a la Comisión, aprehendiendo las etapas de la producción cartográfica desde el trabajo de campo, los cálculos, el dibujo, la edición y la reproducción de los mapas.(Ibídem: 120)

Durante los 37 años (1877-1914) en que la Comisión Geográfico-Exploradora realizó sus trabajos, siempre recibió el apoyo y el reconocimiento del Gobierno Federal. Las cartas que editó, demostraron ser herramientas valiosas para las actividades gubernamentales, contribuyeron, de manera fundamental, a la toma de decisiones administrativas, políticas y militares.

Los últimos días de la Comisión terminaron con la caída de Victoriano Huerta, al ser abolido el ejército federal, su edificio de Xalapa fue ocupado. Por lo que fue trasladada a Tacubaya y abandonada para siempre, sin lograr completar la totalidad de su proyecto inicial.

En el periodo que funciono esta comisión, logro importantes progresos en las tareas que le fueron encomendadas; un ejemplo claro constituye la determinación de las 80 posiciones geográficas, por medio de observaciones astronómicas; la ejecución de 210,708 kilómetros de itinerarios (9.6%) y el levantamiento cartográfico de poco más de la cuarta parte del territorio nacional, abarcando aproximadamente 417,640 kilómetros cuadrados (18.6%), cubriendo un total de (28.2%).

Es decir 197 hojas escala 1:100 000 esta comisión elaboro también cartas escala 1:500 000 de los estados de Puebla, Veracruz, Tamaulipas, Morelos, San Luis Potosí y Nuevo León. (Chimal, 1998: 102)

Sin embargo esta comisión logro pasar al siglo XX con paso firme en sus trabajos había crecido en más de 250 empleados contaba con un presupuesto propio de la federación y hasta se había convertido en una institución de prestigio para la capital del estado de Xalapa.

Ya que al iniciarse el movimiento revolucionario en 1910 la Comisión Geográfico-Exploradora disminuyo en gran parte sus actividades y en el mes de mayo de 1911, fueron separados del organismo, todos los oficiales de la Secretaria de Guerra que participaban en los trabajos de campo desarrollados por esta Comisión; sin embargo, esta continuó realizando diversos trabajos de gabinete y su importante labor cartográfica hasta el año de 1914. (SEDENA: 151)

1.3.4.- Comisión Mexicana de Límites con los Estados Unidos.

La ubicación de los monumentos que definen la frontera de México con los Estados Unidos de América, fue otro importante trabajo desarrollado durante la presidencia del General Porfirio Díaz. Aunque esta frontera ya había sido definida con anterioridad, persistían diferencias en algunos de sus segmentos, originadas por la destrucción de varios de sus monumentos.

La ubicación de los monumentos que definen la frontera de México con los Estados Unidos de América, fue otro importante trabajo desarrollado durante la presidencia del General Porfirio Díaz. Aunque esta frontera ya había sido definida con anterioridad, persistían diferencias en algunos de sus segmentos, originadas por la destrucción de varios de sus monumentos.



Fig.- 3 Monumento hecho de mármol, correspondiente al primero de los puntos ubicados del lado del Océano Pacífico.
Fuente: Memoria de la Sección Mexicana de la Comisión Internacional de Límites entre México y los Estados Unidos del Paso al Pacífico, volumen I. (SEDENA, 2010: 155)



Fig.- 4 Monumento hecho de mármol, correspondiente al primero de los puntos ubicados del lado del Océano Pacífico
Fuente: Propia marzo de 2007.

El establecimiento de nuevos pobladores en los terrenos adyacentes a la línea divisoria y de la riqueza minera que se fue descubriendo en sus inmediaciones, originó más dificultades respecto a su trazo exacto, alegándose inclusive que algunos de esos monumentos habían sido movidos.

Las mojoneras que formaban la línea divisoria estaban integradas por monumentos sólidamente contruidos y por señalizaciones físicas hechas con montículos de rocas apiladas. Para poner fin a estas dificultades y resolver definitivamente la situación fronteriza, ambos gobiernos designaron representantes para celebrar una convención en Washington, D.C. el 29 de julio de 1882; como resultado de las negociaciones realizadas, se celebró un convenio para el restablecimiento de los monumentos de la línea divisoria desde El Paso/Juárez hasta el Pacífico.

Para llevar a cabo esta tarea, el 14 de octubre de 1891 se integró la Comisión Internacional de Límites para el Establecimiento de Monumentos en la línea Divisoria entre México y los Estados Unidos, designándose al ingeniero mexicano Jacobo Blanco como Ingeniero en Jefe y por parte del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América, al Teniente Coronel John W. Barlow.

La Comisión se conformó por una sección mexicana y otra estadounidense. Antes de que se iniciaran los trabajos se estableció un plan de operaciones a seguir por ambos países, en cuyo texto se establecía: (Ibídem: 155)

“...Los Ingenieros en Jefe de ambas Secciones determinarán de común acuerdo los procedimientos científicos que deberían adoptarse para la reposición de los antiguos monumentos y la erección de los nuevos; siendo responsables de que la obra se hiciera debidamente...”

Con objeto de conocer la condición real de los monumentos de la línea divisoria, establecida conforme a los tratados del 2 de febrero de 1848 y 30 de diciembre de 1853, así como determinar cuáles mojoneas habían sido destruidas o removidas de su lugar, la comisión estableció que dentro de los seis meses siguientes cada país hiciera un reconocimiento preliminar de la línea fronteriza. Estos reconocimientos se harían por secciones que funcionarían bajo la dirección de oficiales del Ejército de las respectivas naciones. Los gastos de cada sección de reconocimiento serían pagados por sus correspondientes gobiernos.

La sección mexicana estuvo integrada con varios ingenieros militares designados por la Secretaría de Guerra, habiéndose nombrado el 23 de mayo de 1892, al Capitán Segundo de Ingenieros Fernando Bustillos, al Teniente de Estado Mayor del Ejército Gaspar Martínez Ceballos y al Teniente de Ingenieros Carlos Kurezyn, para que participaran en las tareas encomendadas, distinguiéndose por su buena disposición y profesionalismo.

Es importante hacer notar que las dificultades para la construcción y reparación de estos monumentos, no fue de ninguna manera una tarea fácil, las agrestes condiciones del terreno, lo limitado de los medios de transporte por la falta de caminos, los arenales del desierto, la escasez de agua y lo complejo para establecer los puntos de abastecimiento de provisiones y pasturas, fueron los obstáculos a vencer, durante el desarrollo de estos trabajos se realizaron en coordinación con la Comisión Geográfico Exploradora y sus resultados dieron origen a la elaboración de cartografía de esa región del país. (Ibídem: 156)

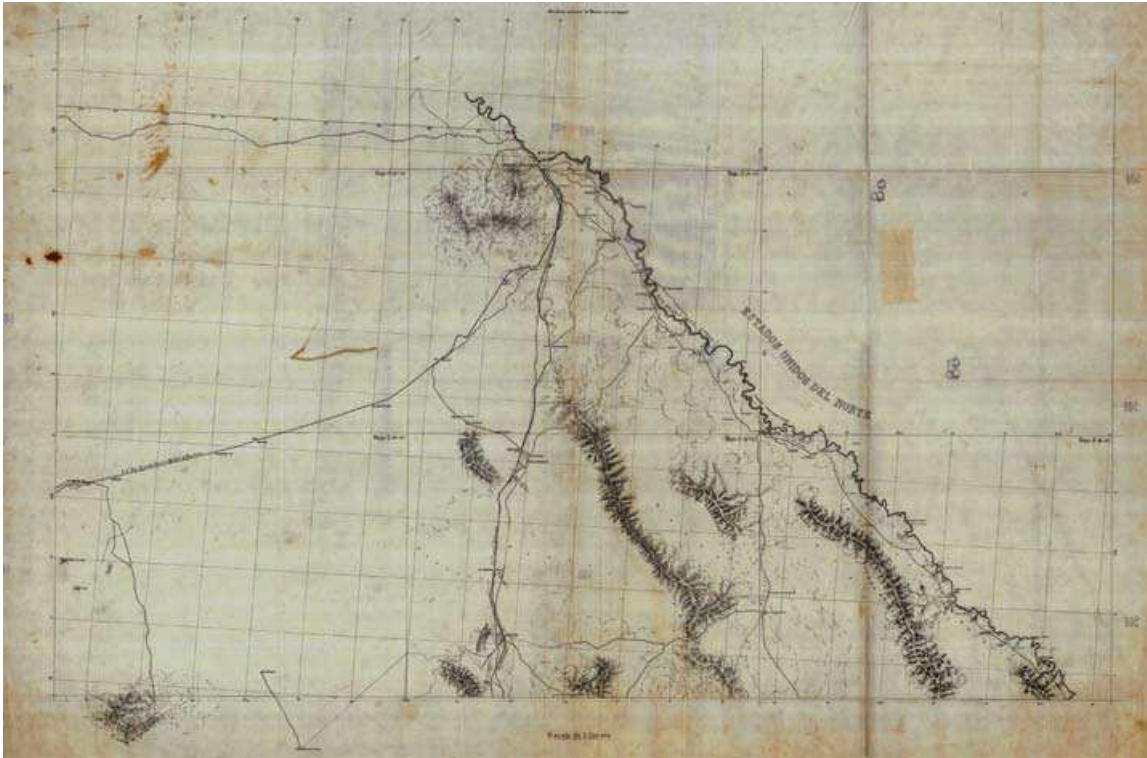


Fig.-5 Mapa Comisión Geográfico Exploradora
Fuente: SEDENA, 2010

1.3.5.- La Comisión Geodésica Mexicana.

Al acrecentarse en el mundo el interés por los aspectos geodésicos, aplicados en la determinación y la representación exacta de la forma y las dimensiones de la Tierra, se fundó en Europa en el año de 1866, las Asociación Geodésica Internacional, organismo al que México se afilió como miembro.

Para estar acorde con la evolución y el mejoramiento de la cartografía nacional, el gobierno de la República considero necesario crear también un nuevo organismo, que aplicara los procedimientos técnicos para una eficiente ejecución de los trabajos geodésicos del país, conforme a las normas internacionales; por ello, el primero de febrero de 1899, se creó la Comisión Geodésica Mexicana (CGM), quedando agregada al Ministerio de Fomento hoy Secretaría de Economía.

La misión de la Comisión Geodésica era efectuar los trabajos geodésicos en el territorio nacional, ajustándose procedimientos más modernos y de alta precisión, utilizando para su ejecución, instrumentos acordes con los últimos adelantos científicos. (Ibídem: 163).



Fig.-6 Insignia de la Comisión Geodésica Mexicana.
Fuente: Dirección General de Cartografía

1.3.6.- Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos.

En el ámbito institucional, desde 1912 se había considerado la posibilidad de fusionar en un solo organismo, a todas las instituciones dedicadas a desarrollar actividades cartográficas, acción que no se materializó hasta el año de 1915, mediante el establecimiento por decreto presidencial, del entonces Presidente Francisco I. Madero de la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos, dependencia adscrita a la Secretaría de Agricultura y Fomento.

Conforme a la visión del nuevo gobierno constitucionalista, esta dirección tendría la responsabilidad de estudiar el territorio nacional, desde el punto de vista geográfico y climatológico, elaborando además, la carta general del país y de las entidades federativas, que no hubieran sido elaboradas por la Comisión Geográfico-Exploradora. El director fue el Ingeniero Geógrafo y Astrónomo Pedro Celestino Sánchez, quien contaba con una vasta experiencia en las actividades cartográficas. La Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos implementó, como uno de sus principales objetivos, hacer una revisión y evaluación del estado en que se encontraba la cartografía de la época; para ello, acopió de toda la información generada por la Comisión Geográfico-Exploradora y la Comisión Geodésica Mexicana, con la intención de optimizar la cartografía institucional y adecuarla para servir a los preceptos de la Revolución Mexicana. (Ibídem: 172)

Cabe señalar que en este tiempo, la Universidad de México excluyó de su plan académico la carrera de Ingeniero Geógrafo, especialidad que era la más adecuada para aplicarse en las tareas de esta Dependencia; ante la carencia de personal especializado, la elaboración de la cartografía se torno mas difícil.

Luego de la Revolución Mexicana sobrevino una modificación a la organización y prácticas de la ciencia nacional, la Geografía no fue la excepción y con los cambios fue necesario orientar el espíritu revolucionario, en especial, hacia la solución del severo problema educativo así el derecho a la educación fue integrada a la Carta Magna de 1917, visto como el camino a la "unidad nacional y el ejercicio democrático".

En medio del cambio político y social, fue creada una nueva organización geográfica por parte del gobierno revolucionario en 1915 surgió así la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos que integraba a las antiguas comisiones con ello dirigió los nuevos trabajos.

Con tal precedente, el poder legislativo dio lugar al surgimiento de una "nueva" Geografía con la apertura de la Universidad Nacional de México (1910). En este nuevo marco institucional se abandonó la enseñanza geográfica como Ingeniería y se reemplazo por otro modelo educativo para la formación de profesores de Geografía, como parte de la solución a la creciente demanda de docentes del México postrevolucionario.

En el plano académico, la Universidad Nacional se enfrentó a una difícil situación; había enormes problemas educativos tales como, el atraso de los planes y programas de estudio, sobre todo en el ámbito superior. El panorama nacional era complicado y todavía prevalecía una inestabilidad política, económica y social.

La Geografía comenzó la nueva época universitaria, en 1917, en la Escuela Nacional de Altos Estudios. En ese lugar convivieron por una temporada los estudios de las ciencias físico-matemáticas con las humanidades, una unidad no exenta de dificultades en la relación docente y administrativa. El caso de la Geografía fue interesante pues todavía recibió influencias por parte de algunos ingenieros geógrafos. De todos modos se consiguió integrar un plan de estudios nuevo diseñado básicamente para la formación de profesores en "ciencias geográficas e históricas". En 1924 surgió la nueva Facultad de Filosofía y Letras en la Universidad, donde continuó la enseñanza de la Geografía con fines docentes. (Mendoza, 1999:171)

1.3.7.- Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrografía.

Esta nueva dependencia inició desde luego sus actividades, continuando sus trabajos cartográficos orientados esencialmente a recabar una gran cantidad de datos geográficos, para la formación de una nueva Carta General de la República Mexicana, escala 1:2'000,000 dividida en cuatro secciones; para su elaboración se contó con información de cartas y planos diferentes, cartas hidrográficas publicadas por la Oficina de Hidrografía de los Estados Unidos de América pero, sobre todo, se utilizó la cartografía elaborada por la Comisión Geográfico-Exploradora y los datos obtenidos de la cartografía elaborada por las Comisiones de Límites internacionales de las fronteras norte y sur.



Fig.-7 Fracción Sureste de la Carta General de la República, escala 1:2'000,000.
Fuente: Colección Mapoteca Orozco y Berra.

Se elaboró, además, las Carta del Valle de México, escala 1:50,000, apoyándose en puntos geodésicos y aprovechando la información del catastro del Distrito Federal y los levantamientos efectuados por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. (SEDENA, 2010: 174)

1.3.8.- Servicio Geográfico Militar.

Iniciando el periodo de reconstrucción nacional y bajo el auspicio del gobierno Constitucional, los militares se plantearon una vez más la necesidad de realizar levantamientos cartográficos, creándose para ello, un nuevo organismo en el seno de la Secretaria de Guerra y Marina. Este nuevo organismo se denominó Servicio Geográfico Militar y fue creado en septiembre de 1917, subordinado al Departamento de Estado Mayor, sus procedimientos eran similares a los utilizados por la extinta Comisión Geográfico-Exploradora. Este nuevo organismo logro imprimir a sus trabajos una mayor celeridad, gracias al empleo de nuevos instrumentos, como brújulas, cuadrantes y teodolitos. En comparación con las computadoras, cámaras, escáners multiespectrales, satélites, GPS y SIG`s que utiliza la dependencia hoy en día. El Servicio Geográfico Militar inicio sus trabajos elaborando las cartas de Aguascalientes escala 1:100,000 y de Morelos, escala 1: 50,000. Estos trabajos estuvieron apoyados en fotografías aéreas oblicuas y puntos de control terrestre.

Con el empleo de aeronaves, se construyeron cámaras especiales para la toma de fotografía aérea principalmente con fines militares, substituyendo casi por completo la fotogrametría terrestre que empleaba fotografías tomadas directamente sobre el terreno.

Cuando son utilizadas las fotografías aéreas se tiene la aerofotogrametría que es definida como la técnica que tiene por objeto la elaboración de cartas y mapas mediante fotografías aéreas tomadas con cámaras métricas aerotransportadas (actualmente con el eje óptico en posición vertical), y se emplean aparatos y métodos estereoscópicos.

Entre los años 1927 y 1939, este organismo logró publicar 28 hojas de las Carta Táctica del Valle de México, escala 1:20,000, en donde cada hoja abarcó una superficie aproximada de 82 kilómetros cuadrados, por lo que el total de la superficie levantada y publicada, fue de 2,300 Km². (Ibídem: 177)

1.3.9.- Servicio Geográfico del Ejército.

Con la misión principal de elaborar la Carta General de la República Mexicana, el 1 de enero de 1946, se cambió la denominación de Comisión Geográfica Militar por la de Servicio Cartográfico del Ejército, dependiendo administrativamente del Estado Mayor del Ejército encomendándosele el perfeccionamiento y la actualización de la Carta Aeronáutica del Mundo escala 1: 1'000,000, que había sido elaborada por el Chart Service de los Estados Unidos de América*, así como el levantamiento y la construcción de la Carta General de los Estados Unidos Mexicanos a la cienmilésima (escala 1:100,000) y de la Carta Táctica, escala 1:500,000, del sureste del país. (Ibídem: 191)

* Servicio de Cartografía Aeronáutica de Estados Unidos de América



Fig.-8 Insignia del Servicio Geográfico del Ejército.
Fuente: Dirección General de Cartografía

1.3.10.- Comisión Cartográfica Militar.

Sin abandonar las actividades emprendidas para el cumplimiento de la actualización de la Carta escala 1: 50,000, el 7 de junio de 1950, el Servicio Cartográfico cambio su denominación por la de Comisión Cartográfica Militar, por ser más acorde a su finalidad.

La comisión Cartográfica Militar dependió administrativamente del estado Mayor del Ejército y tenía como misión, continuar las labores emprendidas para construir y mantener al día, la Carta General de los Estados Unidos Mexicanos, escala 1:100,000. (Ibídem: 193)

La necesidad de actualización de la información consiste en ministrar material cartográfico actualizado a las diferentes: regiones, zonas, sectores y subsectores militares según sean sus necesidades.



Fig.-9 Divisa de la Comisión Cartográfica Militar.
Fuente: Dirección General de Cartografía

1.3.11.- Departamento Geográfico Militar.

Por decreto presidencial el 8 de abril de 1971, el Departamento Cartográfico Militar cambió de nuevo su denominación, por la de Departamento Cartográfico Militar. Su misión consistió en continuar la actualización de las cartas 1:100,000, que por diversas causas aún no se ha concluido, hasta la fecha debido a la necesidad de renovarse día con día. (Ibídem: 206)

La creación del Departamento Cartográfico el 21 de mayo de 1974 cambió su denominación al Departamento Geográfico, nombre que es nuevamente cambiado en el año de 1975 adoptándose nuevamente el de Departamento Cartográfico. Para el 1 de julio de 1982 el Departamento Cartográfico se convirtió en la Dirección General del Servicio Cartográfico. (DGSC)

1.4.- Dirección General de Cartografía.

Con fecha 1 de septiembre de 1992, por Decreto Presidencial del entonces presidente, Carlos Salinas de Gortari el organismo responsable de producir y abastecer material cartográfico, para satisfacer las necesidades del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos, adquirió su actual designación de Dirección General de Cartografía. (Ibídem: 223)

El conocimiento del territorio en el que vivimos, ha sido tema de gran importancia a través de la historia, por lo cual el proceso de desarrollo de la Dirección General de Cartografía está repleto de grandes proezas realizadas por el personal de tropa y oficiales, quienes se han auxiliado de sus conocimientos para su orientación y logro de objetivos, en distintos medios como lo han sido los croquis, grabados, cartas en los cuales han representado los puntos más importantes y característicos del territorio nacional.

La convicción de que la sociedad se desarrolla permanentemente se manifiesta en el grado alcanzado en la generación y actualización de Cartografía que se genera gracias al trabajo directo sobre el terreno, las fotografías aéreas e imágenes de satélite han permitido la posibilidad de la representación casi fiel del territorio nacional.

1.4.1.- Objetivos institucionales para el desarrollo cartográfico

- Elaborar y mantener actualizada la cartografía del país, para uso militar.
- Levantar planos, elaborar mosaicos y otros trabajos cartográficos especiales, que demanden las necesidades del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos.
- Almacenar, conservar, controlar y distribuir material Cartográfico, para satisfacer las necesidades del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos.
- Controlar y dictaminar la autorización de los levantamientos fotogramétricos, que se realicen en el Territorio Nacional cuando proceda.

Ser el órgano rector para consolidar la producción y el desarrollo de la información geoespacial del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos generando en los usuarios la confianza permanente, de contar con la formación del territorio nacional, en su concepción más amplia, detallada y precisa. Mantener en permanente evolución los sistemas de producción cartográfica y de información geográfica militar, incorporando las innovaciones tecnológicas que satisfagan plenamente los requerimientos del instituto armado, manteniéndose a la vanguardia.

Complementar la información generada mediante el valor agregado que se obtenga de otras especialidades e instituciones afines, logrando mayor calidad y eficiencia, y optimizando recursos. Impulsar el desarrollo humano y profesional del personal del servicio influyendo en su espíritu, el orgullo y la satisfacción de saber, que el resultado de su esfuerzo, le permitirá materializar, el lema del servicio: *“A las tropas siempre guía”*

Indiscutiblemente, la Dirección General de Cartografía en este momento se encuentra en un momento de transición, ya que de ser una dependencia que solo dotaba de material cartográfico impreso y actualizado a los diferentes usuarios militares, hoy se ha encaminado a la generación de otros productos de orden cartográfico tal es el caso del DN16Map, el cual fue registrado ante la Dirección General de Derechos de Autor de la Secretaría de Educación Pública, a favor de esta Secretaría y fue distribuido al Estado Mayor, Mandos Territoriales, Dependencias e Instalaciones del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos, con el fin de proveer una herramienta de despliegue y análisis del terreno digital y eficiente que permita la mejor toma de decisiones.

Este programa cuenta con información de la Secretaría de Marina SEMAR, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Petróleos Mexicanos, el Instituto Nacional de Salud Pública y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para compartir información Geoespacial. A este se incorporó a la Cartografía militar elaborada, la información Geoestadística generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, permitiendo que los usuarios realicen búsquedas y consultas de los datos asociados a las localidades. (Tercer informe de labores SEDENA, 2009: 6-7)

1.4.2.- Estructura de trabajo de la Dirección General de Cartografía.

“La organización y la estructura organizacional, son dos términos incluyentes uno del otro; puesto que la organización en su sentido más amplio puede ser definida como el proceso de hacer que la estructura de una institución -llámese empresa, compañía o universidad- se ajuste a sus objetivos y a su ambiente. El segundo de estos términos puede ser entendido como la disposición y relaciones recíprocas de las partes componentes y los cargos de una institución”.

En este orden de ideas, a continuación se presenta el Organigrama Institucional de la Dirección General de Cartografía y en segundo lugar, el relacionado con la Sección de Fotogrametría de la cual depende la Sub Sección de Imágenes.

1.4.3.- Organigrama de la Dirección General de Cartografía.

La Secretaría de Defensa Nacional, desde finales del siglo pasado, mediante la Dirección General de Cartografía ha celebrado convenios con diferentes organismos del sector público, entre los que destacan, el Sistema Corporativo de Información Geográfica (SICORI) de Petróleos Mexicanos (PEMEX), el órgano Administrativo Desconcentrado Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el Servicio Geológico Mexicano (SGM) de la Secretaría de Economía (SE), el Instituto Nacional de Salud pública de la Secretaría de Salud (SALUD), la Secretaría de Marina (SEMAR), y el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), entre otros.

Por lo anterior, hoy en día la Dirección General de Cartografía se constituye como un servicio administrativo fundamental de la Secretaría de la Defensa Nacional, mismo que tiene las funciones generales que se exponen en el siguiente apartado.

De conformidad con las misiones generales que le asigna el artículo 1o. de la Ley Orgánica del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos, la Secretaría de la Defensa Nacional atiende una gran cantidad de compromisos de carácter interinstitucional para dar respuesta a las necesidades sociales, que se van generando en nuestro país en el contexto nacional e internacional a causa de los factores naturales, económicos, sociales y políticos. Es por ello que esta Secretaría, en su desarrollo institucional, ha generado permanentemente su propia cartografía para uso militar con el fin de disponer con toda oportunidad de la información geográfica nacional que sus misiones generales requieren:

- I. Defender la integridad, la independencia y la soberanía de la nación.
- II. Garantizar la seguridad interior
- III. Auxiliar a la población civil en casos de necesidades públicas.
- IV. Realizar acciones cívicas y obras sociales que tiendan al progreso del país.
- V. En caso de desastre prestar ayuda para el mantenimiento del orden, auxilio de las personas y sus bienes y la reconstrucción de las zonas afectadas.

De esta manera, la información Geoespacial que genera la Dirección General de Cartografía, es distribuida entre las unidades, dependencias e instalaciones de la Secretaría de la Defensa Nacional, en forma impresa y digital, para la concepción, preparación y conducción de todas las actividades militares.

Para tal fin, la Ley Orgánica del Ejército y Fuerza Aérea, en los artículos 21 fracción IV, 32, 67, 69 y 70, establece que “Los Servicios son componentes del Ejército y Fuerza Aérea, que tienen como misión principal, satisfacer necesidades de vida y operación, por medio del apoyo administrativo y logístico formando unidades organizadas, equipadas y adiestradas para el desarrollo de estas actividades”, por lo que la Secretaría de la Defensa Nacional para el cumplimiento de sus funciones cuenta entre otros órganos con las Direcciones Generales, siendo una de ellas la de Cartografía, que dirige las actividades del Servicio Cartográfico; en la misma ley el artículo 78 señala que el Servicio Cartográfico:

“Tendrá a su cargo todos los trabajos de este tipo y los geodésicos, topográficos y fotogramétricos, así como la producción y el abastecimiento de cartas, mapas, mosaicos aéreos y material similar para el Ejército y Fuerza Aérea. Estas actividades podrán coordinarse con otros Órganos Oficiales semejantes”.

También el Reglamento Interior de la Secretaría de la Defensa Nacional, en su Artículo 53 establece que “La Dirección General de Cartografía es el órgano técnico administrativo a cargo de la producción, actualización, almacenamiento y ministración de cartas, imágenes, mapas, mosaicos fotográficos y material similar, para satisfacer las necesidades del Ejército y Fuerza Aérea en las operaciones militares, a través de los trabajos cartográficos, geodésicos, topográficos y

fotogramétricos que se requieran”, y asigna además mediante el Artículo 54, las siguientes atribuciones para esta Dependencia:

- A. Elaborar y mantener actualizada la cartografía del país para uso militar;
- B. Elaborar trabajos cartográficos especiales que demanden las necesidades de la Secretaría;
- C. Producir, obtener, almacenar, conservar, controlar y distribuir material cartográfico para satisfacer las necesidades de la Secretaría;
- D. Mantener actualizado el sistema informático del material cartográfico;
- E. Participar en la elaboración de croquis y planos de los predios militares en coordinación con la Dirección General de Ingenieros;
- F. Emitir opiniones técnicas y llevar el registro de levantamientos aerofotográficos, magnetométricos, radiométricos y de percepción remota en general, que realicen organismos particulares o gubernamentales en el territorio nacional;
- G. Desarrollar y administrar el Sistema de Información Geográfica Militar;
- H. Impulsar la investigación y el adiestramiento de la especialidad en los campos científico y tecnológico;
- I. Mantener constantemente actualizados los métodos y procesos técnicos en el campo de la cartografía, para que previo estudio y aprobación, se lleven a la práctica o se efectúen las modificaciones necesarias para el fin propuesto;
- J. Establecer coordinación con organismos gubernamentales y privados para la solución de asuntos que competen a la Dirección, previa autorización de la Secretaría y

K. Disponer la elaboración de los programas de trabajo anuales y proponer su ejecución de conformidad con el plan general de trabajo”

Los órganos encargados de ejecutar las actividades del proceso cartográfico en esta Dependencia, están integrados por secciones, subsecciones, mesas y grupos especializados de trabajo, materializándose en el Sistema de Producción Cartográfica y el Sistema de Información Geográfica Militar de la siguiente manera:

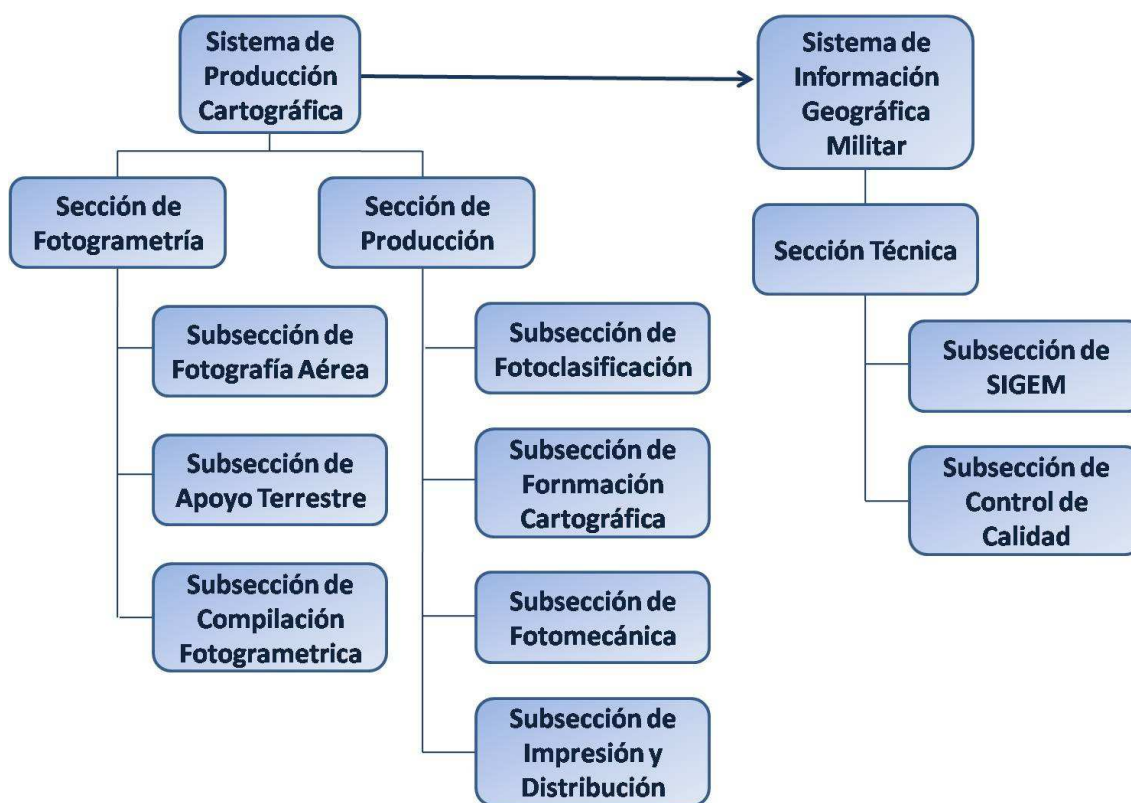


Fig.-10 Organización actual del Servicio de Cartografía.
Fuente: Castillo 2009.

II. MARCO CONCEPTUAL.

2.1.- Cartografía.

La evolución de la Cartografía Mexicana tiene una importante participación en la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (SMGE) fundada en 1883. Desde su inicio, se formó con las secciones académicas de Geografía y Estadística como ejes importantes de su actividad educativa. Hoy, después de casi 127 años de labor ininterrumpida se conforma por cerca de 50 academias especializadas que, al iniciar el siglo XXI, le han dado una característica interdisciplinaria única en el país y que la distingue de las demás organizaciones científicas y académicas de su tipo.

Cabe mencionar que en la actualidad, los sistemas de información geográfica (SIG) consideran no sólo aquellos instrumentos de levantamiento de cartas geográficas y de todos los diversos tipos de cartografía, necesarios para el quehacer de esta especialidad, sino que también incluyen a los sistemas de compilación y agrupación de colecciones de Cartografía histórica y de uso normal, con las clasificaciones y especificaciones que, en algunos casos, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) ha creado, además de otras fuentes de información impresas y digitales, que han dado a conocer medios poco convencionales, como discos compactos y las bases de datos estadísticas, que es necesario considerar como fuentes de información primarias para la investigación y regeneración del conocimiento. En este caso particular, se abordan los levantamientos cartográficos que incluyen mapas, planos, croquis, que proporcionan al geógrafo y a los especialistas de disciplinas afines, los elementos necesarios para generar estudios e investigaciones.

Uno de los instrumentos más importantes para los estudios es la carta geográfica, la cual ofrece un gran número de características para representar, leer, interpretar, localizar, inventariar y poner en marcha proyectos. Ya que el objeto de la cartografía consiste en reunir, analizar y procesar la información obtenida en diversas regiones de la Tierra y representa estas gráficamente a una escala reducida, cuando que todos los elementos y detalles sean claramente visibles, facilitando la lectura e interpretación de los aspectos graficados. (Caire, 2002: 14).

Las tareas en cartografía son amplias y numerosas, para su estudio y aplicación se considera que el geógrafo continuamente requiere de la cartografía de su interés y la construcción de esta puede ser rápida o prolongada si se quiere partir de la elaboración. Este problema puede examinarse ante la posibilidad de agotar información cartográfica realizada por instancias gubernamentales e instituciones privadas que la manejan. (Ibídem: 15)

Por lo cual las cartas geográficas son representaciones reducidas generalizadas y matemáticamente determinadas de las superficies terrestres sobre un plano, en las cuales se interpreta la distribución, el estado y los vínculos de los hechos y fenómenos naturales y sociales, seleccionados de acuerdo con la asignación concreta de la carta. (Ibídem: 39)

En las cartas geográficas también es posible los cambios que experimentan los fenómenos en el tiempo, es decir, su desarrollo y los factores que influyen en el, como lo son las crecientes de los ríos y lagos motivados por los fenómenos

estacionales representación del desarrollo de los hechos históricos, los mapas climáticas para el estudio del desarrollo.

Durante el desarrollo de la cartografía digital, uno de los aspectos más importantes es la obtención de la información espacial en formato digital, que puede lograrse por dos vías fundamentales, la directa y la indirecta:

1.- La vía directa es cuando la información es obtenida en formato digital desde distintos tipos de sensores, como cámaras satelitarias, cámaras de vídeo y receptores GPS; esta es la manera más precisa, pues son menores los errores que pueden influir.

2.- La vía indirecta, aunque menos precisa es la más usada, es cuando los datos informativos están soportados en formato analógico, o sea en papel, plástico u otro material y es necesario convertirla a formato digital mediante digitalización por dos métodos: digitalización masiva (rasterización o escaneo) y digitalización vectorial o semiautomática.

Las cartas digitales por sus características técnicas se dividen en dos grandes grupos.

a) Raster o mapas de bit. Son imágenes constituidas por pixel de distintos colores que con cierto grado de zoom tiene el mismo aspecto de una carta en papel. Cualquier imagen escaneada es un conjunto de pixel.

b) Vectoriales. La imagen está formada por puntos, líneas o superficies que se guardan como ecuaciones matemáticas. Se realizan en base al "calcado manual" de cartas en papel. Es el sistema técnico más adecuado para realizar cartografía. Pero una carta vectorial realizada a partir de una en papel con errores, no mejora en nada y para puede agregar los errores de quien la vectorizó.

La diferencia fundamental de las cartas vectoriales con las cartas papel o ráster, es que las primeras, al tener asociada una base de datos con una gran capacidad de información, no tienen limitación de zoom ni pérdida de detalles, permiten la búsqueda de puntos de interés por menú alfabético o de proximidad, el despliegue de nombres, características y descripción de los elementos de la carta. Por ejemplo, en el caso de las cartas Forestales, podemos ver un lote y sus características, superficie, especie forestal, año de implantación, etc., con la aparición de nuevos detalles, a medida que uno se aproxima, cosa que no se puede lograr con una carta ráster o papel, la que por otra parte tendrá menor precisión que una buena carta Vectorial.

En la década de los 80's, los cartógrafos pensaban que la producción de documentos digitales aceleraría la elaboración de mapas de papel. Si bien esto no fue así, los avances tecnológicos que se obtuvieron fueron el primer paso a muchas otras aplicaciones de datos digitales.

Como lo es el conjunto Datos Topográficos se han convertido en una base madre de datos digitales que contiene toda la información que por lo general se encuentra en un mapa topográfico tradicional, como por ejemplo, vías fluviales, zonas urbanas, caminos, vías de ferrocarril, vegetación y relieve.

Los archivos que componen un Conjunto de Datos Vectorial se pueden manipular y tratar para efectuar funciones específicas y la base de datos se presta a un campo de aplicaciones más amplio que el de los mapas convencionales de papel.

En general, la producción, actualización y aplicación de Datos Topográficos Digitales está creciendo de manera muy rápida debido a que las nuevas aplicaciones provienen de todos los sectores económicos y sociales. Los datos topográficos digitales y estructurados se pueden utilizar para realizar análisis en una amplia gama de campos.

Las aplicaciones ambientales incluyen: el manejo de recursos naturales, la vegetación, y la protección contra desastres naturales como los que propician el riesgo volcánico, riesgo biológico bacteriológico, incendios forestales, los fenómenos hidrometeorológicos, sismos, aludes, la contaminación de mantos acuíferos y el riesgo de la contaminación que generan los ductos al generarse accidentes ecológicos tales como los derrames de petróleo.

Las actividades de los seres humanos están estrechamente ligadas a sus localidades geográficas, los gobiernos y las empresas aprovechan tal situación con la creación de datos digitales geoespaciales, basados en la localidad, para utilizarse en áreas de análisis, manejo y política. Puesto que la base de este análisis, lo constituye la tecnología de la información, los gobiernos y la industria colaboran en el desarrollo de la infraestructura para recopilar, manejar y divulgar datos geoespaciales.

A través del acceso a la Información, los gobiernos, el sector académico y la industria colaboran para que el acceso a la información se realice con sólo hacer clic con el ratón, el Internet proporcionará acceso y servicios geográficos de manera rápida, fácil y coordinada. También hay información disponible sobre la alineación de datos, de manera que los usuarios tengan acceso simultáneo a los datos digitales geoespaciales desde distintas fuentes, a diferentes escalas y en diversos formatos.

Se pueden obtener y utilizar, de manera rápida y sencilla, datos geoespaciales para aplicaciones tan diversas como las del comercio, recursos naturales y el medio ambiente. La cartografía siempre ha tenido una amplia relación con las demás ciencias, ya que los mapas son utilizados como medios básicos de investigación en la geología, la meteorología, en geografía así como también en la planificación regional y urbana, los transportes entre otras. La cartografía provee a las otras ciencias de un método especial de representación y de estudio de los fenómenos que conciernen a las mismas y de acuerdo con el objetivo que persiga la investigación, se utilizan diferentes tipos de mapas.

Actualmente la cartografía digital y los SIG juegan un papel primordial con nuevas tecnologías de representación y análisis como base para la moderna planificación y ordenamiento de los territorios. Estas nuevas técnicas se han venido imponiendo y son una necesidad para el desarrollo económico. El desarrollo de las nuevas técnicas de Cartografía Digital y SIG ha ido impactando de distintas formas en diversos sectores de la sociedad, principalmente en aquellos que producen la cartografía y en los consumidores.

La Cartografía Digital y los SIG no son exclusivos de ninguna profesión en específico (geodestas, geógrafos, cartógrafos, matemáticos, evaluadores, arquitectos, administradores, etc.), todos son usuarios y la definición varía según sus perspectivas.

Los profesionales vinculados a la producción cartográfica se han visto en la necesidad de incrementar los conocimientos técnicos en materias de automatización e informática, así como estos últimos en las especialidades relacionadas con la Cartografía para formar equipos de trabajo multidisciplinarios, así como los geógrafos de formación reciente.

Por otra parte los consumidores de mapas, es decir, los usuarios también han tenido que aumentar su preparación relacionada con la Cartografía y la automatización, pues cada vez más va disminuyendo el trabajo con mapas impresos y las grandes tirajes de mapas por los enormes gastos que a ello conlleva, en algunos casos. Esto es sustituido por los pequeños tirajes con modernos equipos automatizados que no siempre están en manos de los órganos estatales o privados de producción cartográfica, si no por los mismos usuarios o consumidores, abaratando el costo, ya que solamente se imprime lo que se desea en un momento determinado, además de esta forma los mapas envejecen muy poco, ya que su actualización es mucho más fácil.

Desde los inicios de la civilización humana el hombre ha tenido la necesidad de representar la superficie terrestre, así como los fenómenos que ocurren sobre ella apoyarse en la toma de decisiones sobre las diferentes actividades a realizar, la caza, la pesca, la agricultura, la construcción, la guerra y la planificación territorial en general.

Todo esto ha traído como resultado el desarrollo de la Cartografía, paralelamente al de la ciencia y la tecnología, hasta su expresión moderna, la Cartografía Digital y los Sistemas de Información Geográfica, constituyendo hoy en día una necesidad en todas las esferas de la vida del hombre. Como ya se dijo, una carta digital puede tener dos caracterizaciones principales y básicas, la que está formada por elementos vectoriales ligados a bases de datos y la que se encuentra en forma de imagen, también conocida como formato raster. Ambas caracterizaciones tendrán siempre como requisito principal el hecho de encontrarse geoespacialmente georeferenciadas, es decir, que deberán contar con los medios necesarios que ubiquen perfectamente sus rasgos con sus correspondientes en el terreno por medio de coordenadas.

Existen en el mercado numerosos programas informáticos dedicados al despliegue, consulta y análisis de cartografía digital, los cuáles cuentan con las herramientas necesarias para la ejecución de estas tareas, con menor a o mayor complejidad. Estas herramientas apoyan al usuario en labores tales como:

- Determinar superficies, distancias, ubicaciones, ángulos.
- Dar georreferencia a otras imágenes o datos digitales (imágenes de satélite o archivos vectoriales), o para verificar o valorar la georreferencia de otros conjuntos de datos.
- Combinarlas con otros datos digitales de posición real definida, provenientes de múltiples fuentes.
- Dar contexto a imágenes o datos geográficos de otras fuentes.

- Realizar animaciones de desplazamiento simulado sobre el terreno y representaciones gráficas diversas.
- Accesibilidad inmediata de cualquier mapa o fracción de mapa, en formato digital, como una imagen.
- Posibilidad de interactuar con los datos, integrando imágenes generadas por el usuario, sobreponiendo información vectorial o manipulando la imagen para adaptarla a sus requerimientos.
- Posibilidades para graficar cualquier carta del conjunto o alguna región de interés específico. Estas facilidades sólo están condicionadas a la disponibilidad y capacidades, como los softwares con los que cuenta la Dirección General de Cartografía tales como Arc Gis, Erdas, PCI Geomatics, Trimble Geomatic, Dn16Map.

Los Conjuntos de Datos Vectoriales de una Carta Topográfica Digital, contienen información sobre los rasgos geográficos presentes en la carta impresa, como curvas de nivel, hidrografía, vías de comunicación, localidades, entre otros. Estos rasgos son representados digitalmente por un componente geométrico (puntos, líneas o áreas), y un componente descriptivo (los atributos del rasgo). Los topónimos o nombres geográficos se proporcionan en un producto separado como conjunto de datos toponímicos.

La riqueza de información de una Carta Digital, la hace útil como base para el desarrollo de sistemas de información geográfica, que tiene en la actualidad una gran variedad de aplicaciones, como planeación, estudios ambientales, evaluación de infraestructura, evaluación de cambios, incluyendo una variedad importante de aplicaciones para uso militar. Al proporcionarse en formato digital, los Datos Topográficos pueden ser complementados con otro tipo de información espacial para realizar diversos tipos de análisis y modelaje del terreno.

Esta información puede combinarse con Datos Vectoriales de otros temas, y datos ráster, como los modelos digitales de elevación o imágenes de satélite.

2.2.- Definición de cartografía.

La palabra cartografía proviene en dos voces: del latín “carta” que quiere decir “papel escrito que sirve para comunicarse” y del griego “grapho” que significa “escribir”. La cartografía por lo tal es la ciencia, arte y técnica que tiene por objeto la representación y realización de mapas y cartas geográficas de la superficie terrestre a diferentes escalas, valiéndose para el efecto de uso de símbolos convencionales, dibujos y colores.

2.3.- Importancia de la cartografía.

La cartografía para desempeñar sus funciones requiere de un instrumento grafico que puede ser una carta, mapa o plano en el cual se representara información en dos aspectos fundamentales:

- a) Cualitativo.- el cual corresponderá a la naturaleza y sus los elementos de estudio respecto a sus características.
- b) Cuantitativo.- el cual describe la ubicación sobre el terreno de los elementos a través del cual, es posible cuantificarlos y conocer sus relaciones reciprocas.

Los documentos cartográficos son los medios que expresan conocimientos geográficos con sus características particulares de posición relativa verdadera (SEDENA, 1603: 13)

La cartografía por sí sola, independientemente de las ciencias que proporcionan su materia prima, constituye una disciplina cuyo estudio ha de capacitar al individuo para representar en forma precisa, legible y de aspecto agradable información mediante un documento grafico, por ello es preciso asimilar ciertos principios e ideas básicas; claro está que el arte cartográfico ha evolucionado aunque no deja de ser conservador. La elaboración de un mapa es un proceso delicado en el cual debe ponerse el mayor cuidado, tanto técnico como estético para dar una apariencia agradable de información precisa a los usuarios.

El campo de la cartografía incluye el estudio de los métodos de representación cartográfica, necesarios para el diseño de cartas, mapas y representaciones relacionadas con ellos. Estos métodos se pueden expandir, combinar y desarrollar científicamente, así como ser sujetos de investigación y estudio.

Los principios y métodos de la cartografía se apoyan entre sí en el logro de un objetivo en común: comunicar a través del lenguaje cartográfico. Lo que significa, que tanto el autor del mapa como quien lo diseña, transportan información significativa hacia el usuario (comunicación cartográfica). El alfabeto de este lenguaje está compuesto por símbolos, dibujos y colores individuales (que consta de los elementos gráficos básicos, es decir los símbolos puntuales, lineales y de área), en el que se relaciona el contenido del mapa con los detalles característicos de superficie terrestre. (Ibídem: 14)

En toda institución donde se elaboran instrumentos cartográficos es fundamental implementar una organización tal, que conlleve a un resultado exitoso entre el contenido y la forma del mapa; la organización encierra la estimación en costo y tiempo, planeación, calendarización de las actividades para realizar un mapa, así como también la verificación, supervisión y publicación de la misma.

El empleo y dominio de la cartografía constituye la base integral para la planificación del desarrollo socioeconómico y político de un país, e intervine en ello personal altamente calificado como son: Ingenieros Geodestas, Geógrafos, Topógrafos, Geólogos, Cartógrafos y Fotogrametrístas entre otros, quienes se encargan de la determinación, figura y dimensiones del globo terrestre, así como en la elaboración de trabajos para establecer la situación exacta, tanto horizontal como vertical de los detalles existentes sobre la superficie de la Tierra y plasmarlos gráficamente. (Ibídem: 15)

2.4.- Clasificación de la cartografía.

La cartografía por sí sola, independientemente de las otras ciencias que le proporcionan su materia prima, constituye una disciplina cuyo estudio ha de capacitar al individuo para representar de modo claro los elementos del terreno propios de un mapa de tal manera que el mapa sea la representación geométrica plana, simplificada y convencional de la superficie terrestre o parte de ella, con una relación de similitudes proporcionada por la escala, puesto que los cambios en la forma de representación de la tierra se llevan a cabo, poco a poco y con gran exactitud. (SEDENA, 1600: 11)

2.4.1.- Cartografía por usos.

Los mapas se clasifican conforme a la magnitud de proporción que representan así como por su contenido estableciéndose como mapas generales y específicos: En este caso por ser de nuestro interés los mapas generales son aquellos que representan exacta y detalladamente la superficie terrestre, así como su posición, forma, dimensiones e identificación de los accidentes del terreno, además, de aquellos objetos concretos que se encuentran permanentemente en el mismo, como son: datos geográficos, hidrográficos, orográficos, red de comunicaciones, de división política, límites internacionales y estatales.

2.4.2.- Cartografía por escala.

La escala es la relación existente entre las dimensiones de los elementos representados en un mapa y sus magnitudes en el terreno. Normalmente se elaboran a una escala específica, según sea la necesidad del momento, ya que contienen detalles planimétricos y altimétricos en la es tomada en cuenta la curvatura de la Tierra, su información será rica en detalles pero abarcará una extensión del terreno.

Sin embargo estos se pueden clasificar por su escala y por su contenido:

Por su escala se divide en tres grupos:

- Escalas grandes 1:25 000 y mayores.
- Escalas medianas 1:50 000 hasta 250 000.
- Escalas pequeñas 1:500 000 y menores.
- Una clasificación más amplia sería la siguiente:
- Escalas muy grandes 1:2 500 y mayores.
- Escalas grandes 1:5 000 hasta 1:2 5000.
- Escalas medianas 1:50 000 hasta 1:250 000.
- Escalas pequeñas 1:500 000 hasta 1:2 500 000.
- Escalas muy pequeñas 1:500 000 y menores.

Atendiendo a su contenido los mapas se dividen en dos grandes grupos: mapas topográficos y mapas temáticos. Los mapas topográficos, también llamados básicos sirven para determinar las medidas y configuraciones de un área geográfica. Con su auxilio se puede calcular distancias y diferencias de nivel entre lugares, longitudes de caminos, la altura de los cerros y montañas, también es posible localizar pueblos, ciudades, casas aisladas, vías de comunicación, represas, puentes y demás obras humanas.

Se puede conocer el curso de los ríos, la ubicación de los bosques y zonas de cultivo y en forma aproximada se puede calcular el volumen de algunas masas de agua o el número de habitantes de una población. El objetivo de estos mapas es describir con precisión y riguroso detalle los accidentes topográficos conspicuos.

(INEGI, 1998: 56)

Los mapas temáticos son muy específicos en el caso de los políticos se representan las divisiones administrativas realizadas por el hombre, tales como las fronteras, límites provinciales y demás divisiones administrativas. En los económicos se pueden representar áreas y zonas de producción, minería, factorías e industrias. En los de población se trata la distribución y densidad de la misma según sea las necesidades.

2.4.3.- Componentes de la cartografía.

Una forma de interpretar el contenido de un mapa es analizándolo a través de sus componentes los cuales, se representan de la siguiente manera:



Fig.-11 Componentes de un mapa.
Elaboración propia en base al ejemplo de INEGI.

2.5.- Carta topográfica.

Es aquella en que la Tierra se considera como un cuerpo plano y no se toma en cuenta la curvatura de la misma hasta llegar a una distancia de 30 km, en virtud de que la porción que representa es bastante pequeña y al hacerlo no se comete un error apreciable. Según el objeto para el cual han sido hechas las cartas, estas se clasifican en Cartas generales por contener la mayor información sobre orografía, hidrografía, poblaciones y comunicaciones de toda índole.

2.6.- Información marginal y simbología.

La información marginal es una serie de datos que se encuentran impresos al margen de la carta, sin embargo, no todas las cartas son iguales, por lo que es necesario que cada vez que se utilice una carta diferente, se examine la información marginal. Las cartas que se elaboran en el servicio cartográfico militar, contienen la siguiente información marginal: (SEDENA, 3102: 27)

a) Nombre de la hoja.

Este va impreso en el centro del margen superior, generalmente a una carta se le asigna el nombre de un rasgo cultural o geográfico sobresaliente. Siempre que sea posible, se usa el nombre de la ciudad o poblado más grande que aparezca en la carta.

b) Número de la hoja.

El número de la hoja se encuentra en el margen superior del lado derecho, sirve para la identificación de cada hoja y en realidad, es una clave formada por números y letras que indican lo siguiente:

El primero o los primeros dígitos y la letra mayúscula corresponden a la Zona de cuadrícula, la letra minúscula separa por el guión, corresponde a la subdivisión en cuadros de 2º y de longitud por 2º de latitud dentro de la zona de cuadrícula y el número dentro del paréntesis, corresponde a la división de este último cuadro en un número variable de hojas según el formato y la escala.



Fig12.- Clave de hoja.
Fuente: SEDENA, 2010

c) País o Región Geográfica y Escala.

El País o Región Geográfica y escala, aparecen en el margen superior del lado izquierdo. Identifica la cartografía de un país (Estados Unidos Mexicanos) o una región geográfica determinada y la escala de una hoja en particular. (Ibídem: 26)

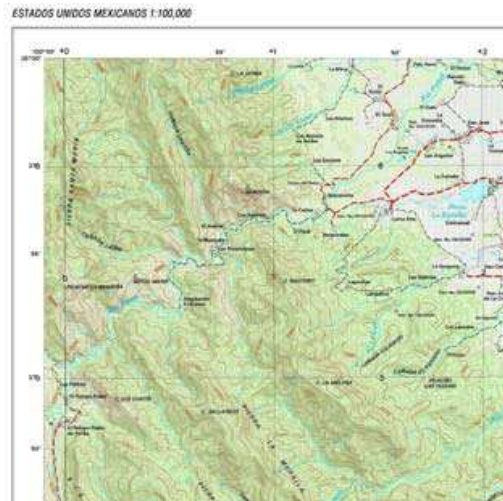


Fig13.- Origen y escala de hoja.
Fuente: SEDENA, 2010

d) Signos convencionales.

Los signos convencionales se encuentran en las cartas escala 1:25 000 en la parte superior del margen derecho y en el resto de las cartas en el lado izquierdo del margen inferior, aquí se ilustran e identifican algunos de los símbolos usados en la carta.

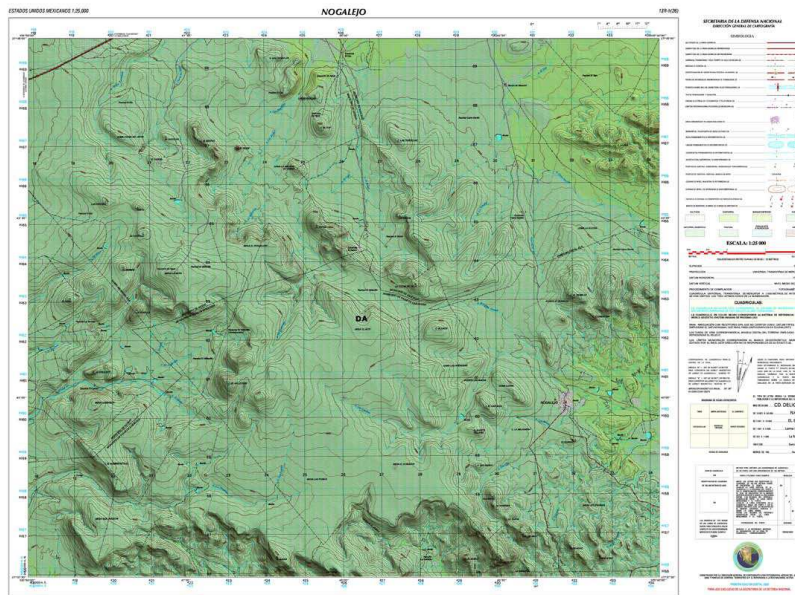


Fig14.- Carta topográfica Nogalejo, Chihuahua, escala 1:25,000, primera edición digital 2006.
Fuente: SEDENA, 2010

e) Escala de la carta y la escala grafica.

La escala de la carta y la escala grafica se localizan en el centro del margen inferior, excepto en las cartas escala 1:25 000 en las cuales se encuentran en el margen derecho. La escala de la carta expresada como una razón aritmética es la relación entre las distancias de la carta y las distancias del terreno. La escala grafica es una regla que se usa para la determinación de las distancias del terreno o reales, directamente midiéndolas en la carta.

f) Equidistancia de curvas de nivel.

La nota de la equidistancia de curvas de nivel aparece debajo de la escala gráfica e indica la distancia vertical entre las curvas de nivel en la carta. Cuando se usan curvas de nivel o auxiliares también se indican en esta nota. (Ibídem: 27)

g) Proyección.

La nota de proyección se localiza debajo de la nota de curvas de nivel. Indica el método usado para proyectar el área que aparece en la carta.

h) Cuadrícula.

La nota de cuadrícula se encuentra a continuación de la de proyección. Da información referente del sistema de cuadrícula usado, el intervalo entre las líneas y el número de ceros suprimidos de la numeración de cuadrícula.

i) Índice de hojas adyacentes.

El índice de hojas adyacentes aparece en el margen inferior excepto en la cartografía escala 1:25 000 en las que se encuentra al margen derecho. En el se identifican las hojas que se encuentran alrededor de la carta considerada.

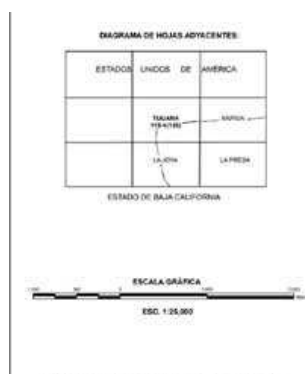


Fig15.- Índice de hojas adyacentes.
Fuente: SEDENA, 2010

2.6.1.- Percepción remota.

La percepción remota tuvo un desarrollo acelerado con la prospección de los recursos naturales desde el espacio y ha culminado en una nueva rama de la ciencia cartográfica con los métodos eficientes del análisis de imágenes, el diseño y la construcción de arquitecturas computacionales especiales y la fabricación de sensores remotos de alta eficiencia. En la actualidad, tiene elementos propios de análisis enmarcados en el método científico que le permiten resolver diversos problemas en la investigación experimental. (Lira, 1987: 5)

La percepción remota es un método de observación a distancia de un sistema físico, con la finalidad de evaluarlo tanto cuantitativamente como cualitativamente. Su desarrollo está ligado a los notables avances que han tenido la tecnología espacial y la informática. De esta manera y en sentido más amplio, la percepción remota se ha constituido como una rama de la ciencia que se refiere al registro de la radiación electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre, a través de sensores para el análisis e interpretación de esta información, con la finalidad de obtener información de los recursos naturales que nos rodean. (SIGSA: 3)

La percepción remota es la medida o adquisición de información de ciertas propiedades de un objeto o fenómeno a partir de un sistema de captura que no está en contacto físico con el objeto o medio estudiado. SOCIEDAD INTERNACIONAL DE FOTOGRAMETRIA Y TELEDETECCIÓN.

2.6.2.- Modelo Digital de Elevación MDE ó MDT

Los modelos digitales del terreno, la información referente a la topografía o a cualquier otro hecho tridimensional, se puede representar en el ordenador mediante tres tipos de datos diferentes. Las diferencias entre ellos residen en cuáles son los elementos de base utilizados. (Bosque, 1992: 71-72)

Se denomina modelo digital del terreno a una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, como puede la temperatura, la cota o la presión atmosférica. En particular, cuando la variable a representar es la cota o altura del terreno se denomina modelo digital de elevaciones o MDE.

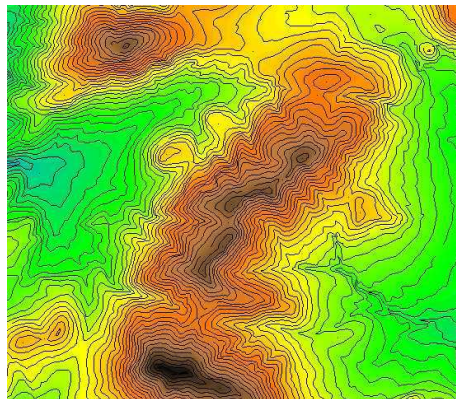


Fig16.- Modelo digital de elevación.
Fuente: SEDENA, 2010

Los modelos digitales del terreno, también denominados MDT, son simbólicos pues establecen relaciones de correspondencia con el objeto real mediante algoritmos o formalismos matemáticos que son tratados mediante programas informáticos.

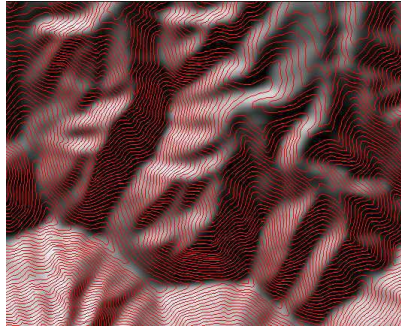


Fig17.- Modelo digital del Terreno.
Fuente.- SEDENA, 2010

Modelo digital de elevación.- es un arreglo de valores numéricos que corresponde a los valores estimados de elevación de puntos en el terreno. Estos puntos están espaciados y distribuidos de forma regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a la retícula cuadrada en la que sus lados son equidistantes. La representación geométrica a partir del arreglo de valores numéricos, es un modelo simplificado de la forma del terreno. (NTG005, 2006:3)

En la última década, se han realizado avances tecnológicos en el manejo de la información que nos permiten, visualizar imágenes del terreno en tres dimensiones e incluso volar virtualmente sobre ellas, gracias a los modelos digitales de elevación (MDE).

Se le denomina Modelo Digital de Elevación (MDE) a una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de las elevaciones de la superficie del terreno. Su unidad básica de información son los valores de elevación (Z) con respecto al nivel del mar, de una serie de puntos referidos a un sistema de proyección geográfica. Por lo tanto, un MDE es una representación simplificada de las elevaciones.

En la cartografía convencional los detalles del terreno están representados por líneas que unen puntos de igual altura (curvas de nivel). Esta representación de la forma del terreno en dos dimensiones no permite una forma rápida de visualización de las características reales del relieve. El nombre de Modelo Digital de Elevación o MDE, implica una representación simplificada de la geometría de la superficie del terreno.

Los MDE se usan principalmente en la totalidad de cartas digitales que genera la dirección general de cartografía contienen sus correspondientes Modelos Digitales de Elevación para una actualización y un mejor análisis del terreno en el software. ERDAS IMAGE.

El INEGI produce diversos tipos de datos geográficos, entre los que destacan los archivos de datos digitales que representan diversos objetos geográficos. Para fines prácticos, tales datos se agrupan en tres clases:

- a. Conjuntos de Datos Vectoriales, corresponden a la presentación digital de los mapas que tradicionalmente ha elaborado el INEGI, consignan los rasgos u objetos geográficos mediante una representación de puntos y líneas que conforman áreas, esos datos se encuentran separados por temas en diferentes capas de información tales como vías de comunicación, localidades, hidrografía, curvas de nivel, etc.
- b. Conjuntos de Datos Raster, corresponden a datos en formato *teselar* (raster), en los que se incluyen las ortofotos* y los modelos de elevación del terreno. La estructura de estos archivos es de un arreglo matricial de valores de un atributo particular, para el caso de las imágenes, los valores son de la reflectancia del terreno para cada elemento de imagen; o bien, de valores de altura del terreno cuando se trata de los modelos de elevación del terreno.

Conjuntos de Datos Alfanuméricos, corresponden a archivos de tipo texto con diferentes atributos considerados de interés, relativos a los diferentes rasgos existentes en los conjuntos de datos vectoriales. En ésta clase se incluyen archivos de nombres geográficos (topónimos y localidades), puntos.

- c. geodésicos, puntos de muestreo para mapas de recursos naturales, descripciones de unidades temáticas, etc.

*La ortofoto es un producto cartográfico generado a partir de aerofotografías verticales obtenidas con cámara métrica

Los diferentes archivos digitales mencionados provienen de información generada para diferentes niveles de generalización o de especificidad, según se quiera ver. Este documento trata acerca de las características de los Modelos Digitales de Elevación (MDE) escala 1:100 000, que como se mencionó, forman parte de los Conjuntos de Datos Ráster. (INEGI)

2.7.- Marco legal.

El marco legal que sustenta el presente, que se imparte en el servicio cartográfico, se encuentra establecido en el siguiente precepto:

-Artículo 78/o. de la Ley Orgánica del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos.

La carta digital es la representación gráfica de los elementos existentes en la superficie terrestre tales como: ríos, lagos, lagunas, caminos, carreteras, cubierta vegetal, relieve, localidades, etc., mediante símbolos y colores, visualizados en equipos de cómputo.

***III. ACTUALIZACIÓN DE UNA
CARTA TOPOGRÁFICA ESCALA
1:100,000.***

3.1- Actualización Mediante Fotografías Aéreas e Imágenes de Satélite.

Este procedimiento de actualización, se realiza mediante la comparación de fotografías aéreas y/o imágenes de satélite al sobreponerles los atributos geométricos de los datos geoespaciales a ser actualizados, con lo que se pueden detectar las modificaciones ocurridas y efectuar las actualizaciones correspondientes de manera muy similar de como se realiza la digitalización de vectores con una imagen raster según se ha descrito anteriormente; en ocasiones son empleados los instrumentos restituidores o las estaciones fotogramétricas digitales para llevar a cabo esta labor, principalmente en donde el factor de precisión es requerido.

Suelen emplearse también las ortofotografías digitales en la actualización planimétrica, pues pueden ser visualizadas en la misma escala que los datos en pantalla. Otra manera de llevar a cabo esta tarea, es a través de imágenes de satélite, en donde los datos y las imágenes geocodificadas constituyen una fuente de información primaria para la actualización. El proceso es igual al anterior, la combinación de estas imágenes con los datos sobrepuestos, facilitan la revisión y actualización (Castillo, 2009:48).

Las Imágenes de Satélite, cuentan con numerosas aplicaciones y además son una herramienta complementaria a los procesos convencionales de observación como son la fotografía aérea o trabajos de terreno. Gracias a que la observación remota se realiza a una gran altura es posible tener una visión panorámica de una gran superficie en la tierra, siendo por ejemplo, mayor el área de cobertura que el

método de la fotografía aérea; otra de las ventajas es que se cuenta con una gran cobertura global y periódica de la superficie terrestre, permitiendo entre otras cosas obtener imágenes de zonas inaccesibles por otros medios

Las Imágenes Satelitales ofrecen también información sobre regiones no visibles del espectro, esto es en áreas que no pueden ser vistas por el ojo humano o tomadas por la fotografía convencional, como es el caso del infrarrojo medio y térmico o las micro-ondas, donde estas bandas pueden aportar información para estudios medioambientales; el formato digital de las imágenes satelitales hace posible que los procesos de interpretación se hagan de manera rápida y eficiente, sobre todo si se han realizado muestreos directamente en campo antes de procesar la información.

La tecnología espacial a través del uso de satélites y de sus productos como son las Imágenes Satelitales, han demostrado ser de gran utilidad hoy en día para la visualización de fenómenos, como son el crecimiento demográfico de las ciudades debido a la necesidad de aprovechar los recursos naturales y de espacio, la planificación urbana, identificación de posibles desastres naturales, etc. Demuestran con ello que podrían ser de gran utilidad en los procesos de actualización de información geoespacial, mediante metodologías más rápidas y de menor costo. (Ibídem: 49)

3.1.2- Edición y actualización de cartografía digital

La edición y actualización de cartografía en formato digital proporciona al personal de la dirección general de cartografía de operadores y revisores, los lineamientos en materia cartográfica para la adecuación y edición de la cartografía, generada por el servicio cartográfico militar, que a su vez será utilizada por los diferentes organismos del ejército y fuerza aérea mexicanos, con el objeto de que se lleven a cabo de manera satisfactoria el cumplimiento de las misiones encomendadas por los diferentes mandos territoriales.

3.2.- Generalidades.

La información sobre la superficie terrestre se produce conforme a un ciclo que incluye su recolección, compilación, interpretación, procesamiento, análisis de datos e imágenes de la superficie terrestre y desde luego su difusión; aplicando conocimientos, técnicas, equipos e instrumentos geodésicos, topográficos, fotogramétricos y de cómputo, operados por personal especialmente adiestrado.

A través de los años, la secretaría de la defensa nacional por conducto del servicio cartográfico, ha realizado múltiples trabajos técnicos que le permite disponer de la cartografía militar, que utiliza de base, para la planeación específica de las acciones a realizar.

La misión de recopilar los estudios, memorias, datos y levantamientos efectuados por todas las dependencias del ejecutivo federal, en el desempeño de sus funciones, emprendiendo además, todos aquellos trabajos que se requirieran para materializar definitivamente la carta general de la república mexicana en diferentes

escalas, contando para el desarrollo de dicha meta, con la colaboración activa de las dependencias de gobierno involucradas.

Cada uno de sus elementos tiene asociada una base de datos que al consultarse permite al usuario conocer información adicional sobre sus características particulares, tales como: elevación, coordenadas, datos estadísticos, etc,

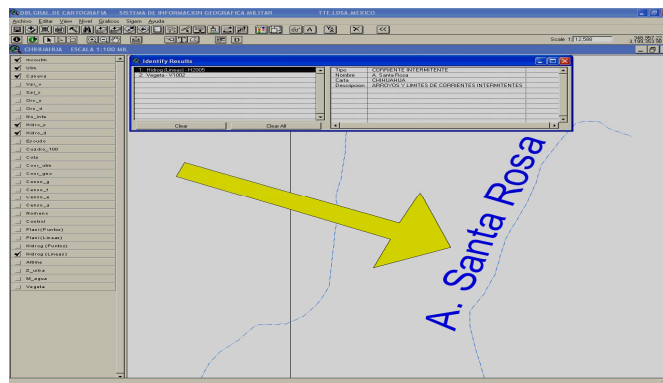


Fig.-18 Base de datos relacionada a un elemento hidrográfico.
Fuente: SEDENA, 2010

Este tipo de cartas se generan empleando equipos y programas de computo, así como instrumentos especiales que mediante la aplicación de procesos y metodologías especializados, permiten representar con precisión los rasgos naturales y artificiales del terreno.



Fig.-19 Generación de cartografía digital con equipos y programas de cómputo especializados
Fuente.-SEDNA, 2010

A través del tiempo se han empleado únicamente cartas en papel; pero en la actualidad el desarrollo tecnológico permite que puedan ser también utilizadas en sistemas automatizados, previamente almacenadas en dispositivos magnéticos, tales como servidores, discos duros, discos dvd y otros, logrando con ello un empleo auténticamente digital de la cartografía.

La importancia de la cartografía digital, la información que contiene es de gran calidad, ya que optimiza los tiempos y procedimientos para realizar consultas y búsquedas de información, vitales para la toma de decisiones, pues brinda información detallada de cada uno de los elementos gráficos representados en ella.

Además de los aspectos antes mencionados, las cartas digitales son la base ideal para la implementación de los modernos sistemas de información, para los cuales son una herramienta fundamental ya que permite relacionar las bases de datos con el entorno geográfico.

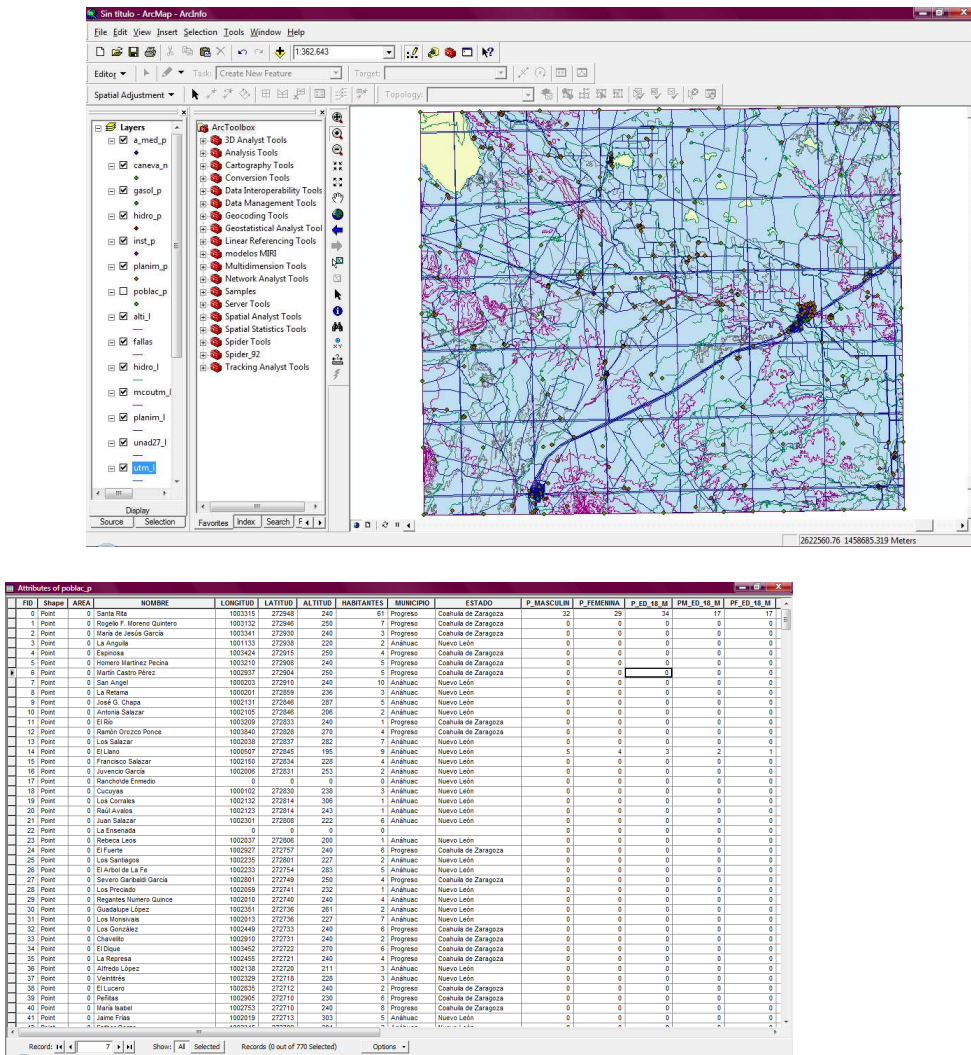


Fig.- 20 Sistema de Información Geográfica
Elaboración propia.

La información contenida en una carta digital, los datos que contiene una carta digital, son los mismos que están plasmados en las cartas en papel; sin embargo, su utilización en equipos de computo, permite realizar análisis detallados del terreno de manera rápida y precisa.

Además, el usuario esta en posibilidad de adicionar bases de datos propias con información de carácter operativo y administrativo relacionado con: instalaciones vitales, zonas de riesgo, localización de objetivos, etc.

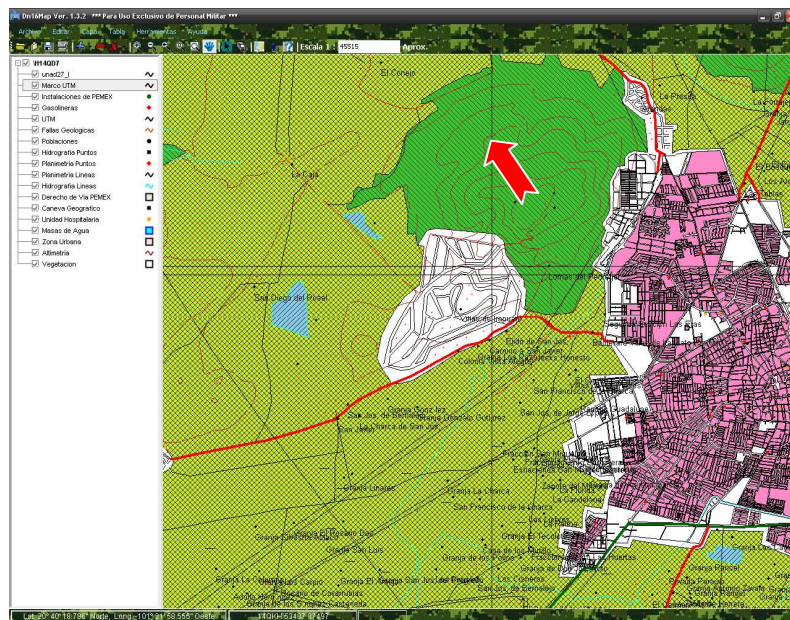


Fig.- 21 Localización de objetivos
Elaboración propia.

La elaboración de una carta digital así como la necesidad de disponer de cartografía digital para aplicarla a las actividades operativas, administrativas y de adiestramiento, motivó la implementación de un sistema de producción para convertir la cartografía en papel a formato digital.

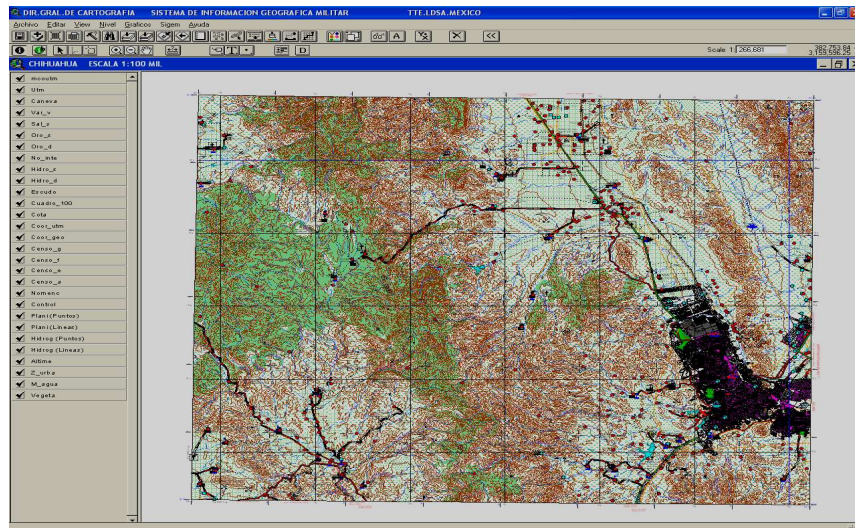


Fig.- 22 Carta digital
Elaboración propia.

Los procedimientos para obtener la información en formato digital, puede generarse por dos métodos fundamentales:

Aquel que emplea imágenes del terreno obtenidas por diferentes instrumentos, como las cámaras cartográficas ubicadas en aeronaves y los sensores instalados en satélites especiales. Este procedimiento se considera el idóneo pero requiere de mucho tiempo y recursos para su ejecución.



Fig.-23 Satélite de percepción remota *SPOT*
Fuente: <http://www.satimagingcorp.com/characterization-of-satellite-remote-sensing-systems.html>.

El otro procedimiento, aprovecha la información contenida en la cartografía impresa en papel, mediante la digitalización de cada uno de los trazos contenidos en cada carta.

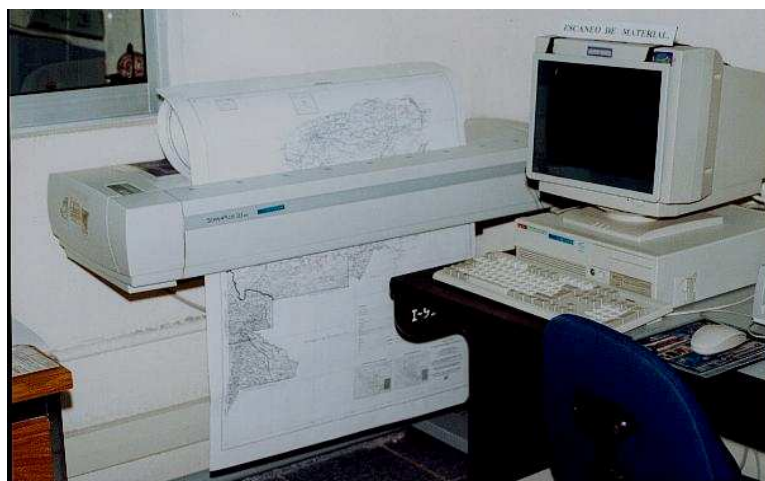


Fig.-24 Conversión de cartografía en papel a digital.
Fuente: SEDENA, 2010

Formas en que se representa la cartografía digital las cartas digitales generalmente están disponibles en dos formatos:

-Formato de imagen, constituida por un conjunto de puntos llamados *píxeles*, mismos que representan el dibujo que integra la carta.



Fig.- 25 Ejemplo de carta formada por *píxeles*
Fuente: SEDENA, 2010

-Formato de línea, está formada por múltiples puntos, líneas y polígonos, denominados *vectores*, correspondiendo cada uno a un elemento del terreno, sea camino, curva de nivel, arroyo, lago, casa, etc.

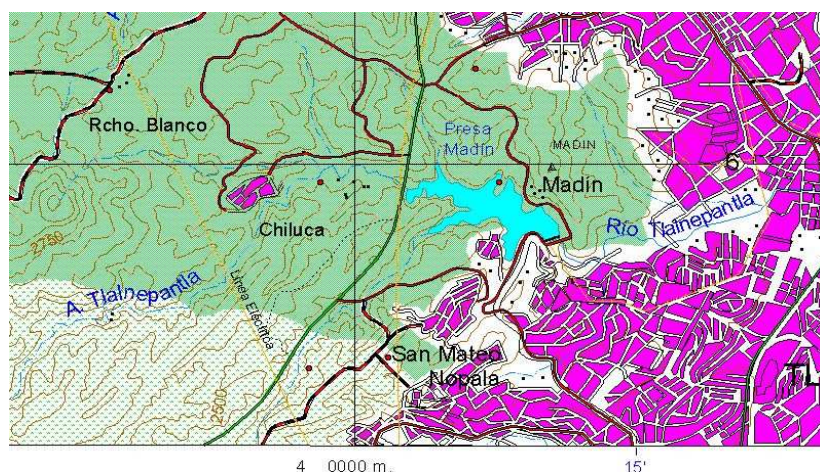


Fig.-26 Ejemplo de carta formada por *vectores*
Fuente: SEDENA, 2010

Una carta digital se integra con diferentes niveles de información para facilitar la consulta por parte del usuario, entre los niveles básicos que la conforman se citan los siguientes:

- a) **Planimetría:** infraestructura generada por el hombre, constituida por los caminos, carreteras, líneas de conducción, edificaciones, instalaciones, canales, trazas urbanas, puentes, etc;
- b) **Altimetría:** define las diferentes alturas o elevaciones del terreno;
- c) **Hidrografía:** contiene los ríos, arroyos, mares, lagos, lagunas, presas, canales, esteros, etc;
- d) **Nomenclatura:** contiene los nombres de los elementos que existen en el terreno;
- e) **Poblados:** representación de los núcleos de población;
- f) **Control terrestre:** sistema de puntos de control geográfico, utilizados en la construcción de la carta;
- g) **Vegetación:** representación de los diferentes tipos de vegetación existentes;
- h) **Coordenadas:** líneas de cuadrícula que permiten determinar la ubicación de puntos de interés.

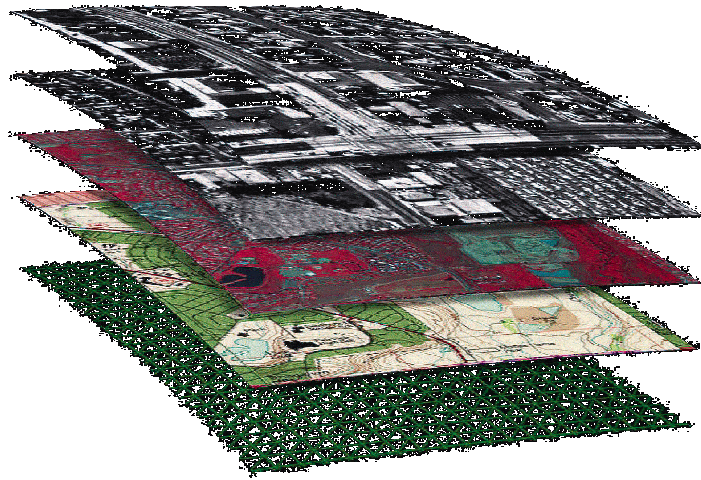


Fig.-28 Niveles de información de una carta digital.
Fuente: SEDENA, 2010

Aplicaciones de la cartografía digital.

- a) Planeación y conducción de actividades militares.
- b) Monitoreo y seguimiento de fenómenos meteorológicos, antropogénicos, medioambientales y otros;
- c) Planeación y ordenamiento territorial;
- d) Identificación y aprovechamiento de recursos naturales;



Fig.-29 Prevención de desastres naturales.
Fuente: <http://vivirmexico.com/2007/10/vivir-mexico-pool-popocatepetl-2/popocatepetl>

La cartografía digital disponible para el ejército y fuerza aérea mexicanos, el instituto armado, se genera, produce y se obtiene en formato digital a diferentes escalas, como se indica:

- I. escala 1:1'000,000; cubrimiento nacional integrado por 9 fracciones.
- II. escala 1:250,000; cubrimiento nacional en 122 fracciones, (editadas por el instituto nacional de estadística, geografía e informática INEGI), adecuadas para el instituto armado.
- III. escala 1:100,000, es la carta militar por excelencia; cubrimiento nacional en 627 fracciones.
- IV. escala 1:15,000; cubrimiento del valle de México y área conurbana en 77 fracciones.
- V. escala 1:25,000; cubrimiento del criadero militar de ganado, Santa Gertrudis Chihuahua, en 25 fracciones.
- VI. cartas especiales:

3.4.- Proceso para crear y copiar las cartas a elaborar así como sus niveles de información básicos en una carta digital.

Creando un espacio de trabajo con ayuda del programa ARC/INFO en la plataforma de ARC, con el nombre de la carta en cuestión con el comando **CREATEWORKSPACE**, posteriormente creado el espacio mencionado, el usuario se dispone a copiar la carta que se va a actualizar con el comando copyworkspace de la siguiente: **ruta/share/bd/dn16_bd/cartografia/vectorial/e100mil/itr92/**

Antes de iniciar con la edición, se debe transformar de **Cd-Room a ARCINFO** con el menú de Sistema de Geografía Militar, (SIGEM).

Menu SIGEM => CONVERSIONES => para CD ROM => Escala 100 MIL => CDROM => ARC INFO.

Esta acción ejecuta un programa para renombrar las coberturas que se copiaron de origen, asignándoles su nombre correcto para su posterior edición.

Correr el programa de adecuación_100..

Ejecutar el menú SIGEM==>SIGEM-100==>adecuación 100 mil.

Esta acción ejecuta un programa que realiza una revisión interna de la base de datos de cada cobertura y en forma general, corrige y recodifica aquellos elementos que se encuentran con sus atributos o características diferentes al diccionario de datos.

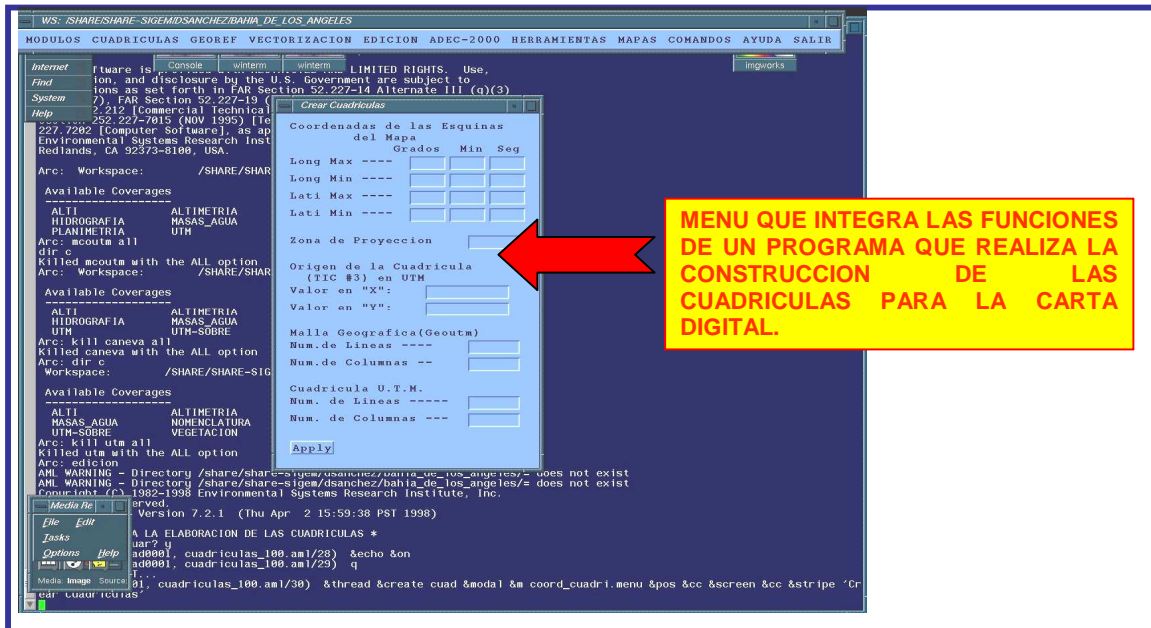


Fig.-31 Comandos.
Fuente: SEDENA, 2010

Una vez creadas las coberturas base se le debe de asignar sus atributos o codificación a cada una de ellas como son:

- a). CANEVA.
- b). MCOUTM.
- c). UTM.

Calcular los atributos de la cobertura **MCOUTM** (CARTA, CLAVE, DECLINACIÓN Y EDICIÓN).

Codificar los nodos de la cobertura **CANEVA**. (NODOS NORTE, SUR, ESTE OESTE Y CENTRO)

En la cobertura **UTM**, codificar correctamente las líneas de cuadrícula, como son los límites de cuadrado de cien mil, cuadrícula normal y realizar los cortes a los números interiores.

Crear la cuadrícula secundaria.

Crear las cuadrículas de la carta empleando el menú edición, en el -->botón cuadrículas --> crear cuadrícula secundaria.

Se asignan los valores (coordenadas) que se requiere para crear la cobertura y se ejecuta el botón **APPLY**.

Editar con el menú edición la **cuadrícula secundaria**, codificando sus líneas como está estipulado.

3.5.- Edición y actualización de los niveles o coberturas de la carta.

3.5.1.- Coberturas que integran la carta para su actualización.

Nomenclatura: constituye todos los rótulos que identifican cada uno de los detalles que se representan en la carta como son: nombre de cerros, valles, ríos, lagunas, poblados etc.

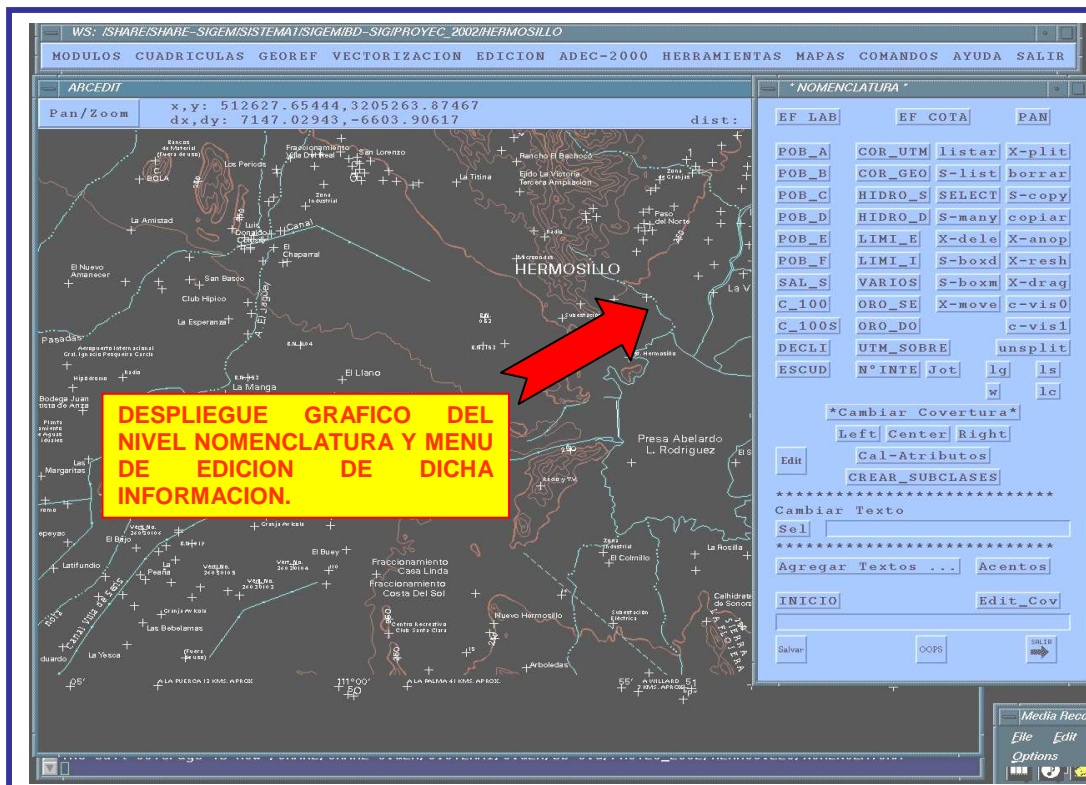


Fig.-32 Despliegue de grafico.
Fuente: SEDENA, 2010

Antes de editar la cobertura nomenclatura, se debe crear un marco de referencia (MCOREF) a 200 mts. del MCOUTM.

Este marco de referencia se realiza de la siguiente forma.

EC MCOUTM

EF ARC

SEL ALL

copy parallel 200

Verificar que este nuevo arco quede seleccionado y enviarlo a la cobertura MCOREF

Borrar el arco nuevo del MCOUTM o salir sin salvar el MCOUTM.

Regresar a la edición de la cobertura nomenclatura y poner de BACK la cobertura antes mencionada.

Revisar y/o corregir las letras de los cuadrados de 100 mil metros (principales y secundarios).

SUBCLASE ANNO.CUADRO_100. deberá contener la designación de los cuadrados de 100 mil metros para el datum **ITRF92**.

Para conocer las letras designadas para cada cuadrado de 100 mil metros, se realiza lo siguiente.

En una aplicación nueva, estando en el sistema operativo UNIX, se ejecuta y abre el programa SIGEM.

Abrir una vista nueva.

Aplicar el botón agregar nivel y entrar a la ruta

Ruta: /share/db/dn16_db/cartografia/

designacion_cuads_100mil_mts_wgs84

Seleccionar los dos archivos que aparecen, agregarlos a la vista y encenderlos, realizar un acercamiento al área (coordenadas) de la carta correspondiente y verificar las letras de cuadrados de 100000 que le corresponden a la carta.

SUBCLASE: ANNO.CUAD_NAD27. en color azul y símbolo 28.

Esta cobertura contendrá la designación de los cuadrados de 100 mil metros que corresponden al DATUM NAD27.

Se tiene que copiar la SUBCLASE ANNO.CUAD_100 como ANNO.CUAD_NAD27.

Copyfeatures nomenclatura ANNO.CUAD_100 nomenclatura
ANNO.CUAD_NAD27

SUBCLASE ANNO.CUTM_NAD27. Les corresponde el color azul y símbolo 7. deben coincidir con los valores de la SUBCLASE COOR_UTM) ubicándolas a un lado de las mismas).

Para facilitar esta acción se puede copiar la SUBCLASE ANNO.COOR_UTM como ANNO.CUTM_NAD27.

Copyfeatures nomenclatura ANNO.COOR_UTM nomenclatura
ANNO.CUTM_NAD27

Se deben eliminar todas las etiquetas de las subclases que no correspondan al "censo".

Planimetría: contiene todos los elementos hechos por el hombre, tales como: caminos, puentes casas, líneas eléctricas, etc.



Fig.-33 Personal y equipo.
Fuente: SEDENA, 2010

-Eliminar dangles internos

-Verificar la codificación de los elementos (en toda la hoja y especialmente en el contorno de la misma, donde se realizó el corte).

-Verificar ligas.

Vegetación, zona_urbana y masas_agua: estas coberturas, tienen semejanza, ya que están sobre puestas y se manejan como polígonos. En la parte inferior y costado derecho de la mayoría de las cartas, (en las áreas donde se realizó el corte de los mosaicos en las coberturas de vegetación, masas_agua y zona_urbana, se generaran con mucha probabilidad polígonos vacíos, estos se deberán codificar con el tipo de atributo que le corresponda para evitar ausencia de datos en dichas coberturas, ninguna debe llevar polígonos con atributos vacíos.

Altimetría: es la representación de los detalles orográficos.

Eliminar dangles, con la herramienta del menú de edición "eliminar dangles" se realiza esta tarea.

Verificar el acotamiento de curvas de nivel.

Verificar y corregir ligas.

Corregir el campo cota (debe ser igual al valor del campo dxf-elevation).

Eliminar nodos innecesarios que se generan en las ligas. con la siguiente instrucción. -----EF ARC;SEL ALL;UNSPLIT VIS -----

-de esta manera se elimina la mayoría de los nodos.

Hidrografía: se le conoce como el esqueleto de la carta, muestra todas las corrientes y cuerpos de agua.

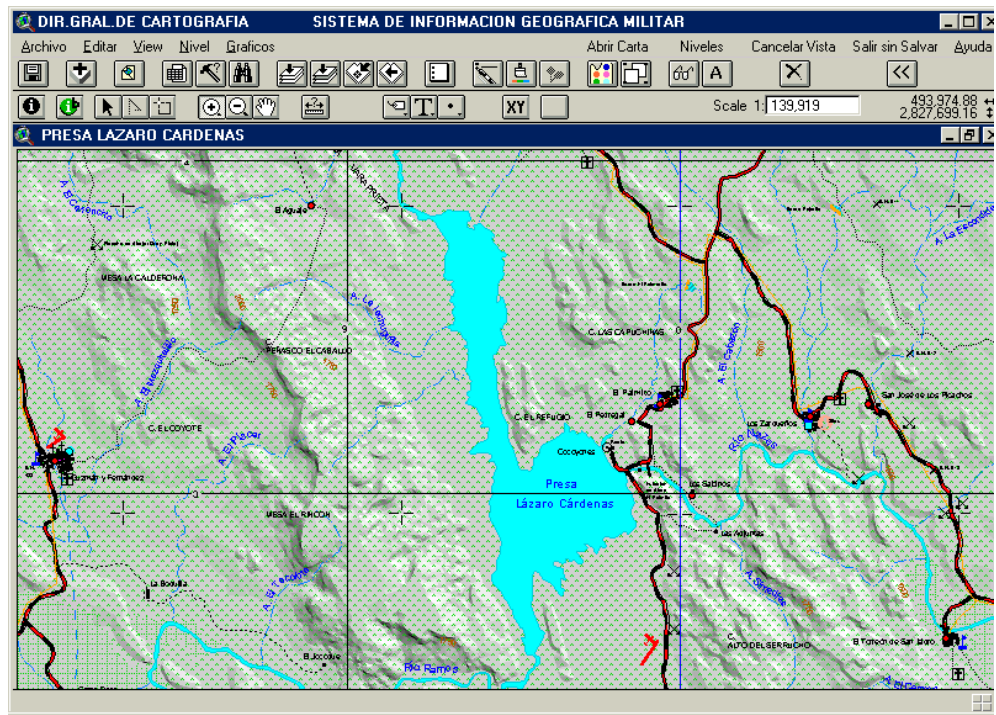


Fig.-34 Sistema de Información Geográfica Militar. (SIGEM).
Elaboración Propia

B. REVISAR Y CORREGIR LIGAS (VERIFICANDO EL CAMPO NOMBRE).

C. ELIMINAR NODOS QUE NO CORRESPONDAN.

Coberturas adicionales. **FALLAS, SUELOS Y PEMEX:** dichas coberturas se generan con respecto a una base de datos, proporcionados a esta dependencia por diferentes instituciones federales.

Para la creación de estas coberturas se procede de la siguiente manera.

Menú principal <2009> => Crear FALLAS posteriormente => crear PEMEX.

Respalda manualmente, las coberturas de FALLAS, SUELOS Y PEMEX.

3.6.- Integración de las coberturas actualizadas.

3.6.1.- Mapa composición.

Antes de realizar el mapa composición, se corre el reporte de estado que tiene por objeto indicar los posibles errores de codificación.

Al correr el reporte de estado este envía una serie de errores en las coberturas de nomenclatura y fallas, ignorar estos errores.

Copiar la tira marginal original de la base de datos.

Utilizando del menú edición la opción "editar tira marginal". siga las instrucciones para adicionar la leyenda en la parte de la escala grafica y corrija en el punto ejemplo las letras del cuadrado de 100 mil metros.

De el menú principal aplicar <herramientas> =>crear M.D.E. para su revisión e impresión.

Respaldar manualmente el modelo digital de elevación.

Finalmente se genera el mapa composición integrando todas las coberturas elaboradas.

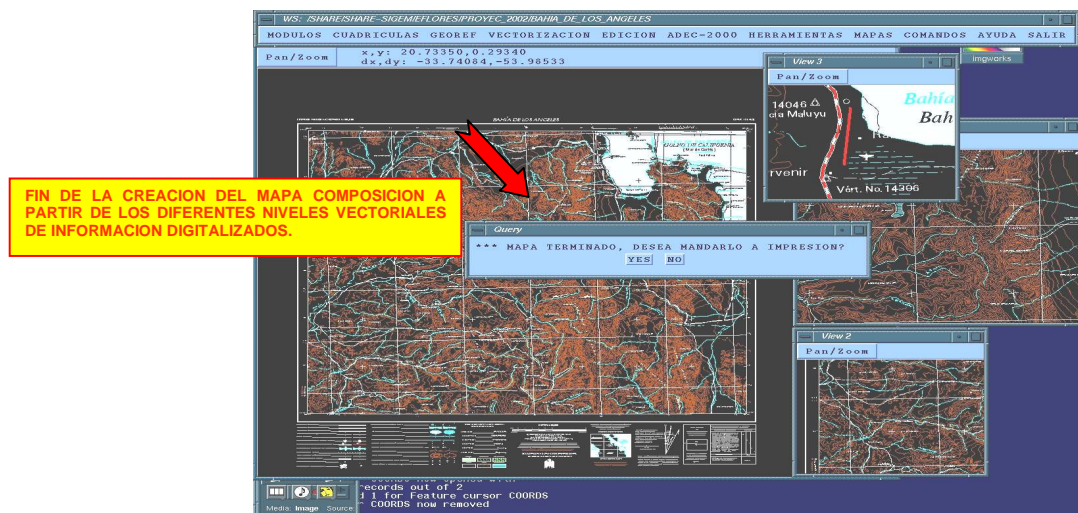
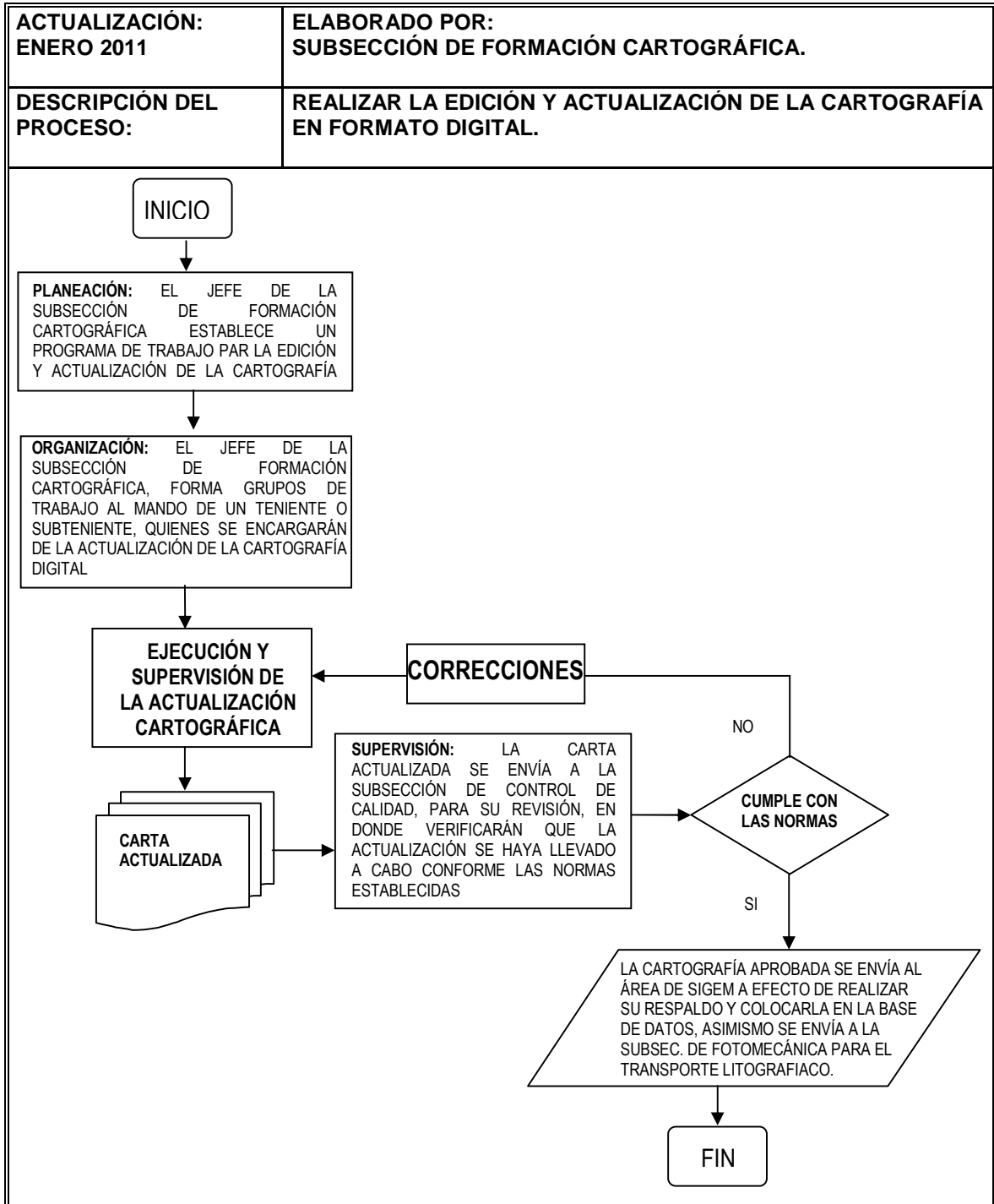


Fig.-35 Vectorización digital.
Fuente: SEDENA, 2010

3.7.- DIAGRAMA DE FLUJO

ACTUALIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA DIGITAL



CONCLUSIONES:

Muchas disciplinas científicas se han beneficiado de la tecnología para la generación y actualización de cartografía. El activo mercado de los Sistemas de Información Geográfica, se ha traducido en la reducción de costos y mejoras continuas en los componentes de hardware y software de los sistemas (equipos y programas de cómputo). Esto ha provocado que el uso de esta tecnología haya sido asimilada por universidades, gobiernos, empresas e instituciones que lo han utilizado en sectores tales como los bienes raíces, la salud pública, el militar, el desarrollo sustentable, los recursos naturales, la arqueología, el ordenamiento territorial, el urbanismo, el transporte, la sociología o la logística, por mencionar algunos.

En general, se puede afirmar que existe una intensa demanda de datos espaciales que aún está insatisfecha, junto a una importante producción suficientemente rentable. La cartografía digital es básicamente tecnológica, ya que la presenta como una red descentralizada de servidores, que incluye datos y atributos geográficos; metadatos, métodos de búsqueda, visualización y valoración de los datos (catálogos y cartografía en red) y algún mecanismo para proporcionar acceso a los datos espaciales.

El empleo de las imágenes de satélite Spot 5 (Sistema Probatoria de Observación de la Tierra) a través de la Estación de Recepción México Satélites (ERMEXS) significa un importante avance para todos aquellos especialistas que estamos relacionados con actividades afines a la Geografía y Cartografía.

Todos los que hacemos cartografía, específicamente combinada con los importantes avances tecnológicos en los equipos y programas de cómputo hemos colocado de nueva cuenta a la Licenciatura de Geografía en un primer plano debido a que es una especialidad cuya función principal, se ve seriamente comprometida con el empleo, gestión, administración y análisis del espacio.

Las importantes posibilidades que nos brindan las imágenes satelitales, como la cobertura global y periódica de la superficie terrestre, la homogeneidad en la toma de datos o la posibilidad de mantener información de zonas inaccesibles, junto con la mejora de las resoluciones y las posibilidades de obtención, la han convertido hoy, en una herramienta esencial para todas aquellas instituciones y empresas que poseen la función de generar cartografía según sean sus necesidades.

Gracias a las ventajas de las imágenes de satélites, es posible abrir una gran variedad de análisis de información territorial, lo que puede ser complementario a lo que ya existe incluso ayuda a generar información inexistente lo que significa que estos avances tecnológicos, son necesario implementarlos para actualizar la cartografía existente, eficiente y con este sea con mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

Beatriz, C. (2004), **Carlos de Sigüenza y Góngora: Las letras, la Astronomía y el saber criollo**, Diálogos Latinoamericanos, número 009. Universidad de Aarhus. Latinoamericanistas pág. 59-78.

Bosque, J. (1992) **Sistemas de Información Geográfica**, Ediciones RIAL, S.A Madrid España

Caire, J, (2002) **Cartografía Básica**, Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México.

Castillo, J. (2009), **Generación y Manejo de Información Geoespacial: Geomática para el análisis Geográfico**, Informe Académico por Actividad Profesional. UNAM.

Chimal, S. (1998), **La Cartografía en México: Pasado, Presente y Futuro**. Tesis de Licenciatura. UNAM.

ERDAS IMAGE. 1999-2001. **IMAGINE OrthoBASE User's Guide 104p**, Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, (1998). Manual de Conceptos Básicos. México.

IPGH **Manual técnico de convenciones topográficas**, publicado por el instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Lira, J, (1987) **La Percepción Remota Nuestros ojos desde el Espacio**, Fondo de Cultura Económica, México.

Mendoza, H. (1989), **Historia de la Geografía en México S. XIX**, Tesis de Licenciatura. UNAM.

_____ (1999), **23 de julio: Día del geógrafo de México**, *Investigaciones Geográficas (Mx)*, número 039 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México pp. 171-172.

Roque, J, (s/f), **Apuntes sobre la evolución de la Cartografía en México; Cultura Estadística y Geográfica**, Secretaria de la Defensa Nacional, (2010) "Cartografía Militar Mexicana", Colección memorias. CONACULTA.

SEDENA, (1992). **Manual de Cartografía**. DN M 1600, México.

SEDENA, (2009). **Manual de lectura de cartas**. DN M 3102, México.

SEDENA, (1996). **Manual de proceso cartográfico**. DN M 1603, México.

Otras Fuentes.

- Diccionario de datos dirección 100.Txt, de esta dependencia.
- ISPRS (International Society of Photogrammetry and Remote Sensing)
www.isprs.org
- *NORMA TÉCNICA NTG005, MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN 28 de agosto de 2006. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).*
- Sistemas de Información Geográfica, S. A DE CV.(SIGSA)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). www.inegi.gob.mx
- CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN
- Secretaría General
- Secretaría de Servicios Parlamentarios
- Centro de Documentación, Información y Análisis
- *Última Reforma DOF 12-06-2009*
- Tercer Informe de Labores Secretaria de la Defensa Nacional.
- Leica Geosystems, (2004). **Improving Accuracy of GIS Data.** PDF. En línea:http://gi.leicageosystems.com/documents/pdf/imagineadvantage_Wd