

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

**ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE MAPAS ESCALA 1:50 000
PARA SU PUBLICACIÓN Y DIFUSIÓN EN LA INTRANET
DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**

**INFORME ACADÉMICO POR ACTIVIDAD PROFESIONAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**
P R E S E N T A :

ALEJANDRO DÍAZ PONCE

ASESOR: M. en C. ARTURO GARRIDO PÉREZ



MÉXICO, D. F.

SEPTIEMBRE DE 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Agradecimientos sinceros:

Universidad:

A la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM gracias por la educación recibida y por darme la oportunidad de ostentar un título profesional, te llevo siempre en mí y me siento orgulloso de tus colores que me dan identidad como universitario, estoy en deuda contigo, espero algún día regresar algo de lo mucho que has dado y enseñado.

**GOYA, GOYA, CACHUN CACHUN RA RA, CACHUN CACHUN RA RA, GOYA
UNIVERSIDAD**

Padres:

Gracias a mis padres Carmen Ponce y Francisco Díaz López † por brindarme la oportunidad de una educación universitaria y confiar siempre en que no los defraudaría, gracias por sus consejos y ejemplo que siempre me han dado; muchas gracias por el amor y apoyo, lo que soy se los debo a ustedes; Papá me entristece profundamente que nos estés aquí para darte un fuerte abrazo y un beso, y compartir contigo este momento tan especial para mí, solo quiero pedirte una gran sonrisa donde quiera que te encuentres.

Mamá, mi querida Mamá gracias por tus cuidados y consejos, siempre has sido una amiga incondicional, una de mis mejores amigas, gracias por todos los sacrificios que has hecho por mí, hoy es un día muy importante gracias por estar conmigo y compartir toda la alegría que siento en este momento, un momento tan esperado por mí.

Familia:

Muchas gracias Rosa María Serrato (mi apoyo y guía), Ana Gabriela Díaz (mi tierna y alegre Gabi) y Leo Alejandro Díaz (mi inquieto y futbolero León), son mi apoyo y mi inspiración en la vida, una gran familia que me ha enseñado mucho, les agradezco infinitamente su paciencia por haberme brindarme el tiempo necesario para terminar este trabajo, perdón por robarles tiempo valioso que debí dedicarlo a ustedes, pero había algo incompleto en mi vida, mis queridos y apreciados hijos siempre hay que terminar lo que se comienza en la vida, gracias a su amor, sonrisas y alegrías que han dado a mi vida me han permitido tener la confianza suficiente para conquistar esta meta.

A mis hermanos, Ángel Díaz Ponce, Alfredo Díaz Ponce, Mario Alberto Díaz Ponce † y Francisco Díaz Ponce por estar siempre a mi lado en los momentos que he necesitado de su apoyo y confianza, Mario, mi querido hermano, donde quiera que estés gracias por tus consejos que siempre me diste para terminar mi titulación, estoy seguro que estas junto a Papá sonriendo en este día tan especial y diciendo si se pudo "Viejo".

A mis queridos sobrinos: María del Carmen Díaz, Mayté Díaz, Sonia Liseth Díaz, Miguel Ángel Díaz, Francisco Javier Díaz, Paola Adahí, César Daniel López.

Me siento orgulloso de ustedes, gracias por engrandecer mi familia: Teresa Malagón, Cristina Morales, Claudia Marcela Vargas, Gloria Selene Serrato, Sandra Serrato, Alejandra Serrato, César López, Guillermo Pardo, Oscar García, a mi suegra Rosa Díaz Ávila, que siempre me ha tratado como un hijo, gracias por su amor confianza y por los consejos recibidos, gracias abuelita Esperanza Ponce Rodríguez † por el infinito amor que siempre me diste.

Asesor:

Arturo Garrido Pérez, mi joven y apreciable amigo, me has enseñado que la disciplina y la constancia permiten obtener la seguridad necesaria para desarrollarse como geógrafo, gracias por confiar en mí y brindarme la oportunidad de mi titulación; tú creíste en mi trabajo lo cual siempre te voy agradecer.

Sinodales:

Gracias a mis sinodales por las aportaciones que han vertido al informe, esto sin duda ha fortalecido y enriquecido este documento y permite obtener un documento valioso.

Mtro. Alberto López Santoyo: Estoy agradecido por sus enseñanzas en la Facultad

M. en C. José de Jesús Alfonso Fuentes Junco: Mi gran amigo Chucho, agradezco tus consejos.

M. en C. José Antonio Navarrete Pacheco: Gracias por tu apoyo y confianza

M. en C. Carlos Raúl Montaña Espinosa: Gracias por todo lo que has enseñado.

Amigos:

Un especial agradecimiento a mi gran amigo antes que jefe el Ing. Gabino Gaspar Monterrosa Reyes que siempre me ha brindado su apoyo y a confiado en el trabajo que realizo en la Comisión Nacional del Agua CONAGUA, gracias por apoyarme e impulsarme siempre a alcanzar esta meta.

Un especial agradecimiento al Ing. Antonio Mata Maravilla del Organismo de Cuenca, Cuencas Centrales del Norte, ubicado en la Ciudad de Torreón, Coahuila, por su gran aportación al calibrar el programa de cómputo en AML que ha permitido transformar eficientemente la información DXF del INEGI a cobertura ArcINFO.

A todos mis compañeros de la Facultad y del trabajo, muchas gracias por permitir ser su amigo, gracias a ello he tenido la confianza y fortaleza en poder seguir logrando metas que me he trazado en la vida.

Gracias: Alejandro Ramos (por tu apoyo de siempre), Cesáreo Bautista, Mireya Corales, Judith Colin, Teresita del Niño Jesús Jiménez, Miriam Morales, Pilar Galván, Beatriz Zamora, Deyanira Chaparro, Fabiola Aceves, Susana Guerrero, Leticia Sánchez, Arturo Carreón, Leopoldo Zamudio, José Lidio Ramírez, José Luis Hernández, Víctor Eduardo Ramírez, Abraham González, Ramón Moreno, Víctor Vaca, Roberto Márquez, Cuauhtémoc Flores, Jorge Tello, Jorge y Beatriz Maruri Aguilar, José Santos, Cleotilde Arellano, Regina Reyna, Arturo Cabrera, Roberto Barnard, Dr. Hugo, Héctor Domínguez, Eduardo González.

CONAGUA:

Gracias, Comisión Nacional del Agua, institución a la cual le debo mi desarrollo y crecimiento como profesional en el campo de la Geografía, tu me has ayudado a sostener a mi familia y con ello has permitido darles lo mejor, me siendo inmensamente orgulloso de ser parte de ti, espero poder aportar mucho trabajo e ideas novedosas las cuales permitan una mejor administración y distribución del agua en nuestro país y así heredar a nuestros hijos y nietos agua limpia y suficiente para una mejor calidad de vida.

Compañeros de la Subgerencia de Información Geográfica del Agua:

Este proyecto de integración ha sido posible por el empeño y el trabajo que han demostrado, crear este acervo cartográfico es muy importante y valioso para la Comisión Nacional del Agua, gracias por confiar en un sueño que alguna vez se tuvo y que sin su valioso trabajo y dedicación esto no hubiera sido posible, este, es un ejemplo de trabajo en equipo y objetivos y metas conjuntos lo cual permitió llegar a la consolidación de este proyecto, unidos somos más fuertes, todos somos parte del engranaje de esta Subgerencia por ello todos somos importantes para su éxito.

Sinceramente gracias.

María Estela García Alarcón, María Elena del Carmen Lagos Santoyo, Isaura Samano Setina, Yazmín Areli Ortega Aldape, Karina Reyes González, Gabino Gaspar Monterrosa Reyes, Julio Martínez Muñoz, Carlos Velázquez Peralta, Carlos Raúl Montaña Espinosa, Francisco Javier Castillo Alanís, Salvador Hernández Salazar, Luis Enrique López Flores.

ÍNDICE

	Página
1. Introducción	5
2. Justificación del tema	6
3. Planteamiento del Problema	7
4. Objetivo	9
4.1. <i>Objetivos Generales</i>	9
4.2. <i>Objetivos Particulares</i>	9
5. Software	10
5.1. <i>ArcGIS</i>	10
5.1.1. <i>Descripción</i>	10
5.1.2. <i>Arquitectura</i>	10
5.1.3. <i>ArcGIS Desktop</i>	11
5.1.4. <i>Extensiones</i>	12
5.2. <i>ArcIMS</i>	12
5.2.1. <i>Descripción</i>	12
5.2.2. <i>Arquitectura</i>	13
5.2.3. <i>Funcionamiento</i>	14
5.2.4. <i>ArcMap Server</i>	14
5.2.4.1. <i>Características</i>	14
5.3. <i>ERDAS Image</i>	15
5.3.1. <i>Descripción</i>	15
5.3.2. <i>Erdas Imagine Profesional</i>	16
5.3.3. <i>Imagine MrSID Encoder</i>	16
6. Hardware	17
7. Descripción y generalidades de los productos geográficos que integra el módulo de mapas	18
7.1. <i>Generalidades del conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica</i>	18
7.1.1. <i>Introducción</i>	18

7.1.2.	Descripción	19
7.1.3.	Características	19
7.1.4.	Contenido	20
7.1.5.	Características geográficas del conjunto de datos.....	21
7.1.6.	Distribución y diseminación de datos	21
7.2.	<i>Estructura y Descripción de datos vectoriales de la carta topográfica</i>	22
7.2.1.	Altimetría y datos de elevación	22
7.2.2.	Hidrografía e infraestructura Hidráulica	22
7.2.3.	Localidades y rasgos urbanos	23
7.2.4.	Límites	23
7.2.5.	Instalaciones diversas	23
7.2.6.	Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión	23
7.2.7.	Vías de de comunicación y transporte	23
7.2.8.	Otros elementos de referencia topográfica	24
7.2.9.	Áreas protegidas y sitios de interés histórico	24
7.3.	<i>Estratificación de datos en formato DXF de datos vectoriales</i>	24
7.3.1.	Altimetría	24
7.3.2.	Hidrografía e infraestructura hidráulica	25
7.3.3.	Localidades y rasgos urbanos	26
7.3.4.	Límites	26
7.3.5.	Instalaciones diversas e industriales.....	27
7.3.6.	Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión	28
7.3.7.	Comunicación y transporte	29
7.3.8.	Otros elementos de referencia topográfica	31
7.3.9.	Áreas protegidas y sitios de interés histórico	32
7.4.	<i>Imagen digital de carta topográfica</i>	33
7.4.1.	Descripción	33
7.4.2.	Características	33
7.4.3.	Ejemplo de carta digital	34
7.5.	<i>Ortofotos digitales</i>	35

7.5.1.	Descripción	35
7.5.2.	Características	35
7.5.3.	Ejemplo de Ortofoto digital	36
7.6.	Modelo digital de elevación	37
7.6.1.	Descripción	37
7.6.2.	Características	37
7.6.3.	Ejemplo de Modelo digital de elevación	38
8.	Metodología	39
8.1.	<i>Tratamiento del volumen de datos</i>	<i>41</i>
8.2.	<i>Compactación de archivos Raster</i>	<i>42</i>
8.3.	<i>Integración de información tipo vectorial de la carta topográfica</i>	<i>42</i>
8.3.1.	Diseño y construcción del índice de cartas	42
8.3.2.	Diseño y construcción del índice de cartas por grado	49
8.4.	<i>Procesamiento de la Toponimia.....</i>	<i>55</i>
8.4.1.	Procesamiento de archivos dbf (data base file) toponimia	59
8.5.	<i>Procesamiento de archivos de formato DXF a cobertura ArcINFO</i>	<i>65</i>
8.5.1.	Aplicación del programa AML para conversión de archivos DXF	70
8.5.2.	Unión de capas vectoriales	74
8.6.	<i>Procesamiento de información tipo raster</i>	<i>80</i>
8.6.1.	Creación de Modelos Digitales de Elevación	80
8.6.2.	Definición de proyección cartográfica y cambio de formato a cartas digitales....	92
8.6.3.	Integración de ortofotos digitales escala 1:20 000.....	101
8.7.	<i>Diseño y construcción del módulo de consulta tipo WEB.....</i>	<i>115</i>
8.7.1.	Creación del proyecto en ArcGIS	118
8.7.2.	Configuración de ArcIMS (administrador).....	127
8.7.3.	Creación de servicios de publicación.....	128
8.7.4.	Construcción de página WEB por cuadrante.....	131
9.	Resultados	139
10	Conclusiones	141
11	Bibliografía.....	145

12 Listados.....	146
-------------------------	------------

1. INTRODUCCIÓN.

El Agua disponible en México cada vez es menor en contra posición de una población, industria y agricultura creciente; dotar de agua a un mayor número de personas se dificulta día con día debido a que la misma cantidad de agua se tiene que repartir entre un mayor número de usuarios. El agua como elemento vital permite desarrollar diferentes actividades que requiere el país (industria, agricultura, centros urbanos), por ejemplo el agua potable para consumo humano es muy importante para evitar enfermedades en la población, la tarea de regar miles de hectáreas de cultivos ante la necesidad de mantener una población demandante que requiere de grandes cantidades alimentos.

El ciclo natural del agua esta inmerso en un marco geográfico, el cual permite localizar y describir los elementos que lo construyen, así como estudiar las relaciones espaciales entre los elementos que lo conforman, por ello los datos geográficos y la medición de estos son importantes para entender este ciclo.

Un factor que diferencia los Sistemas de Información de los Sistemas de Información Geográfica (SIG, en adelante) son precisamente los datos geográficos; así, la particular naturaleza de este tipo de información contiene dos vertientes diferentes: por un lado está la vertiente espacial y por otro la vertiente temática de los datos.

Aunado a lo anterior, actualmente la condicionante principal al afrontar cualquier proyecto basado en SIG lo constituye la disponibilidad de datos geográficos, mientras que hace diez años lo era la disponibilidad de las computadoras potentes que permitieran afrontar los procesos de cálculo involucrados en el análisis de datos territoriales.

En el año de 1994 se crea el Sistema de Información Geográfica del Agua (en adelante SIGA), dentro de la Subdirección General de Programación para apoyar los trabajos de Planeación Hidráulica en la Comisión Nacional del Agua, debido a la necesidad contar con un área que dispusiera de herramientas que permitan obtener información geográfica en tiempo y forma para la correcta toma de decisiones de nuestras autoridades en este sector.

Los Sistemas de Información Geográfica se han convertido en imprescindibles herramientas de procesamiento y representación de información geográfica. En general los SIG manejan principalmente 2 tipos de información cartográfica, de tipo vectorial (información que es representada por 3 elementos: puntos, líneas y polígonos) y de tipo raster (representada por una matriz de cuadros llamadas celdas o píxeles).

El Sistema de Información Geográfica del Agua SIGA, se enfoca principalmente a proporcionar servicios de información geográfica para atender los distintos requerimientos de las áreas técnicas de esta comisión, asimismo realiza análisis espaciales empleando esta información, orientados principalmente a la solución de problemas específicos para los diferentes usuarios de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); el SIGA también atiende solicitudes de información y asesoría técnica a otras dependencias del Gobierno como SAGARPA, SEMARNAT, protección Civil, etc.

En este sentido, el SIGA trabaja en varias directrices encaminadas a la integración y difusión de información geográfica en distintas escalas y diferentes tipos (información vectorial, modelos digitales de elevación, ortofotos digitales, imágenes de satélite, cartas digitalizadas etc.) para acrecentar la disponibilidad de información vectorial y raster y así atender las solicitudes al sistema, y con ello poder brindar un servicio de calidad a los diferentes usuarios del sistema en tiempo y forma.

Debido a que día con día se reciben solicitudes de información geográfica, en el año 2006 el SIGA se propuso y certificó un proceso central adicional a los ya existentes dentro de la Subdirección General de Programación denominado "Integrar y procesar Información Geográfica del Agua", con ello se busca ser más eficiente al atender las solicitudes de información geográfica al SIGA.

La familia de normas ISO 9000 es un conjunto de normas internacionales y guías de calidad total que ha obtenido una reputación mundial como base para establecer sistemas de gestión de la calidad dentro de las instituciones.

Para el cumplimiento de esta norma ISO9000-2001 se requiere cubrir requisitos entre los cuales esta la documentación utilizada para llevar acabo estar labor, también es preciso evidenciar todo el proceso de atención, debido a esto toda petición de información geográfica al sistema debe ser registrada mediante una solicitud por escrito; al analizar estas solicitudes encontramos una marcada tendencia a requerir información a mayor detalle, es preciso mencionar que la cartografía base del SIGA es escala 1:250 000, por ello es urgente generar y estructurar una base de datos de escala 1:50 000, así como su publicación en Intranet.

2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

La Comisión Nacional del Agua por ley es la autoridad y la administradora en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes, por ello la competencia de la Comisión es diversa, entre otras tareas asignadas tenemos:

- ✓ Asignación de agua a los productores agrícolas que se encuentran dentro y fuera de los distritos de riego, Unidades de Riego y Distritos de Temporal Tecnificado del país.
- ✓ Dotar de agua a la industrial.
- ✓ Disponer de agua potable para la población del país
- ✓ Asignación de concesiones de explotación del recurso.
- ✓ Administra y controla el agua de los acuíferos.
- ✓ Uso Pecuario.
- ✓ El agua en los diversos ecosistemas del país (caudal ecológico).
- ✓ Verifica y realiza muestreos del agua de los ríos y cuerpos de agua
- ✓ Atención a emergencias en zonas de impactos de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Por otro lado la Subgerencia de Información Geográfica del Agua, esta compuesta por 3 jefaturas de proyecto, una de las cuales es la jefatura de Proyecto de Cartografía Digital del Agua, cuyas actividades principales se describen a continuación:

1. Administrar la cartografía digital del Sistema de Información Geográfica del Agua para garantizar la integridad de la información geográfica.
2. Atención a las solicitudes de información geográfica al Sistema de Información Geográfica del Agua.
3. Implementar la normatividad cartográfica para homologar la cartografía digital que usa la Comisión Nacional del Agua
4. Proponer soluciones integrales en el manejo y adecuación de información geográfica del SIGA, como insumo para las áreas técnicas de la CNA, así como analizar nuevas metodologías con ayuda de nuevas tecnologías susceptibles de aplicarse.
5. Analizar, diseñar e implementar la información geográfica susceptible de ser incorporada en la página del SIGA en Intranet e Internet, así como determinar los procedimientos de acceso a esta información.

En los últimos 10 años de trabajo en la Subgerencia de Información Geográfica del Agua dentro en la Subdirección General de Programación de la Comisión Nacional del Agua, han permitido desarrollar habilidades como profesional del campo pues durante este tiempo se han manejado diferentes Sistemas de Información Geográfica (*ArcINFO*, *Arcview*, *ERDAS*, *Arcexplorer*, *ArcIMS*, *ArcSDE*, etc.) , bajo diversas plataformas de cómputo.

Para operar y manejar de manera adecuada dichos programas, el conocimiento geográfico es fundamental: saber sobre escalas espaciales y temporales, sistemas de referencia terrestre, resoluciones espaciales (*datums* horizontales, verticales, etc.), conformación del espacio geográfico así como entender el origen y naturaleza de los elementos que lo conforman y de la información geográfica que va hacer trabajada en el software. Cabe recordar que los SIG se han desarrollado a partir de la teoría espacial derivada de la geografía y por otro de la informática, entender todos estos aspectos permite a su vez integrarlos adecuadamente en los diversos análisis espaciales que se realizan.

Otro aspecto fundamental derivado de la geografía que permite utilizar a los SIG como herramienta de análisis, consulta y representación adecuada de datos espaciales es el comprender la estructura del espacio geográfico, sus elementos que lo conforman y sus interacciones, y sobre todo, la manera en que dichos datos, estructuras y procesos se representan a las diversas escalas espaciales.

En relación a lo anterior, durante este tiempo se ha trabajado con diversos formatos, escalas, y volúmenes de información geográfica, lo cual ha permitido vislumbrar novedosas técnicas de trabajo o tratamiento de ésta, y con ello aportar nuevas formas de análisis y procesamiento de información; asimismo buscar métodos alternativos de representación cartográfica de los elementos geográficos de acuerdo a los objetivos de los productos a elaborar, facilitar su consulta y utilización así como diseñar nuevas maneras de integrar datos e información geográfica a los diferentes usuarios dentro de la CONAGUA.

Dentro del Sistema Geográfico del Agua se manejan una gran cantidad de datos de tipo numérico y alfanumérico, asimismo información cartográfica tipo vectorial y *raster*. Esta información es procesada con la ayuda de Sistemas de Información Geográfica para su difusión y disseminación; por ejemplo, la información vectorial es tratada con Arcinfo (formato: cobertura) y Arcview (formato: *shape file*), información de tipo *raster* (Modelos Digitales de Elevación en GRID de Arcinfo) con el modulo *GRID* de *Arcinfo* y para el tratamiento de imágenes de satélite y fotografía aérea, *ERDAS Imagine*, todos estos paquetes son mundialmente utilizados.

Este informe pretende transmitir experiencias y métodos a geógrafos interesados en el tema, basados en la experiencia obtenida dentro del Sistema Geográfico de Agua en la integración y procesamiento de información geográfica y que tengan como misión la conformación y operación de un SIG en cualquier temática específica, para usuarios avanzados o intermedios, o para geógrafos u otros especialistas que tengan como interés primordial el uso de la información espacial para la toma de decisiones sobre el territorio.

En este sentido, el presente informe profesional, documenta uno de los principales proyectos que se está realizando dentro del Sistema de Información Geográfica del Agua y que sentará precedente en el diseño y puesta en operación de un gran sistema de consulta vía red de información geográfica.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Desde 1994 el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI ha sufrido una transformación en la forma de producir y manejar datos geográficos. Ha pasado de productor de información analógica (mapas, estadística, libros, etc.) a productor de información digital (mapas en diferentes formatos) factible de ser usada dentro de programas de cómputo que permitan su manejo y procesamiento.

Sin duda estos cambios en el INEGI han propiciado transformaciones en la forma de trabajar la información geográfica dentro del Sistema de Información Geográfica del Agua, ya que muchos de estos datos alimentan al sistema y ésta es utilizada para diferentes proyectos que se llevan acabo dentro de la institución. Por ello se han adquirido diferentes productos digital en diferentes escalas y formatos, por ello muchas áreas técnicas han procurado contar con equipos de cómputo eficientes y adecuados para este tipo de trabajo, sin embargo muchas otras áreas se

han quedado rezagados en el manejo y aprovechamiento de estos insumos, por ello se determinó poner al alcance de estas áreas herramientas WEB que permitan el análisis de información Geográfica, esta es trascendental para llevar a cabo sus tareas encomendadas a la planeación y manejo de los recursos hídricos del país.

Debido a todo lo anterior, el SIGA busca nuevas formas de procesamiento y publicación de información digital, dentro de las áreas usuarias internas encontramos problemas similares en el uso y manejo de mapas de escala 1:50 000, entre los más comunes detectados son:

1. Los equipos de cómputo de los usuarios son limitados (carencia de un procesador adecuado, memoria RAM Random Access Memory (memoria de acceso aleatorio) y en capacidad de almacenamiento físico, es decir insuficiencia de espacio en disco duro.
2. Muchas de las áreas usuarias no poseen un software de Sistemas de Información Geográfica, para el manejo de la información.
3. Desconocimiento de aspectos geográficos fundamentales tales como los sistemas de coordenadas, proyecciones cartográficas y datums para el manejo de estos datos.
4. Necesidad de integrar y consultar diferentes tipos de información geográfica de acuerdo a las necesidades de los proyectos involucrados.
5. Desconocimiento en el análisis de información Geográfica con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (desconocimiento de las herramientas de *software* principalmente)
6. Se requiere de consultar información en cualquier momento, tal es el caso de las áreas que atienden contingencias en caso de emergencia por fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Debido a estos hechos y a la necesidad de contar con información más detallada para los diversos estudios es preciso integrar al sistema la cartografía y bases de datos de mayor detalle espacial; además, dicha tarea no estaría completa sino se cuenta con la estructura informática y de comunicaciones vía *Intranet* para que los usuarios puedan consultarla, seleccionarla en sus lugares de trabajo y poder aprovechar los avances tecnológicos de la red de cómputo de la CONAGUA

Cabe mencionar que actualmente la Comisión Nacional del Agua, cuenta con una Red Nacional de Datos (red de cómputo) que enlaza más de 10,000 computadoras en todo el territorio nacional, con ello la institución esta en posibilidad de proporcionar servicios de cómputo y comunicación entre los Organismo de Cuenca (13 Direcciones), Direcciones locales (20 Estados) y las oficinas Centrales en la Ciudad de México, esto posibilita y fortalece la idea de proporcionar servicios de mapas digitales a diferentes áreas de la Comisión Nacional del Agua vía *Intranet* y en un futuro a usuarios de Internet.

Por tanto, la necesidad de integrar, estructurar lógicamente y poner a disposición para su consulta vía *intranet* las bases de datos geográficas de mayor detalle es imprescindible para atender las demandas de los múltiples usuarios del SIGA; cabe destacar que las bases de datos espaciales de mayor detalle para México son las cartas topográficas escala 1:50 000 con 95% de cobertura del territorio nacional, hasta la fecha; el INEGI también genera cartografía temática a la misma escala aunque el cubrimiento es parcial, de hecho esta información ha sido dejada de producir por el momento por parte de este instituto.

Por otra parte es importante mencionar que existen actualmente áreas dentro de la CONAGUA que tienen necesidad de consultar esta información, entre los usuarios que requieren dicho servicio se encuentran :

- ✓ El Registro Público de Derechos del Agua, REPDA
- ✓ El Consultivo Técnico, CT (responsable de la seguridad de las presas del país)
- ✓ Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, GASIR.
- ✓ Gerencia de Aguas Subterráneas, GAS
- ✓ La Gerencia Calidad del Agua, GCA
- ✓ Subgerencia de Control de Información, SCI (Plantas potabilizadoras y plantas de tratamiento).
- ✓ Gerencia de Protección a la Infraestructura y Atención de Emergencias.
- ✓ Gerencia de Uso Eficiente del Agua y la Energía, GUEAE
- ✓ Subdirección General Jurídica.
- ✓ Gerencia de Distritos de Riego.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Hacer un análisis detallado sobre procedimientos técnico-cartográfico, para elaborar metodologías para el diseño, estructuración e integración de una base de datos espacial de escala 1:50 000 y Ortofotos digitales de escala 1:20 000, con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica, para su publicación y difusión dentro de Intranet¹ de la Comisión Nacional del Agua, por medio de la construcción de una página WEB, para diversos fines de uso.

4.2 OBJETIVO PARTICULARES:

1. Realizar un análisis y descripción detallada de la información geográfica a integrar y publicar
2. Cambio de formato DXF a formato shape file de las capas de datos tipo vectorial de las cartas topográficas para su análisis y procesamiento digital
3. Generar modelos digitales de elevación por medio de las capas de curvas de nivel.
4. Cambio de formato y definición del sistema de coordenadas para integrar geográficamente las cartas escaneadas para su análisis y procesamiento digital.
5. Unión de la información tipo vectorial (12 cartas), en cuadrantes de grado por grado de arco
6. Analizar y generar mosaicos de ortofotos digitales escala 1:20 000.
7. Implementar una aplicación WEB para consultar la información por medio del software denominado ArcIMS² (Internet Map Server), en Intranet de Comisión Nacional del Agua.

¹ Una intranet es una red de computadores de área local (LAN) privada empresarial o educativa que proporciona herramientas de Internet, las cuales tienen como función principal proveer lógica de negocios para aplicaciones de captura, reportes, consultas, etc. con el fin de auxiliar la producción de dichos grupos de trabajo; es también un importante medio de difusión de información interna a nivel de grupo de trabajo.

² ArcIMS, software que permite la publicación de mapas en la WEB

5. SOFTWARE

Este proyecto se está llevando a cabo con ayuda de diferentes paquetes de cómputo, los cuales han permitido el tratamiento de información geográfica que conforman este proyecto, su uso va a depender de la tarea a realizar y el tipo de archivo a procesar.

Para transformar los archivos vectoriales se utilizaron los paquetes *Arcview*, *ArcINFO Desktop* y *Workstation*, para el tratamiento de información de tipo raster se utiliza el paquete ERDAS Imagine Profesional, para compactar los archivos raster se utiliza la extensión *MRSID Encoder* de ERDAS, por último la publicación de información en la *WEB* se lleva a cabo con el software *ArcIMS*, a continuación se hará una descripción detallada de cada uno de estos paquetes de cómputo para comprender su potencial y el fin de utilizarlos en este proyecto.

5.1 ArcGIS

5.1.1 Descripción

ArcGIS constituye una familia de productos que pueden crecer de acuerdo a las necesidades de los usuarios o sus instituciones, cuya unión forma un sistema de información geográfica completo. Se puede combinar con otras tecnologías (no necesariamente de índole geográfica: bases de datos, aplicaciones empresariales, etc.), ya que se construye en su totalidad siguiendo estándares de bases de datos.

Es un conjunto de productos de sencilla instalación y manejo, que combinados, dan respuesta a las necesidades concretas de una organización en cualquier campo. Por lo anterior, la arquitectura *ArcGIS* cumple con las necesidades presentes, que la Comisión Nacional del Agua requiere en el campo de los Sistemas de Información Geográfica.

5.1.2 Arquitectura

1. **GIS Desktop:** *ArcReader*, *ArcView*, *ArcEditor* y *ArcInfo* constituye un conjunto escalable de productos que permiten al usuario generar, importar, editar, consultar, cartografiar, analizar y publicar información geográfica.
2. **GIS Embebido:** El empleo de *ArcGIS Engine*, permite a desarrolladores mejorar las funcionalidades SIG dentro de aplicaciones existentes (no necesariamente SIG), además de desarrollar aplicaciones adicionales propias.
3. **GIS Servidor:** *ArcSDE* (servidor de datos), *ArcIMS* (servidor de mapas y servicios SIG en Internet) y *ArcGIS Server* (solución para desarrollo de funcionalidad GIS en el servidor), constituyen las tres piezas fundamentales en el nivel de servidor de la arquitectura *ArcGIS*. Su empleo, simultáneo o no, satisface toda la funcionalidad necesaria en este aspecto, dentro de un Sistema de Información Geográfica.
4. **GIS Móvil:** *ArcPad* instalado sobre dispositivos móviles y haciendo uso de tecnología GPS, se utiliza cada vez más frecuentemente en trabajos de captura y edición de información geográfica en el campo.

5.1.3 ArcGIS Desktop

ArcGIS, constituye una solución completa que se adapta a las necesidades del SIGA. Los distintos clientes constituyen un conjunto escalable de productos que permiten generar, importar, editar, consultar, cartografiar, analizar y publicar información geográfica.

1. **ArcReader:** Es una aplicación gratuita y de sencillo manejo que permite visualizar, explorar e imprimir mapas ya creados
2. **ArcView:** Incorpora a la funcionalidad de *ArcReader* funciones avanzadas de visualización, análisis y consulta de datos, así como la capacidad de crear y editar datos geográficos y alfanuméricos.
3. **ArcEditor:** Abarca toda la funcionalidad presente en *ArcView* y añade además, herramientas para la edición multiusuario de geodatabase corporativa³, así como la posibilidad de implementar topología basada en reglas.
4. **ArcInfo:** Complementa la funcionalidad de *ArcEditor*, incorporando funciones avanzadas de geoprocésamiento, conversión de datos a otros formatos y sistemas de proyección, así como toda la funcionalidad aportada por el entorno de comandos de ArcInfo Workstation.

ArcView, *ArcEditor* y *ArcInfo* son totalmente funcionales por sí solos, aunque al integrarse en la arquitectura ArcGIS, se consigue una solución global y escalable en función de las necesidades de cualquier profesional SIG.

Las tres aplicaciones cuyo uso combinado permite acceder a toda su funcionalidad:

- ✓ **ArcMap:** Permite la visualización, consulta, edición avanzada y análisis de los datos implicados en el estudio.
- ✓ **ArcCatalog:** Constituye un avanzado explorador de datos geográficos y alfanuméricos, pensado para la visualización, administración y documentación de la información.
- ✓ **ArcToolbox:** Es la aplicación que permite realizar conversiones entre formatos, cambios de proyección, y ajuste espacial. Incluye además herramientas para la generación de geometrías complejas, una lista innumerable de funciones de geoprocésamiento.

ArcInfo abarca toda la funcionalidad presente en *ArcView* y *ArcEditor* e incorpora numerosas herramientas adicionales.

Las aplicaciones *ArcMap* y *ArcCatalog* no varían respecto a *ArcEditor*, y es *ArcToolbox*, a través de la que se accede a las funciones adicionales para geoprocésamiento avanzado, conversión y manipulación de los datos.

³ Datos geográficos que son manejados por un software especializado en base de datos: Oracle, SQL Server y que rebasa los 2 GB de tamaño.

5.1.4 Extensiones:

ArcView, *ArcEditor* y *ArcInfo* comparten un conjunto de extensiones que incrementan notablemente su funcionalidad, estas extensiones, una vez integradas de forma individual en los productos cliente de la arquitectura *ArcGIS*, dan acceso a funciones muy concretas, como es el caso de *ArcScan*, que posee las herramientas y comandos necesarios para la vectorización de información raster, o *Spatial Analyst* y *3D Analyst* constituye el conjunto de herramientas de análisis y modelado espacial, que permiten realizar todo tipo de análisis utilizando información raster.

5.2 ArcIMS.

5.2.1 Descripción

ArcIMS es el servidor de aplicaciones integrado dentro de la arquitectura *ArcGIS* que ha sido diseñado para la distribución y difusión de información geográfica, mapas y servicios SIG en entornos Internet / intranet; Tanto si opera en un entorno limitado, como la intranet de una organización, como si se hace a través del entorno universal de Internet, es posible el empleo de *ArcIMS* para distribución de datos y funcionalidad SIG a múltiples usuarios, *ArcIMS* constituye una aplicación muy potente, escalable y basada en estándares que permite, de manera rápida y sencilla, diseñar y gestionar servicios de cartografía en Internet.

5.2.2 Arquitectura.

ArcIMS se enmarca, dentro de una arquitectura multicapa en la que se integran los datos, el servidor de aplicaciones, el servidor WEB⁴ y los clientes, figura 1.

- ✓ **Cientes:** En el nivel superior de la arquitectura se encuentra la gran variedad de clientes soportados por *ArcIMS* que incluye herramientas profesionales como *ArcView*, *ArcEditor* y *ArcInfo*, visualizadores gratuitos como *ArcExplorer* y *ArcReader*, o clientes que se ejecutan en navegadores estándar, así como desarrollos hechos a medida y dispositivos inalámbricos (agendas electrónicas p.ej.). Esta gran variedad permite elegir en cada momento la herramienta adecuada para satisfacer unas necesidades concretas.
- ✓ **Servicios:** En la siguiente capa de la arquitectura se encuentran los componentes encargados de recibir las peticiones del cliente (Servidor Web), traducirlas al lenguaje en el que se comunica *ArcIMS* (Conectores) y encaminarlas mediante el servidor de aplicaciones hacia los componentes encargados de resolverlas (servidores espaciales).
- ✓ **Gestión de Datos:** En el último nivel de la arquitectura se encuentra la información a explotar, almacenada en sistemas de archivos y/o bases de datos. *ArcIMS* soporta una gran variedad de formatos espaciales, incluidos *shapefile*, coberturas, *Geodatabase*, CAD, múltiples formatos raster y, en general, cualquier formato soportado por *ArcGIS Desktop*

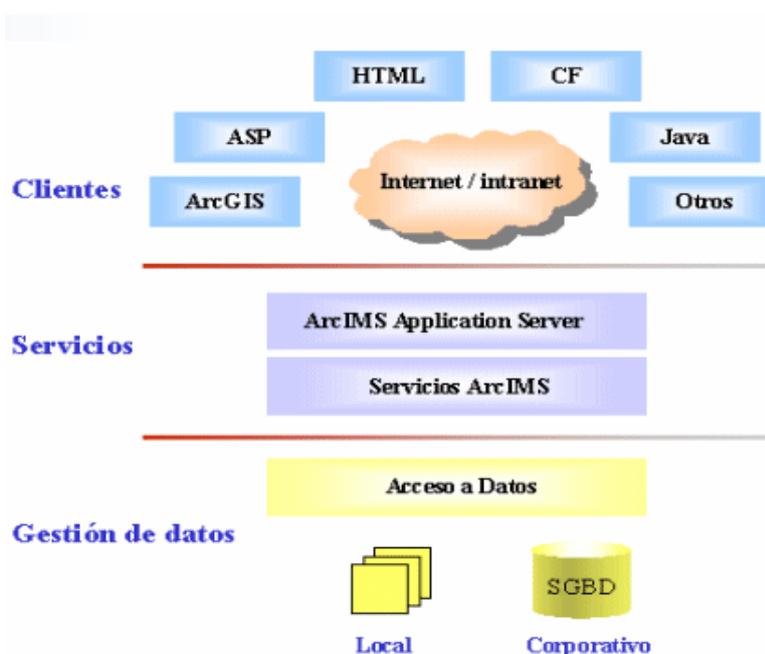


Figura 1 Arquitectura de software ArcIMS⁵

⁴ WEB: Un navegador web o browser es una aplicación software que permite al usuario recuperar y visualizar documentos de hipertexto, comúnmente descritos en HTML, desde servidores web de todo el mundo a través de Internet. Esta red de documentos es denominada World Wide Web (WWW) o Telaraña Mundial. Los navegadores actuales permiten mostrar o ejecutar: gráficos, secuencias de vídeo, sonido, animaciones y programas diversos además del texto y los hipervínculos o enlaces

⁵ Fuente: Página WEB de ESRI España.

5.2.3 ArcIMS Funcionamiento:

La puesta en marcha de un servicio de *ArcIMS* es muy intuitiva gracias a los asistentes que incorpora el software.

- ✓ *ArcIMS Author*: Asistente para la generación de la carpeta de configuración del servicio de mapas.
- ✓ *ArcIMS Administrator*: Asistente para la administración de los servicios publicados y de los servidores espaciales.
- ✓ *ArcIMS Designer*: Asistente para el diseño del sitio WEB que permite definir la funcionalidad a la que tendrá acceso el cliente.

Las tres aplicaciones se pueden utilizar de manera independiente, como en un entorno integrado basado en navegación Web llamado *ArcIMS Manager*, que permitirá al usuario realizar todas las tareas necesarias para la puesta en marcha de un servicio GIS:

Para llevar a cabo una interface transparente entre el *ArcGIS* (*ArcINFO*) y el *ArcIMS* se seleccionó el *ArcIMS Arcmap Server* que utiliza los proyectos (*mxd*) creados dentro de *ArcINFO* para ser publicados en forma rápida, para ello todos los proyectos y los datos deben ser ubicados dentro del servidor que está siendo utilizado para publicar, en este proyecto el servidor que se está utilizando es el CE0005S003, se utiliza para publicar la información del SIGA en Intranet de Comisión Nacional del Agua.

5.2.4 ArcMap Server:

5.2.4.1 Características

El esquema de trabajo que se utiliza para la publicación del módulo de consulta de mapas se ejemplifica en el esquema de la figura 2; *ArcMap Server* permite publicar en Internet mapas generados con *ArcGIS Desktop* (proyectos *MXDs*) o con la extensión *ArcGIS Publisher* (*PMFs*), lo que da entrada a toda la potencia de *ArcGIS* en cuanto a acceso a datos, simbología e interfaz de usuario, las ventajas son:

- ✓ *ArcIMS ArcMap Server* permite la publicación de mapas aprovechando todas las herramientas de cartografía avanzada incluidas con *ArcGIS Desktop*.
- ✓ Aprovecha todos los elementos de mapa presentes en el modo *Layout* de *ArcGIS Desktop*, incluida leyenda, graticulas, barras de escala gráfica etc.
- ✓ Soporta todos los tipos de datos que soporta *ArcGIS* incluyendo *Geodatabase* (personal y corporativa), anotaciones, redes geométricas, capas versionadas de *ArcSDE* y formatos CAD (*DWG*, *DGN* y *DXF*).
- ✓ *ArcMap Server* es accesible desde todos los clientes que acceden a *ArcIMS*, incluyendo clientes basados en navegadores, *ArcExplorer*, y todos los clientes *Desktop* de *ArcGIS*.

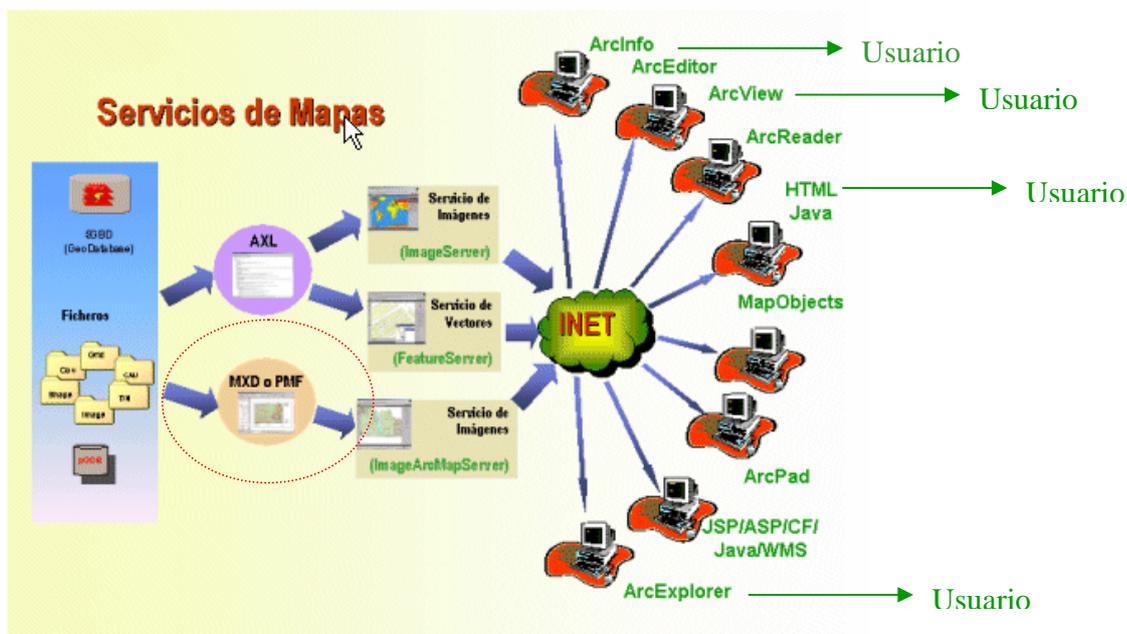


Figura 2 ArcIMS ArcMap Server⁶

5.3 ERDAS Imagine.

5.3.1 Descripción.

En 1978, ERDAS fue pionera en la creación del primer sistema de procesamiento de imágenes de satélite, y a través de los años ha establecido los estándares en las soluciones para manejo multifuncional de imágenes. En el 2001, ERDAS y Leica Geosystems formaron una sociedad estratégica, en la cual la tecnología y experiencia de ERDAS es usada para formar el corazón de la nueva división *Geospatial Imaging* de Leica Geosystems, proporcionando una plataforma para el crecimiento mutuo en los segmentos de los mercados de la Teledetección y el tratamiento de imágenes.

Usos y algunas aplicaciones

- ✓ Clasificar la cubierta terrestre para protección de hábitat o planeación de infraestructuras.
- ✓ Manejar recursos naturales
- ✓ Planear redes de teléfonos celulares
- ✓ Entrenar y planear operaciones militares
- ✓ Visualizar las tendencias de las expansiones urbanas
- ✓ Preparar planes de emergencia y los esfuerzos para el manejo de ayuda
- ✓ Generar mapas precisos
- ✓ Desarrollar practicas de defensa nacional y global

⁶ Fuente: Página WEB de ESRI España.

5.3.2 ERDAS Imagine Profesional.

Dispone de un conjunto de herramientas para el análisis avanzado de imágenes y SIG profesional, *IMAGINE Professional* incluye toda la funcionalidad de *IMAGINE Essentials* e *IMAGINE Advantage*, además de ofrecer las herramientas más avanzadas para la clasificación de la imagen, el análisis de imágenes radar y herramientas gráficas para modelar procesos aplicables a la información geoespacial.

Características:

- ✓ Análisis espectral (trabajo con imágenes hiperespectrales)
- ✓ Clasificación experta de imágenes
- ✓ Clasificación multiespectral
- ✓ Clasificación no supervisada
- ✓ Clasificación supervisada
- ✓ Editor de firmas
- ✓ Post-clasificación
- ✓ Model Maker (Creador de modelos)
- ✓ Interpretador de imágenes radar
- ✓ Rectificación geométrica
- ✓ Visualizador en 3 D

5.3.3 IMAGINE MrSID Encoder

ERDAS IMAGINE MrSID Encoder habilita la codificación al formato *MrSID* de cualquier formato raster soportado por ERDAS IMAGINE y está integrado dentro del flujo de trabajo. *IMAGINE MrSID Desktop Encoder* puede manejar imágenes entre 50 y 500 millones de píxeles, mientras que *IMAGINE Workstation Encoder* soporta imágenes de más de 500 millones de píxeles.

Características:

- ✓ Soporte de la tercera generación del algoritmo de compresión
- ✓ Ratios de reducción sin precedentes
- ✓ Calidad de pérdida visual no apreciable
- ✓ Compresión simple
- ✓ Múltiples resoluciones desde una única fuente de datos
- ✓ Descompresión selectiva
- ✓ *Roaming* y búsqueda continua
- ✓ Estructura de licencia flotante
- ✓ Acceso a procesos *batch* mediante asistentes
- ✓ Los parámetros de proyección original pueden ser salvados en el fichero AUX

6. HARDWARE

El SIGA tiene visualizado 5 elementos esenciales para estructurar un Sistema de Información Geográfica:

1. Personal capacitado.
2. Datos geográficos estructurados.
3. Hardware.
4. Software.
5. Capacidad de hacer análisis espaciales

Sin duda con la ausencia de alguno de estos elementos no estaría completo un SIG funcional y listo para dar resultados, por ello el SIGA ha procurado contar con ellos y adaptarse a los cambios tecnológicos vertiginosos que se dan hoy en día.

Contar con equipo de cómputo adecuado y software actualizado con lo último en herramientas de procesamiento y despliegue de información geográfica y por consecuencia una adecuada capacitación a su personal para aprovechar al máximo estas herramientas, con todo lo anterior se podrán diseñar y crear bancos de información geográfica bien cimentados y estructurados para realizar análisis espaciales adecuados a las necesidades de la institución.

Para este proyecto los equipos de cómputo que se utilizan para el manejo y transformación de la información, es sin duda una parte fundamental del proyecto; para transformar los archivos en formato DXF a cobertura *ArcINFO* por ejemplo, en un inicio se utilizó *ArcINFO workstation* para estación de trabajo con sistema operativo *UNIX-IRIX*, posteriormente por motivos de actualización del software, se terminó este proceso con *ArcINFO workstation* con sistema operativo Windows XP, no olvidar que la versión de ArcGIS 9.1 está diseñada para instalarse y funcionar con este sistema operativo en equipos desktop, ya no permite la instalación en sistema operativo *UNIX-IRIX* de *Silicon Graphics* por lo cual se decidió migrar a equipos de cómputo con sistema operativo Windows XP en computadoras de escritorio (PC)

La velocidad del procesador es muy importante, los equipos del SIGA cuentan con procesadores que van de 2.5 a 3 Gigahertz de velocidad, esto sin duda está permitiendo realizar una gran cantidad de trabajo sin problemas de saturación del equipo, igualmente deben de contar con otras características especiales para lograr un procesamiento óptimo y rápido, la memoria RAM oscilan entre 3 a 4 *Gigabyte* para lograr ser más eficientes en muchos de los procesos del proyecto, cabe recordar que muchos de los geoprosesos utilizan también esta memoria.

Debido al gran número de datos a procesar es importante que estos equipos de cómputo posean un disco duro suficientemente grande para almacenar esta cantidad de datos, los equipos del SIGA cuentan con discos duros que oscilan entre los 70 GB a los 600 GB.

Por otro lado la CONAGUA es de las dependencias de gobierno que tiene estructurada y operando una Red Nacional de Datos (Intranet) a nivel nacional con enlace a 13 Organismos de Cuenca (Gerencias Regionales) y 20 Direcciones Locales (estados) en todo el país, es decir se tienen acceso e intercomunicadas alrededor de 10,000 computadoras y servidores que sirven para el manejo, traslado y publicación de la información que la institución produce, sin duda el proyecto pretende hacer un uso eficiente de esta Red con la publicación de toda la información existente escala 1:50 000 del SIGA, permitiendo a otras áreas usuarias hacer uso y que exploten este banco de datos desde cualquier oficina del país con el simple hecho de estar conectadas dentro de la Red Nacional de Datos de CONAGUA.

Cabe mencionar que en los servidores centrales del SIGA es donde van a radicar la base de datos escala 1: 50 000, está ubicada en el edificio Central de la CONAGUA, ubicado al sur de la Ciudad de México.

7. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LOS PRODUCTOS GEOGRÁFICOS QUE INTEGRAN EL MÓDULO DE MAPAS

Antes de enfocarnos a la parte metodológica conceptual en el procesamiento de datos geográficos con los distintos paquetes de cómputo, es preciso realizar una descripción completa de cada uno de los productos cartográficos que integran el módulo de mapas, para ello, este apartado pretende hacer una caracterización y descripción completa de los datos geográficos que integran el módulo de mapas.

La información geográfica es muy importante pero es más valiosa cuando esta georreferenciada, esto permite ubicarla dentro de un contexto geográfico-espacial, por ello dentro del proyecto se garantiza que los productos tengan definido un sistema de coordenadas que permitan la sobreposición de estos productos entre ellos.

Algo valioso de este proyecto es que toda la información que se pretende en este proyecto tiene un formato propio que permite la transferencia de datos entre los distintos softwares, sin embargo esta información está siendo transferida a formatos propios de los paquetes de cómputo de las empresas *ESRI* y *Leica Geosystems (ERDAS)*(*shape file, IMG, SID*) para garantizar un mejor manejo y visualización de ellos dentro de la CONAGUA.

7.1 GENERALIDADES DEL CONJUNTO DE DATOS VECTORIALES DE LA CARTA TOPOGRÁFICA

7.1.1 Introducción

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) tiene disponible la serie de Conjuntos de Datos Vectoriales de la Carta Topográfica escala 1:50 000, en formato digital.

Este producto no tiene precedentes en la historia de la Cartografía de México, ya que pone por primera vez a disposición del público usuario la información de la carta topográfica en formato vectorial digital. Los rasgos geográficos están representados mediante puntos, líneas y áreas, cada uno de los objetos geográficos está identificado con una codificación preestablecida.

Las capas contenidas en cada Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta Topográfica escala 1:50 000, fueron obtenidos mediante el uso de la tecnología actual en manejo de información geográfica, con trabajo de campo y con metodologías y procesos diseñados por el INEGI, cumpliendo con normas técnicas y estándares internacionales, lo que permite obtener un producto que ayude a dar satisfacción a las necesidades de los usuarios de este tipo de información.

7.1.2 Descripción

Este producto ha sido concebido para atender demandas de información con referencia geográfica acerca del terreno: red hidrográfica, altimetría y algunos aspectos generales de vegetación, así como infraestructura y localidades. El diseño conceptual con el que se genera la información, la hace apropiada para manejarse en Sistemas de Información Geográfica o en sistemas de cartografía asistida por computadora, para aplicarse en el desarrollo de proyectos en diversos campos, en los que la información sobre la posición y distribución de los fenómenos geográficos es esencial.

7.1.3 Características.

La información geográfica digital de la serie de conjuntos de datos vectoriales de la carta topográfica escala 1:50 000, contiene datos estructurados en forma vectorial y codificada de acuerdo con la tabla de códigos con que se acompaña cada conjunto de datos. La tabla de códigos relaciona cada uno de ellos con la descripción, que se ha hecho en el diccionario de datos topográficos escala 1:50 000, de los diferentes objetos geográficos contenidos en los conjuntos de datos.

- ✓ La información esta estructurada, de tal modo que se garantiza la consistencia geométrica de los elementos vectoriales, lo que permite su adecuación en diversos tipos de paquetes de aplicación en Sistemas de Información Geográfica y cartografía asistida por computadora.
- ✓ La referencia geográfica de la información permite que los conjuntos de datos se integren con otros grupos de datos vectoriales o de tipo raster, como los modelos digitales de elevación o las Ortofotos digitales.
- ✓ La información es apropiada para manejarse en sistemas de cartografía asistida por computadora. para su uso en Sistemas de Información Geográfica, el usuario realizará la adecuación correspondiente al tipo de paquete de aplicación que maneje.
- ✓ La naturaleza del esquema con que se diseñó la información, permite que el usuario la manipule a voluntad para complementarla o modificarla.
- ✓ Posibilidad de integración de los diferentes conjuntos de datos para conformar la cobertura de una región de interés, con características de continuidad espacial.
- ✓ Datos estructurados de forma vectorial sin inconsistencias geométricas, lo que permite establecer la topología requerida con el paquete de cómputo propio del usuario.
- ✓ Datos contenidos en diferentes capas o estratos, de acuerdo a una clasificación preestablecida.
- ✓ Posibilidad de obtener gráficas del conjunto de datos o de alguna región de interés, según los objetivos de la aplicación y sujeto solamente a la disponibilidad y capacidades de infraestructura para impresión del usuario (graficadores, impresoras, etc.).
- ✓ La serie constituye un trabajo cartográfico de precisión, realizado con metodologías y normas semejantes a las más avanzadas en el mundo. Es un producto fundamental para la planeación y el ordenamiento del territorio, así como para la evaluación del cambio y pronóstico de las condiciones físicas del medio y el manejo de recursos hídricos.

7.1.4 Contenido.

Los conjuntos de datos de la carta topográfica escala 1:50 000, contienen información actualizada equivalente a aquella que contiene la carta topográfica en su edición tradicional. Los datos fueron obtenidos inicialmente de la conversión a formato digital de la carta topográfica original en papel, y actualizados utilizando ortofotos digitales recientes, y con trabajo de campo.

En términos generales la información contenida es la siguiente:

- Altimetría y datos de elevación
- Hidrografía e infraestructura hidráulica
- Localidades y rasgos urbanos
- Límites
- Instalaciones diversas e industriales
- Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión
- Comunicación y transporte
- Áreas protegidas y de interés histórico
- Otros elementos de referencia topográfica

En detalle esta agrupación contiene los siguientes objetos o entidades geográficas:

Acueducto	Aeropuerto
Área de cultivo	Área natural protegida
Área urbana	Área verde urbana
Arrecife/bajo	Banco de material
Bordo	Calle
Camino	Canal
Carretera	Caseta de peaje
Cementerio	Conducto
Corriente de agua	Corriente que desaparece
Cuerpo de agua	Curva de nivel
Depósito de desechos	Edificación
Entrada a gruta	Estanque
Estructura elevada	Fango
Faro / radiofaro / vor	Instalación de bombeo
Instalación de comunicación	Instalación deportiva o recreativa
Instalación diversa	Instalación industrial
Instalación portuaria	Límite
Lindero	Línea de comunicación
Línea de transmisión	Lumbrera
Malpaís	Manantial
Mina	Mojonera
Muro de contención	Nieve perpetua
Pantano	Pista de aviación
Pista de carreras	Planta generadora
Pozos de explotación	Presa
Puente	Punto acotado
Rápido	Rasgo arqueológico
Roca	Ruta de embarcación
Ruta de funicular / teleférico	Salina
Salto de agua	Separador

Subestación eléctrica	Tanque
Tanque de agua	Terreno sujeto a inundación
Túnel	Vado
Vegetación densa	Vía férrea
Zona arenosa	

7.1.5 Características cartográficas del conjunto de datos

Especificaciones

Escala:	1:50 000
Dimensiones:	Dos dimensiones
Proyección cartográfica:	Universal Transversa de Mercator (utm).
Cubrimiento:	15° de latitud por 20° de longitud.
Sistema geodésico de referencia:	Nad27/ITRF92 época 1980.0
Unidades:	Metros
Tipo de datos:	Vectorial
Formatos de transferencia:	dxf

7.1.6 Distribución y diseminación de los datos

En México existe un gran número de usuarios que cuentan con plataformas para manejar datos geográficos en aplicaciones cartográficas y de Sistemas de Información Geográfica, con la capacidad de importar datos en archivos con formato DXF (Drawing Interchange File), por ese motivo el INEGI consideró conveniente distribuir los conjuntos de datos topográficos en dicho formato, de tal manera que el usuario pueda importarlos y estructurar su propia base de datos con todas las entidades y casi todos los atributos establecidos en el diccionario de datos para este tema y escala.

Tomando en consideración las características del formato DXF, los datos vectoriales se estructuraron en archivos y capas con la finalidad de conservar la riqueza de información de la carta topográfica. Así, cada conjunto de datos topográficos está almacenado en un subdirectorío con 23 archivos más la toponimia, y cada archivo está integrado en varias capas, de acuerdo a la estratificación de los datos en formato DXF. Cada capa corresponde a una entidad geográfica específica o a una combinación autorizada de valores de atributos. Esto implica que el número de capas en cada archivo es variable, según la presencia o ausencia en la hoja o conjunto de datos, del rasgo geográfico representado.

Según la tabla de la estratificación de los datos, el nombre de cada archivo está compuesto de la clave del conjunto de datos y dos letras de identificación del grupo al que corresponde (CLAVE_CARTA_NN). Las capas están denominadas de acuerdo a las dos letras y el código del rasgo (NN_XXXX). También, se indica el tipo de representación geométrica que tiene el rasgo (línea, punto o área), e incluye la descripción de cada rasgo indicando la entidad y los valores de atributos del elemento codificado.

7.2 ESTRUCTURA Y DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS VECTORIALES DE LA CARTA TOPOGRÁFICA

La organización de los datos vectoriales en formato dxf, se proporciona en los archivos capasv3.txt o capasv4.txt, debido a la utilización de 2 versiones del Diccionario de Datos de la Carta Topográfica escala 1:50,000 en el proceso de conversión y actualización digital.

En el directorio correspondiente a cada hoja o conjunto de datos, además de contener los archivos en formato dxf se anexa el archivo aplicable (capasv3.txt o capasv4.txt), así como el archivo auxiliar (.aux) que contiene un resumen de los rasgos presentes en el conjunto de datos e información sobre la fecha y métodos de actualización.

La información vectorial topográfica se encuentra agrupada en las siguientes nueve cubiertas⁷:

1. Altimetría y datos de elevación
2. Hidrografía e infraestructura hidráulica
3. Localidades y rasgos urbanos
4. Límites
5. Instalaciones diversas e industriales
6. Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión
7. Vías de comunicación y transporte
8. Áreas protegidas y sitios de interés histórico
9. Otros elementos de referencia topográfica

7.2.1 Altimetría y datos de elevación

Estrato	Tipo	Descripción
e14a15pa.dxf	PUNTO	Puntos acotados
e14a15cn.dxf	LÍNEA	Curvas de nivel

7.2.2 Hidrografía e infraestructura hidráulica

Estrato	Tipo	Descripción
e14a15hp.dxf	PUNTO	Rasgos hidrográficos puntuales
e14a15hl.dxf	LÍNEA	Corrientes de agua
e14a15ha.dxf	ÁREA	Cuerpos de agua

⁷ Las capas anteriores han sido organizadas y separadas según el tipo de representación geométrica de los rasgos vectoriales (puntos, líneas, áreas).

7.2.3.- Localidades y rasgos urbanos

Estrato	Tipo	Descripción
e14a15ru.dxf	PUNTO	Rasgos urbanos
e14a15au.dxf	ÁREA	Localidades y áreas urbanas

7.2.4.- Límites

Estrato	Tipo	Descripción
e14a15lp.dxf	PUNTO	Puntos que definen límites
e14a15ll.dxf	LÍNEA	Límites

7.2.5.- Instalaciones diversas e industriales

Estrato	Tipo	Descripción
e14a15dp.dxf	PUNTO	Edificaciones e instalaciones diversas
e14a15dl.dxf	LÍNEA	Edificaciones e instalaciones diversas
e14a15da.dxf	ÁREA	Edificaciones e instalaciones diversas

7.2.6.- Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión

Estrato	Tipo	Descripción
e14a15tp.dxf	PUNTO	Tanques de almacenamiento puntuales
e14a15ta.dxf	ÁREA	Tanques de almacenamiento de área
e14a15cd.dxf	LÍNEA	Líneas de conducción y transmisión
e14a15el.dxf	ÁREA	Instalaciones de generación de energía eléctrica

7.2.7.- Vías de comunicación y transporte

Estrato	Tipo	Descripción
e14a15cp.dxf	PUNTO	Instalaciones de comunicación
e14a15vt.dxf	LÍNEA	Vías de transporte
e14a15at.dxf	ÁREA	Otro tipo de vías de transporte

7.2.8.- Otros elementos de referencia topográfica

Estrato	Tipo	Descripción
e14a15rp.dxf	PUNTO	Elementos puntuales de referencia topográfica
e14a15ra.dxf	ÁREA	Elementos de referencia topográfica de área

7.2.9.- Áreas protegidas y sitios de interés histórico

Estrato	Tipo	Descripción
e14a15np.dxf	PUNTO	Rasgos de conservación de la naturaleza
e14a15na.dxf	ÁREA	Áreas de conservación de la naturaleza

En la estratificación anterior, los archivos dxf se identifican por la clave del conjunto de datos y dos letras que indican el estrato de rasgos geográficos al que pertenecen. Los estratos están organizados en un número variable de capas que se diferencian entre sí, por un código que el usuario podrá consultar en los archivos capasv3 o capasv4, según corresponda, este código le permitirá conocer el tipo de Entidad representada y el valor de sus atributos. En el siguiente ejemplo, se ilustra la estructura de capas del estrato e14a15hl.dxf y su relación con el archivo capasv3.

hl_3111	LÍNEA	ACUEDUCTO: Elevado, En operación
hl_3112	LÍNEA	ACUEDUCTO: Elevado, Fuera de uso
hl_3113	LÍNEA	ACUEDUCTO: Subterráneo, En operación
hl_3114	LÍNEA	ACUEDUCTO: Subterráneo, Fuera de uso
hl_3272	LÍNEA	CORRIENTE DE AGUA: Perenne

Los archivos dxf solamente contienen capas que corresponden a entidades o rasgos con valores específicos de atributos que estén presentes en el conjunto de datos. En los archivos capasv3 y capasv4 se enumeran 23 posibles combinaciones de valores de atributos de los rasgos.

7.3 ESTRATIFICACIÓN DE DATOS EN FORMATO DXF DE DATOS VECTORIALES

La estratificación de datos es la forma de organizar e identificar de las capas que componen a los datos vectoriales, esto se realiza para llevar un control eficiente en cada una de las capas, esto permitirá en un futuro reconocer los elementos geográficos, así como la codificación respectiva para ligar otras bases de datos al mapa.

7.3.1 Altimetría

1.- CLAVE_CARTA_PA (Puntos acotados)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
PA_690	PUNTO	PUNTO ACOTADO

2.- CLAVE_CARTA_CN (Curvas de nivel)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
CN_3301	LÍNEA	CURVA DE NIVEL: Depresión
CN_3302	LÍNEA	CURVA DE NIVEL: Otro

7.3.2 Hidrografía e infraestructura hidráulica

3.- CLAVE_CARTA_HP (Rasgos hidrográficos puntuales)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
HP_280	PUNTO	CORRIENTE QUE DESAPARECE
HP_540	PUNTO	MANANTIAL
HP_700	PUNTO	RÁPIDO
HP_750	PUNTO	SALTO DE AGUA
HP_811	PUNTO	TANQUE DE AGUA: Caja de agua
HP_812	PUNTO	TANQUE DE AGUA: Tanque elevado
HP_813	PUNTO	TANQUE DE AGUA: Tanque regulador

4.- CLAVE_CARTA_HL (Corrientes y vías de conducción de agua)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
HL_3111	LÍNEA	ACUEDUCTO: Elevado, En operación
HL_3112	LÍNEA	ACUEDUCTO: Elevado, Fuera de uso
HL_3113	LÍNEA	ACUEDUCTO: Subterráneo, En operación
HL_3114	LÍNEA	ACUEDUCTO: Superficial, En operación
HL_3160	LÍNEA	BORDO
HL_3180	LÍNEA	CANAL
HL_3271	LÍNEA	CORRIENTE DE AGUA: Intermitente
HL_3272	LÍNEA	CORRIENTE DE AGUA: Perenne
HL_3570	LÍNEA	MURO DE CONTENCIÓN
HL_3671	LÍNEA	PRESA: En construcción
HL_3672	LÍNEA	PRESA: En operación
HL_3673	LÍNEA	PRESA: Fuera de uso
HL_3700	LÍNEA	RÁPIDO
HL_3750	LÍNEA	SALTO DE AGUA
HL_3761	LÍNEA	SEPARADOR: Estanque acuícola
HL_3762	LÍNEA	SEPARADOR: Estanque de sedimentación
HL_3763	LÍNEA	SEPARADOR: Salina artificial

5.- CLAVE_CARTA_HA (Cuerpos de agua)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
HA_6180	ÁREA	CANAL
HA_6291	ÁREA	CUERPO DE AGUA: Intermitente, Interior
HA_6292	ÁREA	CUERPO DE AGUA: Perenne, Interior
HA_6293	ÁREA	CUERPO DE AGUA: Perenne, Marítimo
HA_6361	ÁREA	ESTANQUE: Alberca
HA_6362	ÁREA	ESTANQUE: Estanque acuícola
HA_6363	ÁREA	ESTANQUE: Estanque de sedimentación
HA_6364	ÁREA	ESTANQUE: Estanque regulador

HA_6365	ÁREA	ESTANQUE: Otro
HA_6741	ÁREA	SALINA: Artificial
HA_6742	ÁREA	SALINA: Natural
HA_6813	ÁREA	TANQUE DE AGUA: Tanque regulador

7.3.3 Localidades y rasgos urbanos

6.- CLAVE_CARTA_RU (Rasgos urbanos)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
RU_250	PUNTO	CEMENTERIO

7.- CLAVE_CARTA_AU (Áreas urbanas)

CAPA_DXF	TPO	DESCRIPCIÓN
AU_6140	ÁREA	ÁREA URBANA
AU_6145	ÁREA	ÁREA VERDE URBANA
AU_6250	ÁREA	CEMENTERIO

7.3.4 Límites

8.- CLAVE_CARTA_LP (Puntos que definen límites)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
LP_561	PUNTO	MOJONERA: Estatal
LP_562	PUNTO	MOJONERA: Internacional
LP_563	PUNTO	MOJONERA: Municipal

9.- CLAVE_CARTA_LL (Límites)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
LL_3000	LÍNEA	CANEVÁ
LL_3470	LÍNEA	LÍMITE INTERNACIONAL
LL_3480	LÍNEA	LINDERO

7.3.5 Instalaciones diversas e industriales

10.- CLAVE_CARTA_DP (Instalaciones y edificaciones diversas puntuales)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
DP_316	PUNTO	EDIFICACIÓN: Centro de asistencia médica
DP_322	PUNTO	EDIFICACIÓN: Escuela
DP_329	PUNTO	EDIFICACIÓN: Granja
DP_332	PUNTO	EDIFICACIÓN: Observatorio astronómico
DP_333	PUNTO	EDIFICACIÓN: Otro
DP_342	PUNTO	EDIFICACIÓN: Templo
DP_371	PUNTO	ESTRUCTURA ELEVADA: Caseta forestal
DP_372	PUNTO	ESTRUCTURA ELEVADA: Silo
DP_400	PUNTO	INSTALACIÓN DE BOMBEO
DP_661	PUNTO	PLANTA GENERADORA: Geotérmica, En construcción
DP_662	PUNTO	PLANTA GENERADORA: Geotérmica, En operación
DP_663	PUNTO	PLANTA GENERADORA: Hidroeléctrica, En construcción
DP_664	PUNTO	PLANTA GENERADORA: Hidroeléctrica, En operación
DP_665	PUNTO	PLANTA GENERADORA: Nucleoeléctrica, En construcción
DP_666	PUNTO	PLANTA GENERADORA: Nucleoeléctrica; En operación
DP_667	PUNTO	PLANTA GENERADORA: Planta generadora, En operación
DP_668	PUNTO	PLANTA GENERADORA: Termoeléctrica, En construcción
DP_669	PUNTO	PLANTA GENERADORA: Termoeléctrica, En operación
DP_791	PUNTO	SUBESTACION ELÉCTRICA: En construcción
DP_792	PUNTO	SUBESTACION ELÉCTRICA: En operación
DP_793	PUNTO	SUBESTACION ELÉCTRICA: Fuera de uso

11.- CLAVE_CARTA_DL (Edificaciones e instalaciones diversas lineales)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
DL_3329	LÍNEA	EDIFICACIÓN: Granja
DL_3651	LÍNEA	PISTA DE CARRERAS: Autódromo
DL_3652	LÍNEA	PISTA DE CARRERAS: Galgódromo
DL_3653	LÍNEA	PISTA DE CARRERAS: Hipódromo

12.- CLAVE_CARTA_DA (Edificaciones e instalaciones diversas de área)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
DA_6313	ÁREA	EDIFICACIÓN: Almacenes de depósito
DA_6314	ÁREA	EDIFICACIÓN: Aserradero
DA_6316	ÁREA	EDIFICACIÓN: Centro de asistencia médica
DA_6318	ÁREA	EDIFICACIÓN: Centro de estudios superiores
DA_6319	ÁREA	EDIFICACIÓN: Centro de investigación
DA_6320	ÁREA	EDIFICACIÓN: Complejo médico
DA_6322	ÁREA	EDIFICACIÓN: Escuela
DA_6327	ÁREA	EDIFICACIÓN: Estadio
DA_6328	ÁREA	EDIFICACIÓN: Fundidora
DA_6329	ÁREA	EDIFICACIÓN: Granja
DA_6330	ÁREA	EDIFICACIÓN: Ingenio
DA_6332	ÁREA	EDIFICACIÓN: Observatorio astronómico
DA_6333	ÁREA	EDIFICACIÓN: Otros
DA_6334	ÁREA	EDIFICACIÓN: Planta automotriz
DA_6335	ÁREA	EDIFICACIÓN: Planta azufrera
DA_6336	ÁREA	EDIFICACIÓN: Planta cementera
DA_6337	ÁREA	EDIFICACIÓN: Planta de tratamiento de agua
DA_6338	ÁREA	EDIFICACIÓN: Planta desalinadora
DA_6339	ÁREA	EDIFICACIÓN: Planta petroquímica
DA_6340	ÁREA	EDIFICACIÓN: Reclusorio
DA_6341	ÁREA	EDIFICACIÓN: Refinería

DA_6342	ÁREA	EDIFICACIÓN: Templo
DA_6343	ÁREA	EDIFICACIÓN: Central de autobuses
DA_6400	ÁREA	INSTALACIÓN DE BOMBEO
DA_6421	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Balneario
DA_6422	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Béisbol
DA_6423	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Campo de tiro
DA_6424	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Diverso
DA_6425	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Fútbol
DA_6426	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Campo de golf
DA_6427	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Lienzo charro
DA_6428	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Otros
DA_6429	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Plaza de toros
DA_6430	ÁREA	INSTALACIÓN DEPORTIVA O RECREATIVA: Velódromo
DA_6441	ÁREA	INSTALACIÓN PORTUARIA: Malecón
DA_6442	ÁREA	INSTALACIÓN PORTUARIA: Muelle o embarcadero
DA_6443	ÁREA	INSTALACIÓN PORTUARIA: Rompeolas o escollera

7.3.6 Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión

13.- CLAVE_CARTA_TP (Tanques de almacenamiento)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
TP_801	PUNTO	TANQUE: Combustible
TP_802	PUNTO	TANQUE: Otros

14.- CLAVE_CARTA_TA (Tanques de almacenamiento)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
TA_6801	ÁREA	TANQUE: Combustible
TA_6802	ÁREA	TANQUE: Otros

15.- CLAVE_CARTA_CD (Líneas de conducción y transmisión)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
CD_3261	LÍNEA	CONDUCTO: 1 conducto, Conducto PEMEX, Subterráneo
CD_3262	LÍNEA	CONDUCTO: 1 conducto, Conducto PEMEX, Superficial
CD_3263	LÍNEA	CONDUCTO: 1 conducto, Otro, Subterráneo
CD_3264	LÍNEA	CONDUCTO: 1 conducto, Otro, Superficial
CD_3265	LÍNEA	CONDUCTO: 2 conductos, Conducto PEMEX, Subterráneo
CD_3266	LÍNEA	CONDUCTO: 2 conductos, Conducto PEMEX, Superficial
CD_3267	LÍNEA	CONDUCTO: 3 conductos, Conducto PEMEX, Subterráneo
CD_3268	LÍNEA	CONDUCTO: 3 conductos, Conducto PEMEX, Superficial
CD_3501	LÍNEA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN: 1 línea en torres de acero
CD_3502	LÍNEA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN: 2 líneas en torres de acero
CD_3503	LÍNEA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN: 1 línea en postes de concreto
CD_3504	LÍNEA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN: 2 líneas en postes de concreto
CD_3505	LÍNEA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN: 1 línea en postes de madera
CD_3506	LÍNEA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN: 2 líneas en postes de madera
CD_3507	LÍNEA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN: 1 línea en doble postería de madera o concreto
CD_3508	LÍNEA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN: 2 líneas en doble postería de madera o concreto
CD_3509	LÍNEA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN: Desconocido

16.- CLAVE_CARTA_EL (Instalaciones para la generación de energía eléctrica)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
EL_6661	ÁREA	PLANTA GENERADORA: Geotérmica, En construcción
EL_6662	ÁREA	PLANTA GENERADORA: Geotérmica, En operación
EL_6663	ÁREA	PLANTA GENERADORA: Hidroeléctrica, En construcción
EL_6664	ÁREA	PLANTA GENERADORA: Hidroeléctrica, En operación
EL_6665	ÁREA	PLANTA GENERADORA: Nucleoeléctrica, En construcción
EL_6666	ÁREA	PLANTA GENERADORA: Nucleoeléctrica, En operación
EL_6667	ÁREA	PLANTA GENERADORA: Planta generadora, En operación
EL_6668	ÁREA	PLANTA GENERADORA: Termoeléctrica, En construcción
EL_6669	ÁREA	PLANTA GENERADORA: Termoeléctrica, En operación
EL_6791	ÁREA	SUBESTACION ELÉCTRICA: En construcción
EL_6792	ÁREA	SUBESTACION ELÉCTRICA: En operación
EL_6793	ÁREA	SUBESTACION ELÉCTRICA: Fuera de uso

7.3.7 Comunicación y transporte

17.- CLAVE_CARTA_CP (Instalaciones de comunicación puntuales)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
603_SN	PUNTO	NUMERO DE CARRETERA, JAL.
622_##	PUNTO	NUMERO DE CARRETERA, FEDERAL

Para la entidad número de carretera se listan únicamente los códigos fijos (603 y 622) que aparecen en este conjunto de datos. A estos códigos se adiciona el número de la carretera, el cual va separado por un guión bajo. Ejemplo: La capa 622_31, se interpreta como NÚMERO DE CARRETERA, FEDERAL, número de carretera 31.

18.- CLAVE_CARTA_VT (Vías de Transportación)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
VT_3165	LÍNEA	CALLE: Primer orden
VT_3166	LÍNEA	CALLE: Segundo orden
VT_3167	LÍNEA	CALLE: Tercer orde
VT_3171	LÍNEA	CAMINO: Brecha
VT_3172	LÍNEA	CAMINO: Vereda
VT_3191	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 1 Carril, Libre, Federal, En operación
VT_3192	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 2 Carriles, Libre, Federal, En operación
VT_3193	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 2 Carriles, Libre, Desconocido, En operación
VT_3194	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 3 Carriles, Libre, Federal, En operación
VT_3195	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 4 Carriles, Libre, Federal, En operación
VT_3196	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 5 Carriles, Libre, Federal, En operación
VT_3197	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 6 Carriles, Libre, Federal, En operación
VT_3198	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, Más de 6 carriles, Libre, Federal, En operación
VT_3199	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 1 Carril, Libre, Estatal, En operación
VT_3200	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 2 Carriles, Libre, Estatal, En operación
VT_3201	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 3 Carriles, Libre, Estatal, En operación
VT_3202	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 4 Carriles, Libre, Estatal, En operación
VT_3203	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 5 Carriles, Libre, Estatal, En operación
VT_3204	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 6 Carriles, Libre, Estatal, En operación
VT_3205	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, Más de 6 carriles, Libre, Estatal, En operación
VT_3206	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 2 Carriles, Cuota, Federal, En operación
VT_3207	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 3 Carriles, Cuota, Federal, En operación
VT_3208	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 4 Carriles, Cuota, Federal, En operación
VT_3209	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 5 Carriles, Cuota, Federal, En operación
VT_3210	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 6 Carriles, Cuota, Federal, En operación
VT_3211	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, Más de 6 carriles, Cuota, Federal, En operación
VT_3212	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 2 Carriles, Cuota, Estatal, En operación
VT_3213	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 3 Carriles, Cuota, Estatal, En operación

VT_3214	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 4 Carriles, Cuota, Estatal, En operación
VT_3215	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 5 Carriles, Cuota, Estatal, En operación
VT_3216	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 6 Carriles, Cuota, Estatal, En operación
VT_3217	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, Más de 6 carriles, Cuota, Estatal, En operación
VT_3218	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 2 Carriles, Cuota, Concesionada, En operación
VT_3219	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 3 Carriles, Cuota, Concesionada, En operación
VT_3220	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 4 Carriles, Cuota, Concesionada, En operación
VT_3221	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 5 Carriles, Cuota, Concesionada, En operación
VT_3222	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 6 Carriles, Cuota, Concesionada, En operación
VT_3223	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, Más de 6 carriles, Cuota, Concesionada, En operación
VT_3224	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, N/A, Restringido, N/A, N/A
VT_3225	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, N/A, N/A, N/A, En construcción
VT_3226	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, N/A, N/A, N/A, Fuera de uso
VT_3227	LÍNEA	CARRETERA: Terracería, N/A, N/A, N/A, En operación
VT_3228	LÍNEA	CARRETERA: Terracería, N/A, Restringido, N/A, N/A
VT_3229	LÍNEA	CARRETERA: Terracería, N/A, N/A, N/A, En construcción
VT_3230	LÍNEA	CARRETERA: Terracería, N/A, N/A, N/A, Fuera de uso
VT_3232	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 1 Carril, Cuota, Federal, En operación
VT_3233	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 1 Carril, Cuota, Estatal, En operación
VT_3234	LÍNEA	CARRETERA: Pavimentada, 1 Carril, Cuota, Concesionada, En operación
VT_3441	LÍNEA	INSTALACIÓN PORTUARIA: Malecón
VT_3442	LÍNEA	INSTALACIÓN PORTUARIA: Muelle e embarcadero
VT_3443	LÍNEA	INSTALACIÓN PORTUARIA: Rompeolas o escollera
VT_3491	LÍNEA	LÍNEA DE COMUNICACIÓN: Telefónica
VT_3492	LÍNEA	LÍNEA DE COMUNICACIÓN: Telegráfica
VT_3493	LÍNEA	LÍNEA DE COMUNICACIÓN: Telefónica y telegráfica
VT_3681	LÍNEA	PUENTE: Peatonal, En operación
VT_3682	LÍNEA	PUENTE: Levadizo, En operación
VT_3683	LÍNEA	PUENTE: Colgante, En operación
VT_3684	LÍNEA	PUENTE: Para canal, En operación
VT_3685	LÍNEA	PUENTE: Otro, En operación
VT_3686	LÍNEA	PUENTE: N/A, En construcción
VT_3687	LÍNEA	PUENTE: N/A, Fuera de uso
VT_3720	LÍNEA	ruta de embarcación
VT_3731	LÍNEA	ruta de funicular/teleférico: Aérea
VT_3732	LÍNEA	ruta de funicular/teleférico: Terrestre
VT_3831	LÍNEA	TÚNEL: En construcción
VT_3832	LÍNEA	TÚNEL: En operación
VT_3840	LÍNEA	VADO
VT_3861	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Otros, Vía sencilla, Público, En operación
VT_3862	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Otros, Vía doble, Público, En operación
VT_3863	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Otros, N/A, N/A, En construcción
VT_3864	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Otros, N/A, N/A, Fuera de uso
VT_3865	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Otros, N/A, Particular, N/A
VT_3866	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Patio ferroviario, N/A, N/A, En operación
VT_3867	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Patio ferroviario, N/A, N/A, En construcción
VT_3868	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Patio ferroviario, N/A, N/A, Fuera de uso
VT_3869	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Desviadero, Vía sencilla, N/A, En operación
VT_3870	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Desviadero, Vía doble, N/A, En operación
VT_3871	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Desviadero, Vía sencilla, N/A, Fuera de uso
VT_3872	LÍNEA	VÍA FÉRREA: Desviadero, Vía doble, N/A, Fuera de uso

19.- CLAVE_CARTA_AT (Instalaciones para transporte, áreas)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
AT_6311	ÁREA	EDIFICACIÓN: Aduana y/o control de migración
AT_6312	ÁREA	EDIFICACIÓN: Aeropuerto
AT_6324	ÁREA	EDIFICACIÓN: Estación de ferrocarril
AT_6325	ÁREA	EDIFICACIÓN: Estación del metro
AT_6326	ÁREA	EDIFICACIÓN: Estación del tren ligero
AT_6641	ÁREA	PISTA DE AVIACIÓN: De tierra, Local, En operación
AT_6642	ÁREA	PISTA DE AVIACIÓN: De tierra, Local, Fuera de uso
AT_6643	ÁREA	PISTA DE AVIACIÓN: Pavimentada, Internacional, En operación
AT_6644	ÁREA	PISTA DE AVIACIÓN: Pavimentada, Local, En operación
AT_6645	ÁREA	PISTA DE AVIACIÓN: Pavimentada, Nacional, En operación
AT_6646	ÁREA	PISTA DE AVIACIÓN: Pavimentada, N/A, En construcción
AT_6647	ÁREA	PISTA DE AVIACIÓN: Pavimentada, Local, Fuera de uso
AT_6648	ÁREA	PISTA DE AVIACIÓN: Pavimentada, Nacional, Fuera de uso

7.3.8 Otros elementos de referencia topográfica

20.- CLAVE_CARTA_RP (Otros elementos de referencia topográfica puntuales)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
RP_350	PUNTO	ENTRADA A GRUTA
RP_520	PUNTO	LUMBRERA
RP_710	PUNTO	ROCA

21.- CLAVE_CARTA_RA (Otros elementos de referencia topográfica de área)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
RA_6120	ÁREA	ÁREA DE CULTIVO
RA_6151	ÁREA	ARRECIFE / BAJO: Arrecife
RA_6152	ÁREA	ARRECIFE / BAJO: Bajo
RA_6380	ÁREA	FANGO
RA_6450	ÁREA	JALE
RA_6460	ÁREA	LECHO SECO
RA_6530	ÁREA	MALPAÍS
RA_6580	ÁREA	NIEVE PERPETUA
RA_6630	ÁREA	PANTANO
RA_6820	ÁREA	TERRENO SUJETO A INUNDACIÓN
RA_6850	ÁREA	VEGETACIÓN DENSA
RA_6881	ÁREA	ZONA ARENOSA: Arena
RA_6882	ÁREA	ZONA ARENOSA: Dunas

7.3.9 Áreas protegidas y sitios de interés histórico

22.- CLAVE_CARTA_NP (Puntos de interés histórico)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
NP_771	PUNTO	SITIO ARQUEOLÓGICO: Pinturas rupestres
NP_772	PUNTO	SITIO ARQUEOLÓGICO: Zona arqueológica
NP_781	PUNTO	SITIO HISTÓRICO O CULTURAL: Monumento u obelisco
NP_782	PUNTO	SITIO HISTÓRICO O CULTURAL: Pirámide
NP_783	PUNTO	SITIO HISTÓRICO O CULTURAL: Sitio histórico

23.- CLAVE_CARTA_NA (Áreas de conservación de la naturaleza y de interés histórico)

CAPA_DXF	TIPO	DESCRIPCIÓN
NA_6131	ÁREA	ÁREA NATURAL PROTEGIDA: Área de protección de flora y fauna
NA_6132	ÁREA	ÁREA NATURAL PROTEGIDA: Área de protección de recursos naturales
NA_6133	ÁREA	ÁREA NATURAL PROTEGIDA: Monumento nacional
NA_6134	ÁREA	ÁREA NATURAL PROTEGIDA: Parque marino nacional
NA_6135	ÁREA	ÁREA NATURAL PROTEGIDA: Parque nacional
NA_6136	ÁREA	ÁREA NATURAL PROTEGIDA: Reserva de la biósfera
NA_6137	ÁREA	ÁREA NATURAL PROTEGIDA: Zona sujeta a conservación ecológica
NA_6771	ÁREA	SITIO ARQUEOLÓGICO: Pintura rupestre
NA_6772	ÁREA	SITIO ARQUEOLÓGICO: Zona arqueológica
NA_6781	ÁREA	SITIO HISTÓRICO O CULTURAL: Monumento u obelisco
NA_6782	ÁREA	SITIO HISTÓRICO O CULTURAL: Pirámide
NA_6783	ÁREA	SITIO HISTÓRICO O CULTURAL: Sitio histórico

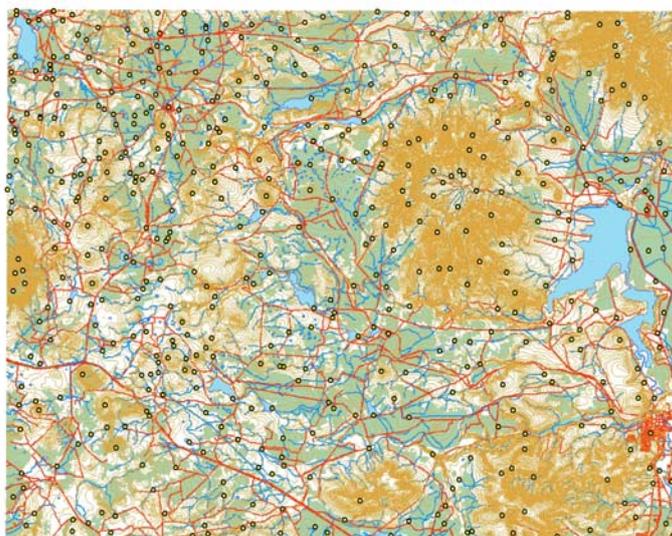


Figura 3. Ejemplo de información vectorial (carta f14c88)

7.4 Imagen digital de carta topográfica.

7.4.1 Descripción:

La imagen digital de la carta consiste en un archivo que tiene el mismo contenido que la carta topográfica escala 1:50 000 impresa, la imagen esta georreferenciada, y además del cuerpo del mapa, se incluye la leyenda marginal para facilitar su interpretación. La edición de la carta y esta imagen se prepararon mediante procesos digitales. Estos archivos de imagen están disponibles en formatos .tif y .gif, se agregan datos de georreferencia, con lo que esta imagen puede combinarse con otra información geográfica, como la información vectorial y toponímica con la utilizando herramientas adecuadas.

7.4.2. Características:

- ✓ Área de cubrimiento: 15' de latitud por 20' de longitud, de manera consistente para todo el territorio nacional.
- ✓ Datum de referencia y proyección cartográfica: UTM (Proyección Universal Transversa de Mercator), NAD27 (por sus siglas en inglés, North American Datum of 1927) o ITRF92 Epoca 1988.0 (por sus siglas en inglés, International Terrestrial Reference Frame of 1992).
- ✓ Contenido: Carta escaneada y georreferenciada.
- ✓ Estructura: Archivo de datos representable gráficamente como estructura raster.
- ✓ Resolución: 10 metros.
- ✓ Fecha de preparación de imagen: La fecha es en la que se efectuó el escaneo y preparación de la imagen, por ejemplo de la carta f14c88 fue noviembre del 2001
- ✓ Formato: Tipos de archivos digitales de la imagen son de dos tipos GIF y TIF,
- ✓ Información de georreferenciada: (archivo "world"): f14c88.gfw, f14c78.tfw
- ✓ Tamaño de archivo: La cantidad de información varía en función de la latitud y longitud geográfica del área representada, en promedio el tamaño por carta es de 15 MB (archivos GIF y TIFF).

7.4.3 Ejemplo de carta digital:

En la figura 4, se ilustra una carta escaneada de escala 1:50 000 en formato GIF.

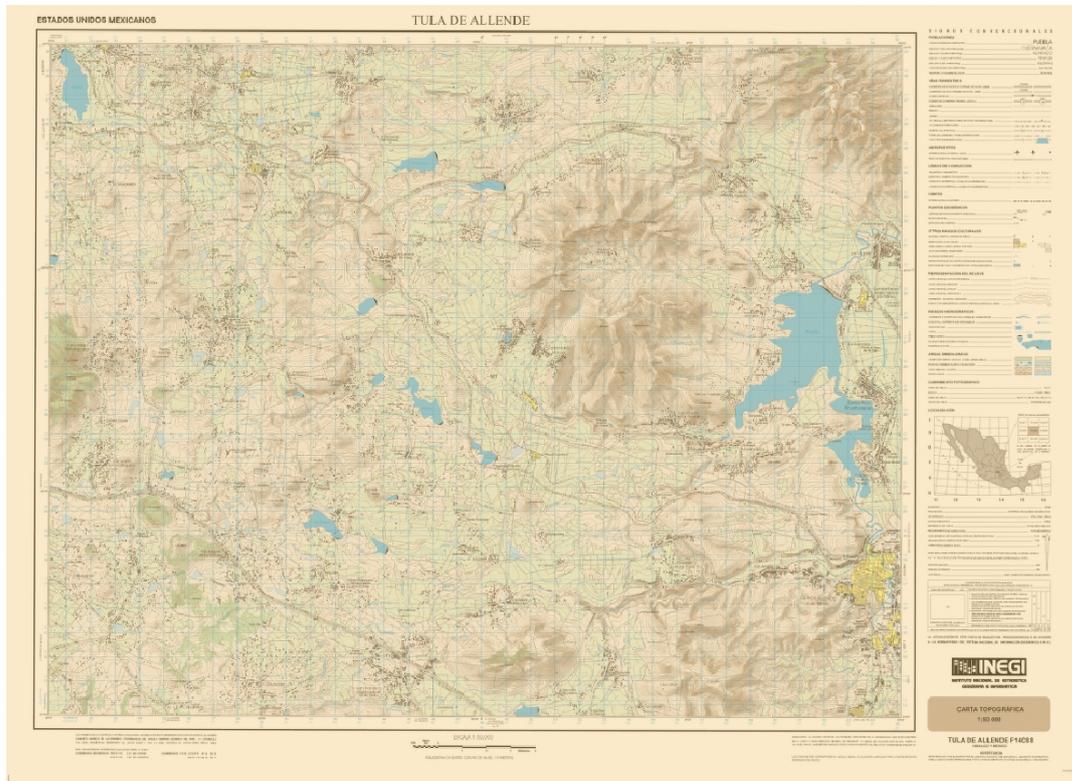


Figura 4. Ejemplo de carta escaneada (carta f14c88)

7.5 Ortofotos digitales.

7.5.1 Descripción:

Las Ortofotos combinan las características de la imagen de una fotografía aérea con las cualidades geométricas de un mapa. Son imágenes de las que se han eliminado las deformaciones causadas por la óptica de la cámara y por el desplazamiento aparente de los objetos del terreno en el momento de la toma fotográfica.

Las imágenes de sensores remotos, como las fotografías aéreas son de gran utilidad por mostrar en forma directa y clara los rasgos de la superficie terrestre, por lo que además de ser la fuente básica de la información cartográfica, pueden utilizarse directamente en diversas aplicaciones: uso del suelo, geoformas, vías de comunicación. Sin embargo, las fotografías aéreas no tienen de origen las características geométricas y de referenciación geográfica necesarias en los trabajos cartográficos. Por medio de diversos procesos, las imágenes son corregidas para cumplir con un conjunto de especificaciones sobre: Datum geodésico de referencia, proyección cartográfica, resolución, escala, exactitud, información espectral utilizada, entre otras. De la aplicación de estos procesos, se obtienen ortofotos digitales e imágenes de satélite corregidas geoméricamente y con geo-referencia.

Las Ortofotos son producidas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática y tienen una resolución espacial en el terreno de 1.5 y 2.0 metros por píxel dependiendo de la actualización de la carta. La cobertura de todo el país es aproximadamente de 14,000 Ortofotos.

7.5.2. Características:

- ✓ Área de cubrimiento: La dimensión de cada una es de 6 minutos 40 segundos de longitud por 7 minutos 30 segundos de latitud. Este formato está diseñado para que al ensamblar seis Ortofotos escala 1 a 20,000 con sus respectivas letras (A, B, C, D, E y F). Seis Ortofotos cubren el área de una hoja escala 1 a 50,000. La clave de la Ortofoto se forma con la nomenclatura de la hoja escala 1 a 50,000 en la que está incluida y una letra de la A a la F.
- ✓ Datum de referencia y proyección cartográfica: Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM). Datum NAD27 o ITRF92. Con dimensiones de la Ortofoto, proyección, datum, La escala de las ortofotos deberán sujetarse a las del Sistema Cartográfico del INEGI.
- ✓ Escala de vuelo: Las ortofotos digitales fueron obtenidas de fotografía aérea con vuelos a escala 1:75 000.
- ✓ Formatos: El formato nativo de las ortofotos es del tipo binario crudo, con extensión .bil. en este proyecto serán los correspondientes al Sistema Cartográfico del INEGI. Además contiene archivos de texto con metadatos, con extensión .txt georreferencia y fecha de toma de la foto, archivos "World", como son .hdr, .blw,
- ✓ Adecuación y/o actualizaciones: La información contenida en estas ortofotos esta sujetas a cambios por motivos de adecuación y/o actualizaciones.
- ✓ Espacio aproximado: El espacio aproximado por ortofoto es de 40 MB y el mosaico completo con las 6 ortofotos con balanceo de tonalidades o colores en formato IMG de ERDAS, ocupa un espacio aproximado de 270 MB cubriendo una carta topográfica, esto va a depender de la zona geográfica a cubrir, ver figura 5.

7.5.3 Ejemplo de ortofoto digital:



Figura 5. Ejemplo de una Ortofoto de un total de 6 que cubren cada carta escala 1:50 000 (carta f14c88)

7.6. Modelo Digital de Elevación.

7.6.1 Descripción:

Un modelo en sentido genérico es una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades. Es decir, la versión de la realidad que se realiza a través de un modelo pretende reproducir solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que queda representado por otro objeto o sistema de menor complejidad.

En la cartografía convencional la descripción de las elevaciones a través del mapa topográfico constituye la infraestructura básica del resto de los mapas. El papel equivalente en los MDT lo desempeña el modelo digital de elevaciones o MDE. Un modelo digital de elevaciones es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno.

La unidad básica de información en un MDE es un punto acotado, definido como una terna compuesta por un valor de altitud, z , al que acompañan los valores correspondientes de x e y . Las variantes aparecen cuando estos datos elementales se organizan en estructuras que representan las relaciones espaciales y topológicas. Mientras que los mapas impresos usan casi exclusivamente una única convención — las curvas de nivel— para la representación de la superficie del terreno, en los MDE se han utilizado alternativas algo más variadas, puntos acotados, líneas o polígonos. Los puntos se definen mediante un par de valores de coordenadas con un atributo de altitud, las líneas mediante un vector de puntos — de altitud única o no— y los polígonos mediante una agrupación de líneas.

7.6.2. Características:

- ✓ Resumen: Los Modelos Digitales de Elevación se refieren a un conjunto de datos que representan la superficie del terreno a través de una matriz regular de píxeles con valor de altura "z" y coordenadas "x, y" conocidas. La "z" es obtenida a partir de las de curvas de nivel vectorizadas de la carta topográfica escala 1:50 000.
- ✓ Área de cubrimiento: 15' de latitud por 20' de longitud, de manera consistente para todo el territorio nacional.
- ✓ Datum de referencia y proyección cartográfica: UTM (Proyección Universal Transversa de Mercator), NAD27 (por sus siglas en inglés, North American Datum of 1927) o ITRF92 Epoca 1988.0 (por sus siglas en inglés, International Terrestrial Reference Frame of 1992),
- ✓ Contenido: Datos de altura, georreferenciados y espaciados a intervalo constante.
- ✓ Estructura: Archivo de datos representable gráficamente como estructura tipo raster.
- ✓ Resolución: La resolución en "x, y" de la red regular de puntos de altura es de 20 metros de pixel, ajustada a valores cerrados en metros, en coordenadas UTM.
- ✓ Formato: Los Modelos Digitales de Elevación que se procesaron dentro del SIGA son de tipo raster, en formato GRID de ArcINFO.
- ✓ Tamaño de archivo: El tamaño de información varía en función de la latitud y longitud geográfica del área representada, la distancia de cotas es de (20 metros) un cálculo estimado por tamaño de archivo es de 3 MB en formato GRID (sin procesar) y el archivo sombreado en grises en formato GRID es de aproximadamente 700 Kb por archivo (carta).

7.6.3 Ejemplo de Modelo Digital de Elevación:

En la figura 6 se ilustra un MDE en formato “crudo”⁸, es decir sin un proceso determinado, posteriormente en la figura 7 se muestra el mismo MDE con un proceso denominado “Hillshade”, es decir un sombreado que va de de 0 a 256 rangos de grises.

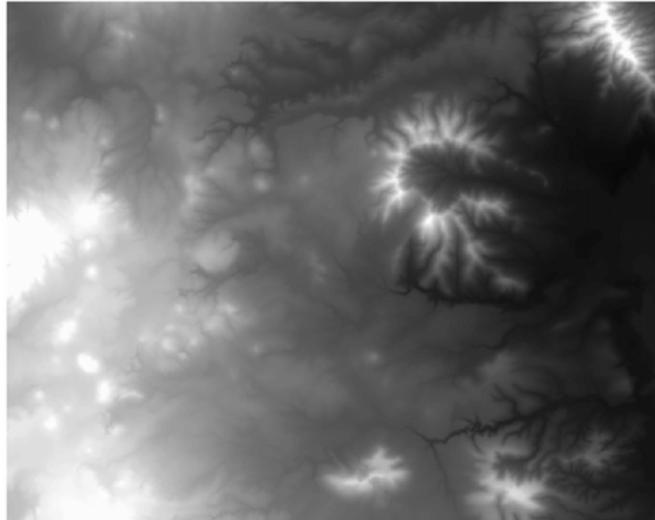


Figura 6. Ejemplo de MDE sin procesar (carta f14c88)

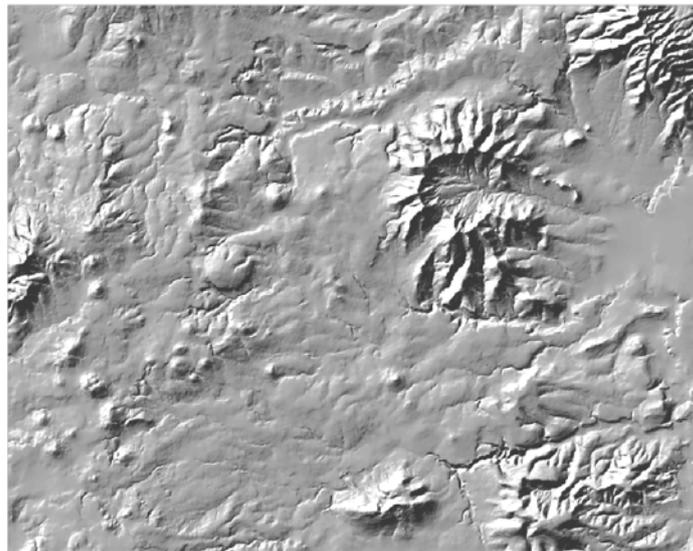


Figura 7. Ejemplo de MDE sombreado en grises (carta f14c88)

⁸ Esta descripción se refiere a que el MDE no ha sufrido proceso alguno, es un modelo natural

8. METODOLOGÍA

La elaboración del informe pretende desarrollar en forma sistemática las diferentes etapas que se están llevando a cabo la integración de información vectorial (incluyen todas las capas de la carta topográfica) y la información en formato *raster*, como los modelos digitales de elevación, las cartas digitalizadas, y ortofotos digitales. El objetivo es lograr publicar un producto integrado que incluyan todos los temas relacionados con la escala 1:50 000 en el cual los usuarios puedan disponer de diferentes capas de información para su consulta y análisis; el proyecto pretende integrar un total de **2037** cartas topográficas, generar **2037** modelos digitales de elevación, **1474** cartas digitales y más de **13,770** ortofotos, esta información es la que se tiene actualmente disponible en el SIGA.

Para contar con el cubrimiento nacional a esta escala, se están estableciendo intercambios de información con el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI para la adquisición de la información faltante, el universo total de cartas es de 2357, cabe mencionar que las claves de las cartas del módulo de consulta son las mismas establecidas por el Instituto.

Debido al gran número de cartas a integrar y publicar, se decidió que la información geográfica se consolidara grado por grado, es decir unir la información vectorial y *raster* en un conjunto de 12 cartas topográficas solo en un archivo que en adelante llamaremos cuadrante, como se puede apreciar en la tabla 1.

Información	Proceso
Datos vectoriales	Unir 12 cartas (conjunto de datos)
Modelos digitales de elevación	Unir 12 MDE
Modelos digitales de elevación sombreados en escala de grises	Unir 12 MDE sombreados
Ortofotos digitales	Unir 72 Ortofotos digitales en un archivo
Cartas escaneadas	Estos datos no se unirán, sin embargo se pretende que las 12 cartas que componen este cuadrante grado por grado estén disponibles para su consulta individual dentro de la página WEB.

Tabla 1 Integración de información geográfica en el proyecto

Una característica que se consideró para estructurar grado por grado los datos geográficos de escala 1:50 000, es lo relacionado con el datum, las cartas fueron trabajadas originalmente por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI en 2 datums distintos, **205** cartas con el NAD27 (por sus siglas en inglés, *North American Datum of 1927*) y **2152** cartas en ITRF92 Época 1988.0 (por sus siglas en inglés, *International Terrestrial Reference Frame of 1992*) de un universo total de cartas de **2357**, esto sin duda influye significativamente al momento de aplicar la herramienta de *“merge”* para unir en un solo archivo *shape file* la información, aun logrando que los datums entre archivos sean los mismos, existen problemas de continuidad entre los elementos geográficos entre las cartas unidas, esto se debe a los diferentes fechas de creación de los datos y por que el INEGI decide tomar el datum ITRF92 por normatividad para la información geográfica que genera.

Por otro lado dentro de los Sistemas de Información Geográfica los geoprocursos⁹, específicamente el denominado *“Merge”* permite unir datos vectoriales del mismo tipo, es decir líneas con líneas, polígonos con polígonos y puntos con puntos, se necesita que las tablas de atributos sean idénticas dentro de los archivos para lograr unir los datos en forma exacta.

⁹ Los Geoprocursos son tareas que se realizan dentro de los Sistemas de Información Geográfica para transformar alguna de las características originales de los datos geográficos.

En la figura 8 se puede apreciar que las cartas con datum Nad27 (realce de cuadros) caen dentro de la malla en un grado específico, esto apoya la idea de consolidar todo el trabajo unido en una malla de cuadrantes de grado por grado de arco.

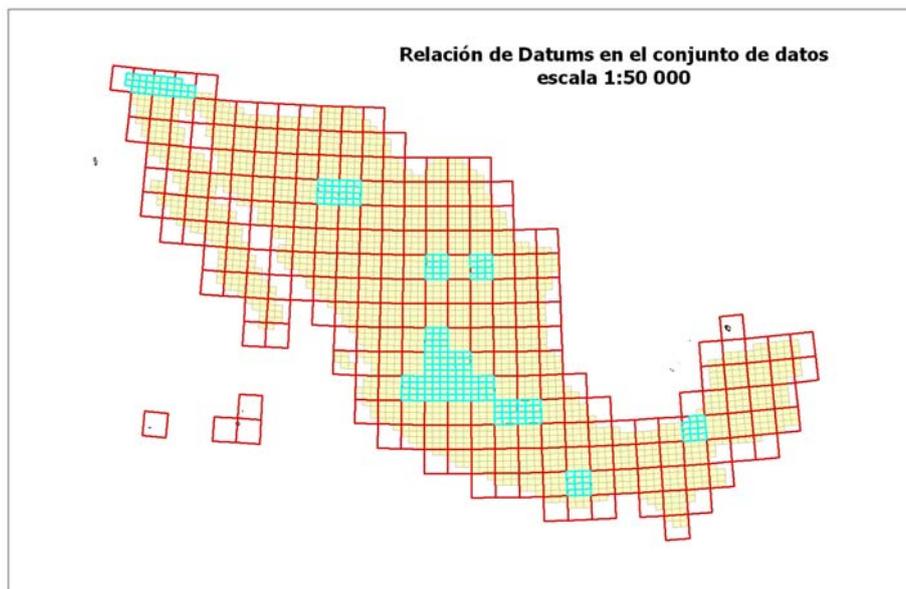


Figura 8. Comparación de datums

Otro aspecto que determinó trabajar los datos grado por grado, es lo relacionado con la construcción de los proyectos en ArcView integradores de los datos, y su posterior publicación en la Intranet, con esta forma de trabajo solo se construirán **257** páginas WEB y no las **2357** páginas que se tendrían que haber realizado en caso de realizar el proyecto carta por carta para cubrir el territorio nacional, es decir se redujo en un 90 % aproximadamente la creación de proyectos en Arcview y las creación de páginas WEB entre cartas y la información unida grado por grado en dicho proyecto.

Para integrar la información tipo vectorial y raster disponible dentro del Sistema de Información Geográfica, es necesario conocer y entender las características geográficas de los archivos en cuestión (sistema de coordenadas, datums) y formatos digitales de origen y de salida.

Debido a lo anterior se planteó la necesidad de procesar la información por etapas, es decir procesar un tipo de información a la vez, para finalmente consolidar toda la información dentro de un proyecto de ArcView (*mx*d) y su posterior publicación con ayuda del software ArcIMS.

En la tabla 2 se muestran cada uno de los temas incluidos en el módulo de consulta de mapas, así como el número total de archivos a integrar y procesar; este trabajo está programado para finalizarlo en el mediano plazo debido al gran número de archivos a trabajar, en algunos casos se podrán utilizar programas de cómputo específicos para su transformación, en otros serán procesados individualmente debido a las características particulares de la información.

Archivos a procesar en el proyecto				
Información	Escala	Universo de cartas	Número de archivos por carta	Total de archivos a procesar
Modelos Digitales de Elevación *	1:50 000	2037	1	2,037
MDE Sombreado en grises *	1:50 000	2037	1	2,037
Vectorial **	1:50 000	2037	24	48,888
Carta escaneada ***	1:50 000	1474	1	1,474
Ortofoto digital ****	1:20 000	2037	6	13,770
			Archivos por procesar	68,206

* Formato GRID

*** Formato original GIF

** Formato original cobertura de ArcINFO

**** Formato original .bil

Tabla. 2 Universo de trabajo¹⁰

8.1 Tratamiento para el volumen de los datos

Para la integración de datos tipo raster y vectorial en sus diversos formatos, fue necesario considerar aspectos de manejo y almacenamiento, para ello en este proyecto se realizó una estimación del espacio requerido para almacenar toda la información del proyecto; para esto se creó un cuadro de necesidades de espacio para cada uno de los temas considerados en el proyecto, ver tabla 3.

Tabla de estimación de espacio para el proyecto de mapas 1:50 000						
Datos	Escala	Universo de cartas	Espacio aproximado por unidad en MB	Espacio total aproximado en MB	Espacio en formato SID MB	Espacio aproximado en MB
Modelos Digitales de Elevación *	1:50 000	2357	3	7071	0.4	2828.4
MDE Sombreado en grises *	1:50 000	2357	1	2357	0.4	942.8
Vectorial **	1:50 000	2357	20	47140	No aplica	47140
Formato shape	1:50 000	2357	20	47140	No aplica	47140
Carta escaneada ***	1:50 000	2357	15	34425	3.5	25355
Ortofoto digital ****	1:20 000	2357	240	550,800	147	346479
Espacio requerido en GB				625		412

* Formato original GRID

*** Formato original GIF

** Formato original

cobertura de ArcINFO

**** Formato original .bil

Tabla 3. Requerimiento de espacio¹¹

¹⁰ Información disponible en el SIGA en abril de 2006, el cálculo se realizó por carta y es un aproximado

¹¹ En la tabla 3 están consideradas las 2357 cartas, debido a que el alcance del proyecto es integrar la totalidad de cartas de escala 1:50 000 y la totalidad de ortofotos digitales que cubren la República Mexicana.

8.2 COMPACTACIÓN DE ARCHIVOS RASTER

Uno de los principales problemas a resolver en el proyecto, fue el aspecto del espacio físico para almacenamiento de los datos (véase tabla 3); el pretender integrar esta información digital en sus formatos originales requeriría tener disponible espacio en disco duro de aproximadamente de 600 GB, por lo que, una solución para disminuir espacio en disco duro fue compactar o comprimir los archivos raster que se utilizan en el módulo: modelos digitales de elevación, carta escaneada y ortofotos digitales que son los archivos de mayor tamaño. Para ello se optó por utilizar una extensión del software ERDAS Image llamada MRSID Encoder la cual esta disponible dentro del SIGA. Esta herramienta tiene la ventaja de reducir el espacio de las imágenes raster a un porcentaje que es determinado por el usuario sin sacrificar su calidad al momento de visualizarlos; esto ahorró espacio en disco duro, requerido para la integración de datos del proyecto; con esta medida, la totalidad de espacio requerido pasó de 625 GB a 412 GB disminuyendo un 34 % de espacio en disco.

Con la compresión de archivos se resolvió otro problema relacionado con los archivos raster: la consulta y despliegue de esta información dentro de la página de CONAGUA; el despliegue de información raster en equipos de cómputo convencionales representa un problema, sin embargo al realizarse pruebas de despliegue con datos compactados se obtuvieron excelentes resultados en el tiempo de despliegue y visualización.

Otro aspecto relevante es la compatibilidad de los archivo *SID* con los programas de cómputo utilizados en el SIGA, este tipo de archivos producto de los programas de las empresa *ESRI* y *ERDAS* siempre han sido compatibles, por tanto el cambio de formato de los archivos raster no afectó al desarrollo del proyecto.

8.3 Integración de información tipo vectorial de la carta topográfica

En el diseño y concepción de este proyecto, los aspectos geográficos toman un valor relevante, debido a que el objetivo central de éste es la publicación y difusión de la información vectorial y raster de las cartas de escala 1:50 000. La información esta georreferenciada en todos sus temas (mapas digitales, MDE, Ortofotos, capas, etc.), es decir esta ubicada dentro de un plano de coordenadas X Y, con proyección en UTM y referenciado a un datum, debido esta característica debemos conocer algunos aspectos cartográficos elementales sobre la ubicación de la República Mexicana ya que todos los elementos de apoyo a este proyecto deberán cumplir con estas normas cartográficas. Para comprender mejor estos conceptos nos apoyaremos en gráficos.

8.3.1 Diseño y construcción del índice de cartas.

El SIGA esta trabajando con información de escala 1:50 000 desde el año 1996, en este año no se disponía de un índice de cartas en formato digital (*shape file*) a esta escala, por ello se tuvo la necesidad de construir un índice con ayuda del *software ArcINFO workstation*, en esta época solo se podía trabajar con índices de mapas en papel o listas interminables de cartas, lo cual dificultaba su manejo y consulta.

Este índice se construyó en su totalidad dentro del SIGA, es decir desde la creación de la red hasta el llenado de la tabla de atributos con las claves de las cartas, mismas que se utilizan para llevar un control estricto del avance del proyecto. Este mapa ha sido un insumo importante debido a que ha permitido resolver diferentes problemas en el proyecto, como:

- a) Establecer la disponibilidad de cartas en el SIGA.
- b) El índice esta georreferenciado por lo que contiene la ubicación geográfica precisa de cada carta.

- c) Tener una tabla de atributos asociada al mapa, el cual contiene campos con características específicas de las cartas para llevar control sobre el avance del proyecto.
- d) Este índice es el insumo básico dentro del módulo de consulta de Intranet, sirve para ubicar al usuario dentro de la República Mexicana y así consultar la información de acuerdo a la carta deseada.

Para el diseño y construcción del índice se consideraron aspectos geográficos que el INEGI tiene especificado y normado para la generación de sus productos cartográficos digitales (tabla 4). Dentro de las especificaciones en esta tabla se especifica el número de hojas totales para cada escala, así como los tamaños en coordenadas geográficas, grados, minutos y segundos para cada producto, lo cual va a determinar el número de cartas para cubrir la República Mexicana.

ESCALA	NÚM. DE HOJAS	TAMAÑO	LONGITUD EN DECIMAS DE GRADO	LATITUD EN DÉCIMAS DE GRADO
1:250 000	122	2° x 1°	2.0000	1.0000
1:50 000	2257	15´ x 20´	0.3333	0.2500
1:20 000	13770	7´ 30´´ x 6´ 40´´	0.1111	0.1250
1:10 000	55080	3´ 45´´ x 3´ 20´´	0.0625	0.0556

Tabla 4 Información sobre el Sistema Cartográfico Nacional del INEGI

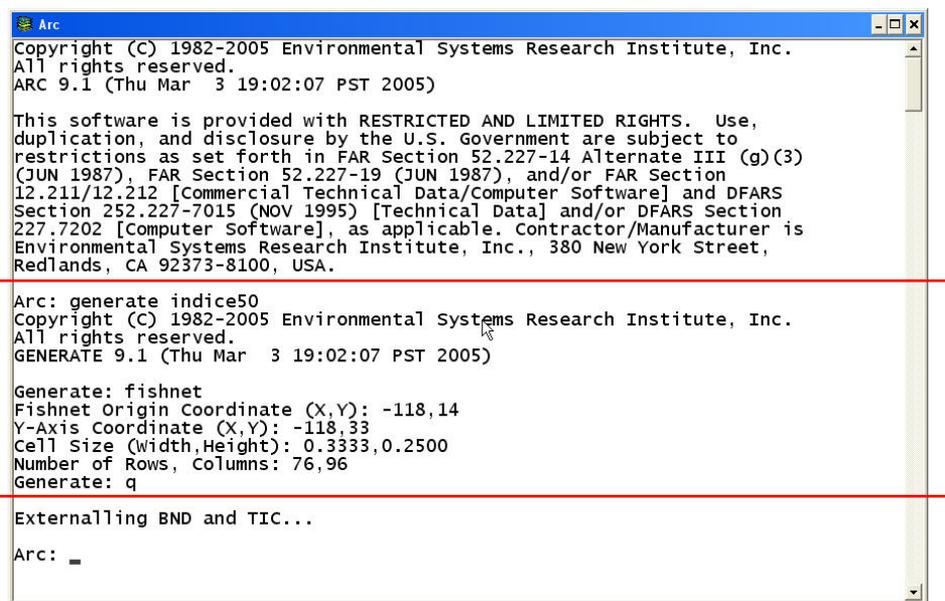
Para la generación de este índice fue necesario ubicar geográficamente al país, para ello se necesita analizar el mapa 1, el cual ilustra las coordenadas geográficas extremas que se utilizaron para la construcción del índice, estas coordenadas fueron escogidas, debido a que dentro de ellas se puede ubicar la totalidad de la República Mexicana.

El software *ArcINFO Workstation*, cuenta con el comando denominado "Generate" "Fishnet" el cual sirve para crear una red, este se utilizó para representar el índice de cartas de escala 1:50 000.



Mapa 1. Coordenadas extremas de México

En la figura 9, se ejemplifica una sesión en ArcINFO workstation, en ella se muestran todos los pasos para la creación de un red que sirve para la generación del índice, posteriormente se describen paso a paso y detalladamente cada una de las variables necesarias para este fin.



```
Arc
Copyright (C) 1982-2005 Environmental Systems Research Institute, Inc.
All rights reserved.
ARC 9.1 (Thu Mar 3 19:02:07 PST 2005)

This software is provided with RESTRICTED AND LIMITED RIGHTS. Use,
duplication, and disclosure by the U.S. Government are subject to
restrictions as set forth in FAR Section 52.227-14 Alternate III (g)(3)
(JUN 1987), FAR Section 52.227-19 (JUN 1987), and/or FAR Section
12.211/12.212 [Commercial Technical Data/Computer Software] and DFARS
Section 252.227-7015 (NOV 1995) [Technical Data] and/or DFARS Section
227.7202 [Computer Software], as applicable. Contractor/Manufacturer is
Environmental Systems Research Institute, Inc., 380 New York Street,
Redlands, CA 92373-8100, USA.

Arc: generate indice50
Copyright (C) 1982-2005 Environmental Systems Research Institute, Inc.
All rights reserved.
GENERATE 9.1 (Thu Mar 3 19:02:07 PST 2005)

Generate: fishnet
Fishnet Origin Coordinate (X,Y): -118,14
Y-Axis Coordinate (X,Y): -118,33
Cell Size (Width,Height): 0.3333,0.2500
Number of Rows, Columns: 76,96
Generate: q

Externalling BND and TIC...

Arc: _
```

Figura 9 Creación del índice escala 50 000

Una vez definida el área total que cubrirá geográficamente la República Mexicana, se procede a seguir los siguientes pasos que llevarán a crear dicho índice.

Paso 1: Abrir una sesión de ArcINFO Workstation, en esta sesión se deberá escribir el comando “GENERATE” el cual permite crear nuevos elementos geográficos, cabe aclarar que se van ir describiendo los comandos en ArcINFO, el nombre de la cobertura a generar es Indice50

Arc: generate indice50

Copyright (C) 1982-2005 Environmental Systems Research Institute, Inc.

All rights reserved.

GENERATE 9.1 (Thu Mar 3 19:02:07 PST 2005)

Paso 2: Una vez creada la cobertura, se escribir el comando “FISHNET” con el cual por medio de unos paso que a continuación se van a explicar se crea la red.

Generate: fishnet

Paso 3: Se define el cruce de coordenadas en donde se va a comenzar a crear la red en grados, para el caso de la República Mexicana la longitud extrema izquierda es 118° W y la latitud extrema inferior es de 14° N, (ver mapa 5).

Fishnet Origin Coordinate (X, Y): -118, 14

Paso 4: Se escoge la coordenada en el eje de las Y para determinar el límite de la red a crear, (ver mapa 1).

Y-Axis Coordinate (X, Y): -118, 33

Paso 5: Se escogen las medidas de los cuadros que van a integrar la red, en este caso de la escala 1:50 000 esta especificado por el INEGI (ver tabla 4), esto se realiza por medio de las coordenadas por crear, este cálculo se debe realizar por medio de las coordenadas geográficas y transformadas a décimas de grado, para ello se apoyará en la siguiente formula: Grados+minutos/60+segundos/3600.

Longitud 20´
 Despejando, $0+20/60+0/3600= 0.3333$
 Latitud 15´
 Despejando, $0+15/60+0/3600=0.2500$

Cell Size (Width,Height): 0.3333,0.2500

Paso 6: Este paso sirve para escoger el número de renglones y columnas de la índice a crear, para ello explicaremos que la latitud de la coordenada extrema superior de la República Mexicana es 33°, la latitud de la coordenada extrema inferior es de 14°; para el caso de la longitud, la coordenada extrema izquierda es de 118° y la coordenada extrema derecha es de 86°, ver mapa 1

Por otro lado se debe tener claro que una celda de 1° x 1° para el eje de las X (longitud) caben 3 cartas o el resultado de la división de 60° entre 20°, en el caso del eje de las Y (latitud) caben 4 cartas a 50 000 o el resultado de la división de 60° entre 15, ver figura 10.

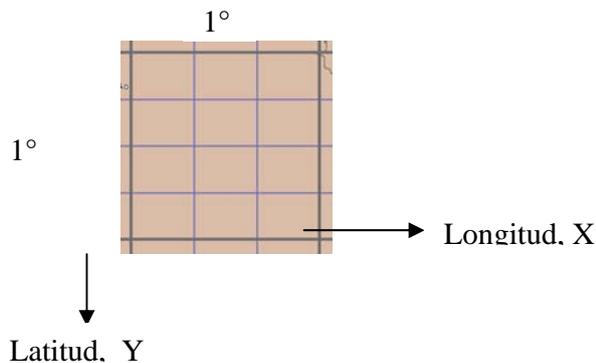


Figura 10 Cubrimiento de cartas a 50 000 en una celda grado x grado

Para calcular la latitud se apoyará en la siguiente fórmula:

$$X = \text{Lat1} - \text{Lat2}$$

$$\text{Nr} = X * 4$$

X = Es el número de grados en latitud que se necesitan para cubrir la República Mexicana

Lat1= Latitud extrema superior de la República Mexicana

Lat2= Latitud extrema inferior de la República Mexicana

Nr= Número de renglones de 15´ necesarios para cubrir la República Mexicana.

Despejando:

$$X = 33 - 14$$

$$\text{Nr} = 19 * 4$$

$$76 = \text{Rows} = \text{Latitud}$$

Para calcular la longitud se apoyará en la siguiente fórmula:

$$X = \text{Long1} - \text{Long2}$$

$$\text{Nr} = X * 3$$

X = Es el número de grados en latitud que se necesitan para cubrir la República Mexicana

Long1= Longitud extrema izquierda de la República Mexicana

Long2= Longitud extrema derecha de la República Mexicana

Nr= Número de columnas de 20´ necesarios para cubrir la República Mexicana.

Despejando:
X= 118 – 86
Nr = 32 x 3
96 = Columns = Longitud

Number of Rows, Columns: 76,96

Paso 7: Para finalizar se escribe el comando quit para cerrar la sesión del “GENERATE”

Generate: q

Externalling BND and TIC...

Arc:

Paso 8: Una vez creada el índice el siguiente paso es crear el archivo de georreferencia, existen varias formas de crear este archivo, para este ejemplo se utilizará ArcINFO Workstation ver 9.1; se procede a escribir el comando “LC” para listar las coberturas de la carpeta de trabajo.

Arc: lc

Workspace: C:\WORKSPACE

Available Coverages

INDICE50

Paso 9: Procedemos a definir la proyección geográfica del archivo generado, escribiendo el comando “PROJECTDEFINE COVER” con la cobertura INDICE50 dentro de la sesión de ArcINFO, posteriormente vamos dando la información que nos vaya solicitando.

Arc: projectdefine cover INDICE50

Define Projection

Project: projection geographic

Project: units dd

Project: datum nad83

Project: parameters

Paso 11: En este paso se termina el proceso de generación del índice; dentro de la sesión de ArcINFO escribimos el comando “DESCRIBE” junto con la cobertura creada *INDICE50*, este comando nos permite conocer si la cobertura tiene definida la georreferencia.

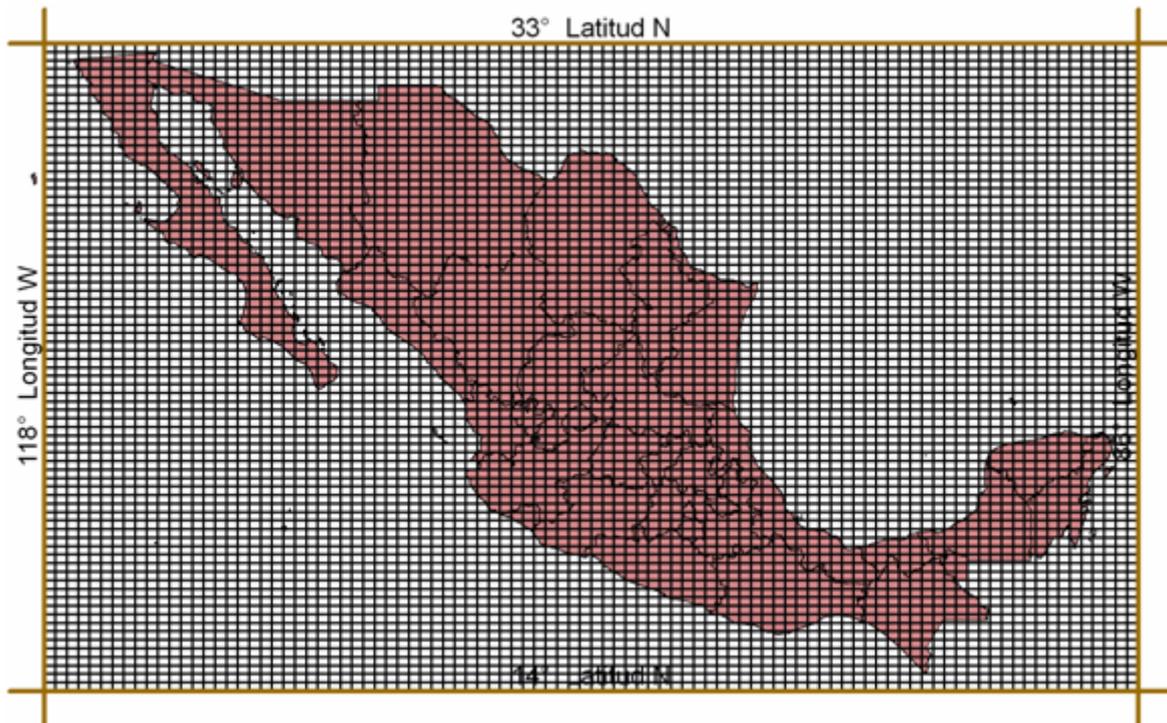
Arc: describe INDICE50

COORDINATE SYSTEM DESCRIPTION

Projection	GEOGRAPHIC		
Datum	NAD83		
Units	DD	Spheroid	GRS1980
Parameters:			

Arc:

El mapa 2 muestra el resultado final del proceso "Fishnet":



Mapa 2. Índice 50 000 generado

Posteriormente se seleccionan cada una de las celdas (cartas) que se necesitan para el cubrimiento del país, las celdas sobrantes se borran, ver mapa 3, posteriormente se llena la tabla de atributos adyacente al mapa, fue importante etiquetar a cada celda con la clave de la carta correspondiente, este es considerado campo llave, esto ha permitido ligar este mapa con otras tablas externas en donde se describan otras características de estas cartas como son: zona UTM, nombre de la carta, datum, etc. Esto ha evitado el llenado a mano de la tabla de atributos anexa al mapa, estas tablas externas deben de estar en formato txt o dbf



Mapa 3. Índice 50 000 adecuado a la República Mexicana

El mapa 4 muestra el índice una vez llenado la tabla de atributos anexa al mapa con las claves de cada una de las claves de las cartas del INEGI, que servirán como campos llave para hacer las ligas con tablas externas.



Mapa 4 Llenado de celdas

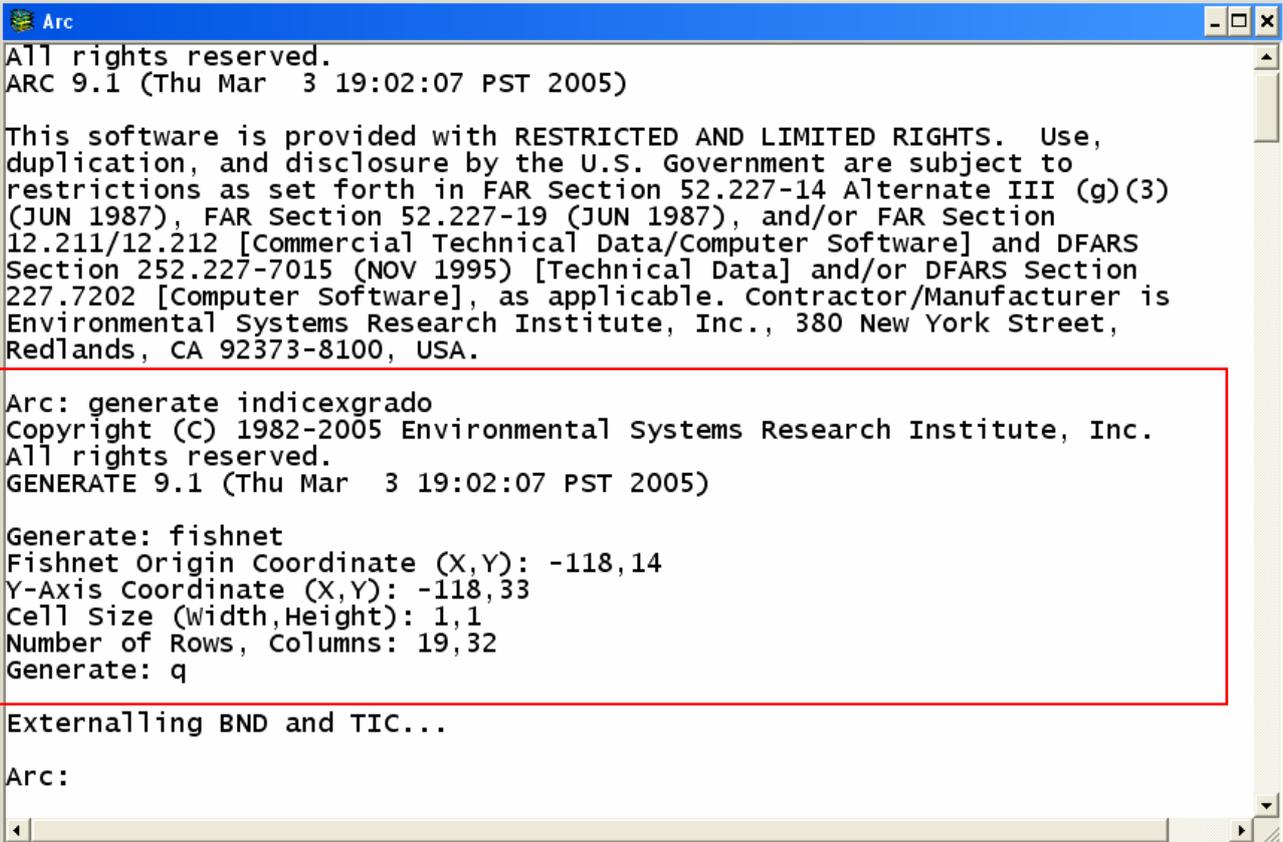
8.3.2 Diseño y construcción del índice de cartas por grado.

Una vez que se integra el índice de carta de cartas 1:50 000 en formato shape file, se diseñó y construyó el índice de cuadrantes grado por grado con el cual se lleva un control preciso del proyecto, este se creó nuevamente con el software ArcINFO Workstation. El proceso de creación es idéntico al que se utilizó para crear el índice 50 000, los pasos son los mismos, solo se tendrá que cambiar lo referente a la latitud y longitud en décimas de grado, ver tabla 5.

NÚM. DE HOJAS	TAMAÑO	LONGITUD EN DECIMAS DE GRADO	LATITUD EN DÉCIMAS DE GRADO
257	1° x 1°	1	1

Tabla 5 Relación entre grados y décimas de grado

En la figura 11 se ejemplifica una sesión en ArcINFO Workstation, en ella se muestran todos los pasos para la creación de un red que sirve para la generación del índice grado por grado, posteriormente se describen paso a paso y detalladamente cada una de las variables necesarias para este fin.



```
Arc
All rights reserved.
ARC 9.1 (Thu Mar 3 19:02:07 PST 2005)

This software is provided with RESTRICTED AND LIMITED RIGHTS. Use,
duplication, and disclosure by the U.S. Government are subject to
restrictions as set forth in FAR Section 52.227-14 Alternate III (g)(3)
(JUN 1987), FAR Section 52.227-19 (JUN 1987), and/or FAR Section
12.211/12.212 [Commercial Technical Data/Computer Software] and DFARS
Section 252.227-7015 (NOV 1995) [Technical Data] and/or DFARS Section
227.7202 [Computer Software], as applicable. Contractor/Manufacturer is
Environmental Systems Research Institute, Inc., 380 New York Street,
Redlands, CA 92373-8100, USA.

Arc: generate indicexgrado
Copyright (C) 1982-2005 Environmental Systems Research Institute, Inc.
All rights reserved.
GENERATE 9.1 (Thu Mar 3 19:02:07 PST 2005)

Generate: fishnet
Fishnet Origin Coordinate (X,Y): -118,14
Y-Axis Coordinate (X,Y): -118,33
Cell Size (Width,Height): 1,1
Number of Rows, Columns: 19,32
Generate: q

Externalling BND and TIC...

Arc:
```

Figura 11 Creación del índice cuadrantes grado por grado

Paso 1: Abrir una sesión de ArcINFO Workstation, en esta sesión se debe escribir el comando "GENERATE" seguido del nombre del archivo INDICEXGRADO el cual permite crear nuevos elementos geográficos.

Arc: generate INDICEXGRADO

Copyright (C) 1982-2005 Environmental Systems Research Institute, Inc.

All rights reserved.

GENERATE 9.1 (Thu Oct 12 19:02:07 PST 2005)

Paso 2: Una vez creada la cobertura, se escribir el comando "FISHNET" el cual permite crear una red con las medidas antes mencionada.

Generate: fishnet

Paso 3: Se define el cruce de coordenadas en donde se va a comenzar a crear la red en grados, para el caso de la República Mexicana la longitud extrema izquierda es 118° W y la latitud extrema inferior es de 14° N, (ver mapa 3).

Fishnet Origin Coordinate (X, Y): -118, 14

Paso 4: Se escoge la coordenada en el eje de las Y para determinar el límite de la red a crear.

Y-Axis Coordinate (X, Y): -118, 33

Paso 5: Se escogen las medidas de los cuadros que van a integrar la red, en este caso de la escala 1:50 000 esta especificado por el INEGI (ver tabla 5), esto se realiza por medio de las coordenadas por crear, este cálculo se debe realizar con las coordenadas geográficas y transformadas a décimas de grado, para ello se apoyará en la siguiente formula: Grados+minutos/60+segundos/3600.

Longitud 1°

Despejando, $1+0/60+0/3600= 1^\circ$

Latitud 1°

Despejando, $1+0/60+0/3600=1^\circ$

Cell Size (Width,Height): 1,1

Paso 6: Este paso permite escoger el número de renglones y columnas de la índice a crear, para ello la latitud de la coordenada extrema superior de la República Mexicana es 33°, la latitud de la coordenada extrema inferior es de 14°; para el caso de la longitud, la coordenada extrema izquierda es de 118° y la coordenada extrema derecha es de 86°, ver figura 12.

Por otro lado, se debe tener claro que una celda de 1° x 1° para el eje de las X (longitud) caben 3 cartas, en el caso del eje de las Y (latitud) caben 4 cartas a 50 000, como en el proceso anterior.

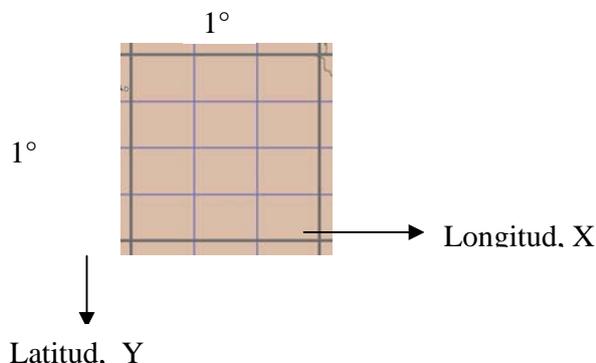


Figura 12 Cubrimiento de cartas a 50 000 en una celda grado x grado

Para calcular la latitud se apoyará en la siguiente fórmula:

$$X = \text{Lat1} - \text{Lat2}$$

$$\text{Nr} = X$$

X = Es el número de grados en latitud que se necesitan para cubrir la República Mexicana

Lat1= Latitud extrema superior de la República Mexicana

Lat2= Latitud extrema inferior de la República Mexicana

Nr= Número de renglones de 1° necesarios para cubrir la República Mexicana.

Despejando:

$$X = 33 - 14$$

$$\text{Nr} = 19$$

$$19 = \text{Rows} = \text{Latitud}$$

Para calcular la longitud se apoyará en la siguiente fórmula:

$$X = \text{Long1} - \text{Long2}$$

$$\text{Nr} = X$$

X = Es el número de grados en latitud que se necesitan para cubrir la República Mexicana

Long1= Longitud extrema izquierda de la República Mexicana

Long2= Longitud extrema derecha de la República Mexicana

Nr= Número de columnas de 1° necesarios para cubrir la República Mexicana.

Despejando:

$$X = 118 - 86$$

$$\text{Nr} = 32$$

$$32 = \text{Columns} = \text{Longitud}$$

Number of Rows, Columns: 19,32

Paso 7: Para finalizar se escribe el comando quit para cerrar la sesión del "GENERATE"

Generate: q

Externalling BND and TIC...

Arc:

Paso 8: Una vez creada el índice grado por grado el siguiente paso es crear el archivo de georreferencia, existen diversas formas de crear este archivo, en este ejemplo se utilizará *ArcINFO Workstation* ver 9.1; se procede a escribir el comando "LC" para listar las coberturas de la carpeta de trabajo.

Arc: lc

Workspace: C:\WORKSPACE

Available Coverages

INDICEXGRADO

Paso 9: Procedemos a definir la proyección geográfica del archivo generado, escribiendo el comando "PROJECTDEFINE COVER" con la cobertura INDICEXGRADO dentro de la sesión de ArcINFO, posteriormente vamos dando la información que nos vaya solicitando.

Arc: projectdefine cover INDICEXGRADO

Define Projection

Project: projection geographic

Project: units dd

Project: datum nad83

Project: parameters

Paso 11: En este paso se termina el proceso de generación del índice; dentro de la sesión de ArcINFO escribimos el comando "DESCRIBE" junto con la cobertura creada *INDICEXGRADO*, este comando nos permite conocer si la cobertura tiene definida la georreferencia respectiva.

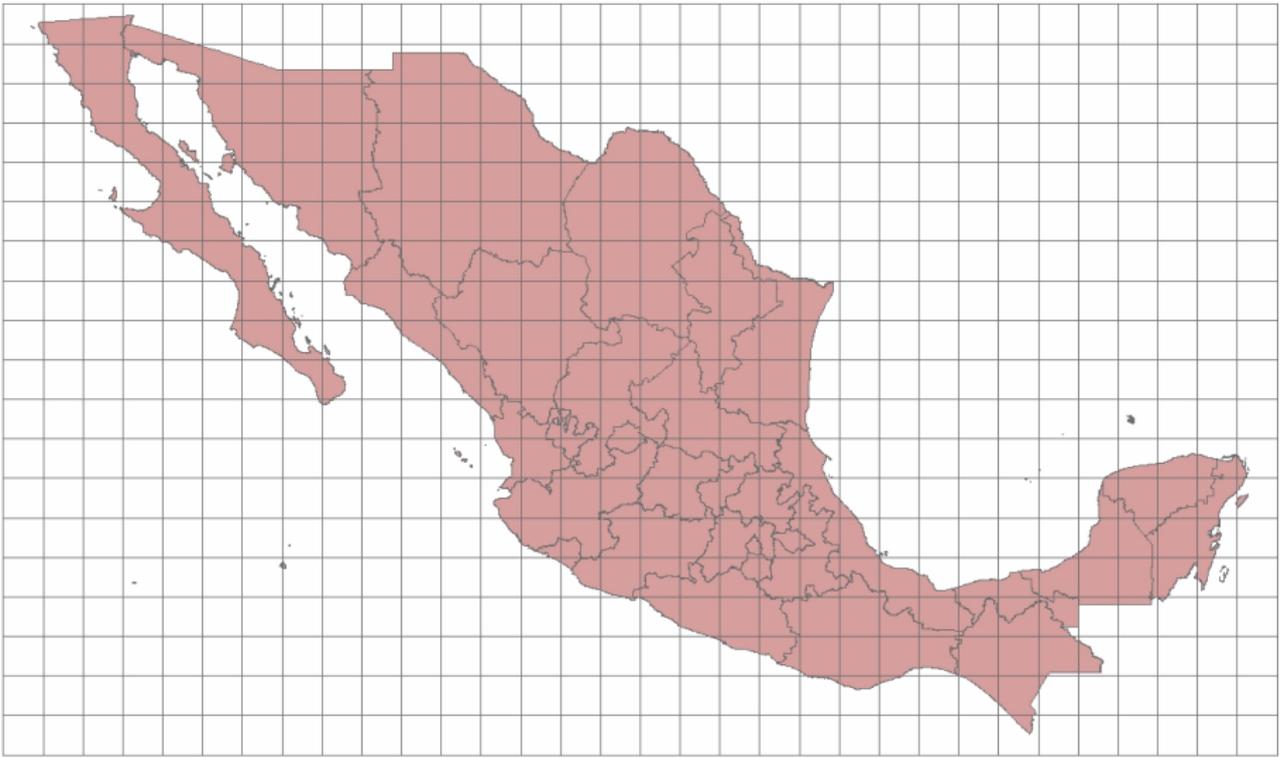
Arc: describe INDICEXGRADO

COORDINATE SYSTEM DESCRIPTION

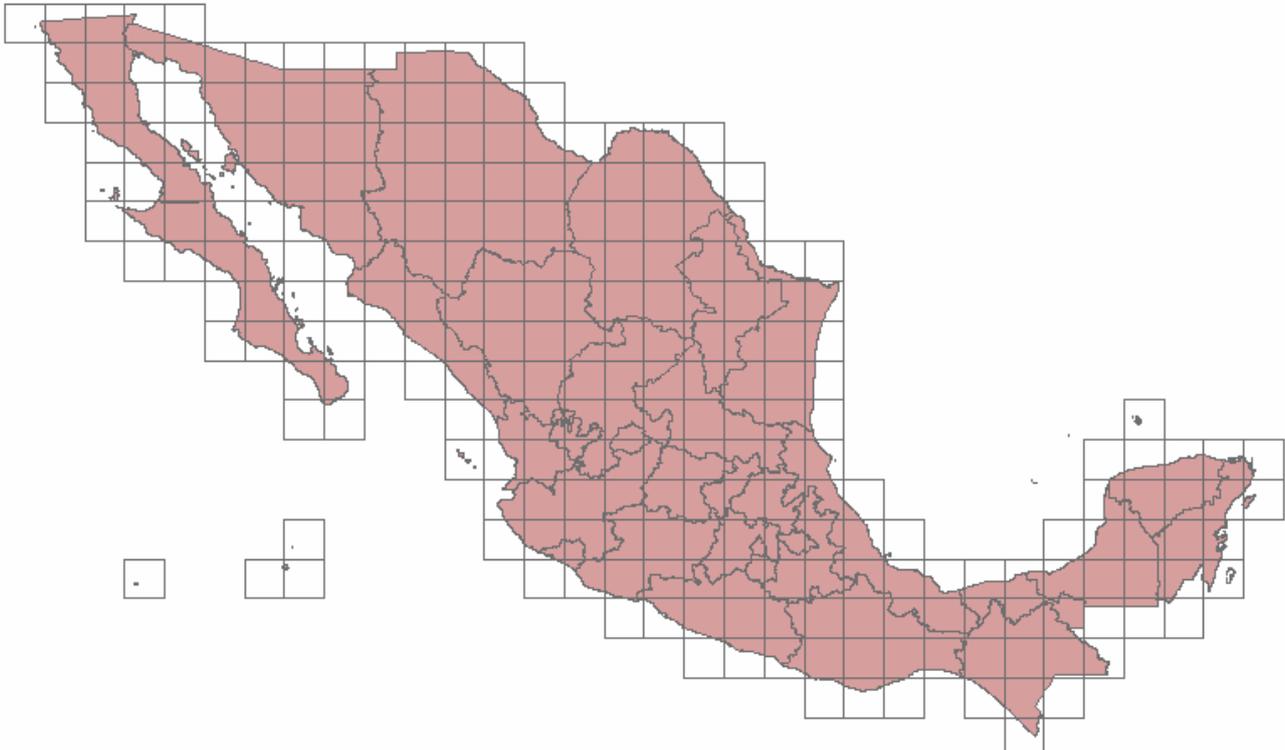
Projection	GEOGRAPHIC		
Datum	NAD83		
Units	DD	Spheroid	GRS1980
Parameters:			

Arc:

El resultado del proceso de creación de la malla de cuadrantes grado por grado se tiene que depurar para solo dejar los cuadros necesarios para el cubrimiento del país, ver mapa 5 y 6, una vez depurada la malla esta se codifico esta para su identificación individual.



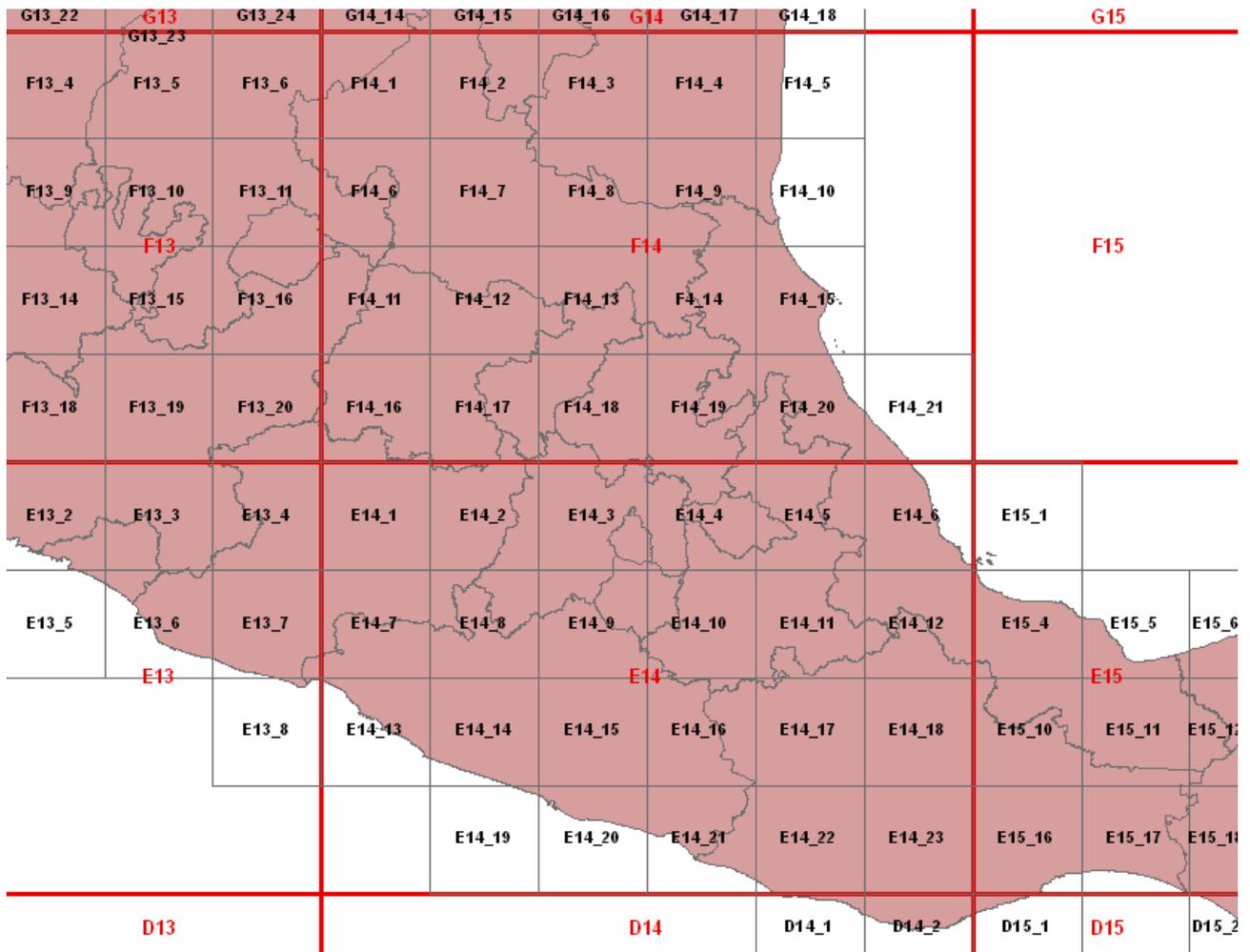
Mapa 5 Índice de cuadrantes grado por grado resultado del proceso



Mapa 6 Índice grado por grado adecuado a la República Mexicana

El índice de cuadrantes grado por grado permitió llevar un control preciso de la evolución del proyecto, y ha sido el mapa guía para la consulta de la información que se ha terminado de procesar y publicar dentro de la página WEB principal del módulo.

Una vez que se tuvo la malla terminada y adecuada para la República Mexicana se necesitó crear una codificación única para identificar correctamente cada uno de los cuadrantes del índice, para ello se utilizó la misma codificación que el INEGI maneja en sus índices de mapas 1:250 000 y 1:50 000, esta codificación se crea de dos partes, se utiliza la zona correspondiente (Ejemplo, E14 y F14) y por otra parte un número consecutivo tomado de la esquina superior izquierda a la derecha y con sentido hacia abajo hasta llenar todos los cuadros de la E14, para un mejor entendimiento de esta codificación ver el mapa 7.



Mapa 7 Codificación de la malla grado por grado

8.4 Procesamiento de la toponimia

Los datos toponímicos de la carta topográfica contienen los nombres geográficos y localidades de cada carta en cada uno de los cuales se proporciona un conjunto de datos correspondientes a sus atributos o características.

La toponimia de la carta topográfica es la representatividad de los nombres de los elementos geográficos que la conforman, la información esta compuesta por una capa de puntos georreferenciados con coordenadas X, Y, en coordenadas UTM.

El archivo DBF contiene otros campos que describen características de cada uno de estos puntos, dentro de estos campos se encuentra el campo denominado "CLASE" el cual contiene un número con el cual se puede ligar y asociar una tabla anexa que el INEGI trabaja por separado para describir los elementos geográficos representados.

En adelante, para entender mejor los pasos llevados a cabo en los procesamientos de datos del proyecto, se hará uso de un diagrama de flujo el cual describe gráficamente los pasos llevados a cabo para este fin.

Diagrama de flujo Procesamiento de toponimia

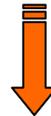
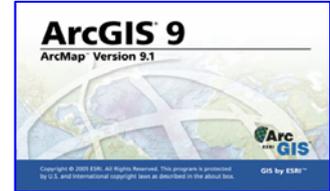
1. Archivos en formato dbf y txt

	f14c88.dbf	1 KB	Archivo ADI
	f14c88ng	76 KB	Archivo DBF
	f14c88ng	86 KB	Documento de texto

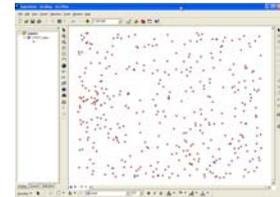
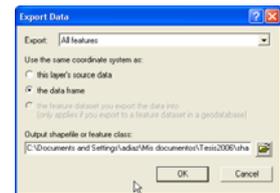
2. Organización de datos



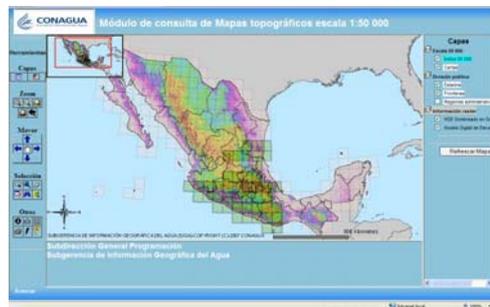
3. Procesamiento en Arcview



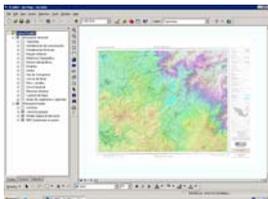
4. Conversión a shape file y definición de proyección geográfica



7. Publicación en Intranet de CONAGUA con ayuda de ArcIMS



6. Se integra a proyecto mxd de ArcGIS



5. Organización de toponimia en Geoservidor del SIGA

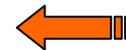
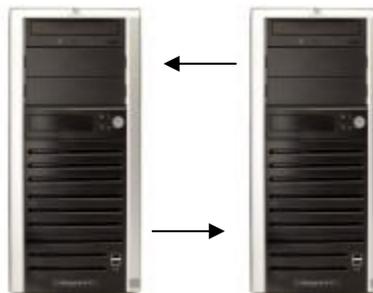


Diagrama 1. Procesamiento de la toponimia

Debido a la gran diversidad de nombres geográficos, el INEGI agrupó los términos genéricos (tergen¹²) en siete clases:

1. Localidades
2. Instalaciones diversas
3. Rasgos orográficos
4. Rasgos hidrográficos
5. Formas litorales
6. Áreas de referencia
7. Formas del relieve submarino

Esta tabla de atributos ayuda a ligar a múltiples tablas externas de datos asociados; los archivos pueden ser asociados a otras bases con información estadística de población; sobre la base de su atributo de localización geográfica pueden ser relacionados con cualquier archivo geográfico georreferenciado para ejecutar una gran diversidad de análisis espaciales.

En la tabla 6 se describen cada uno de los campos contenidos dentro de un archivo DBF de toponimia, así como su descripción.

NUM	NOMBRE DEL CAMPO	SIGNIFICADO
1	ID	Identificador único del elemento
2	NOM_OFI	Nombre oficial
3	NOM_REG	Nombre regional
4	CODIGO	Código para describir el elemento geográfico, término genérico (TERGEN)¹³
5	CLASE	Agrupación de nombres genéricos de la toponimia, 7 clases¹⁴
6	CVE_CTA	Clave de la carta topográfica a la que pertenece
7	LATITUD	Latitud en coordenadas geográficas
8	LONGITUD	Longitud en coordenadas geográficas
9	CONDICION	(este solo aplica en las localidades)
10	SITUACION	(este solo aplica en las localidades)
11	RES_FIS	(este solo aplica en las localidades)
12	CAT_ADM	(este solo aplica en las localidades)
13	CVE_LOC	Clave de la localidad
14	VALIDACION	(este solo aplica en las localidades)
15	CVE_EDO	Clave del estado (este solo aplica en las localidades)
16	CVE_MUN	Clave de municipio (este solo aplica en las localidades)
17	ALTITUD	Altitud de la localidad
18	HABITAN	Número de habitantes (este solo aplica en las localidades)
19	UTM_X	Longitud de la coordenada en proyección UTM
20	UTM_Y	Latitud de la coordenada en proyección UTM

Tabla 6 Campos y descripción de los archivos DBF que contiene la toponimia

¹² “Tergen”, significa término genérico de acuerdo al diccionarios de datos del INEGI

¹³ El campo “código” campo se va utilizar para hacer una unión “Join” con una tabla anexa, en donde se describen los elementos geográficos representados en la carta, ver tabla 5.

¹⁴ Por otro lado el campo “clase” se refiere a las 7 clases que definió el INEGI para agrupar los topónimos de las cartas, este sirve para aplicar la simbología de la toponimia dentro de los proyectos creados en ArcView

Por otra parte se tiene una tabla anexa (tabla 7) que contiene el campo "Código" la cual describe el nombre del elemento geográfico a representar, este campo sirve como campo llave y ligarse con el shape file de de topónimos.

NUM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	NUM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	100	Localidad	61	306	Bolsón
2	202	Acueducto	62	307	Boquerón
3	203	Aduana	63	308	Cañada
4	204	Aeropista	64	309	Cañón
5	205	Aeropuerto	65	310	Caverna
6	206	Antena de radio	66	311	Ceja
7	207	Antena de televisión	67	312	Cerro
8	208	Banco de material	68	313	Cordón
9	209	Bordo (Muro de contención)	69	314	Cuchilla
10	210	Calle	70	315	Cueva
11	211	Campo geotérmico	71	316	Cumbre
12	212	Campo pesquero	72	317	Desierto
13	213	Campo petrolero	73	318	Dolina
14	214	Canal	74	319	Duna
15	215	Centro acuícola	75	320	Falda
16	216	Centro recreativo	76	321	Gruta
17	217	Dique	77	322	Hoya
18	218	Distrito de riego	78	323	Isla interior
19	219	Estación de ferrocarril	79	324	Ladera
20	220	Gasoducto	80	325	Llano
21	221	Mina	81	326	Loma
22	222	Monumento u obelisco	82	327	Malpaís
23	223	Observatorio	83	328	Médano
24	224	Planta de bombeo	84	329	Mesa
25	225	Planta de tratamiento de agua	85	330	Meseta
26	226	Planta hidroeléctrica	86	331	Monte
27	227	Planta nucleoelectrica	87	332	Peña
28	228	Planta termoeléctrica	88	333	Picacho
29	229	Potrero	89	334	Pico
30	230	Presa (cortina de la presa)	90	335	Puerto orográfico
31	231	Puente	91	337	Quebrada
32	232	Puerto marítimo	92	338	Rinconada
33	233	Refinería	93	339	Risco
34	234	Salina	94	340	Serranía
35	235	Subestación eléctrica	95	341	Sierra
36	236	Torre de microondas	96	342	Valle
37	237	Túnel	97	343	Volcán
38	238	Vado	98	344	Cráter
39	240	Zona de minas	99	345	Filo
40	241	Estanque	100	602	Área de protección de recursos naturales
41	242	Aserradero	101	603	Bosque
42	243	Centro de estudios superiores	102	604	Lugar
43	244	Centro de investigación	103	605	Manglar
44	245	Centro turístico	104	606	Monumento natural
45	246	Desalinadora	105	607	Parque
46	247	Embarcadero	106	608	Parque marino nacional
47	248	Escollera	107	609	Parque nacional
48	249	Estación terrestre de telecomunicaciones	108	610	Reserva de la biosfera

49	250	Ingenio	109	611	Reserva especial de la biosfera
50	251	Planta eoleoeléctrica	110	612	Sabana
51	252	Planta geotérmica	111	613	Selva
52	253	Planta petroquímica	112	614	Zona sujeta a conservación ecológica
53	254	Planta siderúrgica	113	615	Parque urbano
54	255	Planta despepitadora	114	616	Sitio arqueológico
55	256	Faro	115	617	Zona arqueológica
56	257	Zona Industrial	116	618	Zona geotérmica
57	301	Abismo	117	619	Zoológico
58	303	Arenal	118	702	Arrecife (Reef)
59	304	Bajío	119	705	Bajo (Shoal)
60	305	Barranca	120	706	Banco (Bank)

Tabla 7 Códigos para describir los elementos geográficos (Tergen)

8.4.1 PROCESAMIENTO DE ARCHIVOS DBF (DATA BASE FILE) TOPONÍMIA.

El INEGI distribuye los archivos vectoriales en dos formas:

- La toponimia se distribuye en archivos con formato DBF y TXT, el cual contiene las coordenadas cartográficas de los elementos geográficos.
- Entrega de información vectorial que contiene las diferentes capas de información como ríos, cuerpos de agua, vías de comunicación, curvas de nivel, etc., en formato DXF.

Debido a lo anterior el procesamiento e integración de estos dos componentes se deben hacer por separado, primero se explican los pasos a seguir para transformar los archivos DBF en un shape file de puntos con ayuda del SIG.

Antes de empezar a procesar esta información es necesario plantear una organización lógica para clasificar la información del proyecto debido al gran número de archivos a integrar y procesar, como se puede apreciar se decidió realizar una organización de acuerdo a la zona UTM y al cuadrante correspondiente, ver figura 13

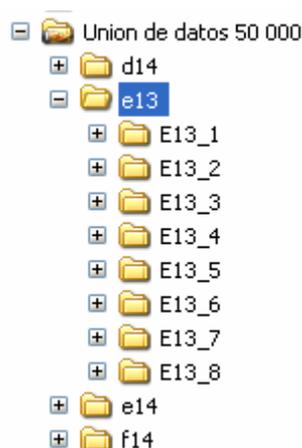
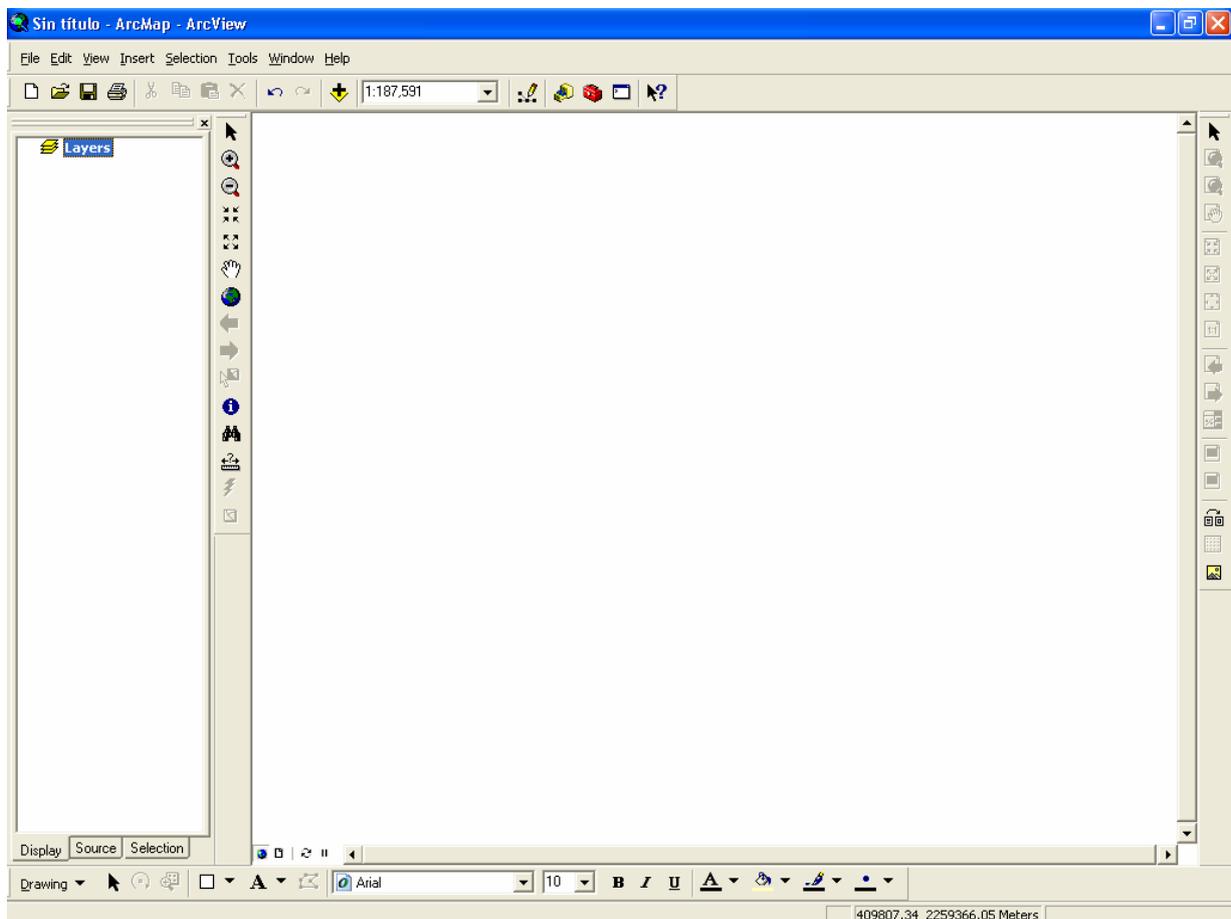


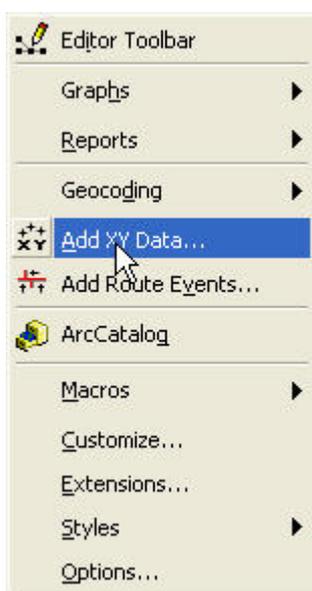
Figura 13 Organización de datos en el servidor de publicación del SIGA

Esta etapa del proyecto se trabaja con *ArcGIS (ArcView)* versión 9.1, debido a que este software posee herramientas necesarias para transformar los archivos DBF a shape files de puntos en una forma sencilla e intuitiva.

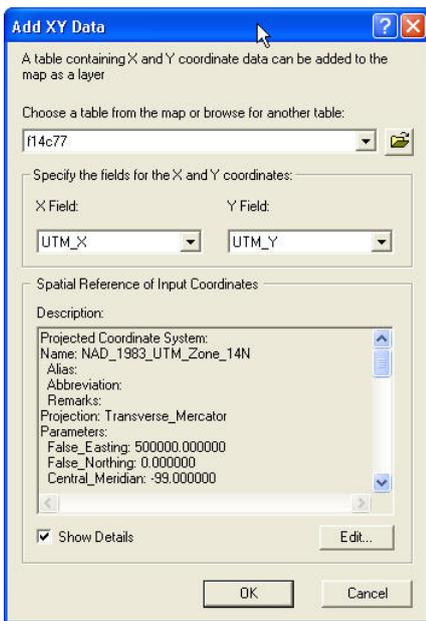
Paso 1: Abrir una sesión en *ArcMap-ArcView*.



Paso 2: Posteriormente se debe llamar el menú llamado "Tools" el cual contiene el submenú llamado "Add XY Data"



Paso 3: En esta ventana se debe especificar la ubicación de la tabla por trabajar, en ella de deben de especificar tres aspectos importantes:

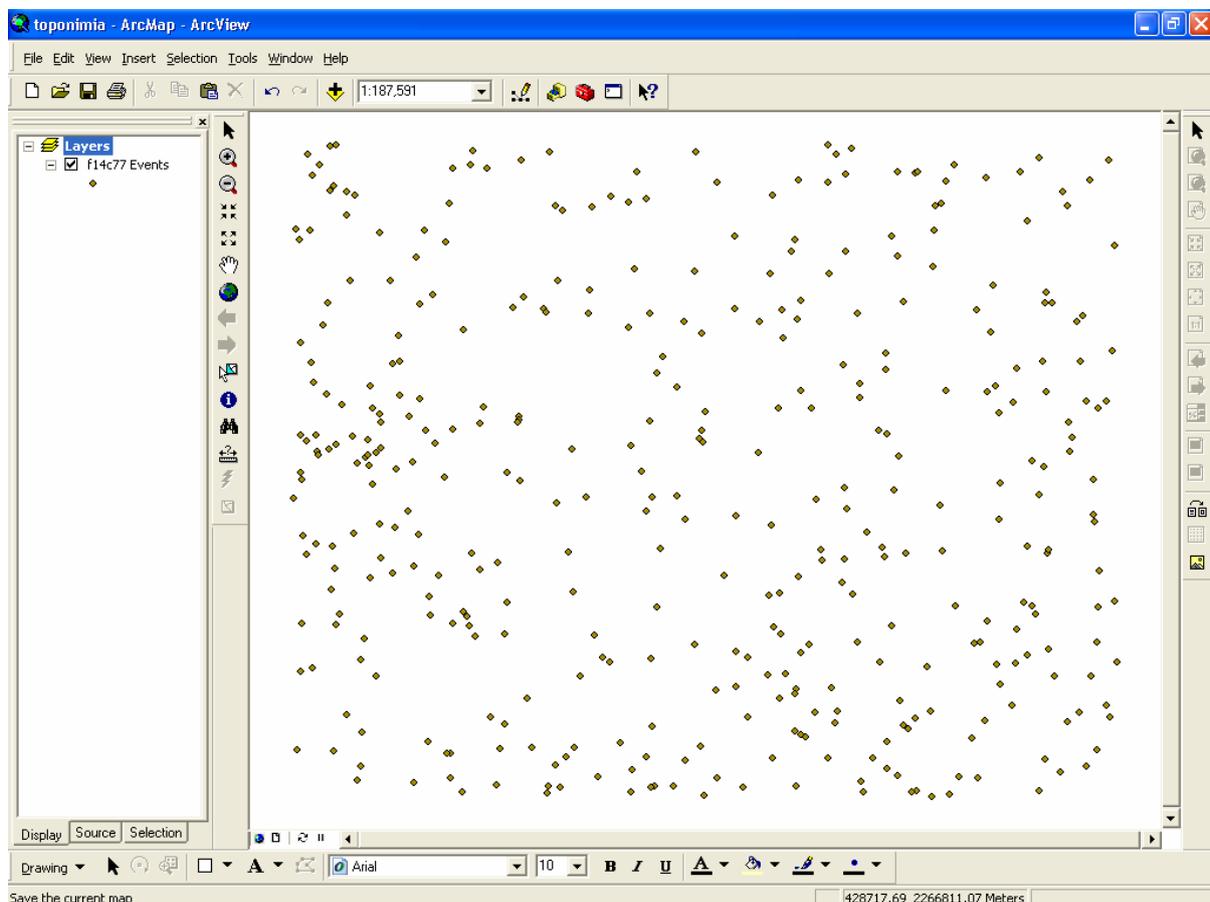


1. Ubicación del archivo en formato dbf de la carta a trabajar

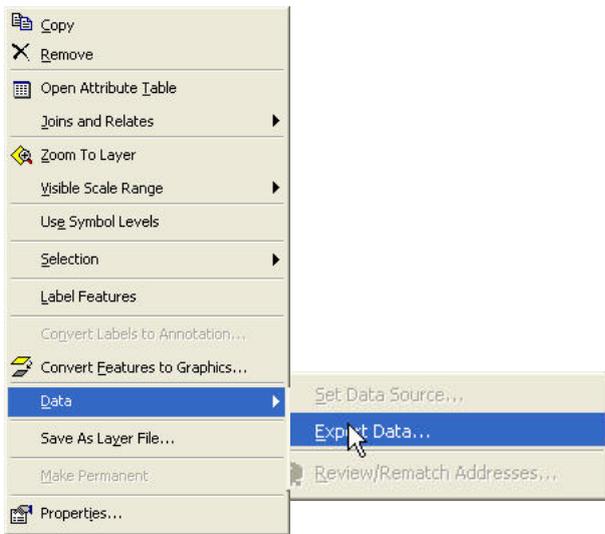
2. Especificar los campos que contienen las coordenadas X Y en UTM

3. Proporcionar la información siguiente: datum, proyección cartográfica, zona UTM en donde se encuentra la carta, es posible determinar la zona UTM, por la información de la clave de la carta, en este caso la carta F14C77 por tanto la zona UTM es la 14.
Este paso es muy importante, en el se va a definir el archivo .prj el cual contiene la proyección cartográfica de la carta.

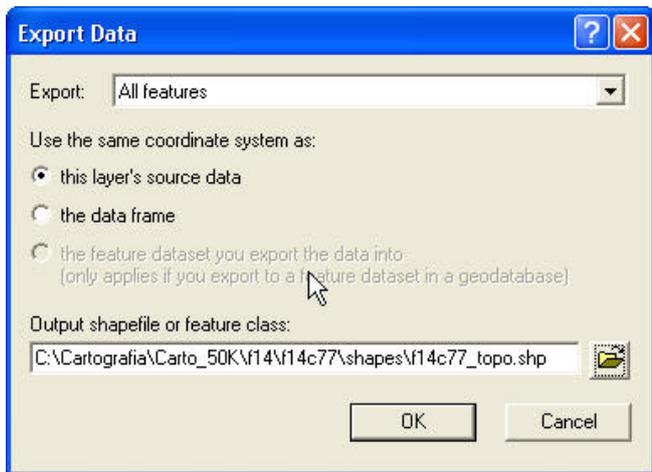
Paso 4: Una vez que se da aceptar los puntos se despliegan dentro de la vista, sin embargo solo están representados en ella, se necesita otro paso para convertirlos a formato shape file.



Paso 5: Se debe seleccionar en la ventana de los layers la carta "f14c77 Events", con el botón derecho se debe de llamar el submenú "Data" "Export Data"

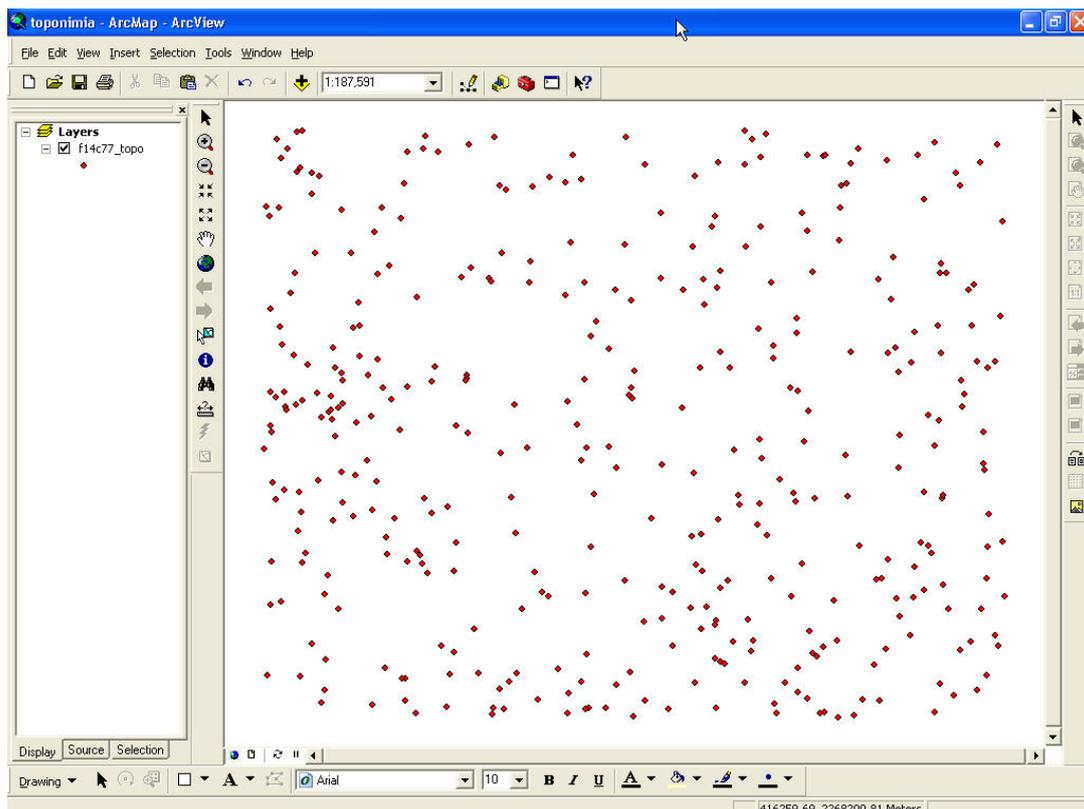


Paso 6: Se debe especificar la ruta en donde va a quedar físicamente y nombre del archivo a exportar, con este paso se convierte el archivo "f14c77 Events" en un archivo en formato shape file de la carta f14c77_topo que contiene la toponimia correspondiente a esta carta.



Ubicación final del archivo en formato shape file.

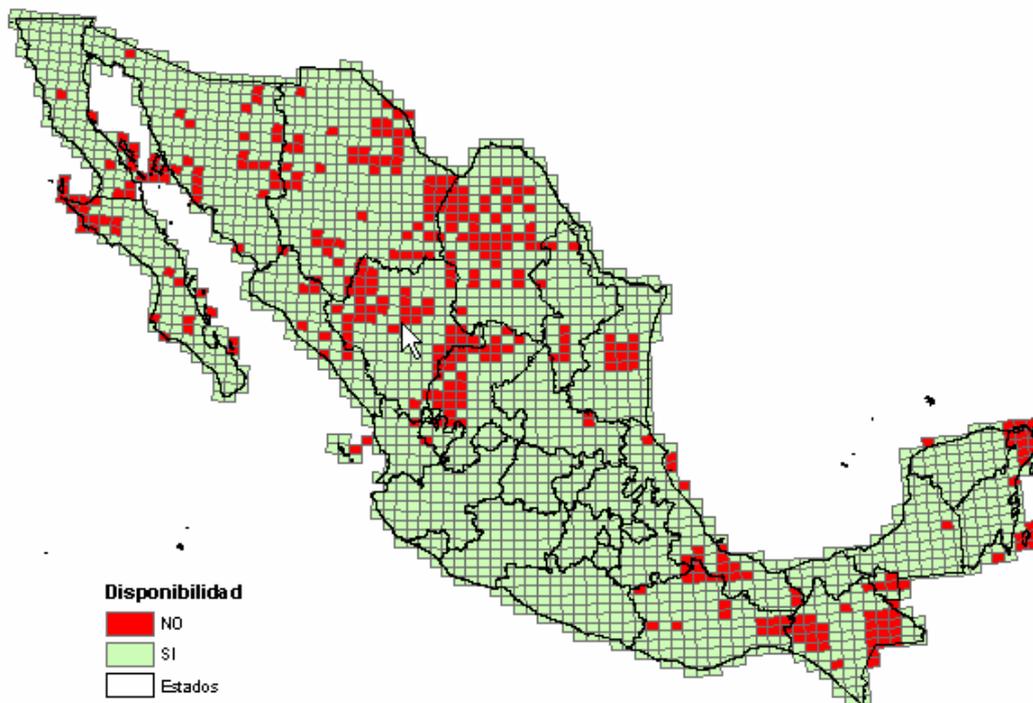
Paso 7: Finalmente el archivo shape file resultante se despliega dentro de la ventana de Arcview



Esta metodología se aplicó a **todos los archivos DBF** correspondientes a la toponimia de cada una de las cartas disponibles en el SIGA y que cubren la República Mexicana, en la tabla 8 esta representado el número de cartas dentro del sistema, así como el año en que fueron adquiridas del INEGI, actualmente el SIGA tiene 2033 cartas de un universo total de 2357, en el mapa 8 se puede ubicar la distribución geográfica.

AÑO DE ADQUISICIÓN	NUM DE CARTAS	% DEL CUBRIMIENTO NACIONAL
2000	525	22.27
2003	997	42.29
2006	511	21.68
TOTAL	2033	86.24

Tabla 8 Disponibilidad de información toponímica en el SIGA



Mapa 8 Disponibilidad y distribución geográfica de la toponimia en el SIGA

8.5 Procesamiento de archivos de formato DXF a cobertura ArcINFO.

Un conjunto de datos fundamental para conformar el módulo de consulta, es lo correspondiente al modelo de datos de tipo vectorial, capas de información que componen la carta topográfica digital. Estos datos fueron obtenidos inicialmente de la conversión a formato digital de la carta topográfica original en papel por medio de la digitalización, el INEGI para su actualización utilizó ortofotos digitales recientes y verificación en campo:

Diagrama de flujo Procesamiento de información vectorial

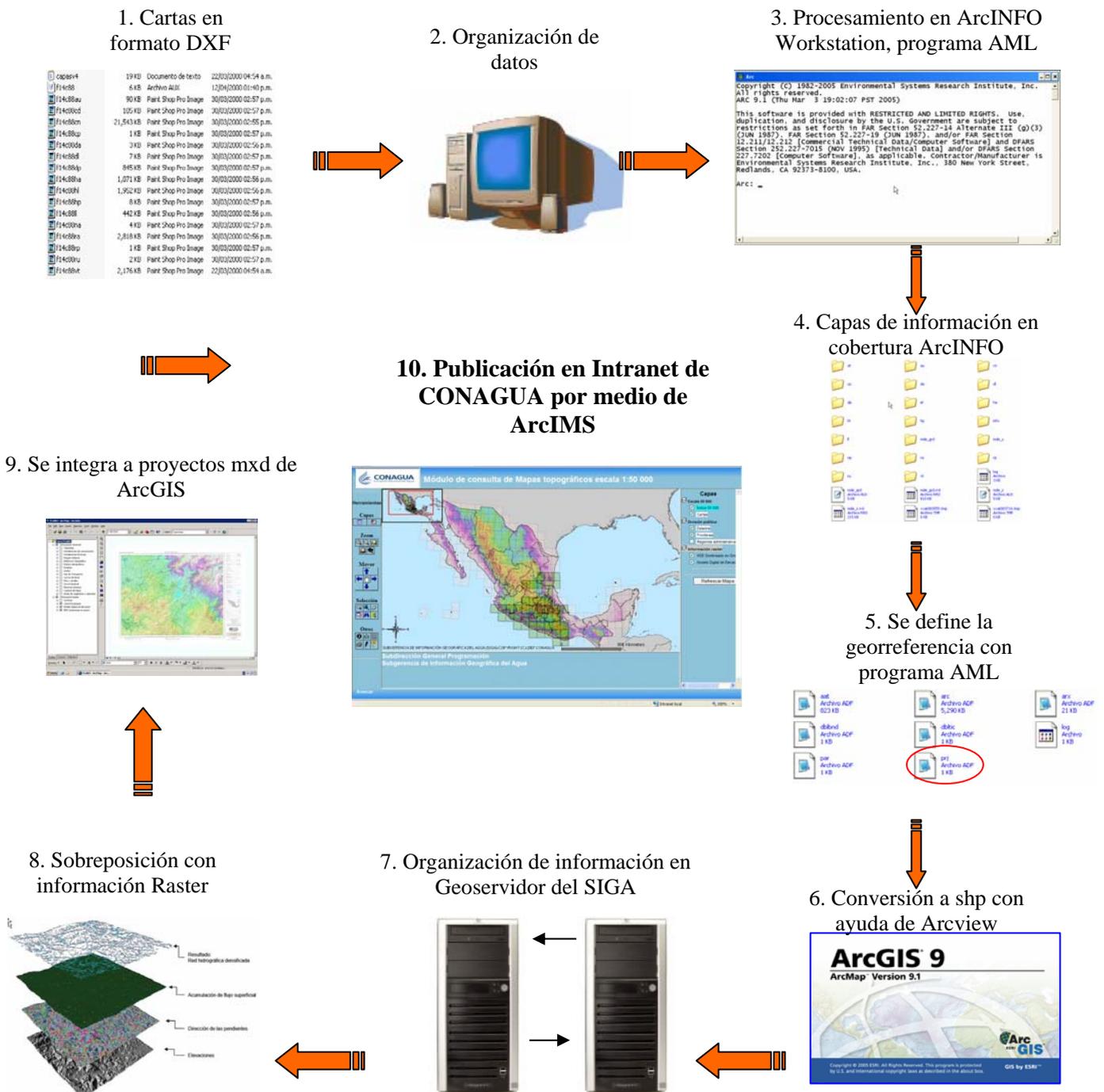


Diagrama 2. Procesamiento de información vectorial

En términos generales la información vectorial es la siguiente:

- Altimetría y datos de elevación
- Hidrografía e infraestructura hidráulica
- Localidades y rasgos urbanos
- Límites
- Instalaciones diversas e industriales
- Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión
- Comunicación y transporte
- Áreas protegidas y de interés histórico
- Otros elementos de referencia topográfica

La información digital que el INEGI comercializa esta en formato DXF¹⁵, este formato ha permitido incorporar esta información en diversos programas de SIG, este es un estándar en archivos de intercambio y la mayoría de los programas comerciales y software libre tienen herramientas para procesarlo y convertirlo en un formato determinado para un SIG específico.

El principal motivo por el cual se decidió transformar los archivos DXF a cobertura ArcINFO es que muchos de los usuarios desconocen como trabajar este tipo de archivo, otro problema detectado es la integración de la base de datos adyacente de los archivos DXF; estos se conforman en dos partes, por un lado la información gráfica (puntos, líneas y polígonos) y por otro la tabla de atributos que describen a esos elementos gráficos.

Desde el inicio de actividades el SIGA y como parte del modelo conceptual del área se decidió utilizar software de la empresa ESRI, esto permitió trabajar con formatos digitales de mapas estándar tales como: cobertura ArcINFO, shapes files; cabe mencionar que esta empresa es líder mundial en el ramo de los Sistemas de Información Geográfica, por lo que el intercambio de información con otras instituciones federales es transparente y fluido.

Dentro de las licencias utilizadas en el SIGA se encuentran: ArcINFO, Arcview, ArcIMS, (Internet Map Server), ArcSDE (Spatial database engine), ArcExplorer, por otra parte para el procesamiento de archivos en formatos raster se utiliza el software ERDAS Imagine, estos programas de cómputo trabajan con diversos tipos de formatos, como son: cobertura ArcINFO, shape file, GRID de ArcINFO, TIN de ArcINFO y diversos formatos de imagen como: IMG, TIFF, BIL, JPG, etc.

Debido a lo anterior muchas áreas dentro de la Comisión Nacional del Agua han optado por utilizar las mismas herramientas SIG que el SIGA utiliza, esto ha permitido dotarlos de información digital de mapas permitiendo la homologación de la cartografía en diversas áreas y además ha evitado la duplicidad de trabajos cartográficos y reducido costos en la adquisición de información, y es por ello que el cambio de formato permitirá una integración más rápida y efectiva dentro de las áreas usuarias.

15 La palabra DXF significa Drawing Interchange File

La decisión de utilizar un programa de cómputo para convertir los archivos vectoriales de las cartas de formato DXF a coberturas ArcINFO, se debió a diversas consideraciones:

1. La gran cantidad de archivos a procesar (2037 cartas vectoriales) plantea la necesidad de buscar formas de procesamiento más efectivas, debido a esto el SIGA creó en conjunto con programadores de CONAGUA, un programa en lenguaje de programación AML (Arc Macro Language) el cual nos permitió aprovechar el tiempo de procesamiento de los equipos de cómputo disponibles en el área.
2. Dentro de ArcGIS existe la posibilidad de instalar en la computadora la versión de ArcINFO Workstation, independientemente de la versión de ArcGIS Desktop, esto ha permitido correr rutinas o programas en un ambiente MSDOS.
3. Dentro de los campos originales de la base de datos de los archivos DXF, solo existían claves de los elementos geográficos; en la transformación de formato se incluyeron campos nuevos que describen de manera más explícita la información geográfica.
4. Otro aspecto a considerar, es que dentro del SIGA se cuenta con poco personal para llevar a cabo todas estas tareas, por ello se decidió recurrir a las rutinas de procesamiento por medio de programas de cómputo.

Para comprender mejor los temas contenidos dentro de los archivos vectoriales se describen en la tabla 9:

Acueducto	Aeropuerto
Área de cultivo	Área natural protegida
Área urbana	Área verde urbana
Arrecife/bajo	Banco de material
Bordo	Calle
Camino	Canal
Carretera	Caseta de peaje
Cementerio	Conducto
Corriente de agua	Corriente que desaparece
Cuerpo de agua	Curva de nivel
Depósito de desechos	Edificación
Entrada a gruta	Estanque
Estructura elevada	Fango
Faro / radiofaro / vor	Instalación de bombeo
Instalación de comunicación	Instalación deportiva o recreativa
Instalación diversa	Instalación industrial
Instalación portuaria	Límite
Lindero	Línea de comunicación
Línea de transmisión	Lumbrera
Malpaís	Manantial
Mina	Mojonera
Muro de contención	Nieve perpetua
Pantano	Pista de aviación
Pista de carreras	Planta generadora
Pozos de explotación	Presa
Puente	Punto acotado
Rápido	Rasgo arqueológico
Roca	Ruta de embarcación
Ruta de funicular / teleférico	Salina
Salto de agua	Separador
Subestación eléctrica	Tanque
Tanque de agua	Terreno sujeto a inundación
Túnel	Vado
Vegetación densa	Vía férrea
Zona arenosa	

Tabla 9 Detalle de la agrupación que contiene objetos o entidades geográficas

En el proyecto se decidió incluir todos los temas contenidos en cada una de las cartas, cabe mencionar que estas capas varían de una carta a otra, en la tabla 10 se describe cada una de las capas contenidas en la información del INEGI, así como la descripción de cada una de ellas:

CAPA		TIPO	DESCRIPCIÓN
Altimetría y datos de elevación			
1	e14a15pa	PUNTO	Puntos acotados
2	e14a15cn	LÍNEA	Curvas de nivel
Hidrografía e infraestructura hidráulica			
3	e14a15hp	PUNTO	Rasgos hidrográficos puntuales
4	e14a15hl	LÍNEA	Corrientes de agua
5	e14a15ha	ÁREA	Cuerpos de agua
Localidades y rasgos urbanos			
6	e14a15ru	PUNTO	Rasgos urbanos
7	e14a15au	ÁREA	Localidades y áreas urbanas
Límites			
8	e14a15lp	PUNTO	Puntos que definen límites
9	e14a15ll	LÍNEA	Límites
Instalaciones diversas e industriales			
10	e14a15dp	PUNTO	Edificaciones e instalaciones diversas
11	e14a15dl	LÍNEA	Edificaciones e instalaciones diversas
12	e14a15da	ÁREA	Edificaciones e instalaciones diversas
Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión			
13	e14a15tp	PUNTO	Tanques de almacenamiento puntuales
14	e14a15ta	ÁREA	Tanques de almacenamiento de área
15	e14a15cd	LÍNEA	Líneas de conducción y transmisión
16	e14a15el	ÁREA	Instalaciones de generación de energía eléctrica
Vías de comunicación y transporte			
17	e14a15cp	PUNTO	Instalaciones de comunicación
18	e14a15vt	LÍNEA	Vías de transporte
19	e14a15at	ÁREA	Otro tipo de vías de transporte
Otros elementos de referencia topográfica			
20	e14a15rp	PUNTO	Elementos puntuales de referencia topográfica
21	e14a15ra	ÁREA	Elementos de referencia topográfica de área
Áreas protegidas y sitios de interés histórico			
22	e14a15np	PUNTO	Rasgos de conservación de la naturaleza
23	e14a15na	ÁREA	Áreas de conservación de la naturaleza

Tabla 10 Capas de información de la carta topográfica

La información vectorial es representada dentro del Sistema de Información Geográfica por tres elementos, polígonos, líneas y puntos, los programas de cómputo trabajan con estos elementos y no distinguen que rasgo geográfico representa. Sin duda es el usuario el que da este valor a estos elementos y los distingue por medio de un campo llamado "ID" identificador o con algún nombre dentro de las tablas de atributos anexas a los mapas, esto permite al usuario escoger una capa de otra y representarla dentro del SIG de diversas formas, es decir podemos escoger el tipo de simbología, los tonos de colores, los tamaños de estos símbolos, los rangos entre otras características de representación cartográfica.

El formato DXF en que se encuentra la información geográfica del INEGI plantea un dilema para su tratamiento, es decir procesar 2037 cartas disponibles, haciendo un calculo cada carta contiene un promedio 24 capas, de acuerdo a los datos disponibles se tienen que procesar 48,888 archivos DXF. Esto plantea implementar formas de tratamiento novedosas, por ello los SIG poseen herramientas que permiten optimizar estas tareas de transformación de esta información.

Como se ha mencionado el SIGA trabaja con programas de cómputo de la empresa norteamericana ESRI¹⁶, dentro de estos programas se encuentra *ArcINFO Workstation* que permite trabajar en ambiente MSDOS es decir funciona por medio de escribir comandos para la realización de tareas específicas, este programa internamente trabaja con el lenguaje de programación llamado *AML*¹⁷, gracias a esto el usuario puede generar sus propias corridas o rutinas de cómputo para resolver un problema específico, por ello se decidió trabajar esta información con *ArcINFO Workstation*.

Es preciso mencionar que entre los miembros que componen el SIGA Central y Regional se encuentran profesionistas con diversos perfiles académicos, entre ellos ingenieros programadores de computo que son los encargados de realizar programas adecuados para apoyar las tareas encomendadas al sistema, para avanzar en la conversión de información se planteó la necesidad de contar un programa de cómputo creado en el lenguaje *AML* que permitiera procesar y convertir los archivos DXF a cobertura ArcINFO de una manera más rápida y eficaz.

Para el diseño de este programa se integró un equipo de trabajo multidisciplinario compuesto por personal del Organismo de Cuenca, Cuencas Centrales del Norte de CONAGUA y personal responsable de la cartografía digital del SIGA Central ubicado en la Ciudad de México, esta integración de equipo de trabajo fue importante para la realización de dicho programa puesto que la programación no siempre es la parte fuerte de la formación de un geógrafo, por ello se recurrió a la experiencia de expertos en el tema resaltando la importancia de los ejercicio multidisciplinarios y las potenciales sinergias entre especialistas en geografía con otros expertos.

Por otro lado era fundamental conocer perfectamente los comandos que utiliza *ArcINFO workstation* para el procesamiento del formato DXF, así como conocer los aspectos geográficos y cartográficos para el procesamiento de esta información, por ello la experiencia en el manejo de *ArcINFO Workstation* fue importante ya que se requerían conocimientos en proyecciones cartográficas, datums, coordenadas geográficas; después de un sinnúmero de pruebas y cambios en la programación del mismo, se obtiene a mediados de 2003 el programa final para transformar la información de formato *DXF* a cobertura ArcINFO.

¹⁶ ESRI significa Environmental Systems Research Institute, empresa que desarrolla Sistemas de Información Geográfica.

¹⁷ AML significa Arc Macro Language

8.5.1 Aplicación del programa AML para conversión de archivos DXF

Para transformar las capas que conforman una carta topográfica es necesario utilizar dentro de la sesión de ArcINFO Workstation el comando denominado “DXFARC” el cual permite la conversión de archivos DXF a cobertura ArcINFO, sin embargo este comando solo transforma un archivo a la vez, es decir de no tener el programa para la transformación de formatos se tendría que hacer este procedimiento para las 2037 cartas e incluir cada uno de los temas que componen a cada carta. (Mejor concentrarse en el procedimiento y no en reiterar la utilidad de AML)

Una vez creado el programa de cómputo en lenguaje AML para transformar los archivos DXF se procedió a organizar la información dentro de la computadora, para correr o ejecutar este programa se necesita crear dos “Workspace¹⁸”, uno para el almacenamiento digital en formato DXF y otro “workspace” en donde se almacenan los archivos en cobertura ArcINFO **Índice grado por grado adecuado a la República Mexicana** IMPORTANTE que estas carpetas no sean de creadas con el explorador de Windows, se debe estar en una sesión de ArcINFO y utilizar el comando “CW, ver tabla 11.

Comandos más utilizados dentro del *ArcINFO Workstation* durante el proceso de transformación:

Comando	Ambiente	Acción
cw	ArcINFO	Crear una workspace de trabajo en la computadora
kill	ArcINFO	Borra una cobertura o grid
rename	ArcINFO	Renombra una cobertura o GRID
w	ArcINFO	Informa donde se encuentra ubicado dentro de la computadora
w ..	ArcINFO	Permite bajar o subir de nivel dentro de las carpetas de trabajo.
ls	ArcINFO	Lista las coberturas del workspace
lg	ArcINFO	Lista los grids contenidos en el workspace
cpw	ArcINFO	Copia un workspace a otra ubicación
dw	ArcINFO	Borra un workspace de la computadora
rw	ArcINFO	Renombra un workspace
lw	ArcINFO	Lista los workspace contenidos dentro de otro workspace
usage	ArcINFO	Esta opción junto con el nombre del comando permite saber como utilizar un comando determinado
help	ArcINFO	Nos envía un cuadro de ayuda.
&run	ArcINFO	Comando para correr un programa en AML
Describe (archivo)	ArcINFO	Permite saber las características topológicas así con la referencia espacial de la información consultada
projectdefine (cover o grid)	ArcINFO	Nos permite definir un sistema de referencia de la información
project (cover o grid)	ArcINFO	Permite reproyectar una información a otra proyección.
arctools	ArcINFO	Permite utilizar los comandos en un ambiente de ventanas
arctools grid	ArcINFO	Permite utilizar los comandos utilizados para procesar información en formato GRID en un ambiente de ventanas

Tabla 11 Comandos en ArcINFO

¹⁸ El workspace es el espacio de trabajo que utiliza ArcINFO Workstation, en esta carpeta de trabajo se crea por default otra carpeta llamada INFO la cual contendrá la tabla de atributos de las coberturas a crear..

Una vez que los datos han sido estructurados dentro de los *workspace*, y los *archivos DXF* han sido depositados en la carpeta **arch_dxf**, se procede a correr el programa “*dxfarc_50k.aml*”, trabajar con *ArcINFO Workstation* es más difícil que trabajar con *ArcINFO Desktop*, por ello se recomienda dominar los comandos necesarios para esta tarea (tabla 11).

El procesamiento de datos de tipo vectorial demandó más tiempo de procesamiento, sin embargo la utilización de programas en AML para la transformación de archivos DXF a coberturas *ArcINFO* llevó poco tiempo de trabajo, este programa ahorró trabajo horas-hombre debido a la utilización de rutinas de cómputo, como se puede analizar en la tabla 12.

TIPO	CARTA (CON TODOS SUS TEMAS)	TIEMPO DE PROCESAMIENTO APROXIMADO EN MINUTOS POR CARTA	TIEMPO DE PROCESAMIENTO APROXIMADO EN HORAS POR CARTA	NÚMERO TOTAL DE CARTAS A PROCESAR	TIEMPO REQUERIDO PARA PROCESAMIENTO EN HORAS
Una computadora	1	18	0.3	2037	611
Una persona	1	120	2	2037	4074

Tabla 12. Comparativo de procesamiento de datos vectoriales

Otro aspecto relevante que se manejó al diseñar el programa de transformación fue la adecuación de los campos de las bases de datos originales en formato DXF, es decir se adecuaron los campos para mejorar la interpretación de datos en cobertura *arcinfo*:

1. A cada tema de carta procesada se le agregó un campo llamado “descripción” el cual no está considerado dentro de la información original en formato DXF, dentro de este campo se describen los elementos geográficos representados dentro de la capa de información estos están catalogados por el INEGI.
2. En la capa curvas de nivel, se le cambió de nombre original llamado altura a cotas para dar mayor representatividad a los datos.
3. Se definió la topología de polígonos a todos los temas que representaban elementos de área, ya que el formato DXF solo están representadas en líneas, esto sin duda da mayor valor a la información representada como polígono ya que se pueden calcular áreas y perímetros en forma automática por los SIG.

Una vez que se tienen los elementos necesarios para esta tarea se procede a correr el programa AML de transformación de formato de archivos DXF y convertirlos a cobertura *ArcINFO*, a continuación se muestra paso a paso este procesamiento.

Paso 1: Abrir una sesión de *ArcInfo workstation*, posteriormente se ubica en raíz de la computadora con el comando `w c:\`, dentro de raíz se escribe el comando “`cw`” este crea los espacios de trabajo (*workspace*) en *ArcINFO* que se necesitan, se crea la carpeta **arch_dxf** la cual contendrá los archivos DXF, se crea otra denominada **arch_cober** en esta carpeta se ubican los archivos en cobertura de *ArcINFO* procesados por el programa, estos nombres se escogen arbitrariamente, cabe mencionar que cuando se corre el programa es importante escribir los mismos nombres dentro de la sesión.

```

Arc
All rights reserved.
ARC 9.1 (Thu Mar 3 19:02:07 PST 2005)

This software is provided with RESTRICTED AND LIMITED RIGHTS. Use,
duplication, and disclosure by the U.S. Government are subject to
restrictions as set forth in FAR Section 52.227-14 Alternate III (g)(3)
(JUN 1987), FAR Section 52.227-19 (JUN 1987), and/or FAR Section
12.211/12.212 [Commercial Technical Data/Computer Software] and DFARS
Section 252.227-7015 (NOV 1995) [Technical Data] and/or DFARS Section
227.7202 [Computer Software], as applicable. Contractor/Manufacturer is
Environmental Systems Research Institute, Inc., 380 New York Street,
Redlands, CA 92373-8100, USA.

Arc: w
Current location: c:\
Arc: cw arch_dxf
Arc: cw arch_cober
Arc: lc
Workspace: c:\

Available Coverages
-----
** NONE **
Arc: lw

List of workspaces at location: C:\

Available workspaces
-----
ARCH_COBER
A_PRUEBA_50
CEM
MDE_NAC
SUB2
ARCH_DXF
A_PRUEBA_50_2
CONSULTIVO
MODELOS
WORKSPACE
Arc: =

```

Se crea la carpeta arch_dxf y arch_cober con el comando "cw"

Con el comando "lw" se verifica que las carpetas hayan sido creadas.

Paso 2: Dentro de la carpeta arch_dxf se colocan las carpetas de las cartas a trabajar con sus respectivos temas en dxf, asimismo esta carpeta contendrá el programa dxfar_50k.aml que es con el que va a procesar la información, para correr el programar se escribe la siguiente sintaxis:

Arc: &run dxfar_50k.aml c:\arc_dxf c:\arc_cober todos

En donde:

&run:- La función para correr el programa

dxfar_50k.aml: El programa para procesar la información

c:\arch_dxf: Workspace en donde están los archivos DXF

c:\arch_cober: Workspace en donde se van a depositar los archivos procesados.

Todos: Se escribe esta palabra, con ella el programa procesa todos los archivos dxf contenidos dentro del workspace arch_dxf, este programa también puede funcionar por carta, en lugar de escribir "todos" se escribe la "clave" de la carta a procesar.

Con esta instrucción (ver figura 14) se procede a trabajar todos los archivos DXF contenidos dentro de la carpeta arch_dxf, es preciso mencionar que este proceso va tardar varios días debido al gran número de archivos a trabajar.

```

Arc
Copyright (C) 1982-2005 Environmental Systems Research Institute, Inc.
All rights reserved.
ARC 9.1 (Thu Mar 3 19:02:07 PST 2005)

This software is provided with RESTRICTED AND LIMITED RIGHTS. Use,
duplication, and disclosure by the U.S. Government are subject to
restrictions as set forth in FAR Section 52.227-14 Alternate III (g)(3)
(JUN 1987), FAR Section 52.227-19 (JUN 1987), and/or FAR Section
12.211/12.212 [Commercial Technical Data/Computer Software] and DFARS
Section 252.227-7015 (NOV 1995) [Technical Data] and/or DFARS Section
227.7202 [Computer Software], as applicable. Contractor/Manufacturer is
Environmental Systems Research Institute, Inc., 380 New York Street,
Redlands, CA 92373-8100, USA.

Arc: w
Current location: c:\arch_dxf
Arc: &run dxfar_50k.aml c:\arch_dxf c:\arch_cober todos

```

Figura. 14 Sintaxis para correr el programa de transformación de archivos DXF

Una vez terminado el proceso de transformación de formatos de las cartas, se procede a definir la proyección cartográfica de cada tema de cada carta, para llevar a cabo esta tarea de definición de proyección cartográfica fue necesario crear nuevamente un programa en AML más sencillo para este fin, en el que se definieron tres aspectos importantes geográficamente, el primero es la proyección cartográfica, el segundo la zona UTM correspondiente a cada carta y el tercero es definir el datum de cada carta.

En la escala 1:50 000 la información esta en proyección UTM conforme a las zonas correspondientes al país, sin embargo el problema se encuentra en el datum ya que los mapas a esta escala están trabajados en dos datums: NAD27 e ITRF92, por ello es importante diferenciar las cartas que están en cada uno de los datums para realizar por separado el proceso de definición de proyección.

En cada cobertura ArcINFO se corrió el programa en lenguaje de programación AML, esto permitió definir la proyección en forma automática y rápida en una sesión de ArcINFO, el proceso de definir la proyección consiste en crear un archivo llamado .PRJ dentro de cada cobertura para que pueda ser detectado en los programas usados de la empresa ESRI y sobreponer varias capas para su análisis.

Para mayor facilidad dentro de las áreas usuarias de información geográfica de la Comisión Nacional del Agua se decidió transformar los archivos a un formato más común y de fácil manejo, por lo que se decidió transformar los datos de cobertura ArcINFO a formato shape file para el proyecto del Módulo de consulta.

Este proceso se realizó con el software Arcview, dentro de una sesión del programa se despliegan todos los temas considerados en una carta en un "Data frame" posteriormente se exporta cada uno de los temas con la herramienta "Export data", con ello se pasa a formato shape file, debido al gran número de cartas y de temas de cada una de ellas se decidió llevar una estructura para su control y fácil entendimiento, en la tabla 13 se indica la manera en que se identificaron las diferentes capas, para ello al nombre original se le agregó el nombre de la carta para así diferenciarlos en una forma sencilla de las demás cartas.

Ejemplo sobre la carta f14c88.

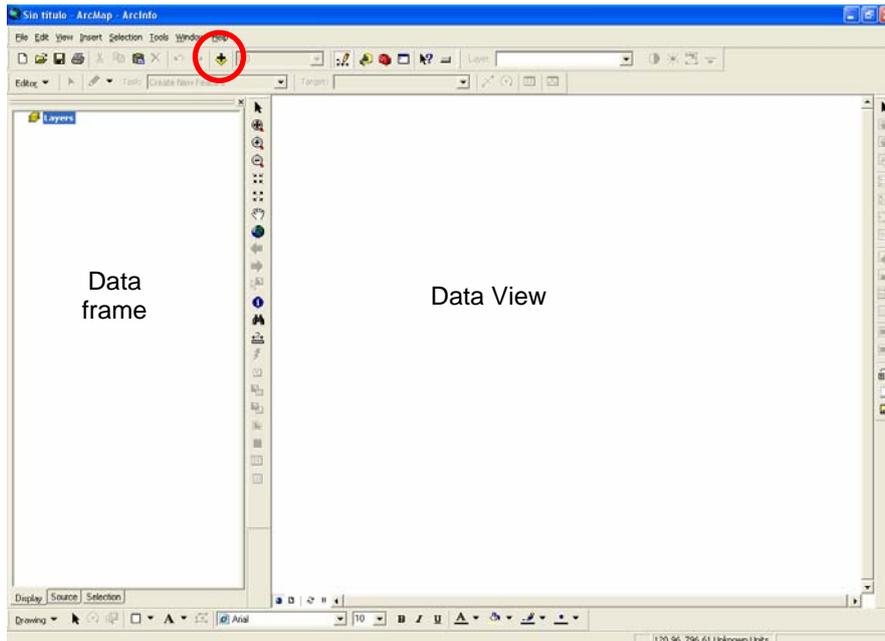
TEMAS EN FORMATO	CAMBIO DE FORMATO A SHAPE FILE	DESCRIPCIÓN
1 f14c88_ng	f14c88_topo	Toponimia
2 cp	f14c88_cp	Instalaciones de comunicación
3 dp	f14c88_dp	Edificaciones e instalaciones diversas
4 ru	f14c88_ru	Rasgos urbanos
5 rp	f14c88_rp	Elementos puntuales de referencia topográfica
6 hp	f14c88_hp	Rasgos hidrográficos puntuales
7 dl	f14c88_dl	Edificaciones e instalaciones diversas
8 ll	f14c88_ll	Límites
9 vt	f14c88_vt	Vías de transporte
10 cn	f14c88_cn	Curvas de nivel
11 np	f14c88_np	Rasgos de conservación histórica
12 hl	f14c88_hl	Corrientes de agua
13 da	f14c88_da	Edificaciones e instalaciones diversas
14 el	f14c88_el	Instalaciones de generación de energía eléctrica
15 au	f14c88_au	Localidades y áreas urbanas
16 ha	f14c88_ha	Cuerpos de agua
17 at	f14c88_at	Otro tipo de vías de transporte
18 pa	f14c88_pa	Puntos acotados
19 tp	f14c88_tp	Tanques de almacenamiento puntuales
20 ta	f14c88_ta	Tanques de almacenamiento de área
21 cd	f14c88_cd	Líneas de conducción y transmisión
22 na	f14c88_na	Áreas de conservación de la naturaleza
23 lp	f14c88_lp	Puntos que definen límites
24 ra	f14c88_ra	Elementos de referencia topográfica de área

Tabla 13 Cambio de formato

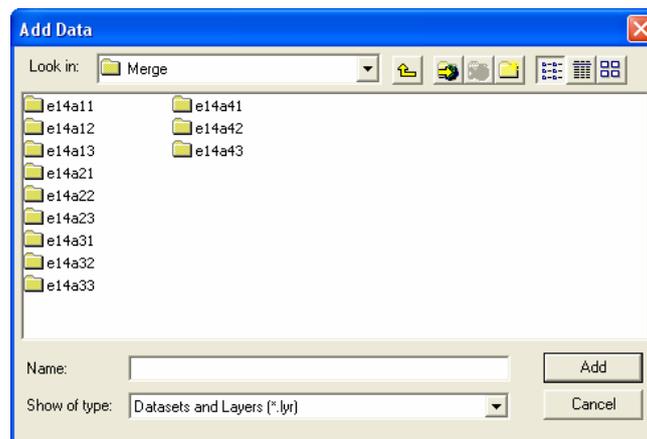
8.5.2 Unión de capas vectoriales

Como parte del proceso de integración de datos por cuadrante grado por grado, una vez estructurados y organizados los archivos vectoriales por carta se tiene la tarea de unir la información de las 12 cartas que forman a cada cuadrante, para ejemplificar esta tarea se trabaja con los datos del cuadrante E14_1, para este trabajo se utilizan las herramientas que trae el software ArcGIS ArcInfo ver 9.1, es preciso mencionar que la versión 9.0 del software no trae la herramienta "Merge".

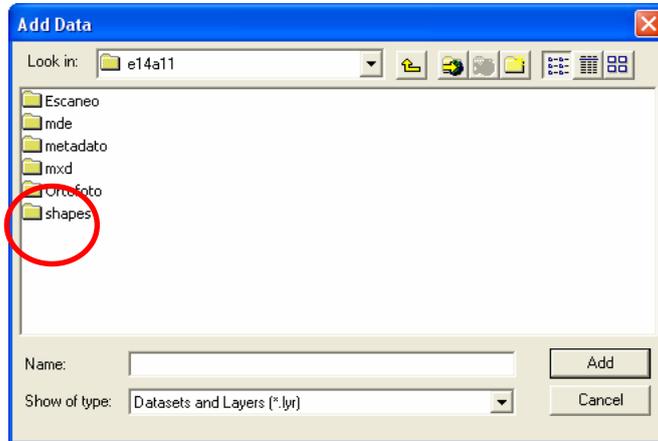
Paso 1: Abrir una sesión de ArcMap-ArcINFO



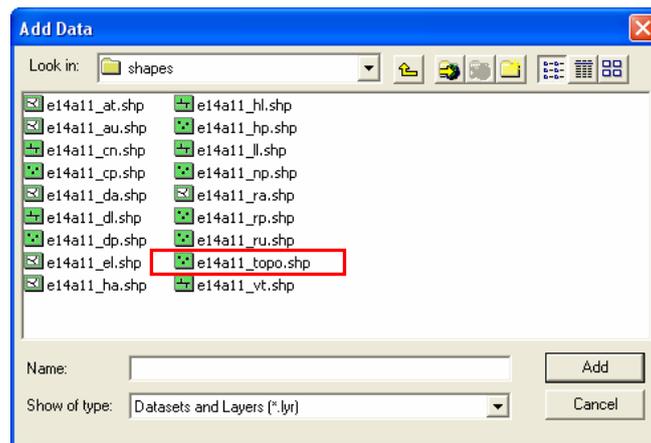
Paso 2: Al dar click al botón "Add Data" se debe de cargar los datos shape file de las cartas a trabajar, para este cuadrante se observan las 12 cartas que lo constituyen



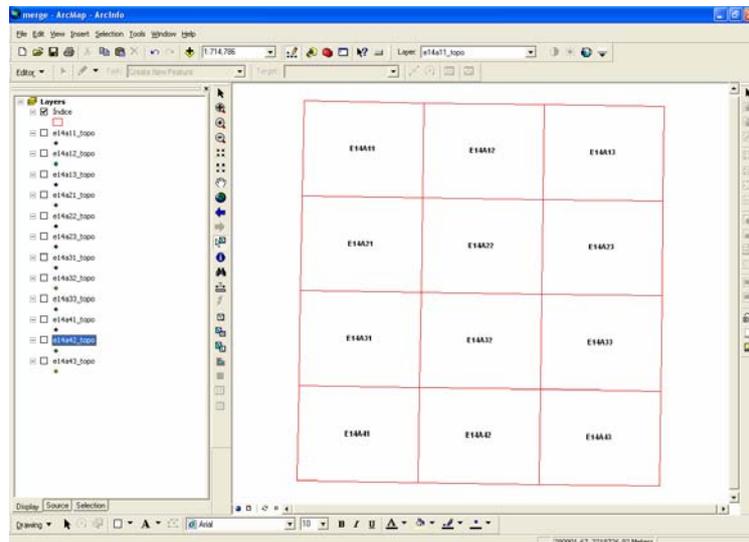
Paso 3: Al entrar a cada una de las cartas se observa la organización de los datos con toda la información considerada dentro del proyecto.



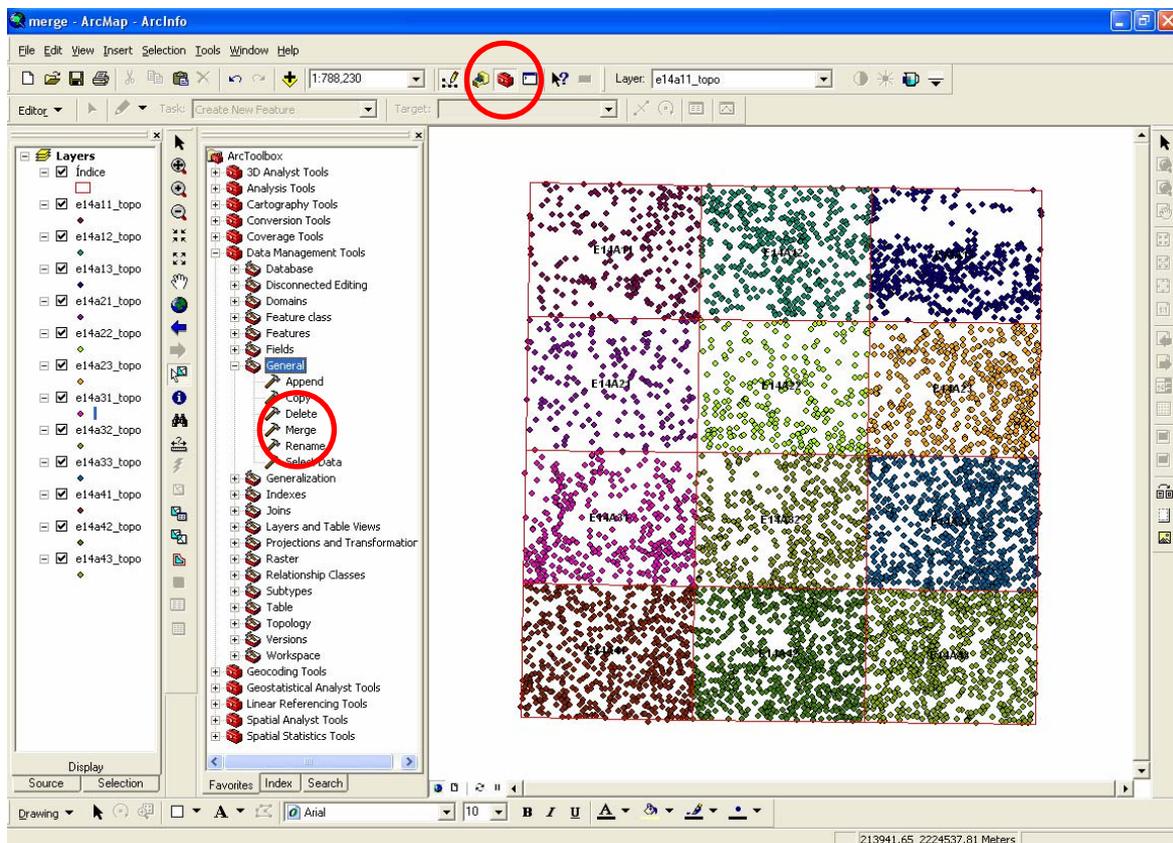
Paso 4: Al dar click a la carpeta de shape de la carta E14A11 se tienen organizados los datos vectoriales, para este ejemplo de unión se tomarán los datos toponímicos, los nombres de los archivos están de acuerdo a la clave de la carta y el tema vectorial correspondiente, ver tabla 13.



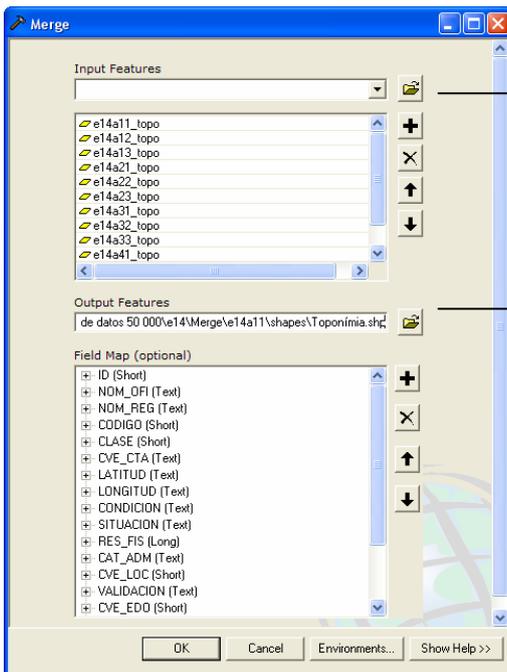
Paso 5: Para verificar la correcta ubicación de cada archivo vectorial, se agrega el índice de este cuadrante, este índice de carta es importante para verificar que cada archivo caiga dentro de la carta correspondiente, se deben de agregar el archivo de toponimia correspondiente a cada carta.



Paso 6: Una vez agregados los archivos de toponimia de cada carta, se debe dar click al botón de “ArcToolBox”, estas herramientas permiten trabajar con geoprocetos, con esto se analiza y se transforman los datos, esta es la herramienta principal que va a unir la información de toponimia de las 12 cartas en un solo archivo.



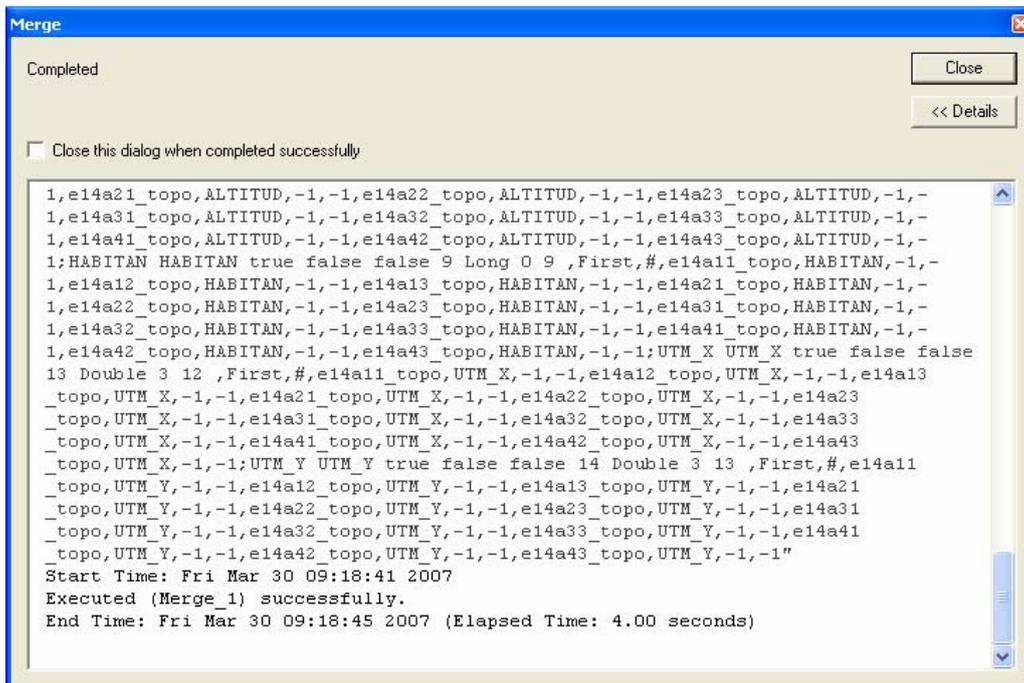
Paso 7: Al abrir la herramienta de unión "Merge", se deben de integrar a esta ventana todos los archivos que se van a unir en uno solo.



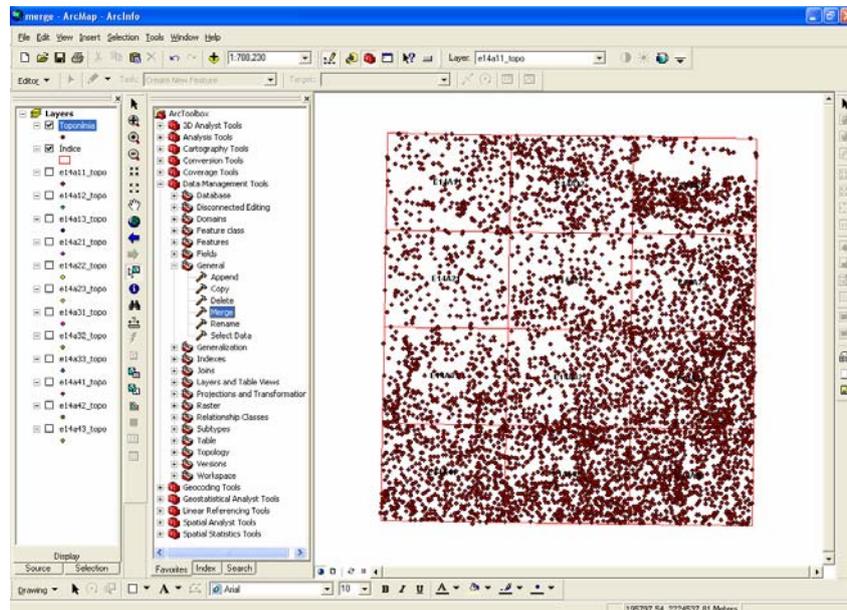
Con este botón se debe de agregar todos los archivos que se pretenden unir

Se debe de indicar la ruta en la computadora donde va a quedar el archivo, así como el nombre que se va a dar al mismo

Paso 8: Esta venta permite observar lo realizado con la herramienta de unión "Merge"



Paso 9: Al termino del proceso se debe agregar el nuevo archivo a la pantalla de desligue para su verificación, este mismo proceso debe aplicar a todos los archivos vectoriales que componen cada cuadrante



Paso 8: Como se puede ver en la ventana, en cada proceso de unión de archivos se debe de dar un nombre preciso a cada archivo de salida, ver tabla 13.

Nombre	Tamaño	Tipo	Fecha de modificación
Área de vegetación o agrícola	2,072 KB	Archivo DBF	04/12/2006 12:31 p...
Área de vegetación o agrícola	1 KB	Archivo PRJ	04/12/2006 12:31 p...
Área de vegetación o agrícola.sbn	62 KB	Archivo SBN	04/12/2006 12:31 p...
Área de vegetación o agrícola.sbx	6 KB	Archivo SBX	04/12/2006 12:31 p...
Área de vegetación o agrícola.shp	10,486 KB	Archivo SHP	04/12/2006 12:31 p...
Área de vegetación o agrícola.shp	7 KB	Documento XML	04/12/2006 12:31 p...
Área de vegetación o agrícola.shx	49 KB	Archivo SHX	04/12/2006 12:31 p...
Área histórica	3 KB	Archivo DBF	04/12/2006 12:14 p...
Área histórica	1 KB	Archivo PRJ	04/12/2006 12:14 p...
Área histórica.sbn	1 KB	Archivo SBN	04/12/2006 12:14 p...
Área histórica.sbx	1 KB	Archivo SBX	04/12/2006 12:14 p...
Área histórica.shp	1 KB	Archivo SHP	04/12/2006 12:14 p...
Área histórica.shp	5 KB	Documento XML	04/12/2006 12:14 p...
Área histórica.shx	1 KB	Archivo SHX	04/12/2006 12:14 p...
Área natural protegida	2 KB	Archivo DBF	04/12/2006 12:27 p...
Área natural protegida	1 KB	Archivo PRJ	04/12/2006 12:27 p...
Área natural protegida.sbn	1 KB	Archivo SBN	04/12/2006 12:27 p...
Área natural protegida.sbx	1 KB	Archivo SBX	04/12/2006 12:27 p...
Área natural protegida.shp	2 KB	Archivo SHP	04/12/2006 12:27 p...
Área natural protegida.shp	3 KB	Documento XML	04/12/2006 12:27 p...
Área natural protegida.shx	1 KB	Archivo SHX	04/12/2006 12:27 p...
Cuerpos de agua	125 KB	Archivo DBF	09/02/2007 05:23 p...
Cuerpos de agua	1 KB	Archivo PRJ	04/12/2006 11:40 a...
Cuerpos de agua.sbn	4 KB	Archivo SBN	09/02/2007 05:23 p...
Cuerpos de agua.sbx	1 KB	Archivo SBX	09/02/2007 05:23 p...
Cuerpos de agua.shp	255 KB	Archivo SHP	09/02/2007 05:23 p...

Es preciso mencionar que para hacer el proceso de unión "Merge" es necesario asegurar que los archivos shapes files tengan algunas características necesarias para su perfecta unión, en los archivos a unir se debe garantizar:

1. Que las tablas de atributos de los archivos sean iguales en números de campos.
2. Los nombres de los campos de la tabla de atributos de los archivos deberán ser iguales.
3. El sistema de coordenadas de los archivos deberán ser iguales.
4. Se debe analizar antes de unir los archivos que los elementos geográficos de los archivos (puntos, líneas y polígonos) sean concordantes con los otros elementos geográficos de las otras cartas.

8.6. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN TIPO RASTER

Una de los componentes principales del proyecto es lo referente al modelo de datos tipo raster, el cual son datos espaciales divididos en celdas, en las que cada una presentan atributos o valores (altitud, reflectancia, uso del suelo etc.) que por lo general son almacenados en una base de datos, en este proyecto están considerados los siguientes elementos raster:

1. Modelos digitales de elevación, los cuales son resultado del procesamiento de la capa de curvas de nivel
2. Modelos digitales de elevación sombreados en grises (modelos sombreados del terreno)
3. Las cartas digitales, resultado de "barrer" las cartas en papel conservando su integridad geográfica.
4. Ortofotos digitales, que son fotografías aéreas ortorectificadas en formato digital con referencia geográfica.

8.6.1 CREACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

Para concretar el proyecto, se necesito crear todos los MDE de las cartas 1: 50,000, con ayuda del software *ArcGIS (ArcINFO Workstation, ver. 9.1)*; dentro de los datos vectoriales de cada una de las cartas, se encuentra la capa de curvas de nivel; esta capa esta constituida por una serie líneas de igual altura, estas fueron la materia prima de los modelos.

Para el procesamiento de los MDE se considero importante la distancia de curvas de nivel, la mayor parte de las cartas a 50 000 poseen curvas de nivel cada 20 metros (ver figura 16), por lo que se decidió construir los modelos con un píxel uniforme a 20 metros.

Para la proyección cartográfica de cada uno de los MDE, se respetó la misma proyección cartográfica que se tenía para el archivo fuente, es decir UTM Proyección Universal Transversa de Mercator en las diferentes zonas en las que se ubica el país: 11, 12, 13, 14, 15, 16.

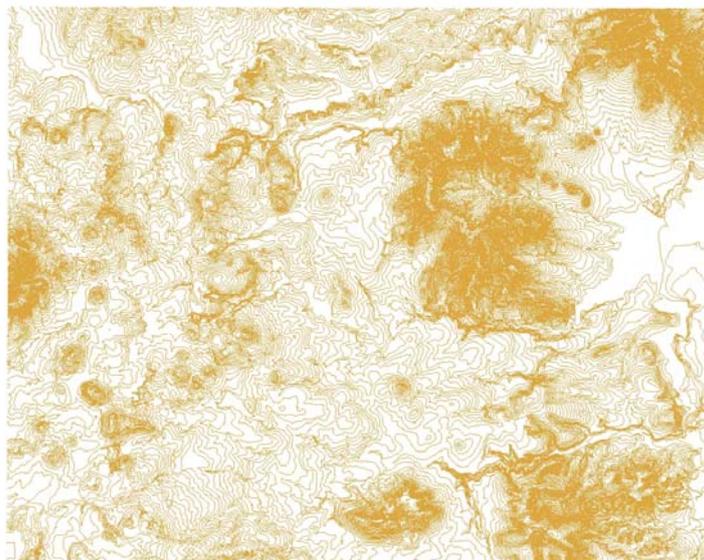


Figura 16. Ejemplo de mapa de curvas de nivel (f14c88)

Diagrama de flujo de los pasos que se llevan a cabo para la generación de Modelos digitales de elevación en el proyecto.

Diagrama de flujo Creación de Modelos Digitales de Elevación

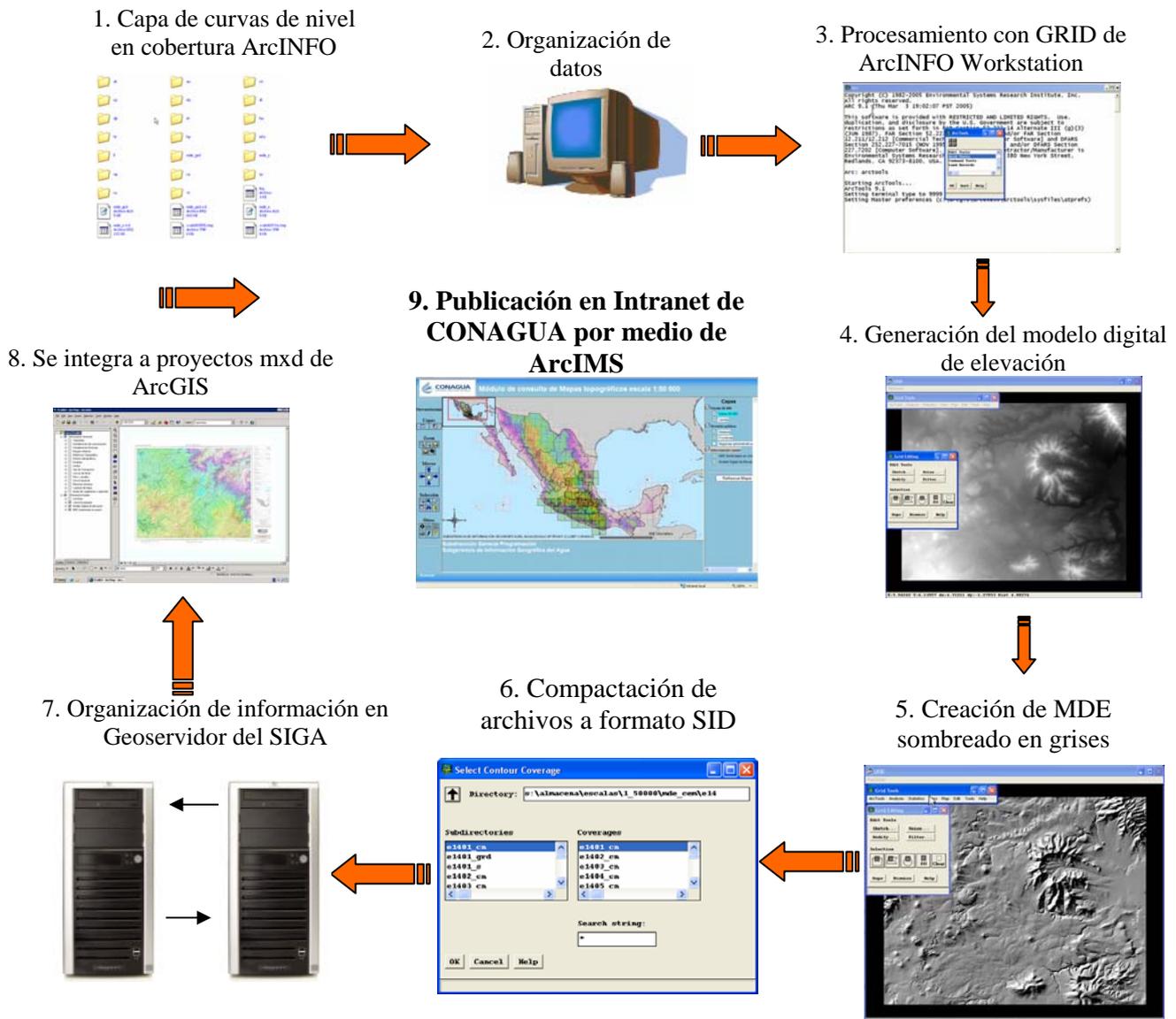


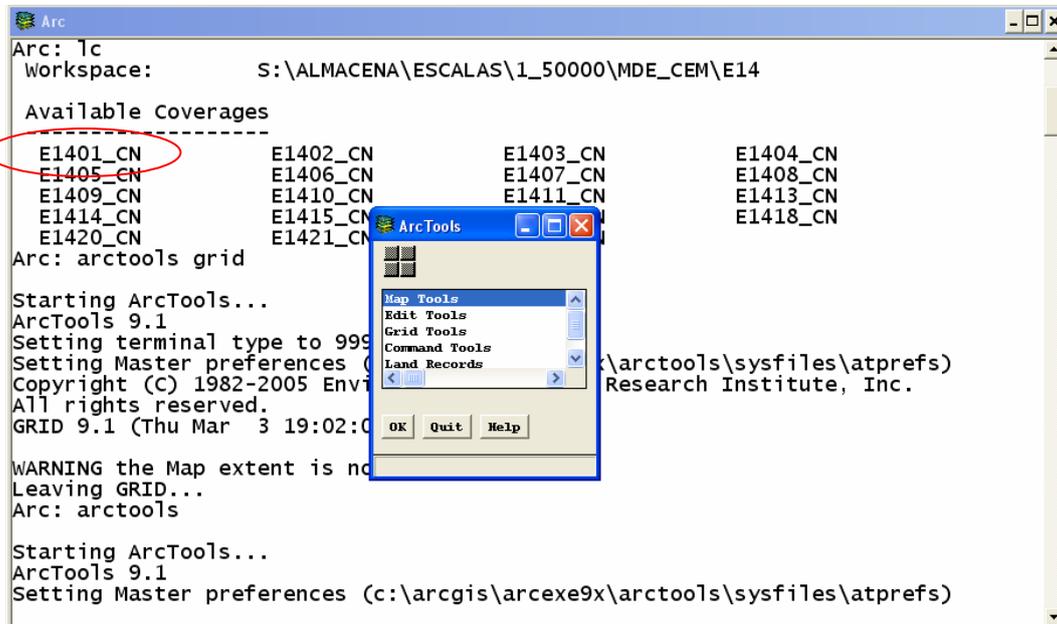
Diagrama 3. Procesamiento del Modelo Digital de Elevación

Existen diversas formas de generar MDE, sin embargo en este proyecto se trabajó con la extensión GRID de ArcINFO Workstation, en esta metodología es necesario tener la información en formato de cobertura ArcINFO con el sistema de coordenadas definido, otro argumento para generar la información de esta forma es que se pueden enviar varios procesos a la vez en el mismo equipo de cómputo, esto va a depender de las características de hardware de las computadoras a utilizar, sin duda otra justificación es la experiencia en el manejo de este software.

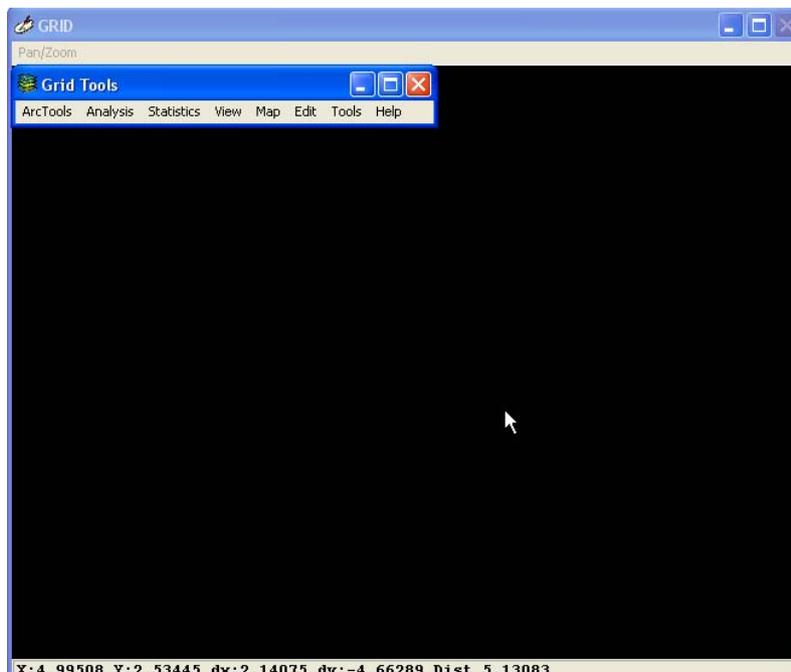
Es muy importante mencionar que trabajar con ArcINFO Workstation no es sencillo su manejo, requiere tener cuidado en varios aspectos como: creación de carpetas de trabajo (workspace), creación de coberturas o GRIDS, cambio de ubicación de carpetas, renombrado de la información, borrado de la misma, etc.; cabe mencionar que el ambiente de trabajo de este programa es parecido a MSDOS por tanto se trabaja con comandos para determinar la acción a realizar, ver tabla 11.

Enseguida se muestran los pasos y comandos para la generación de los modelos digitales de elevación.

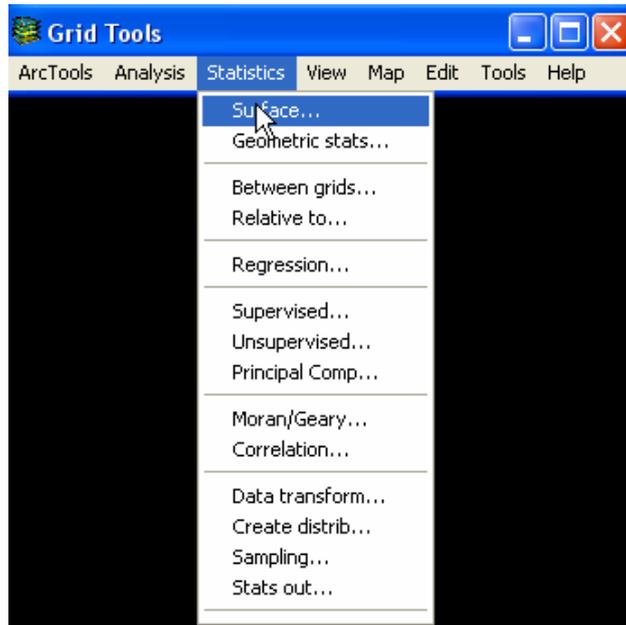
Paso 1: Se ubica dentro de la carpeta de trabajo (workspace) donde esta la capa de curvas, posteriormente se abre una sesión de *ArcInfo workstation*, se escribe el comando "Arctools" esta acción envía una ventana, en ella se debe escoger la opción "Grid Tools", esta permite trabajar con la extensión *GRID* de *ArcINFO* por medio de ventanas parecida al ambiente Windows, se toma como ejemplo la zona E14_1 de acuerdo a la malla de cuadrantes índice grado por grado.



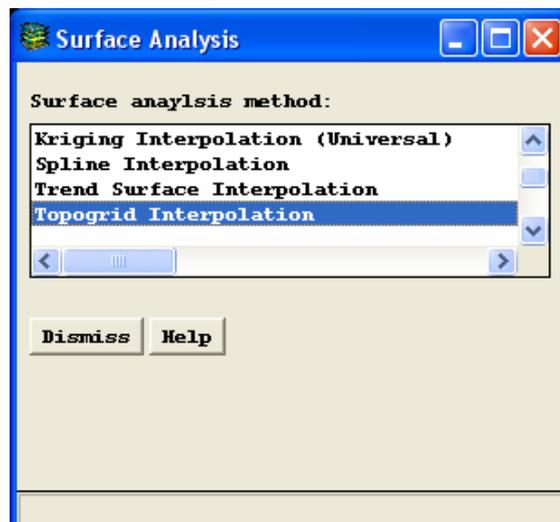
Paso 2: Dentro de la sesión se muestran dos ventanas, la primera es para visualizar la información, la otra es una barra de menús con diversas herramientas para trabajar los datos.



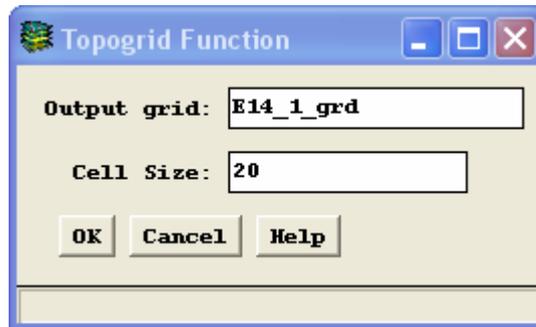
Paso 3: En la barra de menú se elige la opción “Statistics” en ella se presenta diversas herramientas, se escoge el menú “Surface” la cual presenta métodos de análisis de superficie.



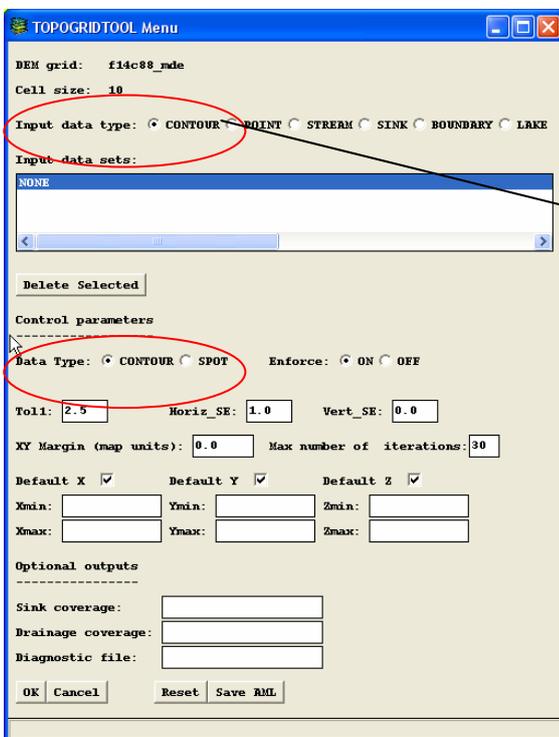
Paso 4: Se escoge la herramienta “Topogrid Interpolation”, con ella se construyen los MDE en el software



Paso 5: En esta ventana se debe indicar el nombre del archivo de salida así como el tamaño de celda del MDE a construir, en este ejemplo se va a crear el MDE del cuadrante E14_1_grd en el tamaño de la celda o pixel se escribe 20 metros.



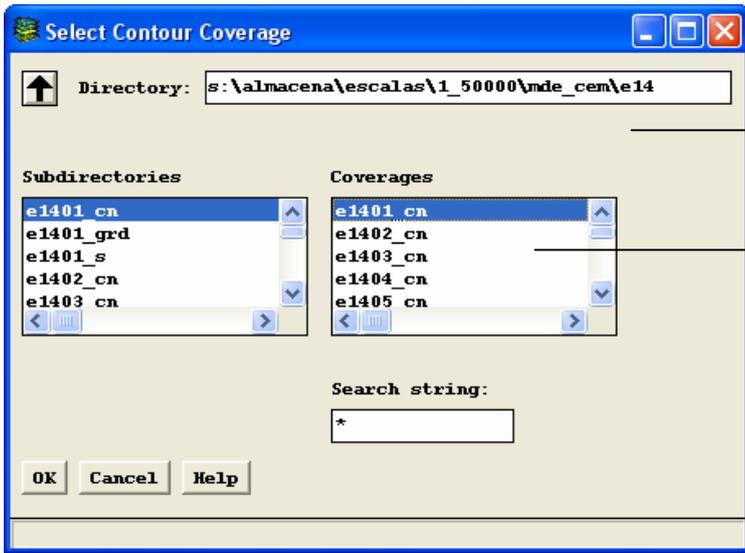
Paso 6: En la siguiente ventana, se debe indicar el tipo de información base que se va a utilizar para la generación del MDE. En este proyecto todos los modelos son construidos con el tema de curvas de nivel de cada una de los cuadrantes.



En esta ventana se selecciona el tipo de dato de entrada, se escoge "Contour".

Se debe posicionar el cursor dentro de la opción de "Contour" y dar clic con el botón derecho esta acción enviará otra ventana.

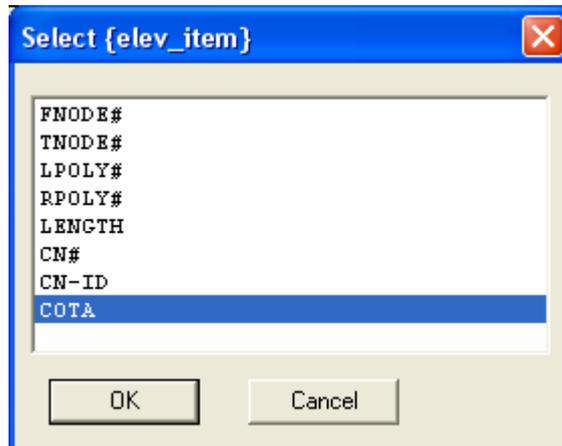
Paso 7: Se procede a indicar cual es la cobertura ArcINFO que se utilizará para la creación del MDE, se escoge el tema “E14_01_cn” el cual contiene las curvas de nivel de este cuadrante.



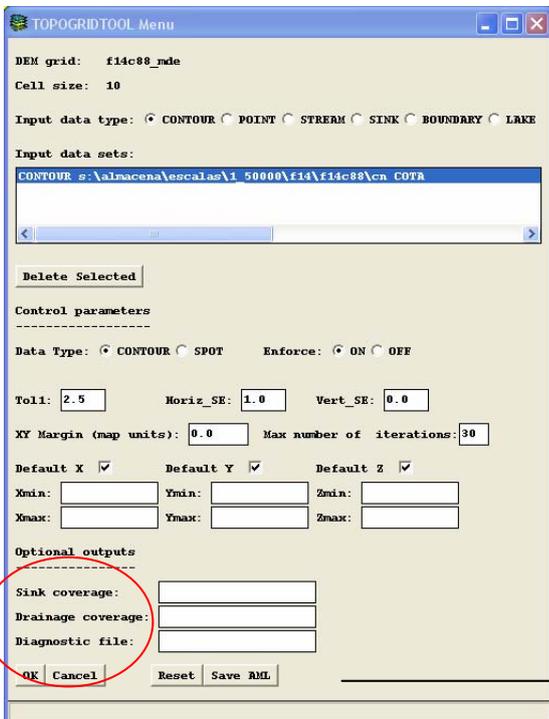
Ubicación del tema de curvas de nivel dentro del equipo de cómputo.

Conforme al proceso de conversión de formato, todos los temas de curvas de nivel se reconocen como “cn”

Paso 8: En esta ventana es importante escoger dentro de la tabla de atributos de la capa de curvas de nivel el campo que contiene los datos de altura y se selecciona el campo “COTA”, el cual contiene los datos de altura para la creación del modelo.



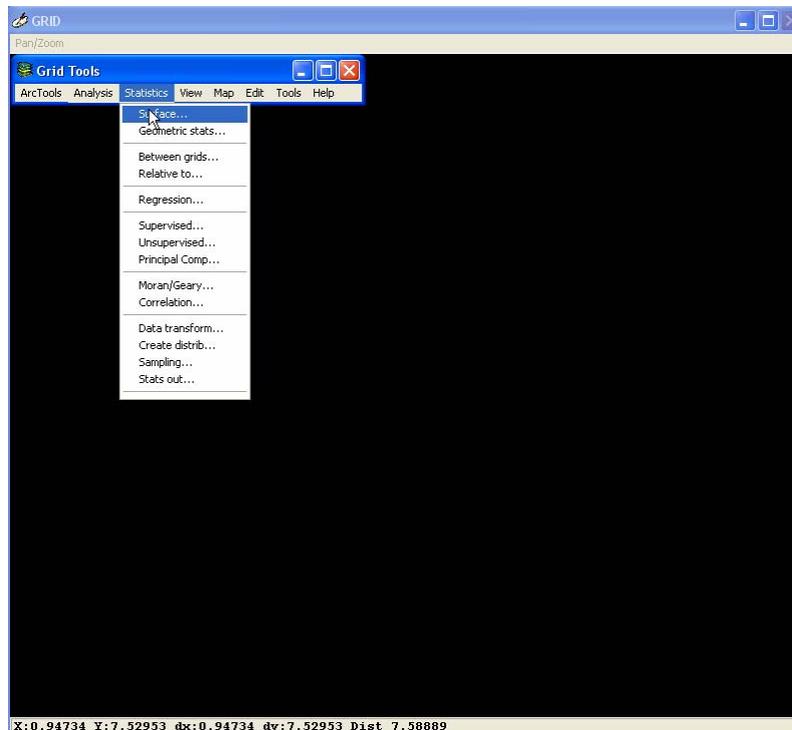
Paso 9: Una vez agregado los datos anteriores, se recomienda no cambiar la información de las otras opciones de la pantalla, se da click en “ok” y se comienza el proceso de construcción del MDE, aproximadamente tarda de 4 a 5 horas, esto depende de las características del equipo de cómputo.



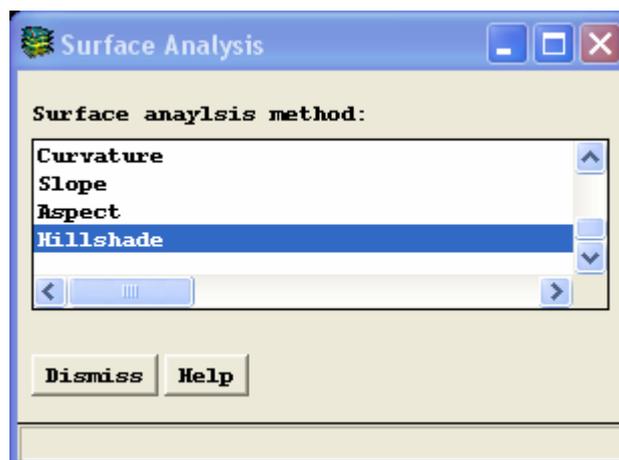
Estas opciones de salida, están referidas a los procesos hidrológicos del mde, para los fines de este proyecto no se utilizan estos parámetros

Cuando se termina de procesar el modelo digital de elevación se procede a realizar el proceso llamado “Hillshade¹⁹”, esta opción permite procesar el modelo resultante para crear otro MDE sombreado en escalas de grises.

Paso 1: Se selecciona la opción “Statistics”, y se escoge nuevamente el menú “Surface”.

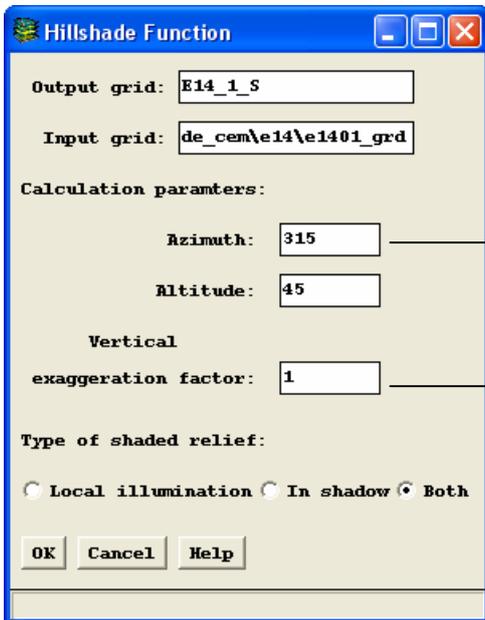


Paso 2: Ahora se selecciona la opción de “Hillshade”, esta permite procesar el MDE y crear un MDE sombreado en grises, este producto permite hacer un mejor análisis de superficie del terreno y apreciar gráficamente su superficie y las geformas del terreno.



¹⁹ Hillshade es el proceso que permite aplicar un sombreado en grises al mde, con ello se resalta el relieve de la zona en forma gráfica, este permite hacer un análisis de superficie del terreno y apreciar la geomorfología del lugar.

Paso 2: En esta ventana se debe de indicar el archivo de salida o también llamado (grid), posteriormente se indica cual va hacer el MDE a procesar (input), las demás opciones nos permiten calcular el tipo de parámetros de sombreado del modelo, en este proyecto los parámetros no van a cambiar y serán los marcados por definición, debido a que no se necesitan fuentes especiales de iluminación.



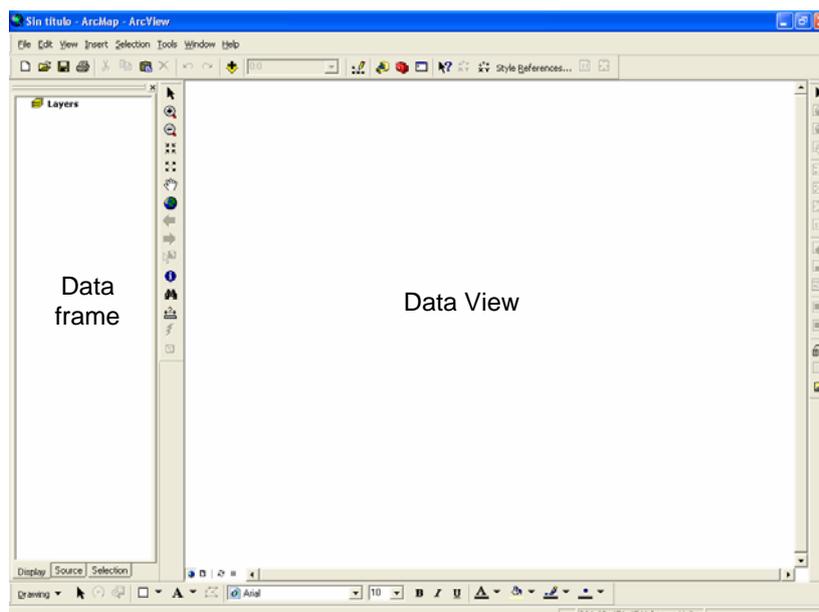
Las opciones de salida, están referidas a las características de iluminación de los mde, estas se modifican cuando se requiere representar en el mde alguna iluminación especial o requerida para algún análisis.

El factor de escala se utiliza para dar más realce a las geoformas del terreno.

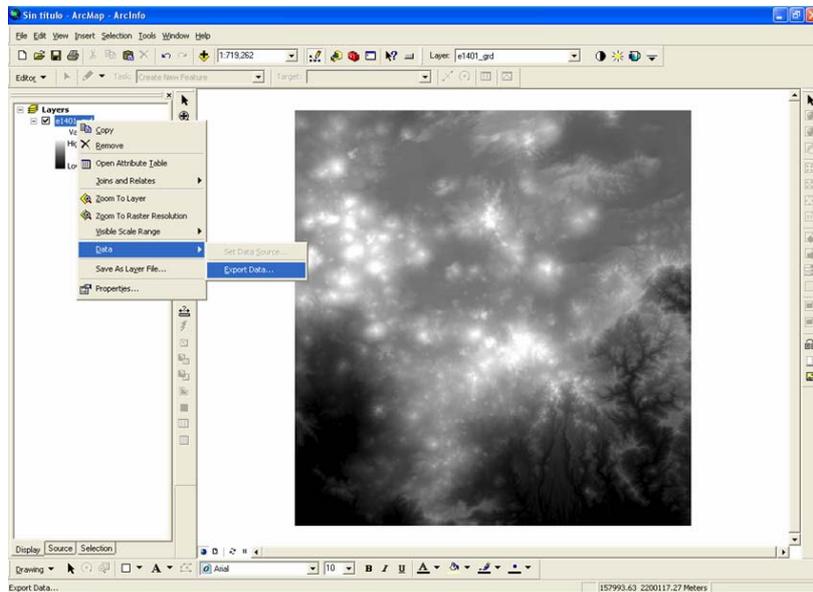
Cuando ya esta listo el MDE y su correspondiente sombreado en grises, se procede a comprimir los archivos raster con el software ERDAS Image; para poder realizar este proceso es preciso convertir los archivos de formato GRID de ArcINFO a formato IMG de ERDAS, para su posterior compactación.

A continuación se describe los pasos para convertir los modelos en formato GRID a formato IMG de ERDAS para su posterior compactación.

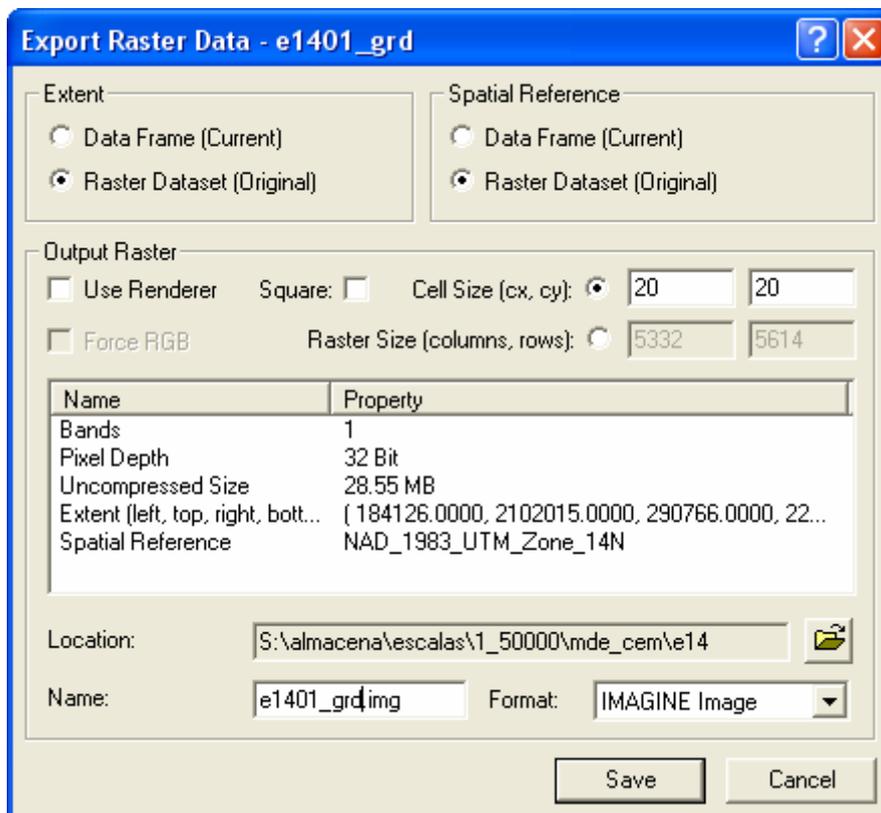
Paso 1: Abrir una sesión de Arcview-ArcMap



Paso 2: Se adiciona el MDE E14_1_grd dentro del “Data frame” para visualizarlo dentro del Data view (vista del arcview), una vez seleccionado el modelo, se da clic con el botón derecho con el cual se muestra un submenú, se escoge “Export” el cual permite cambiar de formato el archivo de salida.

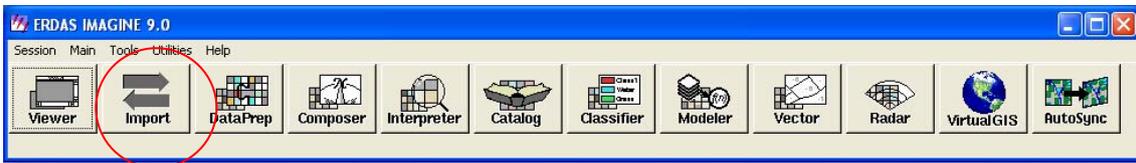


Paso 3: Esta ventana permite escoger el tipo de archivo de salida (IMG), así como ubicar y nombrar el archivo de salida (E1401_grd.img), este procedimiento se aplica igualmente al archivo de sombreado en grises de la misma clave.

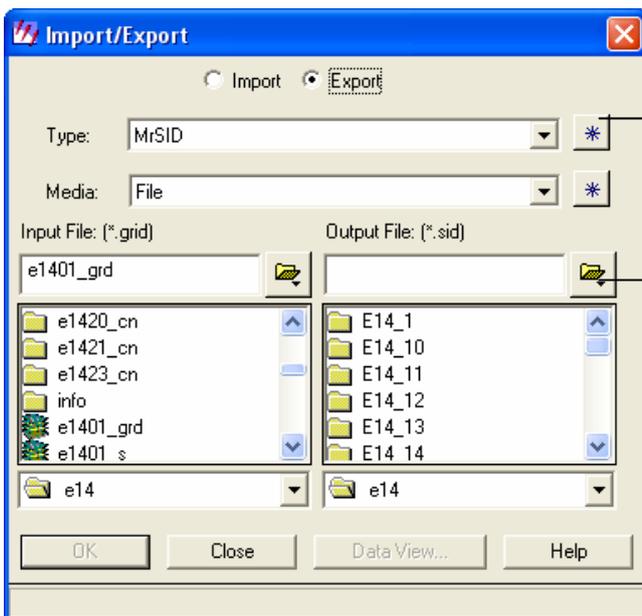


Paso 4: Una vez que se tiene el modelo digital de elevación y el sombreado en grises en formato IMG de ERDAS, se procede a su compactación, es decir convertirlos a formato SID, este formato es compatible con todos los programas de la empresa ESRI.

Para el proceso de compactación de archivos se utiliza el software ERDAS Image versión 9.0, dentro del programa se utiliza la herramienta de importar y exportar del software.



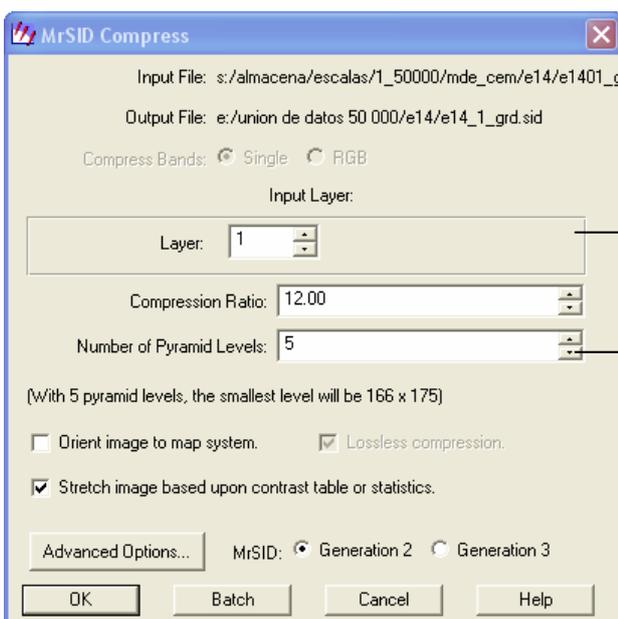
Paso 4: En esta ventana se escoge la opción de exportar un archivo, posteriormente se debe de indicar el tipo de archivo al que se requiere exportar.



En esta ventana se selecciona el formato de salida, formato SID

En estas dos ventanas se selecciona los archivos de Input, y Output, en la primera opción se selecciona el archivo de entrada y en la otra el formato se salida, asimismo para las dos se deberá especificar la ubicación deseada dentro de la computadora.

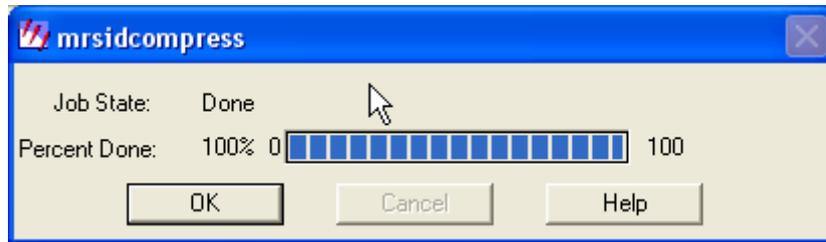
Paso 5: En esta ventana se debe especificar el porcentaje de compresión de los archivos IMG, para este proyecto los demás parámetros se deja los valores por default.



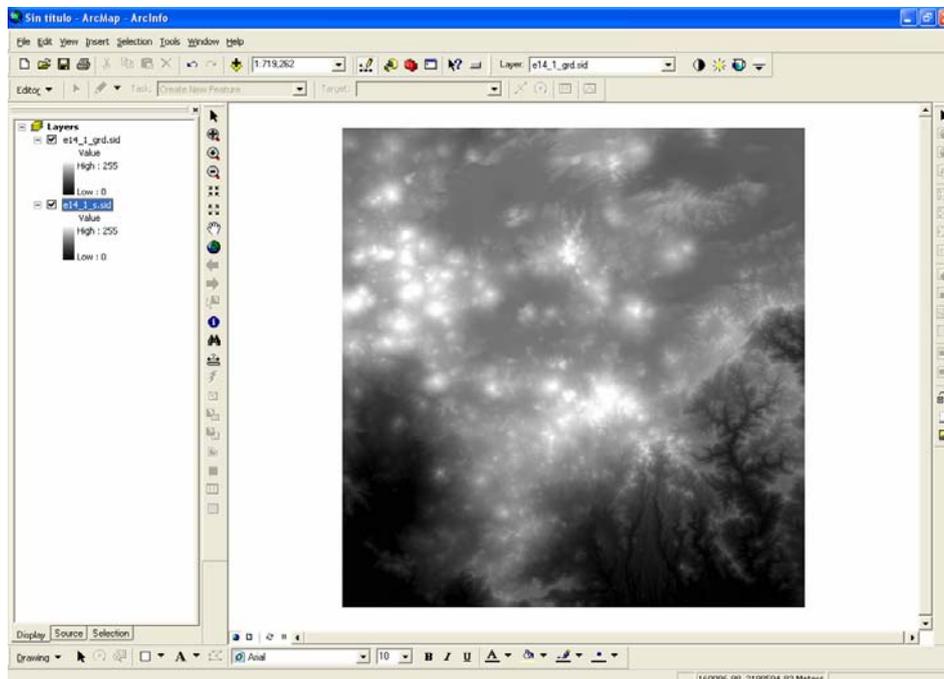
En esta ventana se debe especificar el tipo de compresión a realizar, este 12 esta se refiere a la compactación. De acuerdo a las diversas pruebas realizadas este porcentaje es adecuado visualización en la WEB.

En toda información raster el despliegue dentro de la pantalla de la computadora se dificulta, debido al tipo de estructura del que esta hecho, por tanto el software creó lo que se denomina pirámides entre más existan se facilita el despliegue de la información en la pantalla

Paso 6: En esta ventana se observa el porcentaje del trabajo realizado por el software, se puede ver que ha terminado de procesar el archivo mde_grd.img, este procedimiento se debe hacer también con el archivo mde_s para tener los dos archivos compactados.



Paso 7: Para verificar el archivo saliente resultado de la compactación, se adicionan los archivos dentro de una ventana de Arcview para su despliegue y análisis visual.



Esta metodología es aplicada para la generación de todos los modelos digitales del terreno del proyecto, algo importante de mencionar es que en las cartas escala 1:50 000 la separación de cotas varía de 10 y 20 metros, sin embargo se decidió homogeneizar este píxel a 20 metros en todos los MDE con fines de estandarización en el proyecto.

8.6.2 DEFINICIÓN DE PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA Y CAMBIO DE FORMATO A CARTAS DIGITALES

Otra componente del proyecto módulo de consulta, lo conforman las cartas digitales, estas son cartas en papel escaneadas y convertidas en formato digital bajo normas específicas para conservar sus propiedades geográficas, las cuales están georreferenciadas lo que permite sobreponerlas con otra información.

Diagrama de flujo Procesamiento de cartas digitales

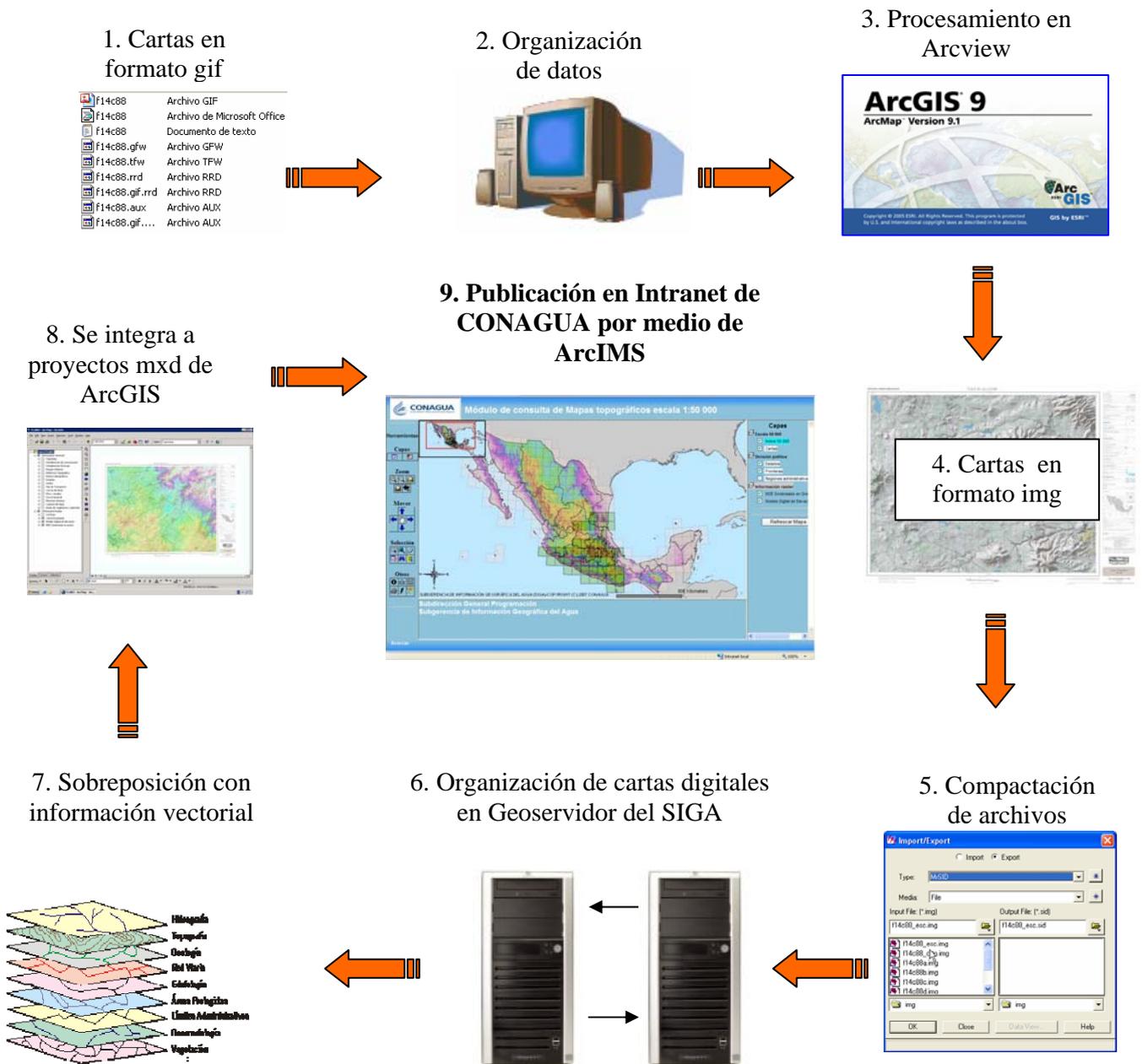
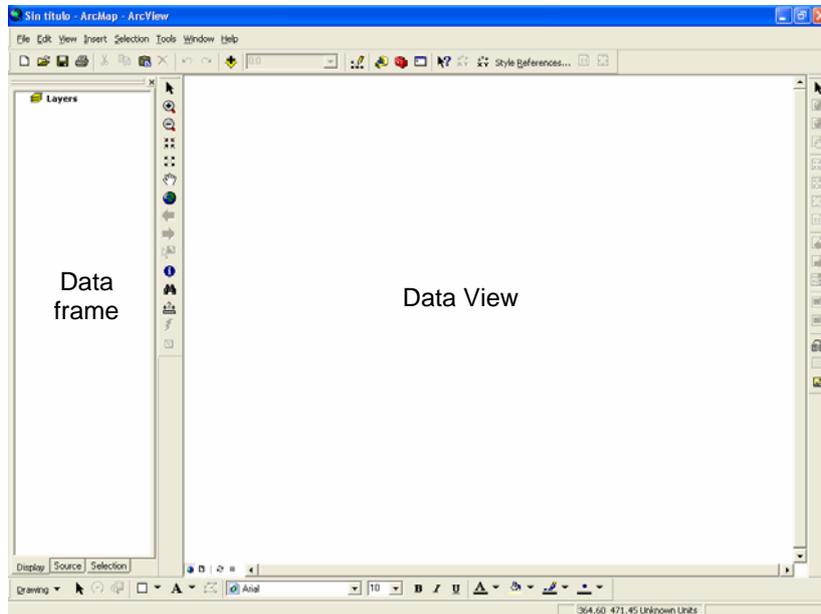


Diagrama 4. Procesamiento de carta escaneada digital

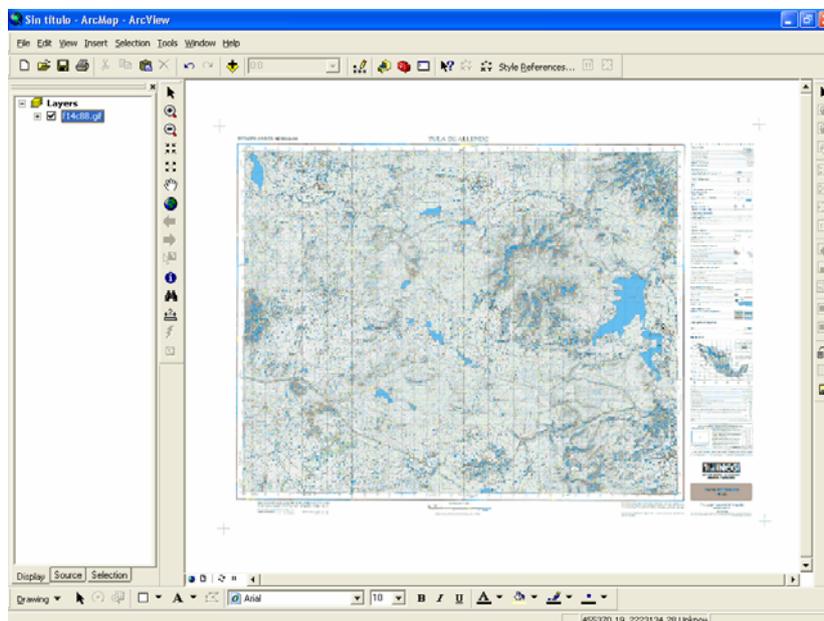
En este proceso se utilizó el software ArcView debido a que cuenta con las herramientas necesarias para este fin, sin embargo cabe aclarar que existen otros tipos de software que

permiten trabajar este tipo de archivos raster. Para describir este proceso se describirán los pasos a seguir para este fin, como ejemplo se utilizará la carta f14c88 Tula de Allende.

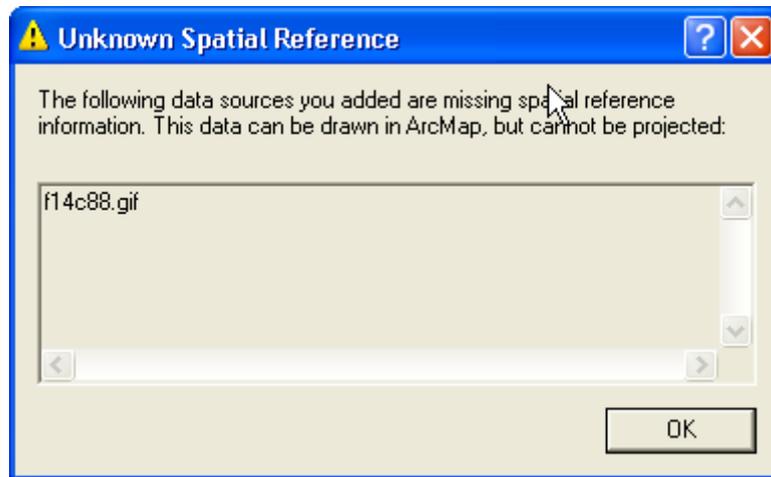
Paso 1: Abrir una sesión de ArcMap-Arcview



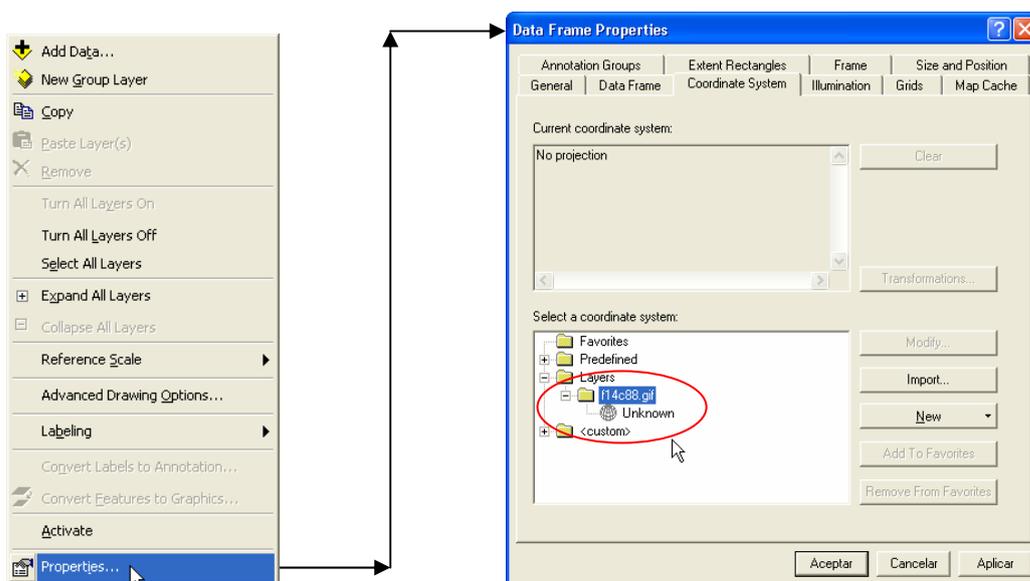
Paso 2: Adicionar la imagen de la carta f14c88 “Tula de Allende” dentro del “Data frame” para ser visualizada dentro del Data view (vista del arcview), existen dos formatos digitales utilizados por el INEGI, para este proyecto, vamos a seleccionar el formato GIF.



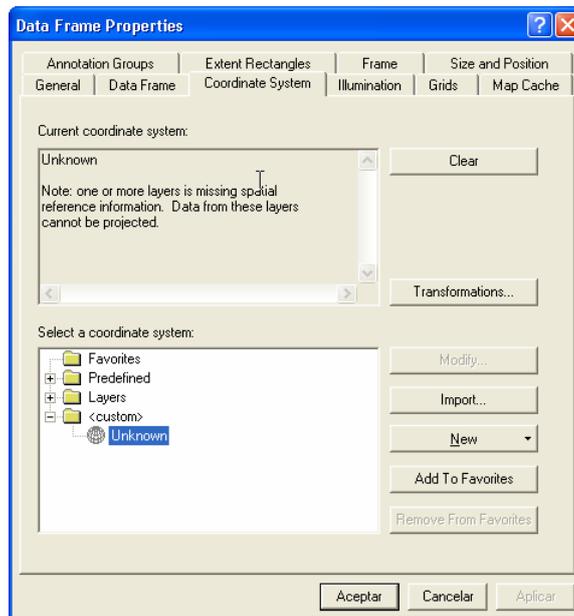
Paso 3: Cuando se agrega la carta, el software detecta que no tiene definida la proyección cartográfica correspondiente, por lo tanto manda un mensaje de alerta que indica que la información cargada dentro de la vista de Arcview tiene perdida la referencia espacial, esta información puede ser dibujada en la vista pero no puede ser proyectada geográficamente.



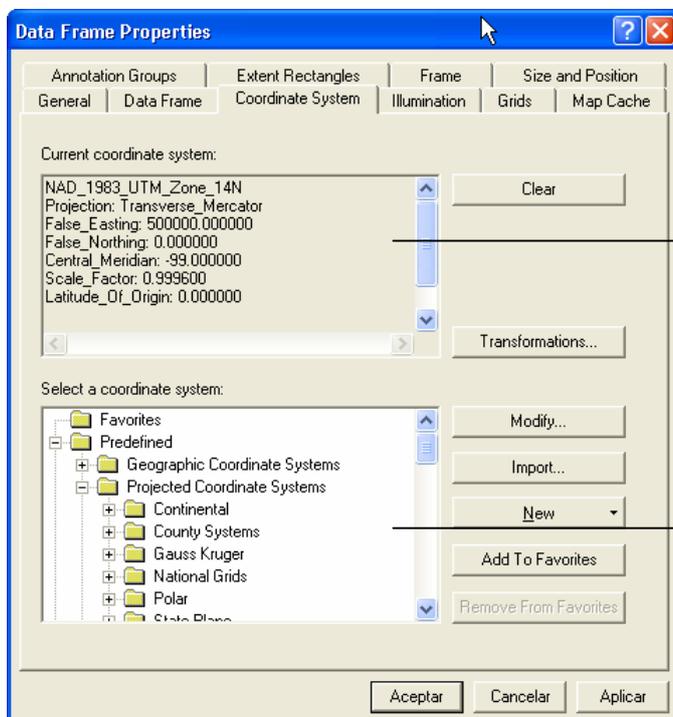
Paso 4: Estas cartas tienen la proyección cartográfica, pero el software Arcview no reconoce el archivo GFW que contiene la georreferencia de la imagen original, para corroborar esto se consulta las propiedades del "Data frame" en donde se puede detectar este problema, en la siguiente imagen podemos observar que el archivo de georreferencia de la carta no es reconocido por el software.



Paso 5: Para corregir la georreferencia, el software puede definirla de varias formas, una de ellas permite alterar la proyección cartográfica dentro del "Data frame" y posteriormente heredar esta georreferencia al exportar el archivo GIF a otro formato.



Paso 6: Esta etapa del proceso es muy importante, ya que en ella se va a definir la proyección cartográfica de la carta f14c88, esto permitirá que pueda ser ubicada geográficamente y así sobreponerla con otras capas geográficas dentro del Arcview. La siguiente ventana sirve para definir la proyección cartográfica así como el datum en que se encuentra esta carta, en este ejemplo se tiene la proyección UTM en la zona 14 con el datum ITRF92, con esta información se definen los datos solicitados en la siguiente ventana.

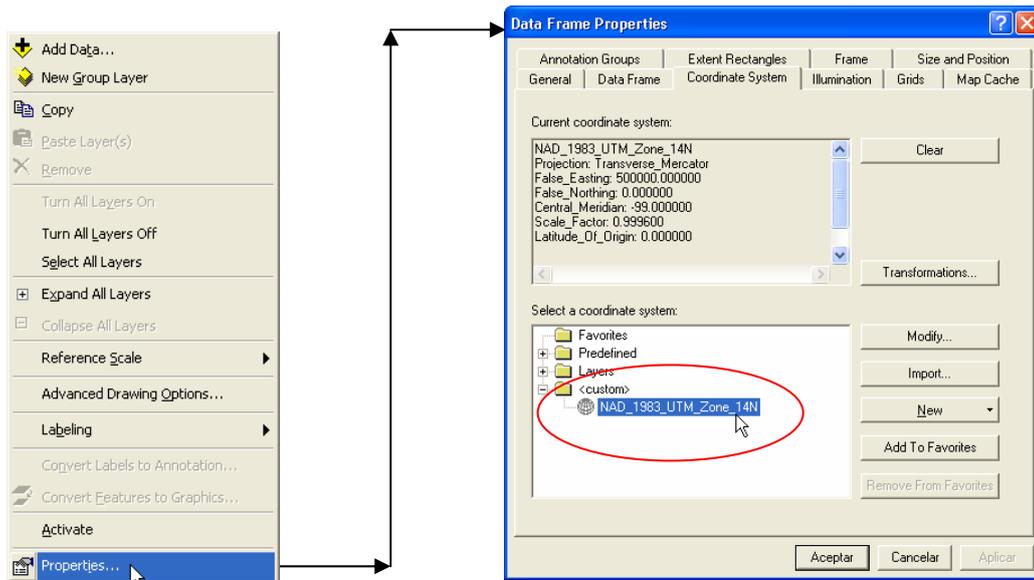


Una vez definidos estos datos se verán reflejados en esta ventana, para terminar se da clic al botón aplicar y posteriormente clic al botón de aceptar

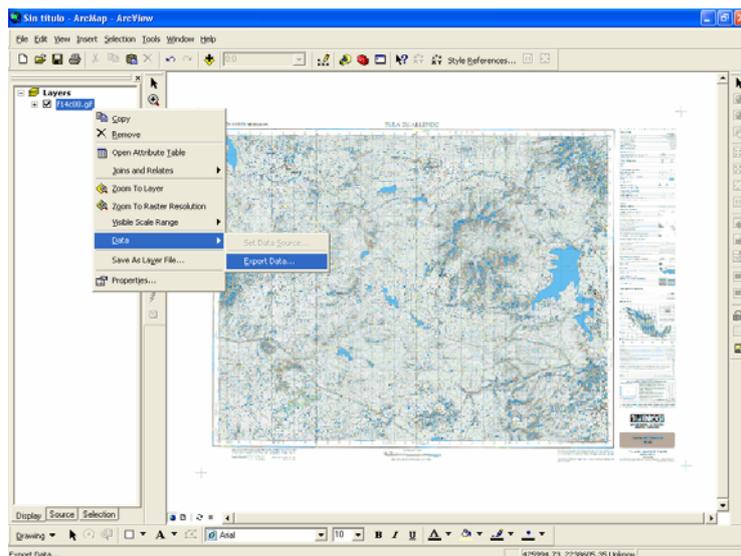
Dentro de esta ventana se deben escoger los datos de georreferencia de la carta a trabajar, en este ejemplo son: proyección UTM, zona 14N, con el datum ITRF92

Con estos pasos se ha definido la proyección cartográfica del “Data frame”, se debe tener cuidado, no se ha creado todavía el archivo PRJ de la proyección de la carta f14c88 que se ha desplegado en la vista.

Paso 7: Como se puede apreciar dentro de las propiedades del “Data frame”, ya esta definida la proyección que tiene la carta f14c88, en este momento se puede exportar la información y hacer el mismo proceso a todas las cartas que contengan los mismos parámetros cartográficos, es decir que estén en proyección UTM, zona 14N y que tengan el datum ITRF92



Paso 8: Una vez adicionada la carta y ya que se ha definido la proyección de esta dentro del “Data frame”, se podrá exportar la información al formato IMG de ERDAS para su posterior compactación.



Paso 9: En esta ventana se escriben los valores para exportar la información, con este proceso se realizan dos acciones, por un lado se hereda la referencia espacial del "Data frame" que es la adecuada para esta carta y por otro se cambia el formato de la carta digital; este archivo permite compactar esta imagen con el software ERDAS utilizando la herramienta llamada MRSID.

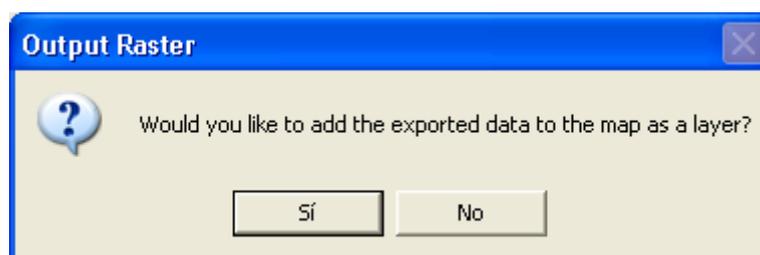
Dentro de esta ventana se escoge la referencia espacial del "Data Frame" el cual ya tiene definida la proyección adecuada para la carta a exportar

Se elige una carpeta de trabajo en la computadora en donde se va a depositar la información exportada

En esta ventana se selecciona el formato de salida, formato IMG de ERDAS

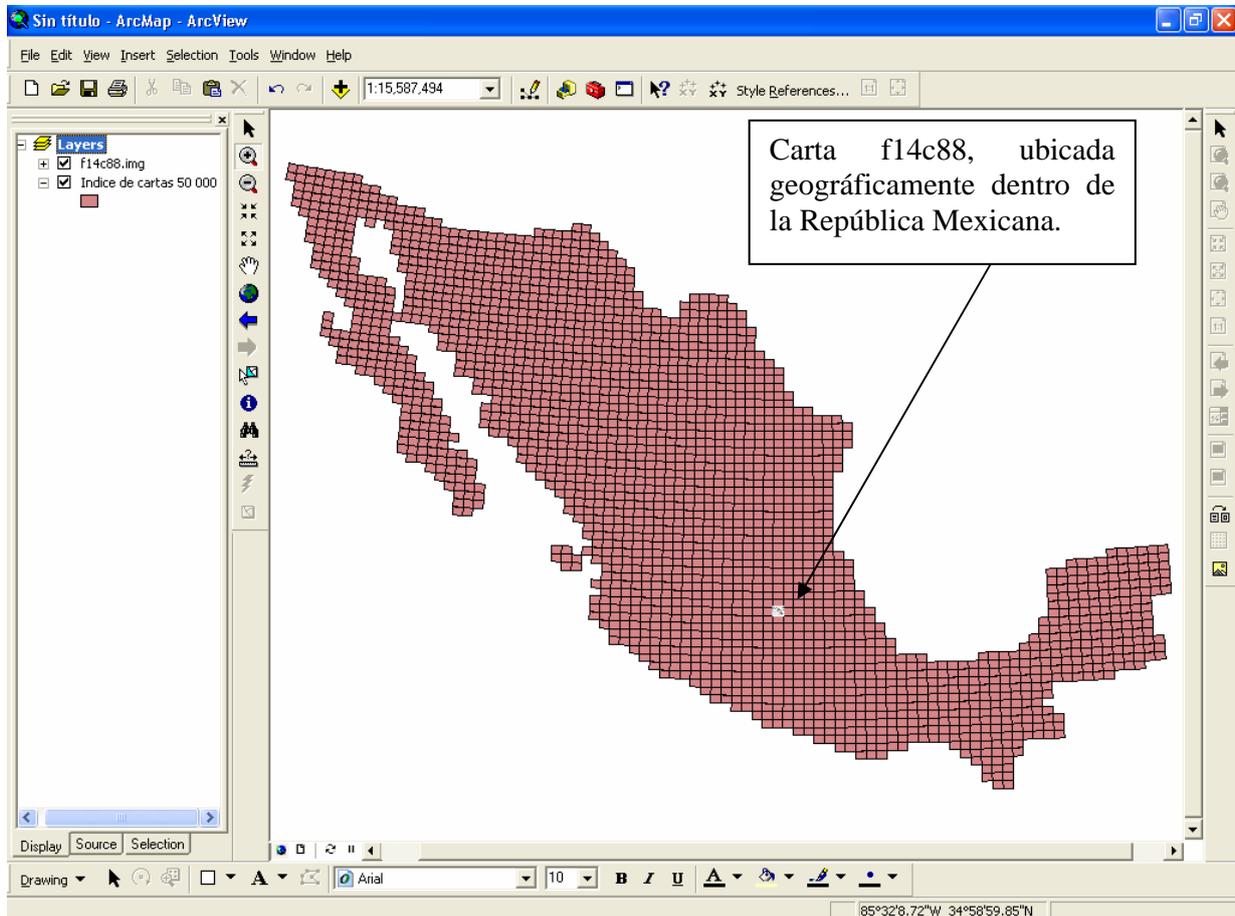
Se determina el mismo nombre de la carta que se esta trabajando en el ejemplo

Paso 10: Una vez terminada la exportación el programa envía el siguiente mensaje:



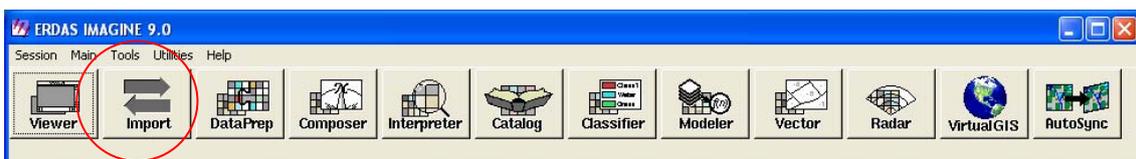
Este indica si se quiere adicionar esta información a la vista en donde se esta trabajando.

Paso 11: Con este paso se termina este proceso de georreferenciación de la carta digital f14c88 Tula de Allende, esta información ya puede ser sobrepuesta con otro tipo de información geográfica, como se puede apreciar en la siguiente imagen.

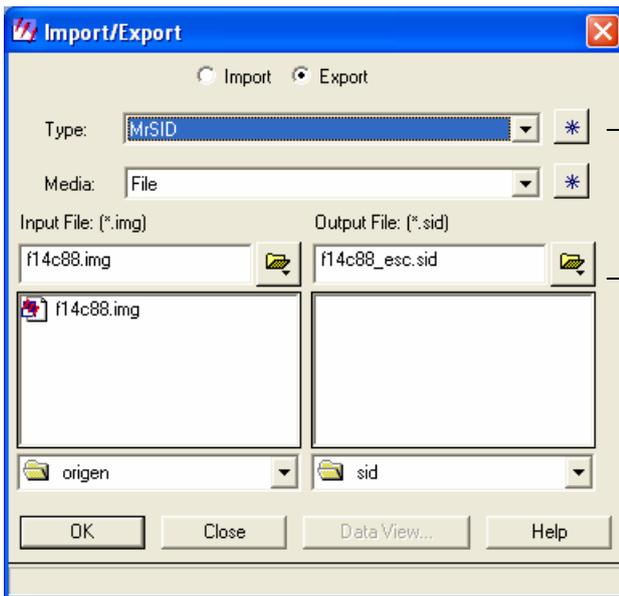


Paso 12: Una vez que se tiene la carta digital en formato IMG de ERDAS, se procederá a su compactación, es decir convertirlo a formato SID, como se menciona anteriormente este formato es compatible con todos los programas de la empresa ESRI.

Para el proceso de compactación de archivos se utiliza el software ERDAS Imagine versión 9.0, dentro de este programa se utiliza la herramienta de importar y exportar del software ERDAS.



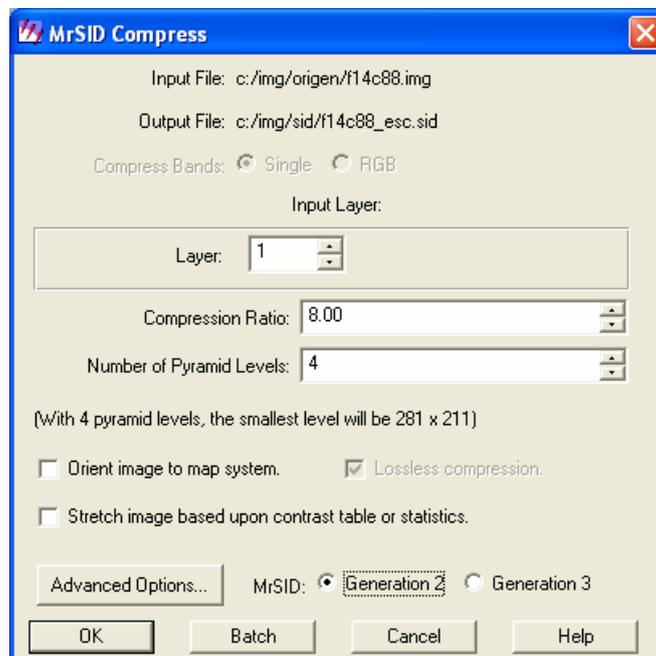
Paso 13: En esta ventana debemos de especificar la opción exportar archivo, posteriormente se debe especificar el archivo de salida tipo SID.



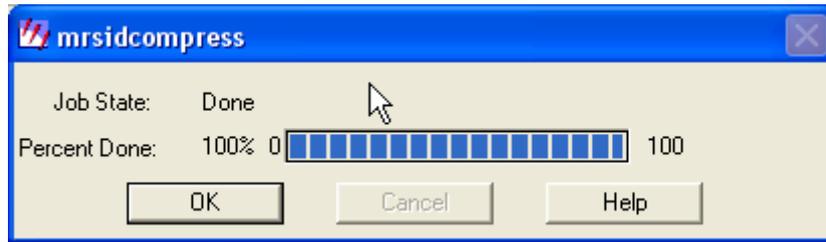
En esta ventana se selecciona el formato de salida, formato SID

En estas dos ventanas se selecciona los archivos de Input, Output, en la primera opción se selecciona el archivo de entrada y en la otra el formato se salida, asimismo para las dos se deberá especificar la ubicación deseada dentro de la computadora.

Paso 14: Esta ventana en donde se debe especificar el tipo de compresión requerido, se dejan los valores por default, sin embargo se debe especificar que el formato SID de salida sea de 2 generación, esto debido a que la tercera generación presenta problemas de compatibilidad con el ArcIMS ver. 9.1



Paso 15: En esta ventana se puede apreciar el porcentaje del trabajo realizado por el software, al termino del proceso se envía una ventana como la siguiente.



8.6.3 INTEGRACIÓN DE ORTOFOTOS DIGITALES ESCALA 1:20 000

Las ortofotos digitales son otra componente del proyecto módulo de consulta, estas son fotos aéreas ortorectificadas donde se han eliminado las deformaciones causadas por la óptica de la cámara y el desplazamiento aparente de los objetos del terreno en el momento de la toma fotográfica y convertidas a formato digital bajo normas específicas para conservar sus propiedades geográficas.

Es importante mencionar que una carta de escala 1:50 000 esta conformada por 6 ortofotos a escala 1:20 000 de acuerdo al sistema cartográfico del INEGI y en cuadrante de 1° por 1° se necesitan 72 ortofotos. (Esto va a depender de la zona en donde se ubique el cuadrante)

Diagrama de flujo Procesamiento de Ortofotos digitales

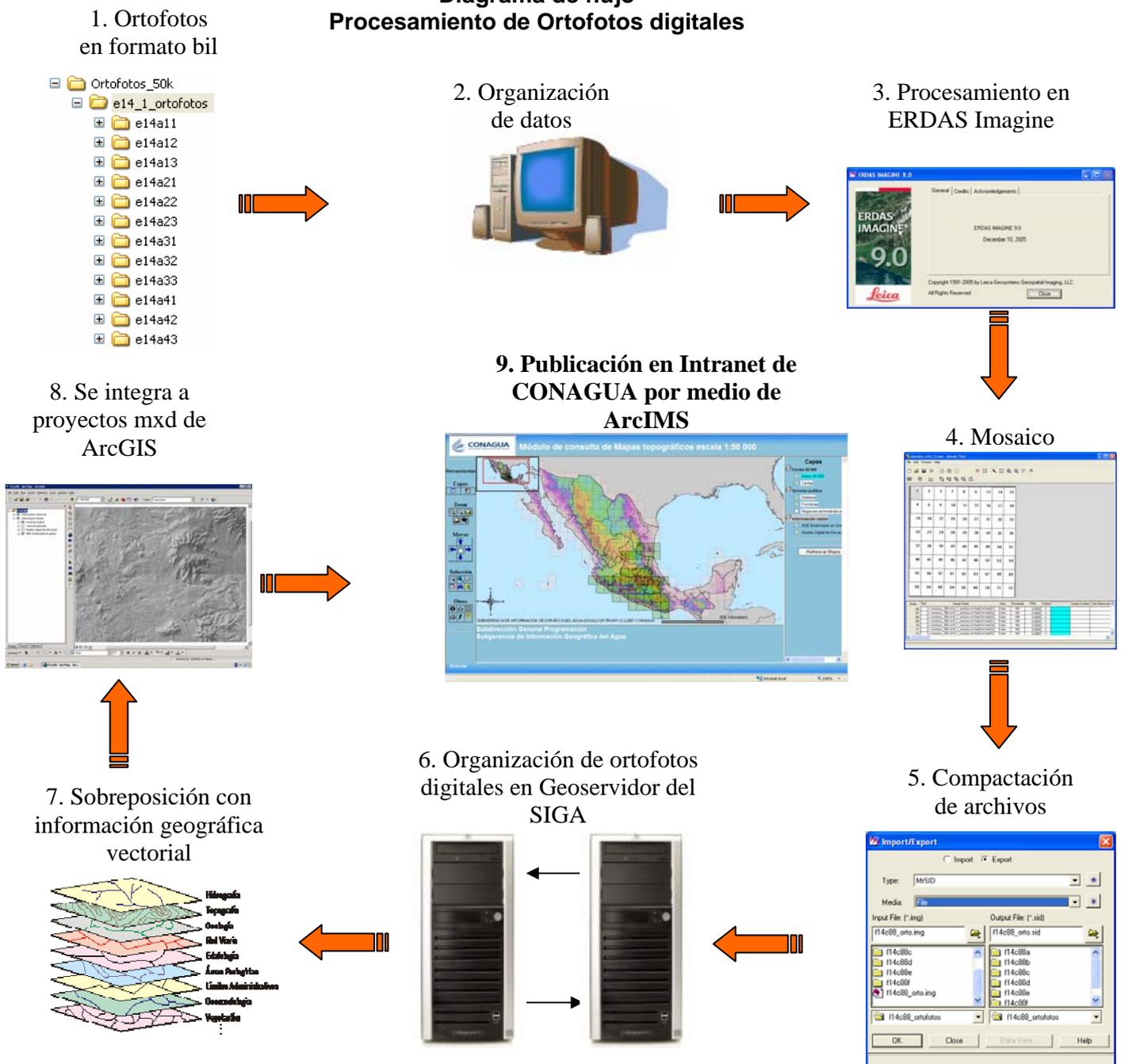
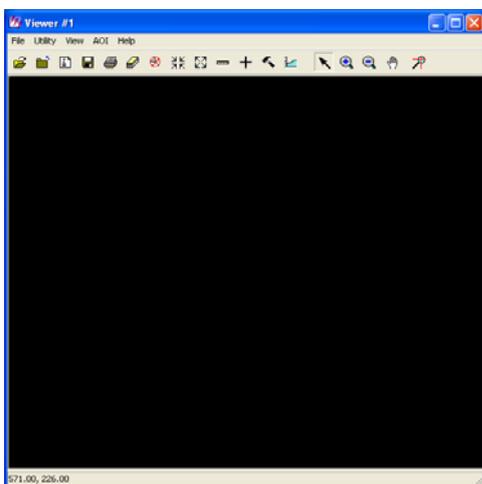
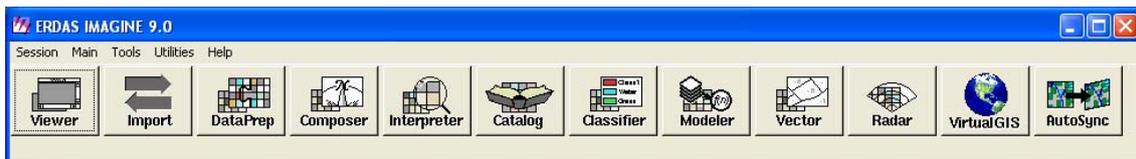


Diagrama 5. Procesamiento de ortofotos digitales

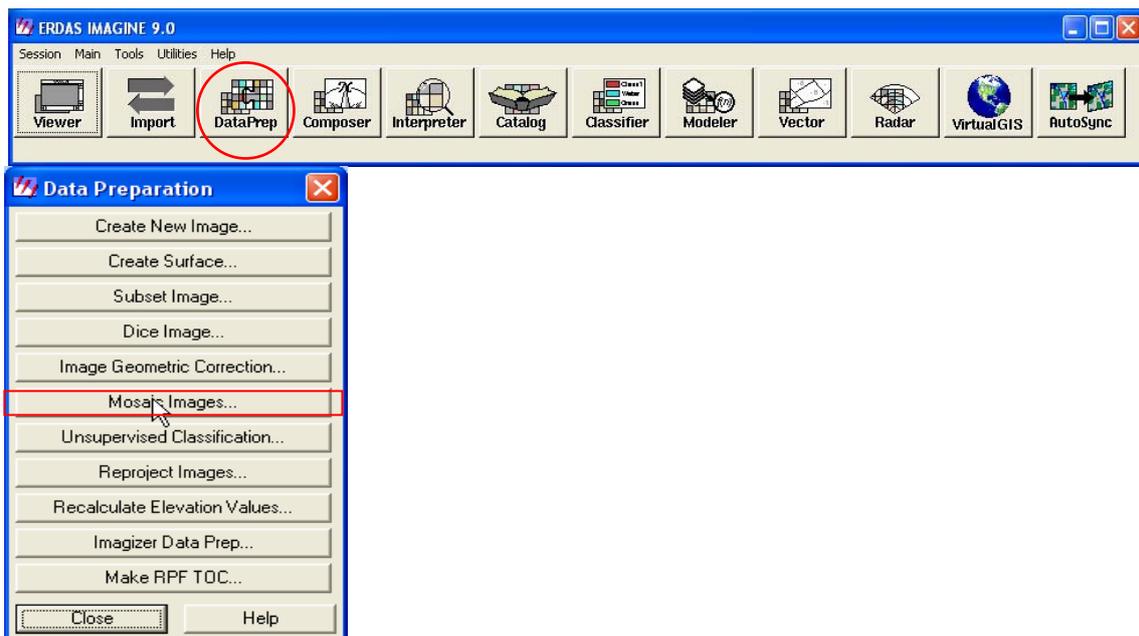
Para la realización de mosaicos de ortofotos escala 1: 20 000 se utiliza ERDAS Imagine ver. 9.0, software especializado en procesamiento de información tipo raster, este programa de cómputo contiene herramientas precisas para el manejo de ortofotos digitales, la integración de 72 ortofotos en un solo mosaico es sin duda es un valioso aporte para el módulo de consulta debido a área que esta abarcando dicho mosaico.

A continuación se explica paso a paso el procedimiento para la integración del mosaico de ortofotos digitales que integran una malla de cuadrantes grado por grado.

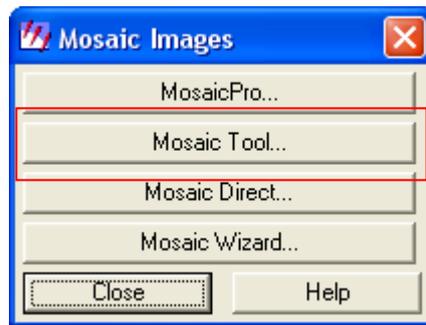
Paso 1: Abrir una sesión en ERDAS Image



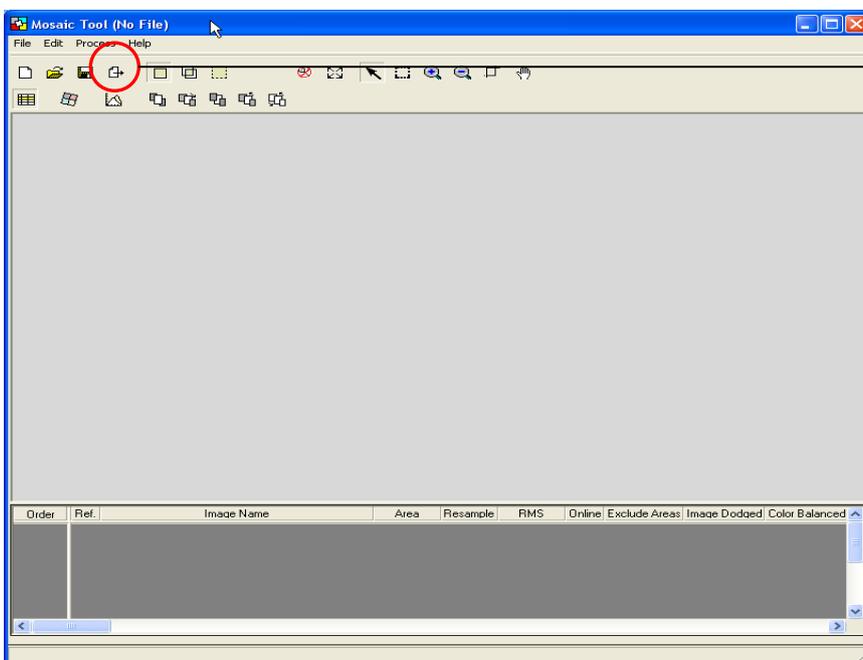
Paso 2: En las herramientas que presenta el software se escoge la opción "DataPrep", al activar esta aparece la caja de dialogo "Mosaic Images" en la que se presentan diferentes formas de realizar un mosaico.



Paso 3: Dentro de esta ventana se presentan diversas formas de realizar un mosaico, para el proceso en este proyecto, se escoge la opción de "Mosaic Tool", esta nos permite crear un mosaico de manera interactiva y sencilla.

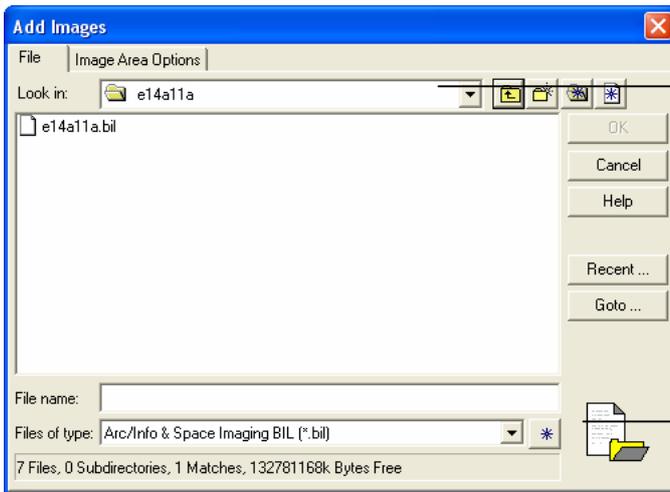


Paso 4: Al activar el "Mosaic Tool" presenta una ventana que permite mostrar gráficamente la unión de ortofotos digitales, se debe agregar cada una de las ortofotos que integran el cuadrante E14_1, para ello se debe activar el botón señalado en rojo cada vez que se agregue una imagen.



*"Display add
Images Dialog"*

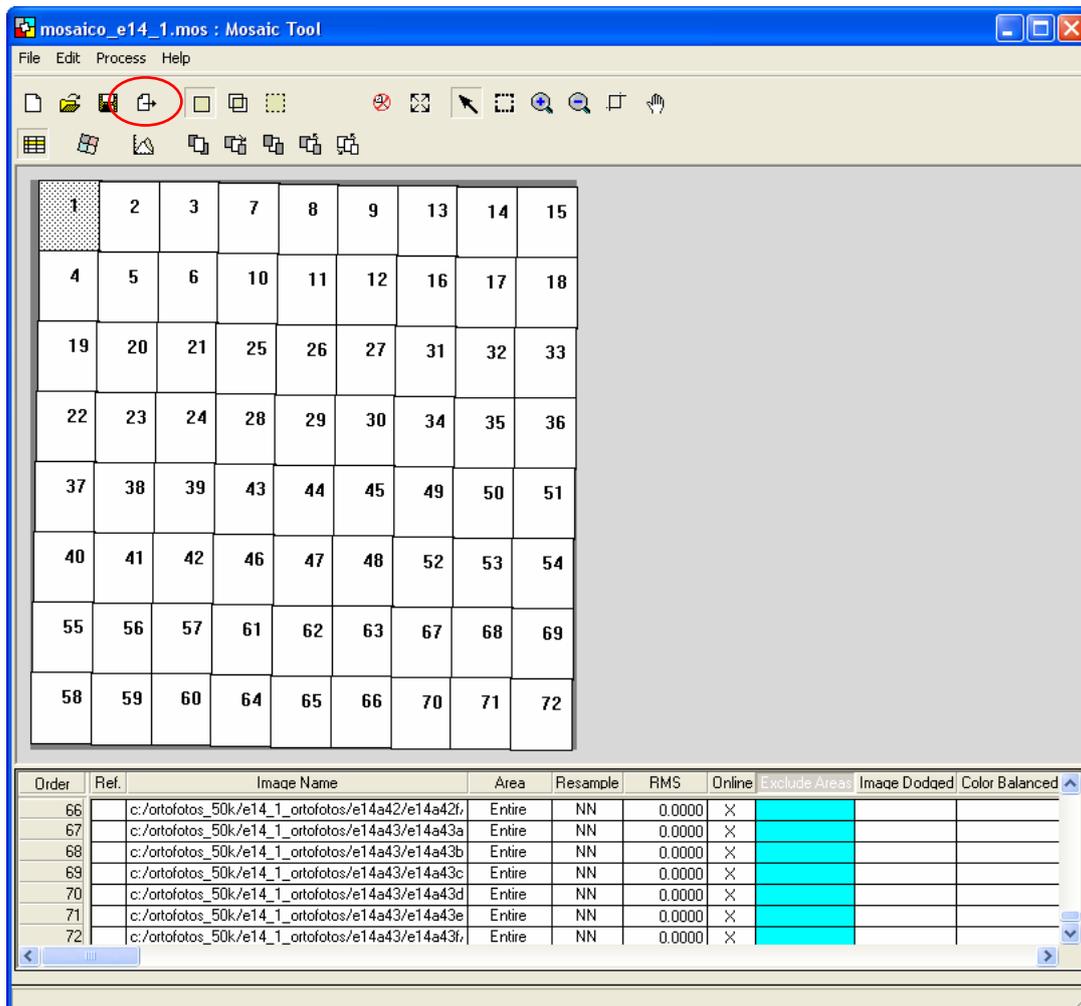
Paso 5: En esta ventana se anexan las 72 ortofotos que componen el mosaico en el cuadrante E14_1, una a la vez hasta formar el mosaico correspondiente, cada vez que se active el botón se podrá ir cargando cada ortofoto.



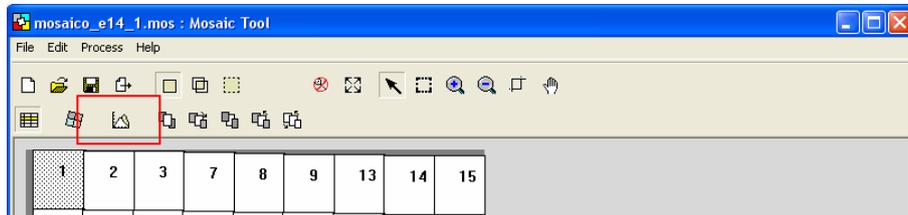
Se debe escoger cada una de las ortofotos correspondientes al cuadrante E14_1

Para crear el mosaico de ortofotos, se van a utilizar el formato original en que el INEGI presenta las ortofotos digitales, .BIL.

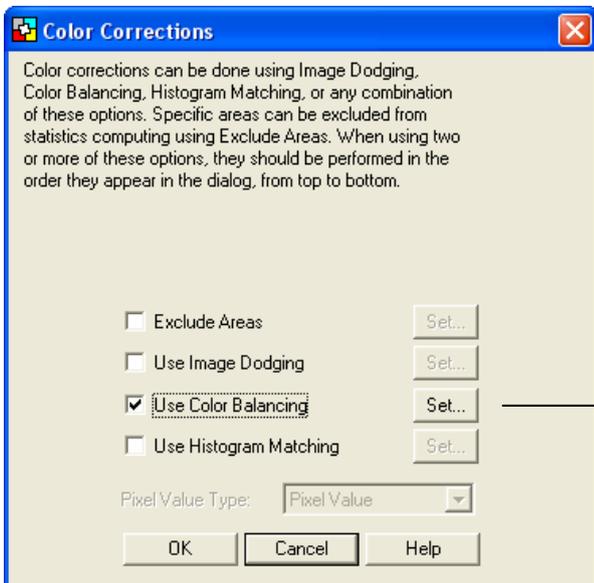
Paso 6: Cada vez que se agrega una ortofoto, esta aparece en forma gráfica dentro de la ventana, cuando los archivos están secuenciados permite observar dos características importantes, la primera es que los archivos tienen continuidad uno con el otro, es decir están ubicados en un espacio geográfico, en segundo lugar asegura que las ortofotos tienen el mismo sistema de coordenadas, de otra manera las ortofotos aparecerían sin una secuencia lógica.



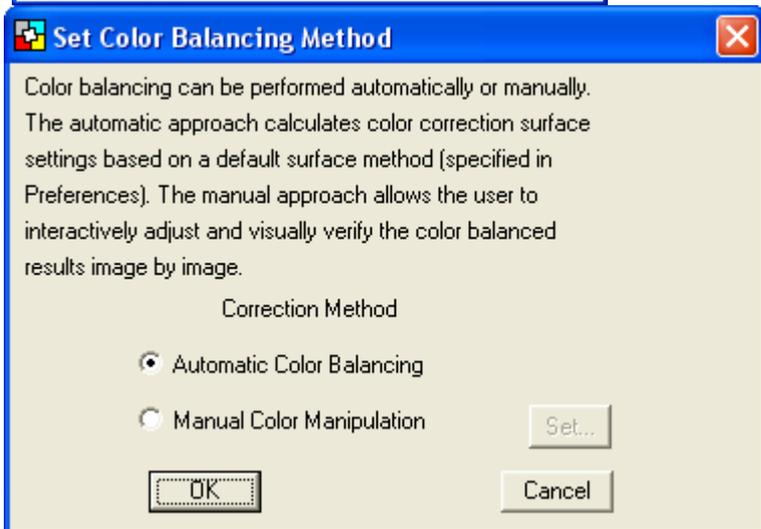
Una herramienta importante del software ERDAS es la utilizada para el balanceo de colores o tonalidades (brillo) de las imágenes raster, es decir la información puede presentar diferencias de tonalidades debido al momento de la toma o procesamiento de las fotografías aéreas, durante la creación del mosaico se debe observar las diferencias en tonalidades que presentan las ortofotos, para solucionar este problema se utiliza el icono llamado “Color Corrections”, El proceso de balanceo de colores o tonalidades se realiza al mismo tiempo que se crea el mosaico, el producto resultante no tendrá diferencias en tonalidades entre los archivos que lo forman.



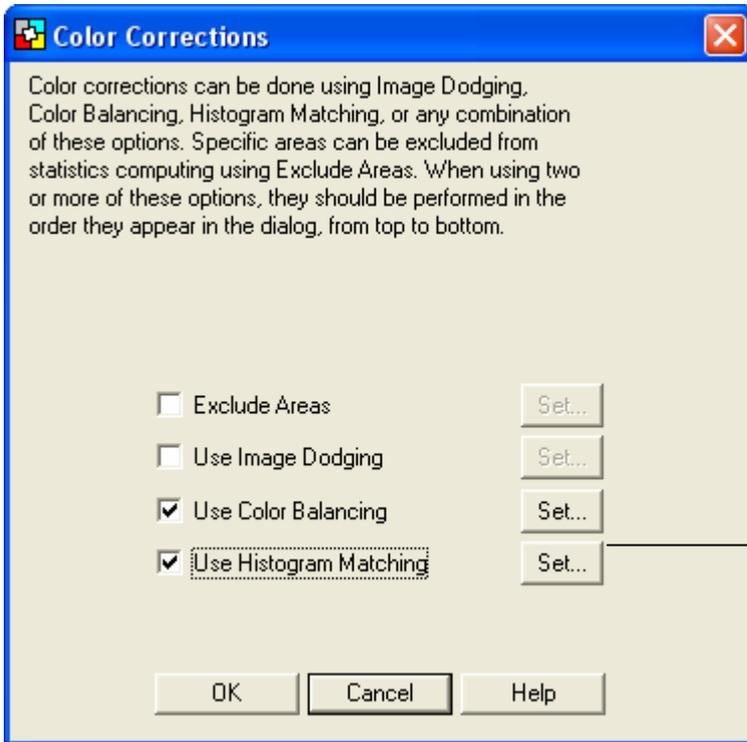
Dentro de la ventana del cuadro de Mosaic Tool se da click a la herramienta llamada “Color Corrections”  esta presenta 4 opciones para llevar a cabo este proceso, para crear los mosaicos solo se utilizarán las dos opciones de abajo.



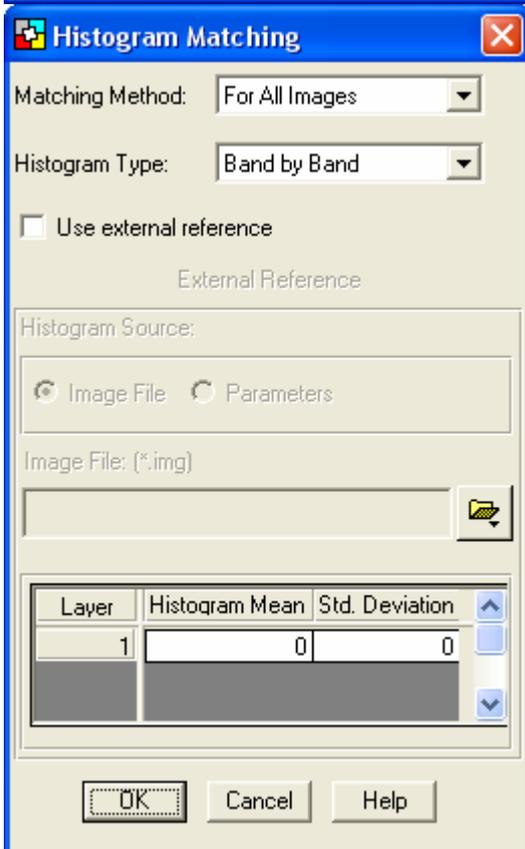
Esta opción permite el balanceo de tonalidades de la ortofoto, con especial énfasis en los bordes entre fotos.



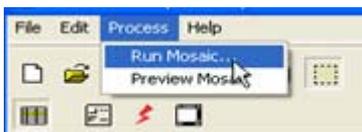
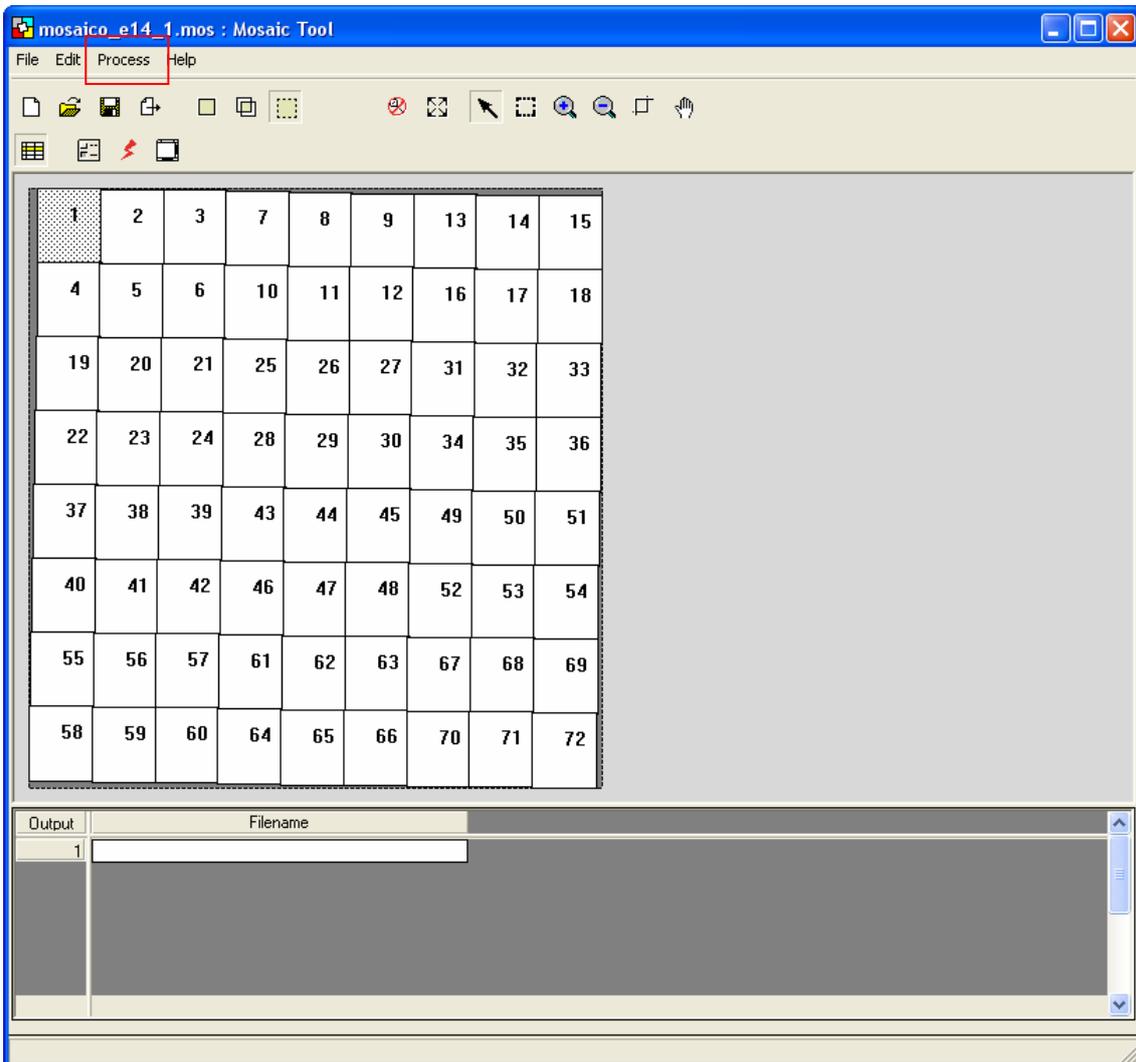
Dentro de esta segunda ventana del cuadro de Mosaic Tool se da clic en el cuadro "Use Histogram Matching" esta opción permite balancear los colores de las ortofotos del mosaico.



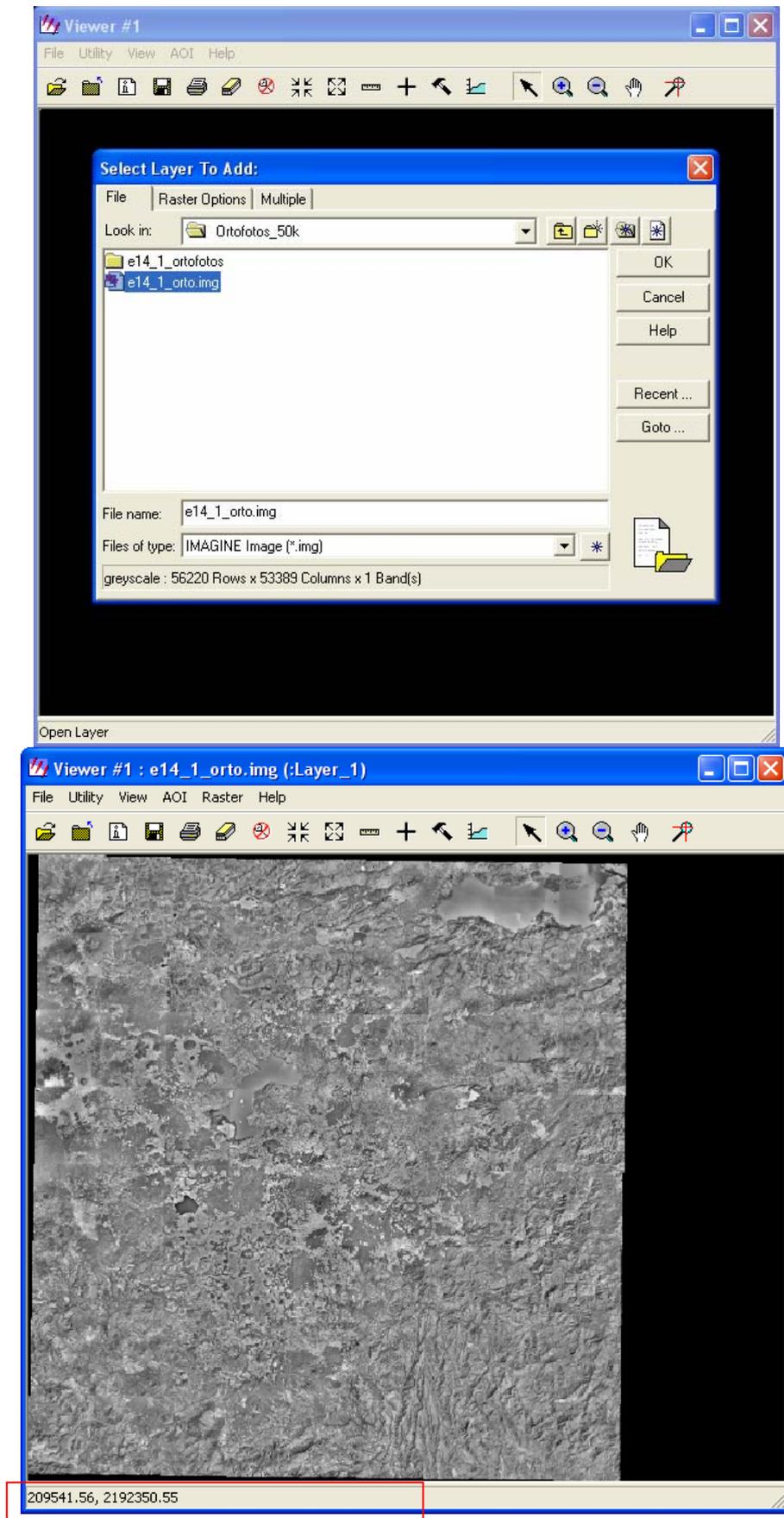
Esta opción utiliza un histograma, el cual permitirá un balanceo avanzado a partir del análisis y homogeneización del histograma de frecuencias de cada una de las imágenes a pegar



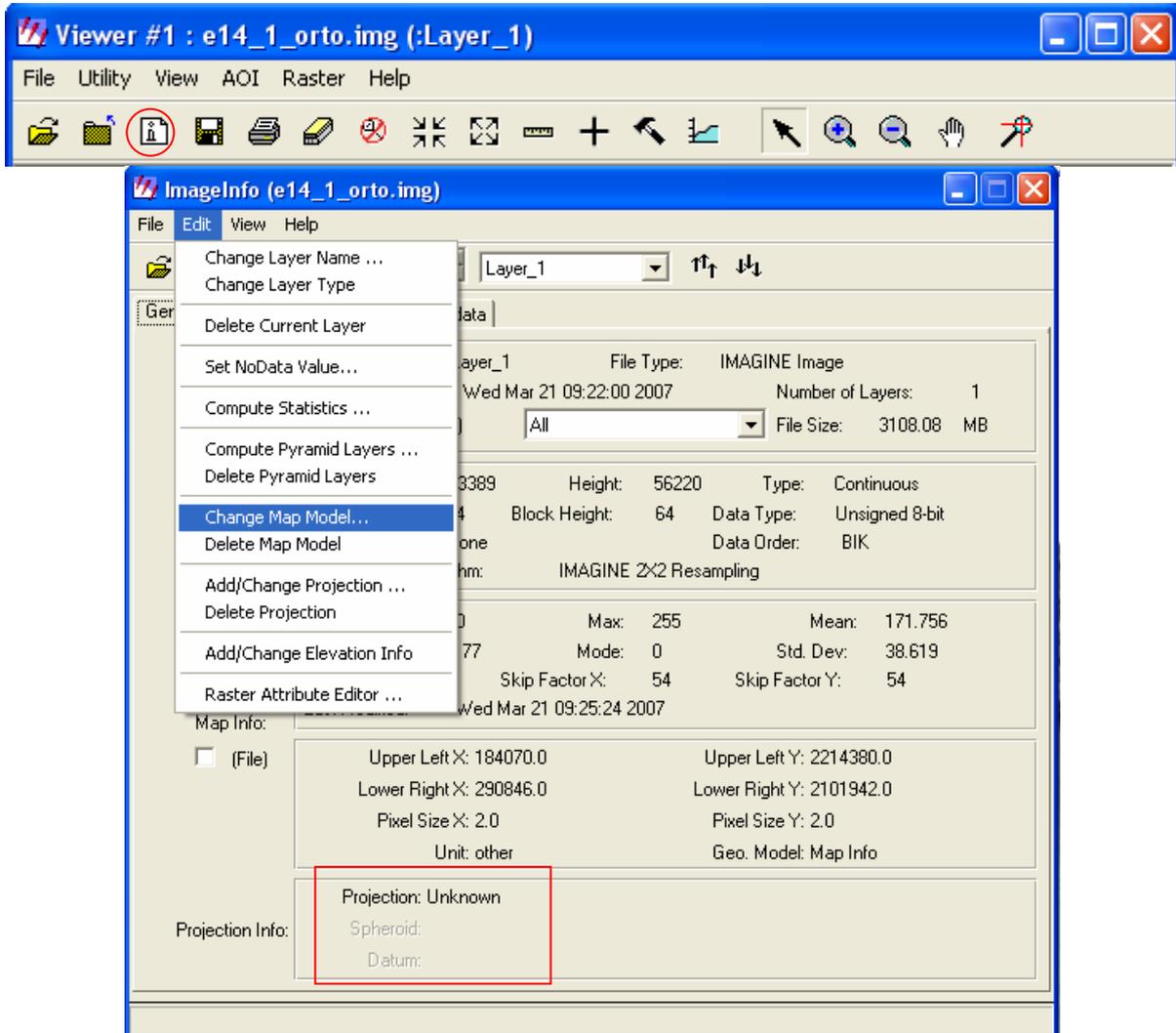
Paso 7: Una vez que se tiene activados las opciones de balanceo de colores se procede a correr o iniciar el proceso para crear el mosaico, para ello se debe utilizar el menú llamado "Process" el cual se inicia el proceso para crear el mosaico de ortofotos.



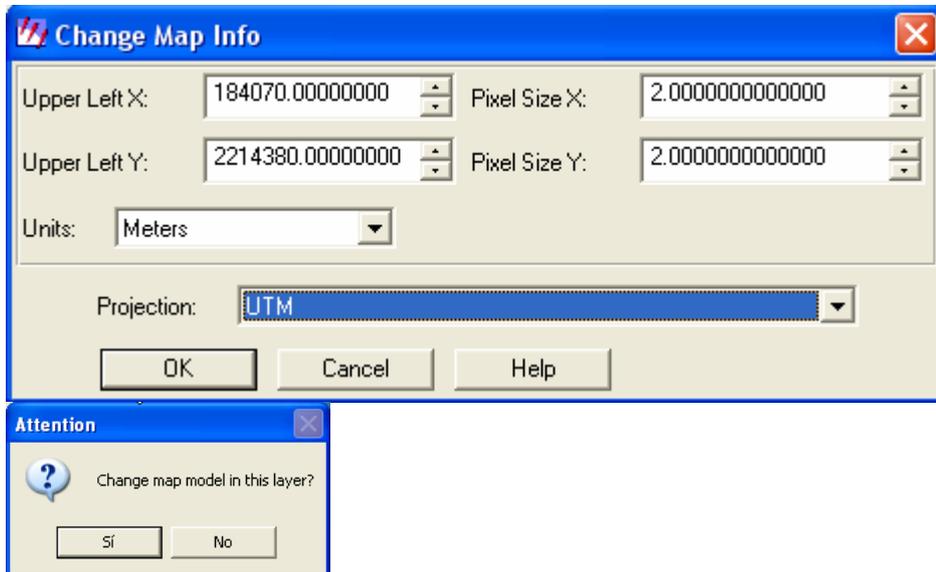
Paso 8: El resultado final es un mosaico con las 72 ortofotos que conforman el cuadrante E14_1 en formato IMG, estas presentan homogeneidad de tonalidades dentro de la imagen (balanceo de colores), sin embargo la ortofoto no tiene definido el sistema de coordenadas como se puede ver en el recuadro debajo de la imagen, el siguiente paso es definir la proyección del mosaico.



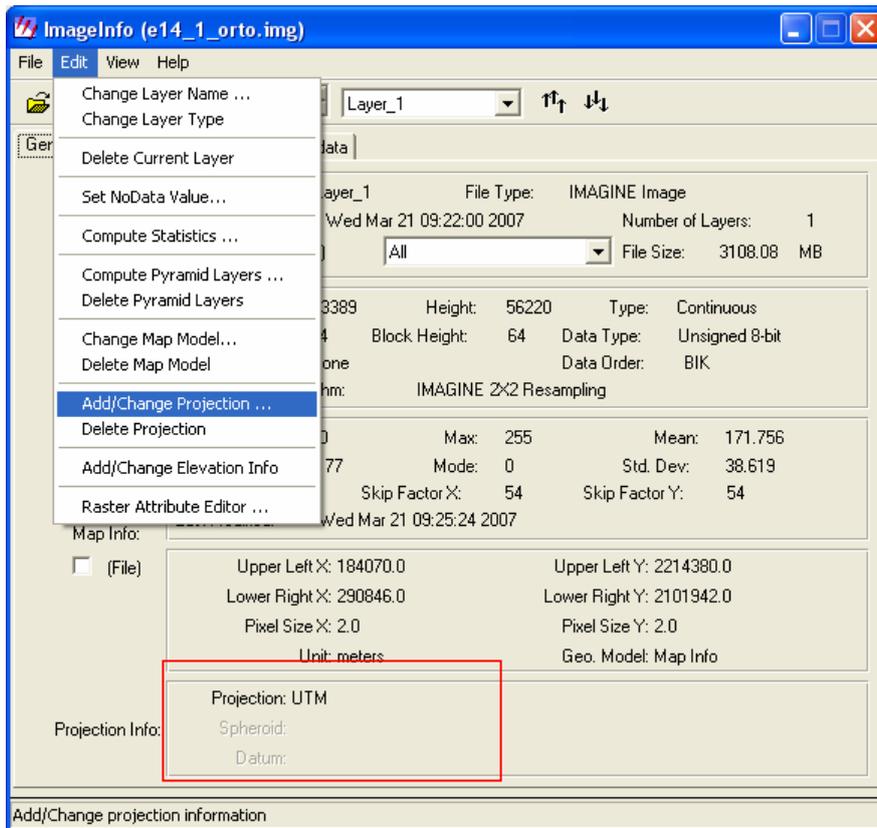
Paso 9: Para la definición del sistema de coordenadas se despliega el archivo resultante del mosaico en un "Viewer" del software, dentro de la barra de herramientas se presenta el icono llamado "ImageInfo" con el que se puede analizar la información de la imagen desplegada, en este archivo se observa que no se tiene definido el sistema de coordenadas.



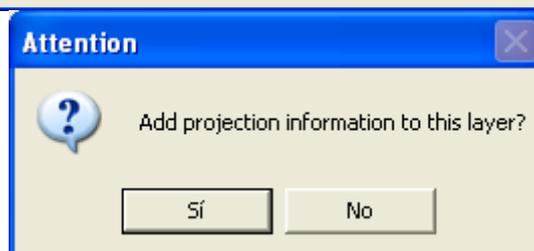
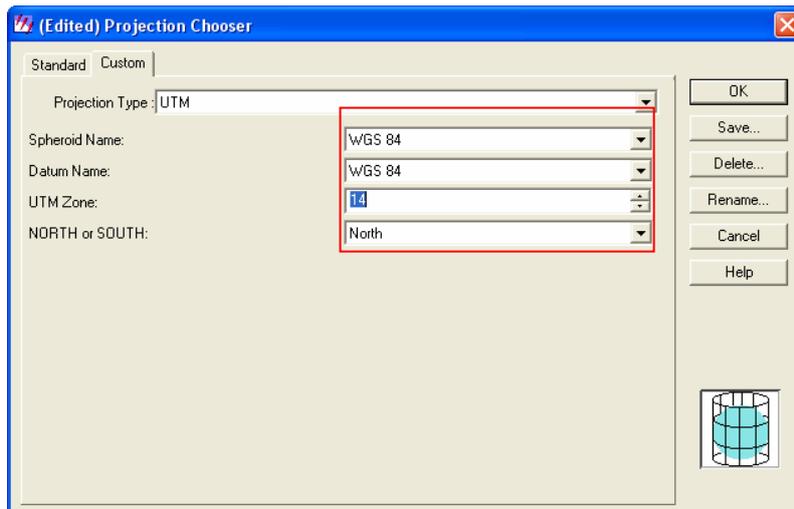
Paso 10: Para comenzar a definir el sistema de coordenadas de la ortofoto, dentro de la ventana del "ImageInfo" se activa el menú de "Edit", en el se encuentra la opción llamada "Change Map Model", dentro de éste se escogen las unidades de la imagen, cabe recordar que todas las ortofotos están en proyección UTM, por tanto las unidades de mapa son metros. Se especifican las unidades de mapa y posteriormente envía un mensaje resultado de los cambios realizados, las opciones de coordenadas y píxel se dejan como están.



Paso 11: Posteriormente se debe de volver al menú “Edit” para definir el datum y la zona UTM correspondiente, se escoge el submenú “Add/Change Projection” el cual va a modificar definitivamente el sistema de coordenadas de la ortofoto.

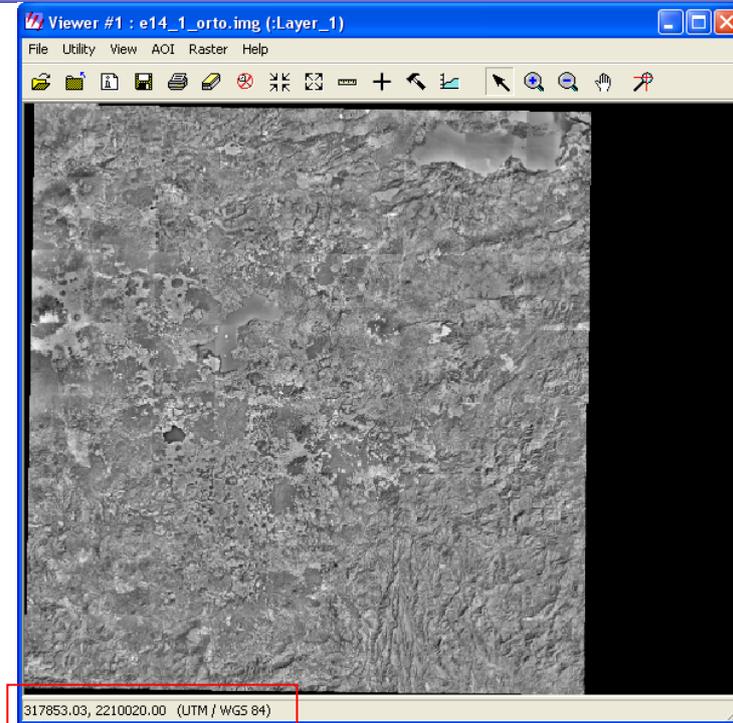
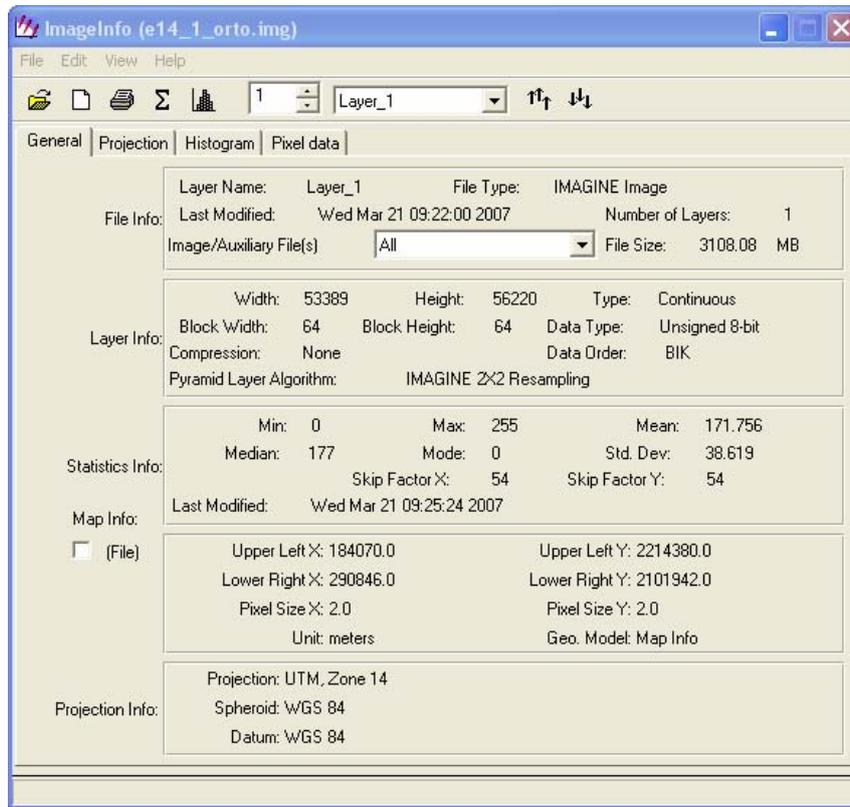


Paso 12: En esta ventana se debe determinar el Datum y la zona UTM en donde esta ubicada la ortofoto, se escoge el datum WGS84 que en parámetros es similar al datum ITRF92 que es el que trae la ortofoto, la zona que le corresponde es la 14, por otra parte nuestro país esta ubicado en el norte del ecuador por ello se escoge en la ventana la opción norte.

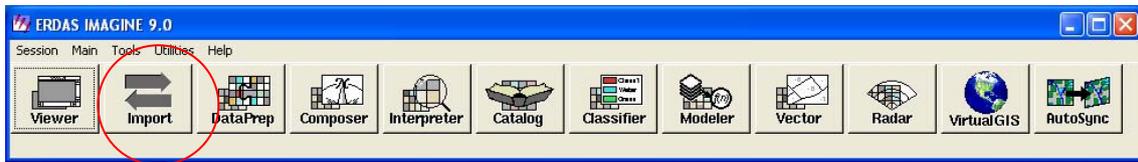


Paso 13: Nuevamente dentro del “ImageInfo” se comprueba que la ortofoto tiene definido el sistema de coordenadas, como se puede apreciar en el recuadro rojo.

Este proceso se debe realizar antes de compactar la ortofoto, para garantizar que se herede el sistema de coordenadas del formato IMG al formato SID.



Paso 14: Una vez que se ha creado el mosaico de las 72 ortofotos en formato IMG de ERDAS, se procede a su compactación; nuevamente para el proceso de compactación de archivos se utiliza el mismo software, ahora se utiliza el botón "Import" el cual permite importar y exportar datos en diferentes tipos de formatos, para este paso se utiliza la opción "MRSID"

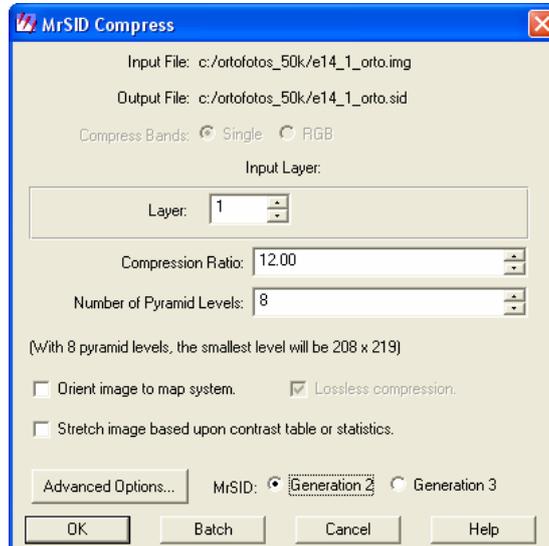


Se escoge export

Se especifica el formato

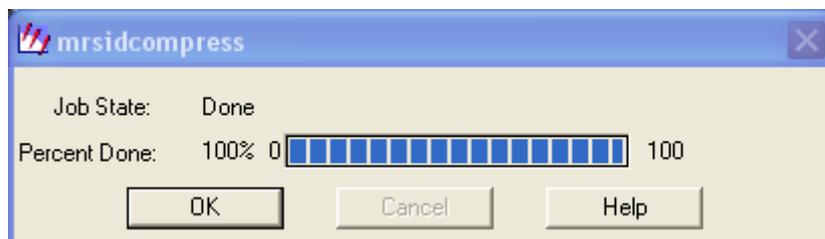
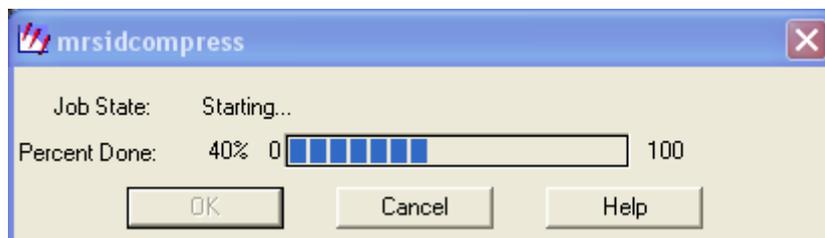
Se escribe la ruta y el nombre del archivo de entrada y posteriormente la ruta y el nombre del archivo de salida

Paso 15: Posteriormente dentro de la ventana de “MrSID Compress” se define el % de compresión, por default da un 12% de compactación, este porcentaje es suficiente para que la ortofoto no pierda nitidez. Por ello se realizaron pruebas para determinar cual % de compactación necesario para los objetivos del proyecto, se decidió utilizar el de default 12 %, la relación en la compactación de archivos es: Entre más % de compactación menos nitidez y menos espacio utilizado por el archivo saliente, entre menos % de compactación mayor nitidez pero ocupa mayor espacio en disco duro.



Paso 16: Con este paso se da por terminado el procesamiento de ortofotos.

Este procedimiento se debe repetir en cada uno de los 257 cuadrantes de grado por grado que conforman el proyecto del módulo de consulta, ver figura 16.



8.7 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE CONSULTA TIPO WEB

Para la creación de la página de publicación se utiliza el software llamado ArcIMS (Internet Map Server) el cual forma parte de la arquitectura ArcGIS de la empresa ESRI y es compatible con otros paquetes de cómputo utilizados dentro del SIGA.

Es importante mencionar que **no es el objetivo de este apartado profundizar en la programación** de la página que soporta al módulo de consulta, debido a que la Subgerencia de Información Geográfica del Agua SIGA tiene para este efecto, la “Jefatura de Administración de Geobase de Datos y difusión WEB” la cual se encarga de la publicación de información geográfica del área y es la responsable de mantener funcionando los servicios de publicación, así como dar los mantenimientos necesarios a la página. Sin embargo debido al poco personal existente y al gran número de cuadrantes a publicar, la jefatura de proyecto de cartografía digital del Agua apoya **solo en la publicación** de los mapas relacionado con el módulo de consulta, bajo la supervisión de esta área, debido a esto todos los pasos propuestos estarán orientados solo a la publicación de la página en Intranet.

La publicación del módulo de consulta se realizó en tres partes. La primera esta orientada a crear la página de inicio o principal la cual tiene como estructura básica un mapa índice de cuadrantes grado por grado en conjunto con el límite de las 32 entidades federativas del país, este sirve al usuario para localizar geográficamente el área de interés. Asimismo, dentro de la tabla de atributos de este índice se lleva el control para determinar que cartas están publicadas y cuales faltan por publicar, como se muestra en la figura 9. Cabe mencionar que toda carta publicada ha sido previamente verificada en gabinete en sus características geográficas y compatibilidad entre los temas que la integran antes de ser publicadas con ArcIMS.

Para la visualización de la información por carta, existe una referencia (liga) dentro del índice de la página WEB principal, de tal forma que al dar click a una carta en el índice, hace una petición al explorador que llama la página WEB del cuadrante solicitado.

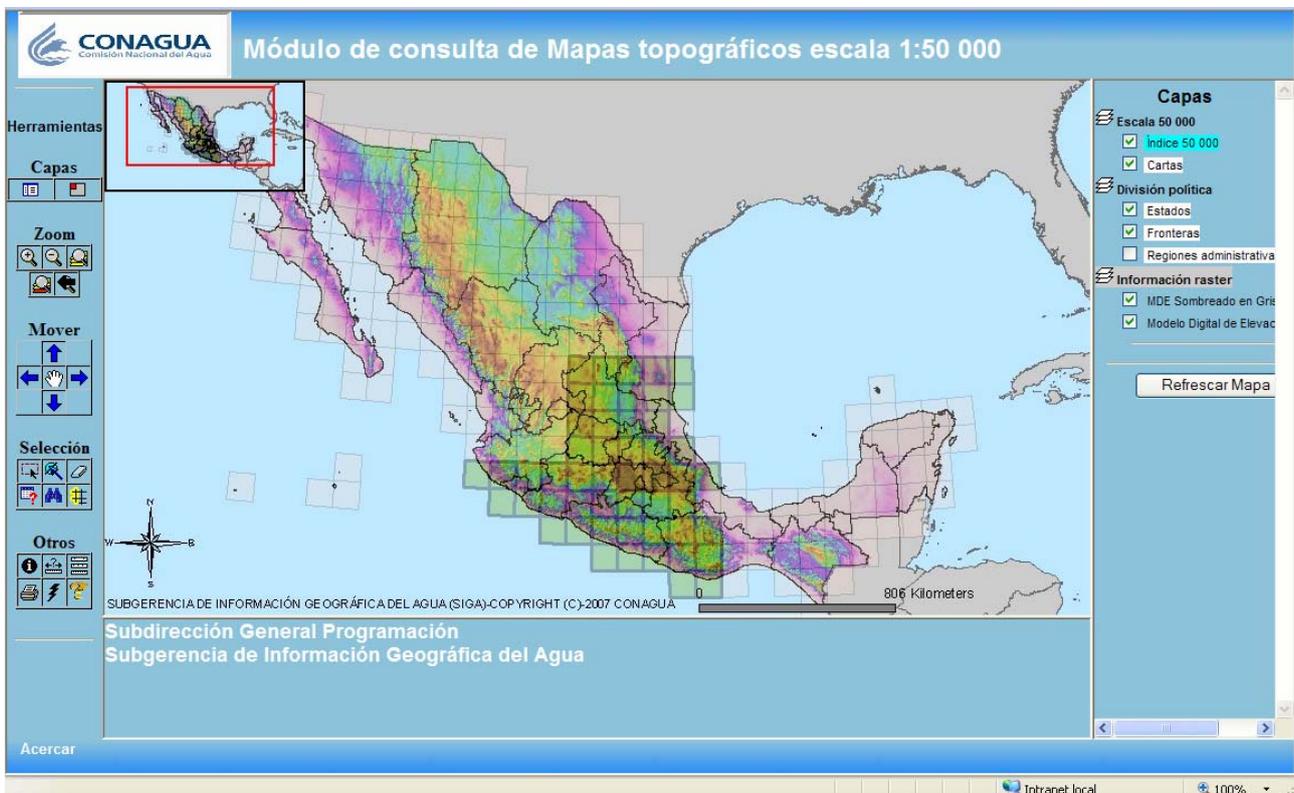


Figura 15 Índice del módulo de Consulta de Mapas

En segundo lugar está la creación del proyecto MXD²⁰, es decir la sobreposición y estructura de información raster e información vectorial de cada zona, este proyecto se construye con el software ArcGIS (Arcview o ArcINFO), ver figura 17.

Es preciso mencionar que para lograr crear páginas WEB con proyectos MXD de ArcGIS, es importante que las dos aplicaciones estén instaladas dentro mismo servidor de publicación, en el proyecto del módulo de consulta, el software ArcGIS ver 9.1 y el ArcIMS ver. 9.1 están instalados dentro del servidor CE0005S003 de publicación.

Por otro lado, la información geográfica (shapes files e información raster) también debe ubicarse dentro del mismo servidor de publicación para que se creen estos proyectos, de otra forma el software **ArcIMS** envía un error al crear un servicio de publicación con el ArcIMS Administrador.

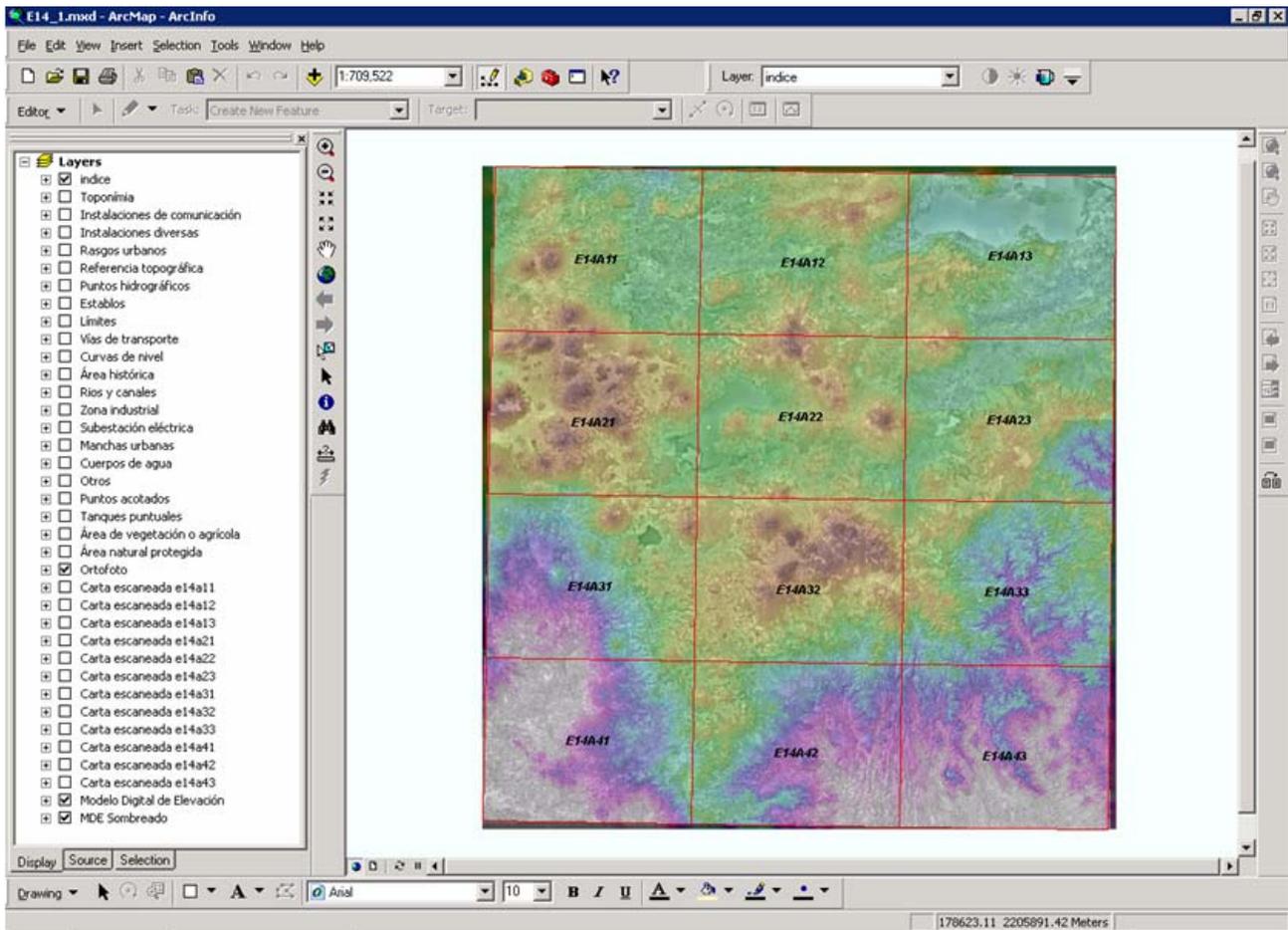


Figura 16 Proyecto MXD en ArcGIS, cuadrante E14_1

²⁰ Extensión que utilizan los proyectos creados en ArcGIS (ArcView y ArcINFO)

La tercera parte esta orientada a la construcción de la página WEB de cada una de las cartas a publicar, ver figura 18, es decir se tienen que construir 257 sitios, uno por cada cuadrante de grado por grado, para que al final del proyecto cubra toda la República Mexicana.

La creación de páginas de cada cuadrante es uno de los procesos que demandan tiempo, alrededor de 30 minutos por cuadrante, debido a los diversos pasos a realizar. Este proceso se describe posteriormente con más detalle.

Cuadrante: E14_1, que esta integrado por las cartas escala 1:50 000: e14a11, e14a12, e14a13, e14a21, e14a22, e14a23, e14a31, e14a32, e14a33, e14a41, e14a42, e14a43

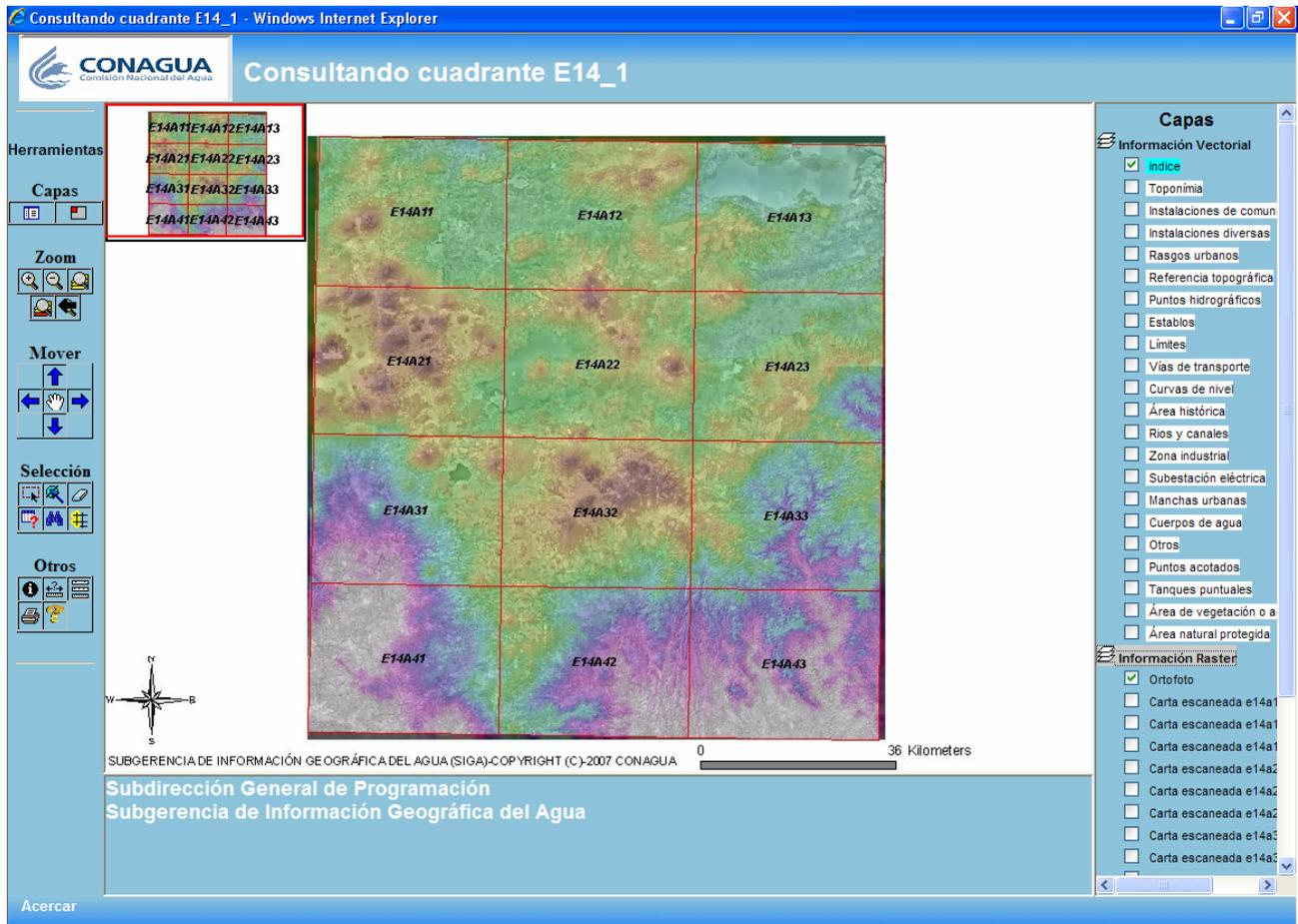


Figura 17 Ejemplo de un cuadrante

Diagrama de flujo Procesamiento en la creación de la página WEB

A continuación se describe por medio de un diagrama de flujo, la secuencia de pasos que se llevan a cabo para la construcción de la página WEB para cada una de los 257 cuadrantes contempladas dentro del proyecto.

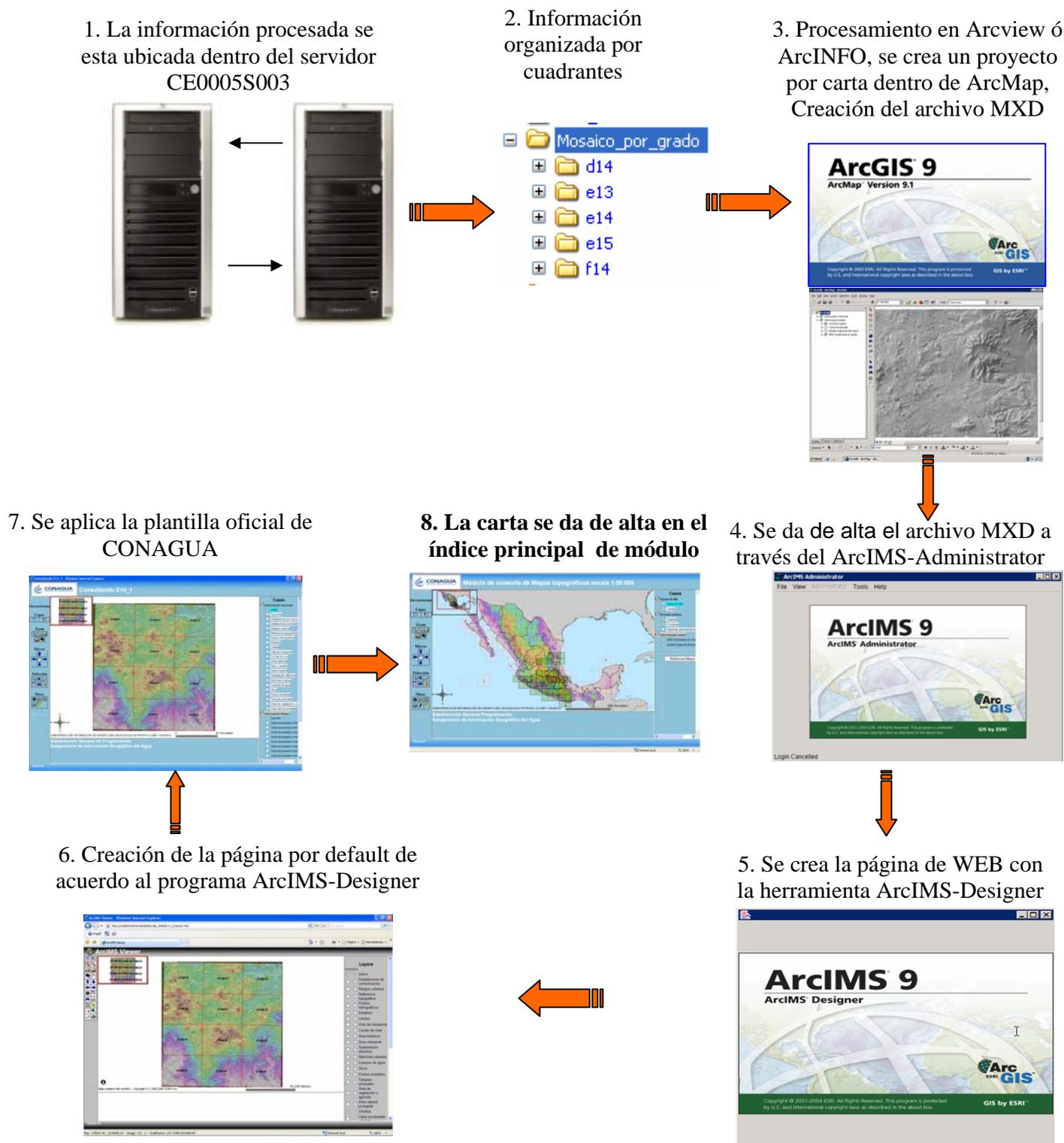


Diagrama 6. Construcción de páginas WEB por cuadrante

8.7.1 Creación del proyecto en ArcGIS

La creación de páginas WEB del módulo de consulta de mapas se está realizando con ayuda del software ArcIMS ver 9.1, con ello se garantiza compatibilidad entre archivos generados y la transparencia entre programas utilizados en el SIGA.

Para la creación de estas páginas primero se deben de construir los proyectos con la representación de capas de información con ayuda del software ArcView. El software ArcIMS tiene una utilidad llamada "Autor" para la generación de proyectos, estos tienen la extensión "AXL" que corresponde a los archivos de default que genera el ArcIMS con la herramienta de publicación. Sin embargo, dentro del ambiente Arcview se tienen más opciones de trabajo con los datos geográficos, debido a esto se consideró dentro del proyecto.

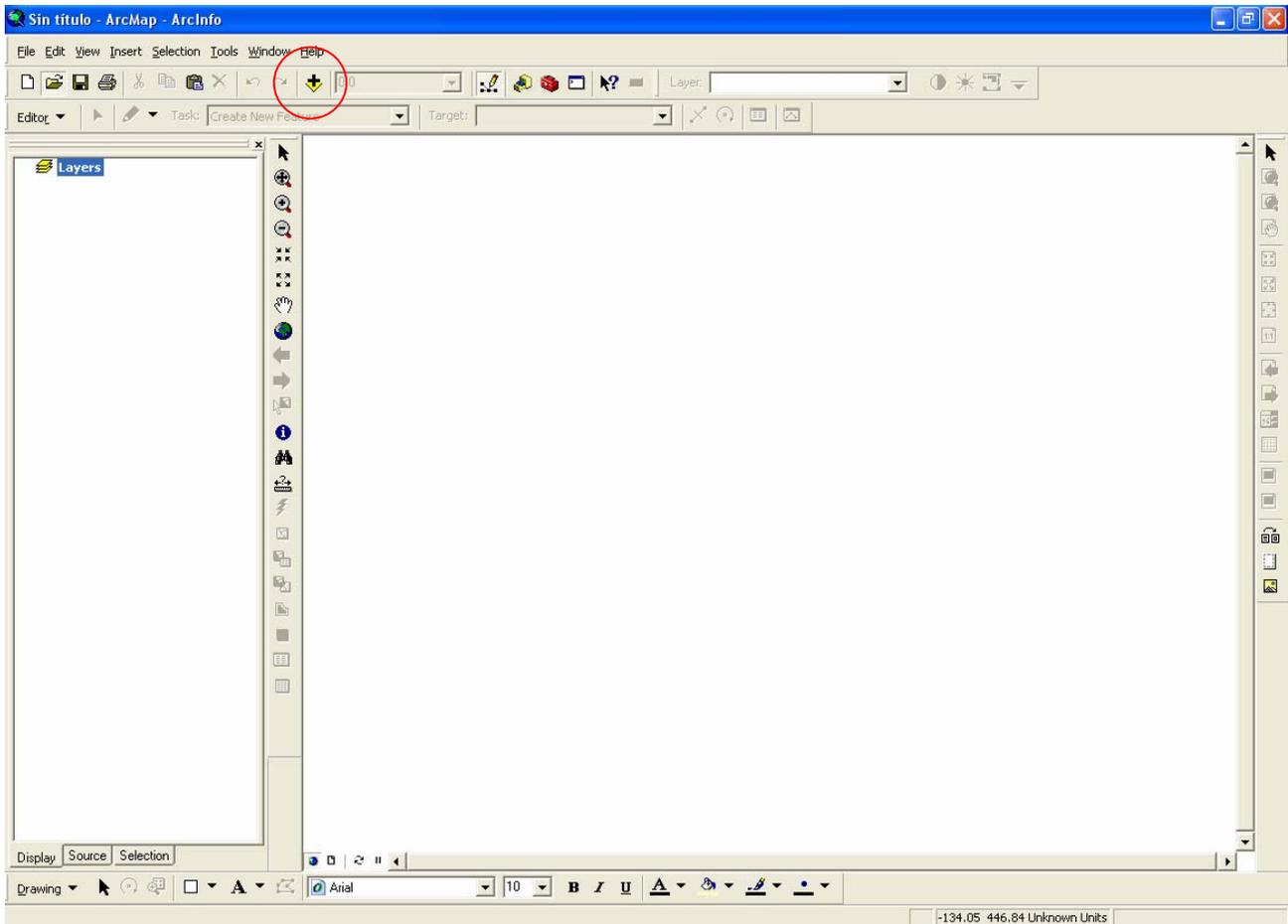
En la tabla 14 se muestran todas las capas consideradas por cada cuadrante y que pueden ser consultadas dentro de la página WEB módulo. Cabe mencionar que no todos los temas están incluidos en las cartas a publicar; en dicha tabla se encuentra el nombre original de la capa y el "Alias" que esta considerado dentro del proyecto de MXD. Se planeó así para facilitar la interpretación al usuario final y el campo de transparencia se necesita para hacer el análisis visual al sobreponer las diferentes capas dentro de la página. Esta se aplica dentro de las propiedades del "layer" y finalmente se describen cada uno de los temas a publicar.

CAPA	ALIAS CONSIDERADOS	TRANSPARENCIA DE LA CAPA	DESCRIPCIÓN
1 f14c88_topo	Toponimia	0	Toponimia
2 f14c88_cp	Instalaciones de Comunicación	0	Instalaciones de comunicación
3 f14c88_dp	Instalaciones Diversas	0	Edificaciones e instalaciones diversas
4 f14c88_ru	Rasgos urbanos	0	Rasgos urbanos
5 f14c88_rp	Referencia topográfica	0	Elementos puntuales de referencia topográfica
6 f14c88_hp	Puntos Hidrográficos	0	Rasgos hidrográficos puntuales
7 f14c88_dl	Establos	0	Edificaciones e instalaciones diversas
8 f14c88_ll	Límites	0	Límites
9 f14c88_vt	Vías de transporte	0	Vías de transporte
10 f14c88_cn	Curvas de Nivel	0	Curvas de nivel
11 f14c88_np	Area histórica	0	Rasgos de conservación histórica
12 f14c88_hl	Ríos y canales	0	Corrientes de agua
13 f14c88_da	Zona Industrial	0	Edificaciones e instalaciones diversas
14 f14c88_el	Subestación Eléctrica	0	Instalaciones de generación de energía eléctrica
15 f14c88_au	Manchas urbanas	40	Localidades y áreas urbanas
16 f14c88_ha	Cuerpos de Agua	0	Cuerpos de agua
17 f14c88_at	Otros	0	Otro tipo de vías de transporte
18 f14c88_pa	Puntos acotados	0	Puntos acotados
19 f14c88_tp	Tanques Puntuales	0	Tanques de almacenamiento puntuales
20 f14c88_ta	Tanques área	0	Tanques de almacenamiento de área
21 f14c88_cd	Líneas de conducción eléctricas	0	Líneas de conducción y transmisión
22 f14c88_na	Área natural protegida	40	Áreas de conservación de la naturaleza
23 f14c88_ip	Limite puntual	0	Puntos que definen límites
24 f14c88_ra	Área de vegetación o agrícola	40	Elementos de referencia topográfica de área
25 f14c88_orto.sid	Ortofoto	40	Mosaico de ortofotos digitales
26 f14c88_esc.sid	Carta escaneada	40	Carta digital
27 f14c88_grd.sid	MDE	40	Modelo digital de elevación
28 f14c88_s.sid	MDE Sombreado	0	Modelo digital de elevación sombreado en grises

Tabla 14 Nombres de capas de información y sus correspondientes alias

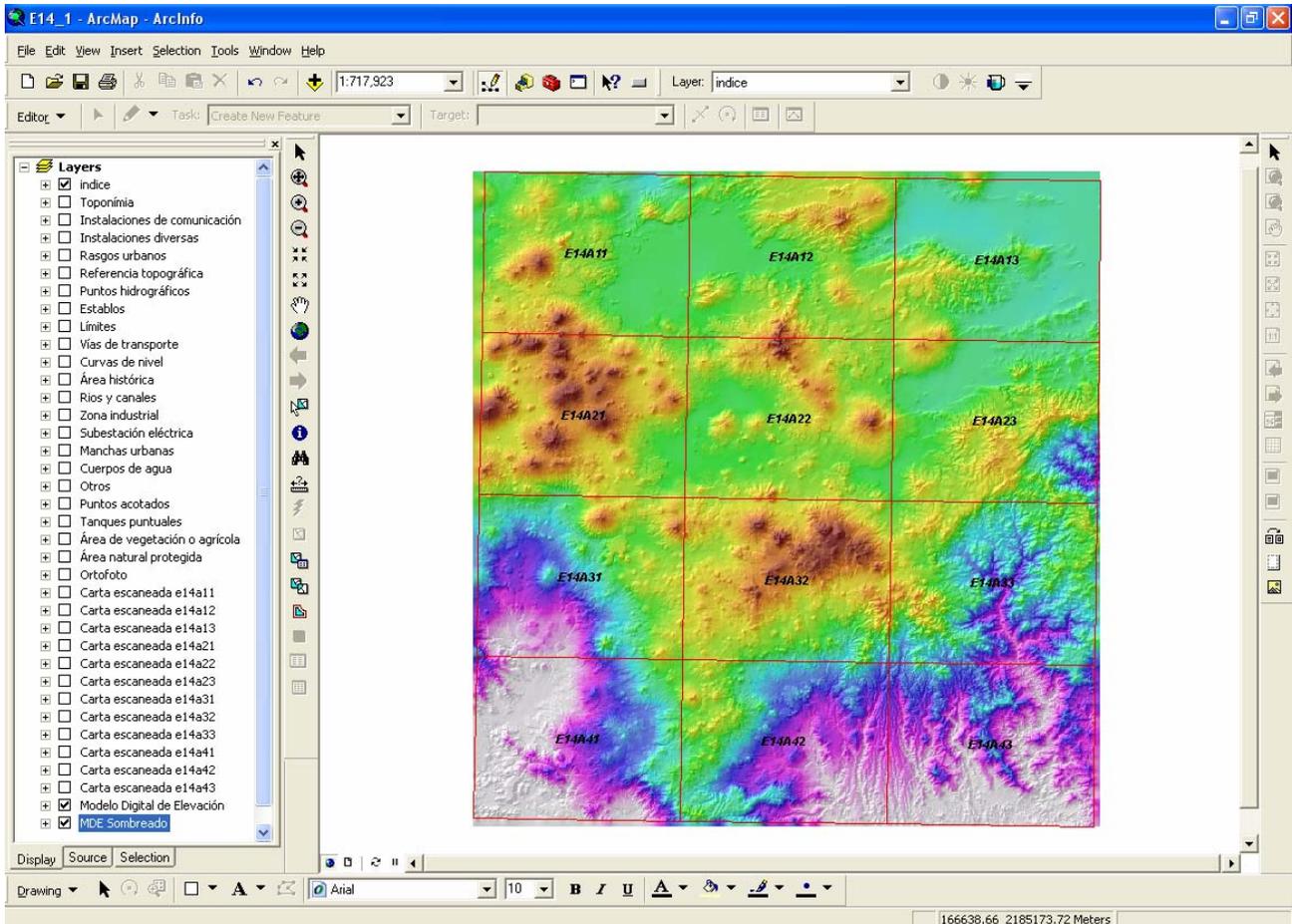
A continuación se explica detalladamente la construcción de un proyecto en *ArcGis (ArcInfo)* del cuadrante E14_1 con la información raster y vectorial que lo conforman. Este proceso es necesario debido a que, como se menciono anteriormente el soporte de las páginas están basados en proyecto MXD de *Arcview*.

Paso 1: Abrir una sesión de *arcview*, dar clic en el icono para adicionar datos.



Paso 4: Una vez que se han adicionado la información vectorial y raster del cuadrante E14_1 se debe cambiar los nombres de acuerdo al alias de la tabla 14, esta organización y nombrado de capas se verá reflejado en la página a publicar.

Es necesario guardar el proyecto para que se actualice, se sugiere guardar constantemente para evitar perdida de datos y cambios efectuados dentro del proyecto



Paso 5: Además del cambio de nombre de capas es necesario hacer algunas adecuaciones en las propiedades de algunas capas:

En el shape file de toponimia es necesario realizar dos ligas (join) con dos tablas externas, los campos llave o ligas utilizados para este fin son "CODIGO" y CLASE", el primero se refiere a descifrar el número que aparece dentro del campo, en la tabla no indica a que entidad geográfica se refiere (ver tabla 6).

El campo llamado clase esta referido a la diversidad de nombres geográficos que el INEGI considera esta agrupación, esta se realizó por medio de la agrupación de nombres genéricos en siete clases:

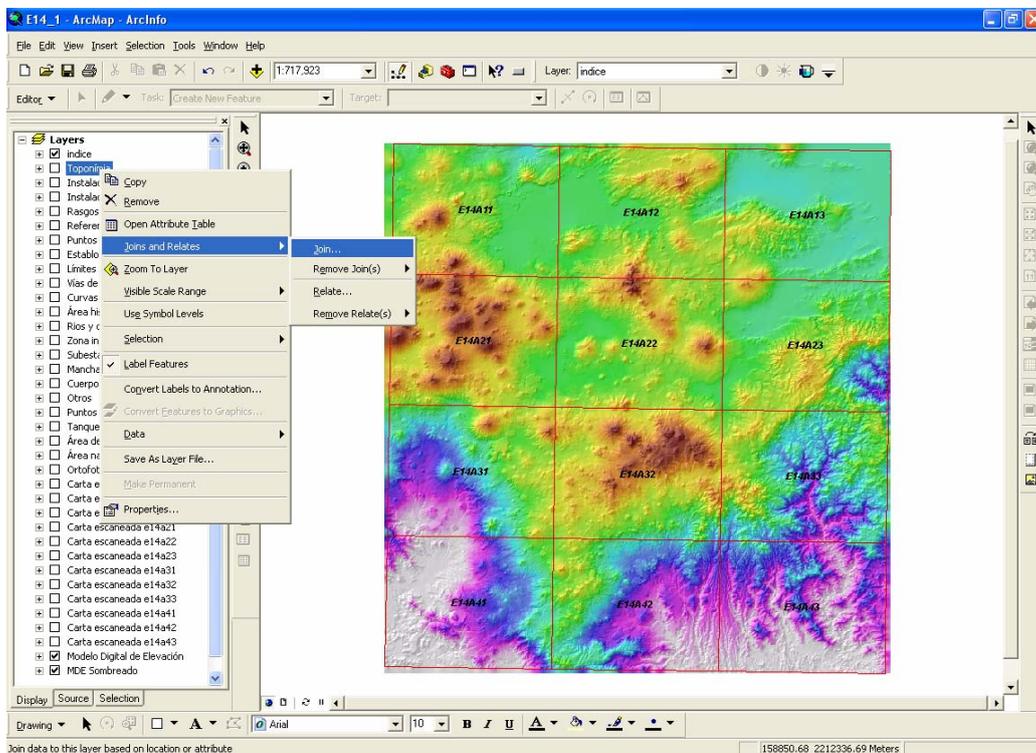
1. Localidades
2. Instalaciones diversas
3. Rasgos orográficos
4. Rasgos hidrográficos
5. Formas litorales
6. Áreas de referencia
7. Formas del relieve submarino

Estas clases ayudaron a la selección de una simbología sencilla para la capa de toponimia, de otra forma se hubieran tenido necesidad de escoger alrededor de 120 diferentes tipos de símbolos solo para la toponimia, lo cual haría difícil su interpretación en la futura página WEB.

Attributes of Toponimia

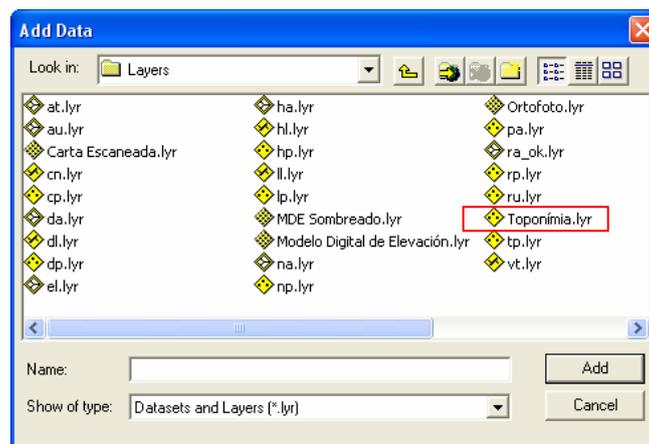
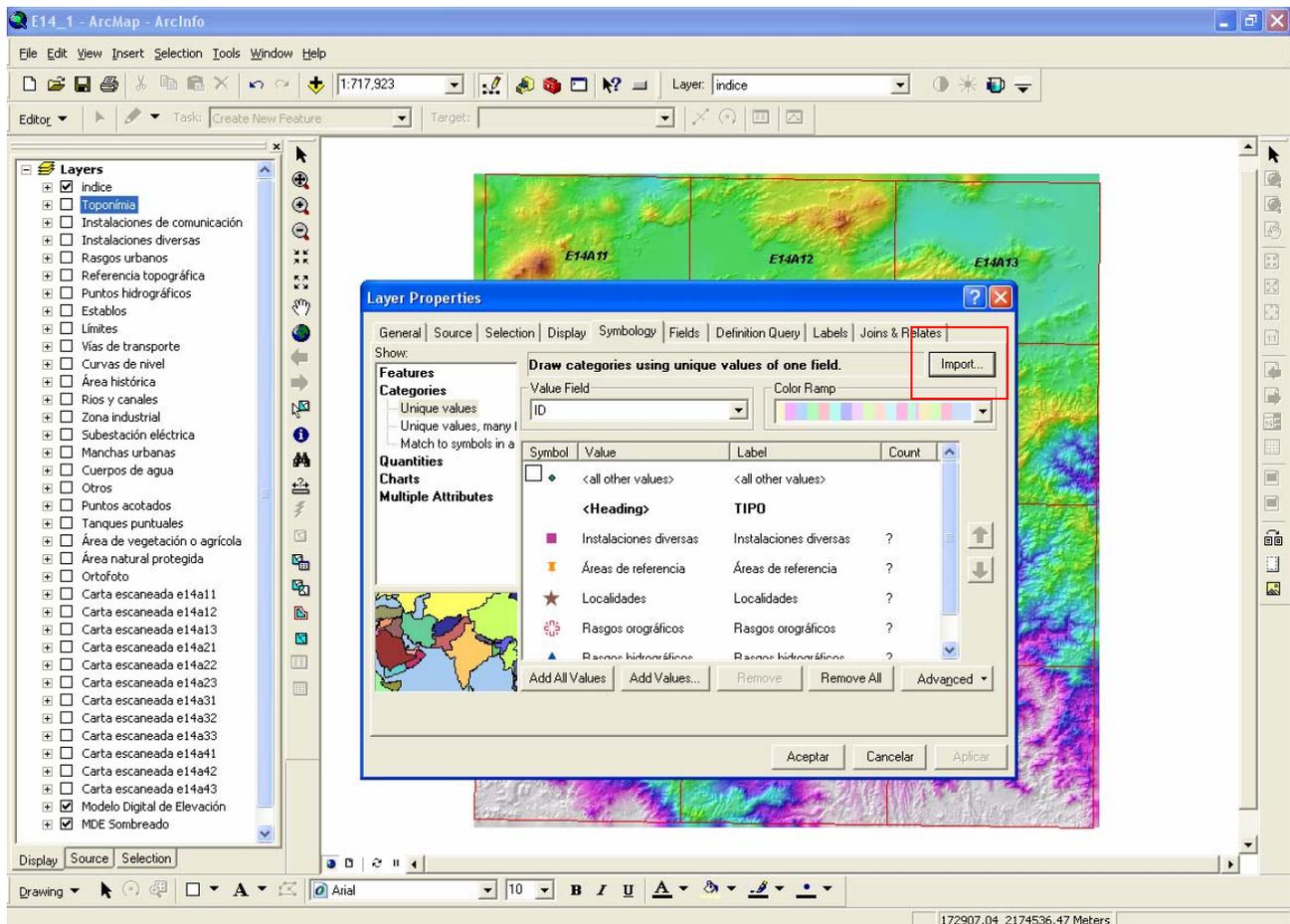
FID	Shape*	ID	NOM_OFI	NOM_REG	CODIGO	CLASE	CVE_CTA	LATITUD	LONGITUD	CONDICION	SITUACION	F
0	Point	2	ACUITZERAMO		100	1	E14A11	195950.025	1015812.779	P	I	
1	Point	3	LÁZARO CÁRDENAS		209	2	E14A11	195953.575	1015803.296			
2	Point	4	BARRIO EL TAMBOR		100	1	E14A11	195911.906	1015741.199	P	C	
3	Point	5	CERRITO COLORADO		312	3	E14A11	195931.590	1015657.920			
4	Point	6	PALACIOS, LOS		617	6	E14A11	195921.051	1015517.490			
5	Point	7	PALMAS, LAS		209	2	E14A11	195807.041	1015801.536			
6	Point	8	ROMERILLO, EL		100	1	E14A11	195818.731	1015629.075	A	I	
7	Point	9	VILLA MENDOZA		100	1	E14A11	195733.346	1015833.172	P	I	
8	Point	10	ARROYO COLORADO		403	4	E14A11	195741.506	1015631.655			
9	Point	11	CEREZO, EL		209	2	E14A11	195957.288	1015345.114			
10	Point	12	SALUCES, LOS		209	2	E14A11	195952.893	1015028.443			
11	Point	14	CEBADILLA, LA		312	3	E14A11	195928.175	1015111.310			
12	Point	15	TROMPITA, LA		209	2	E14A11	195916.617	1015028.301			
13	Point	16	SAN MIGUEL		312	3	E14A11	195908.432	1015220.218			
14	Point	17	AGÜITA COLORADA		335	3	E14A11	195856.621	1015250.324			
15	Point	18	ÚCUARES, LOS		209	2	E14A11	195849.785	1015157.835			
16	Point	19	PIRITZIO		100	1	E14A11	195749.715	1015003.178	P	I	
17	Point	20	AGOSTADERO, EL		312	3	E14A11	195722.254	1015422.438			

Record: 1 | Show: All Selected | Records (0 out of 5226 Selected.) | Options



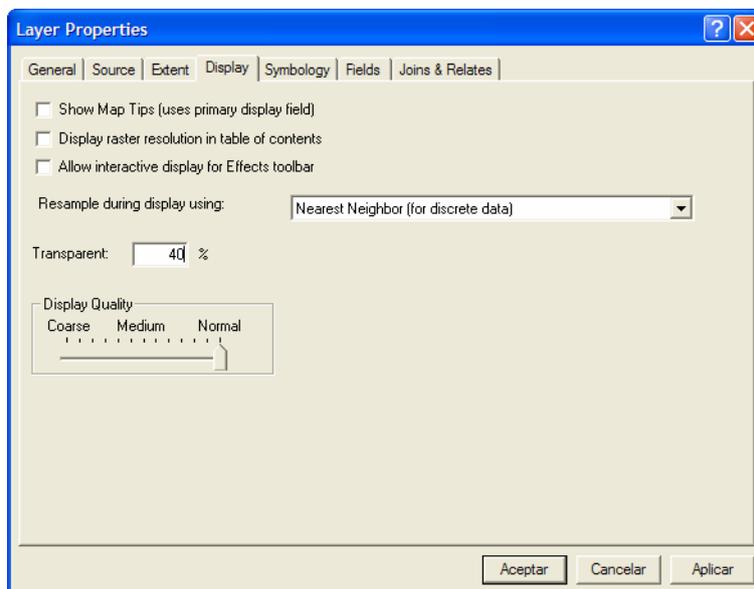
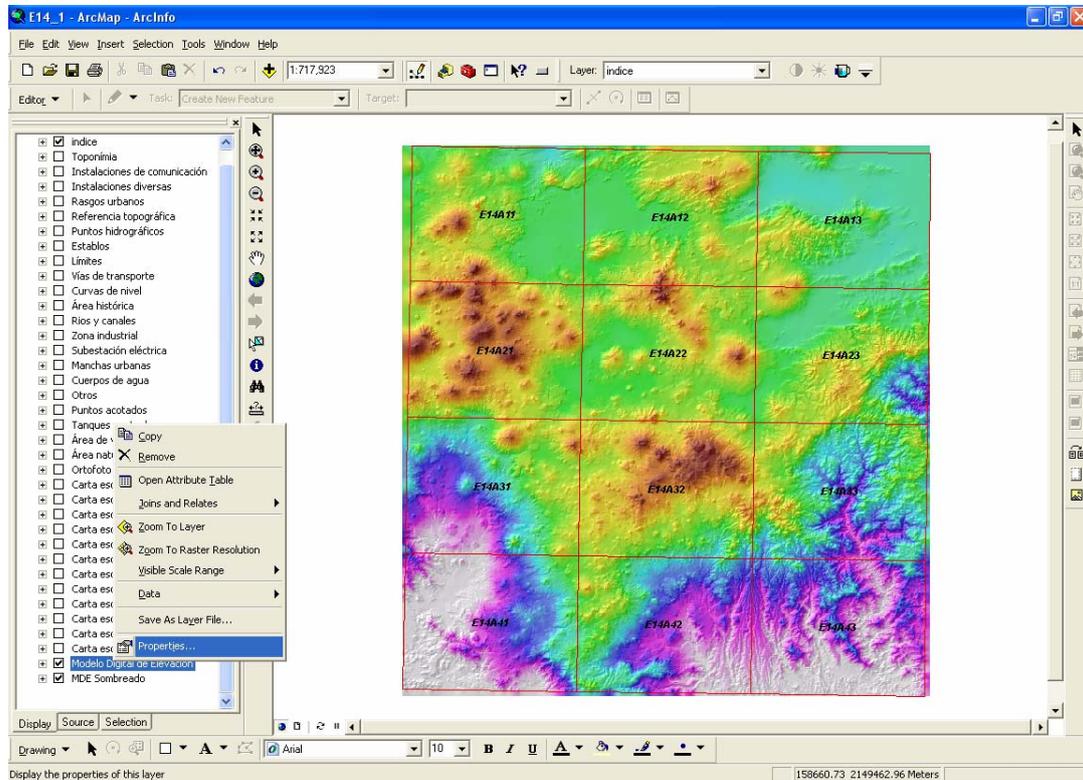
Paso 6: Para la generación de simbología existen diversas opciones de plantillas dentro de ArcGIS, una vez escogida esta simbología dentro de cada tema, se tiene la posibilidad de poder utilizar la misma para las demás capas del mismo tipo, con ello se ahorra tiempo en la generación del proyecto MXD, solo se copia la simbología de un tema a otro con solo aplicar este archivo.

Para generar este archivo y guardar la simbología de un tema se deberá de escoger el tema con el botón derecho dar clic a la opción “Save As Layer File”, esto va a generar un archivo llamado “Toponimia.lyr” el cual se utilizará en el futuro para asignar esta misma simbología a otras capas similares en los demás cuadrantes



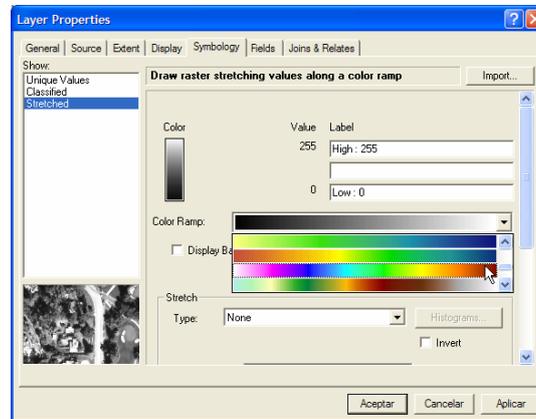
Para asignar la misma simbología de una capa determinada se ubica el tema a trabajar y se da clic al botón derecho, se escoge la opción de “Layer Properties”, dentro de esta ventana se escoge la pestaña llamada “Symbolology” dentro de esta se da click a la opción “Import” en el cual se ubica el archivo generado anteriormente llamado “Toponimia.lyr” y se aplica a la capa, se da click en “Ok”, en ese momento se ha aplicado la misma simbología.

Paso 7: Las capas (o *layers*) raster, ortofoto digital, carta escaneada y modelo digital de elevación, requieren adecuaciones especiales para su representación y visualización con ello se permite la sobre posición de capas raster, sin la predominancia de una de ellas, el software permite utilizar herramientas de transparencia de las capas, por ello se considero en el proyecto realizar una transparencia de 40% en estos temas, para modificar esta característica se debe dar *click* con el botón derecho del Mouse a las propiedades de la capa en la opción de “*Display*” se indica el porcentaje de transparencia para cada tema.

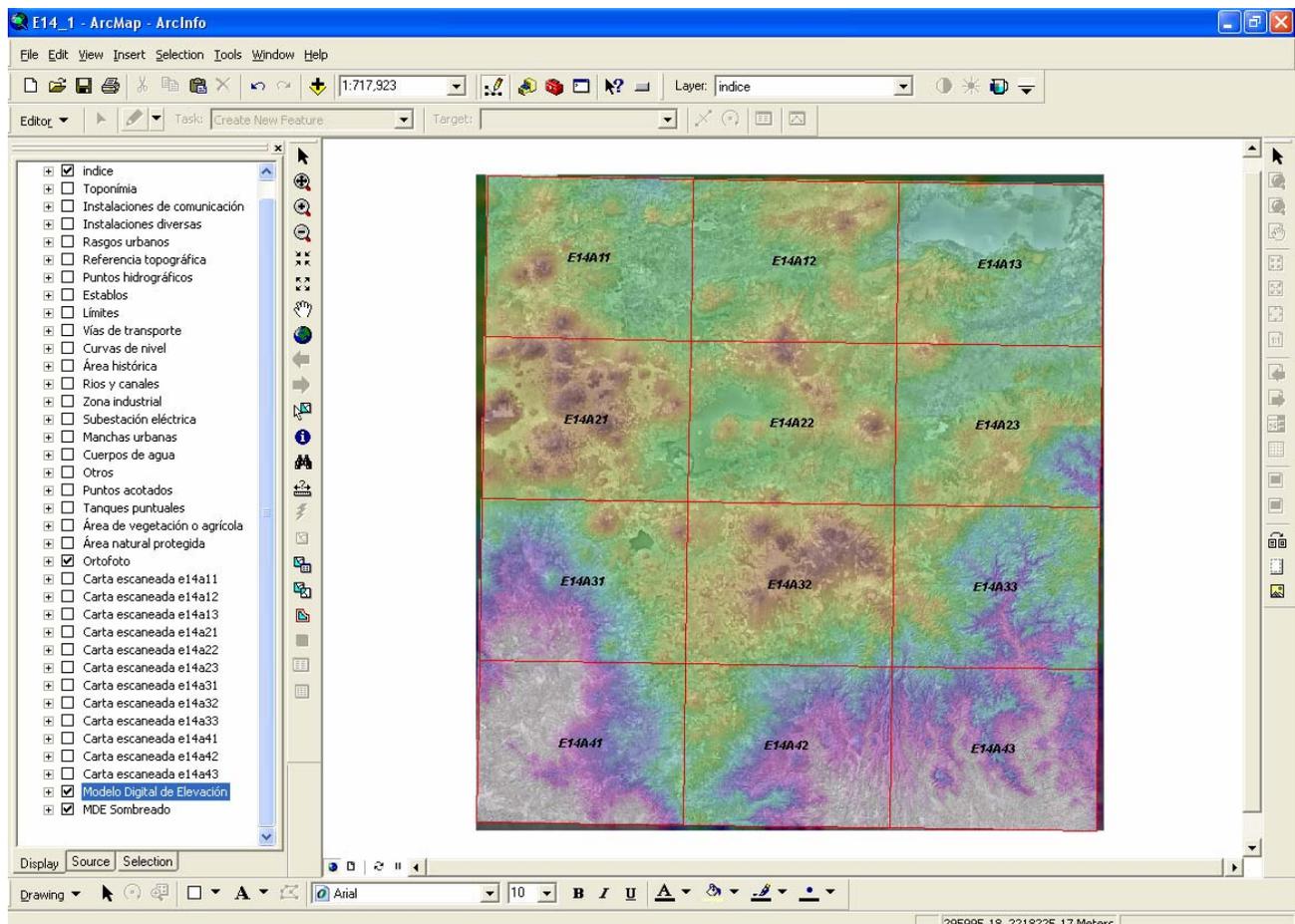


Paso 8: Para la capa del modelo digital de elevación, además de hacer transparente el layer a un 40%, se deberá resaltar las alturas utilizando tintas hipsométricas, es decir poner colores a las distintas alturas que se representan en el MDE, dentro de las propiedades del layer del MDE se escoge esta rampa de colores.

Para la capa de modelo digital de elevación con escala de grises, esta no sufre cambio alguno debido a que es la capa que se ubica en la parte baja de todos los temas dentro del proyecto.



Paso 9: Finalmente con este paso se termina el proyecto en *ArcGIS* y esta listo para ser publicado con el software *ArcIMS*. Si se detecta algún problema o error dentro de la página publicada en Intranet, solo basta con hacer estas adecuaciones en el proyecto MXD dentro de *ArcGIS* y guardarlo, posteriormente se debe actualizar dentro del *ArcIMS Administrator* el servicio del cuadrante que presentó problemas y quedarán actualizados los cambios inmediatamente. Con este paso se termina la creación del proyecto MXD.



8.7.2 Configuración de ArcIMS (administrator)

Este apartado es importante considerarlo antes de comenzar a generar las páginas, debido a la configuración del ArcIMS dentro del servidor de publicación es primordial para verificar las entradas y salidas de archivos que utiliza el software, los siguientes pasos permiten configurar y/o adecuar la configuración del ArcIMS en el servidor de publicación.

Paso 1: Antes de comenzar a generar la página, el programa ArcIMS necesita estar configurado adecuadamente para la creación de archivos de salida, este paso es importante por lo cual se consideró como parte del informe.

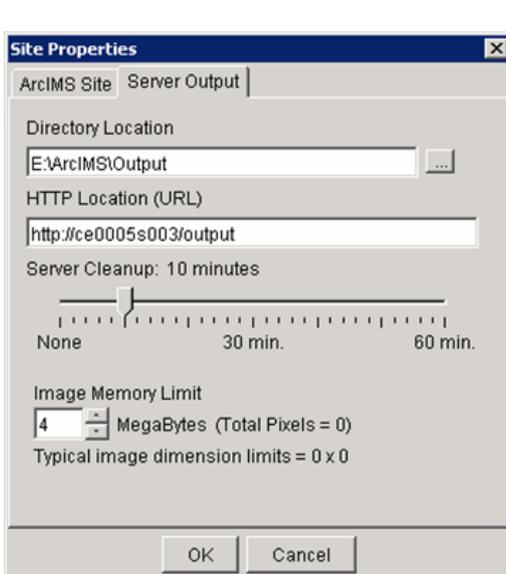


En esta ventana debe de estar considerado el servidor de publicación que en este caso es el CE0005S003

Dirección de WEB de publicación

Dentro del servidor se debe de establecer una carpeta para depositar las páginas creadas.

Paso 2: La otra “pestaña” de la caja debe de indicar las salidas de archivos



Carpeta de generación de imágenes temporales para su publicación al “Vuelo”

Dirección WEB de creación de imágenes temporales al “Vuelo”

Tiempo de existencia de archivos de imágenes temporales.

Tamaño de imágenes temporales en Mega Bytes.

8.7.3 Creación de los servicios de publicación cartográfica

La creación de páginas para el proyecto del módulo de consulta esta dividida en 4 partes:

1. Construcción del proyecto integrador de información vectorial y raster
2. Creación del servicio de publicación, es decir crear el sitio en donde estará conectado la página WEB de cada cuadrante del módulo.
3. Construcción de las páginas WEB de cada servicio dado de alta.
4. Adecuación de las páginas de acuerdo a la normatividad establecida por el área de informática de la CONAGUA, aplicación de plantilla a cada página WEB generada.

Es importante mencionar que todos los procesos están ligados es decir siguen una secuencia y no pueden ser generados sin un orden lógico, ver diagrama 7:

Orden en la creación de páginas WEB:

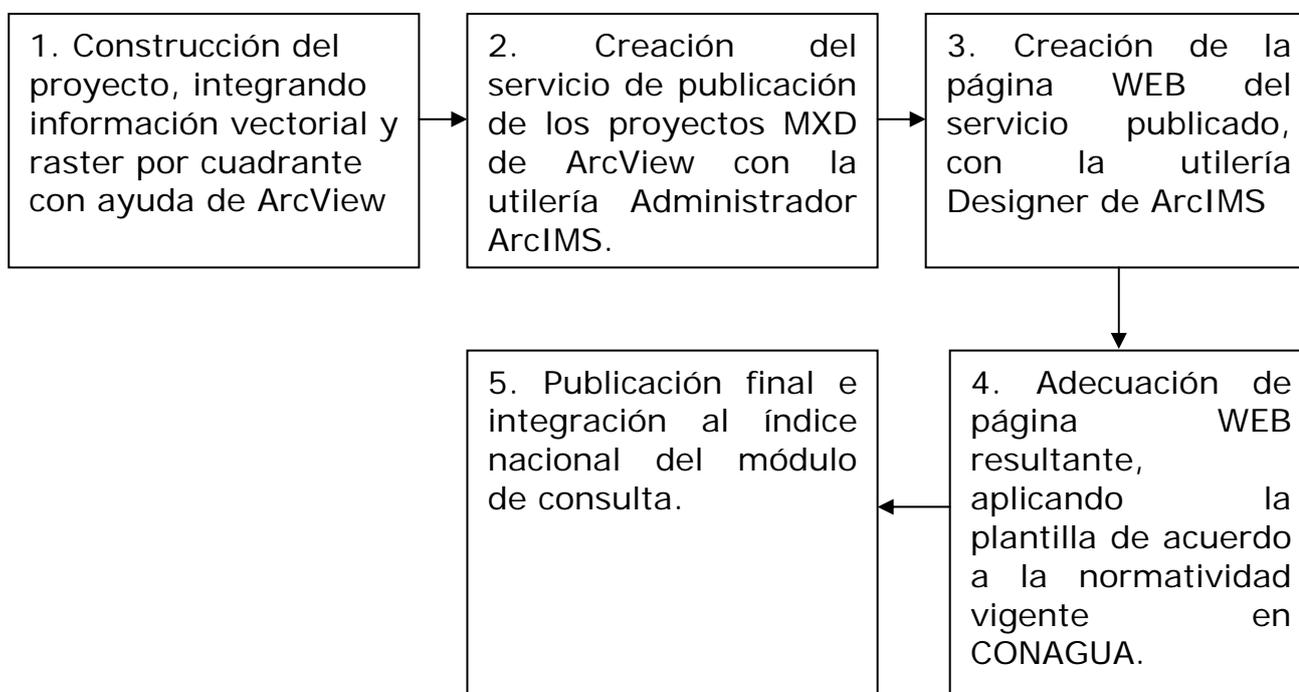
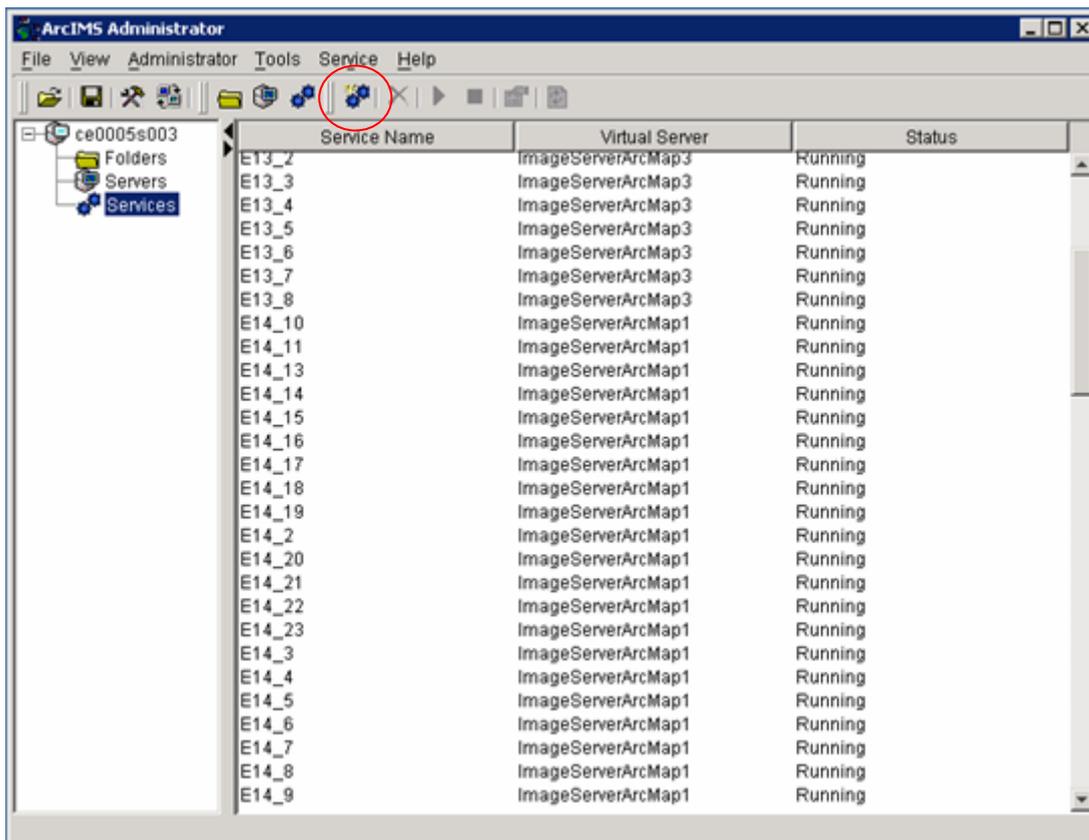


Diagrama 7. Pasos lógicos en la creación de páginas WEB para publicación de datos geográficos

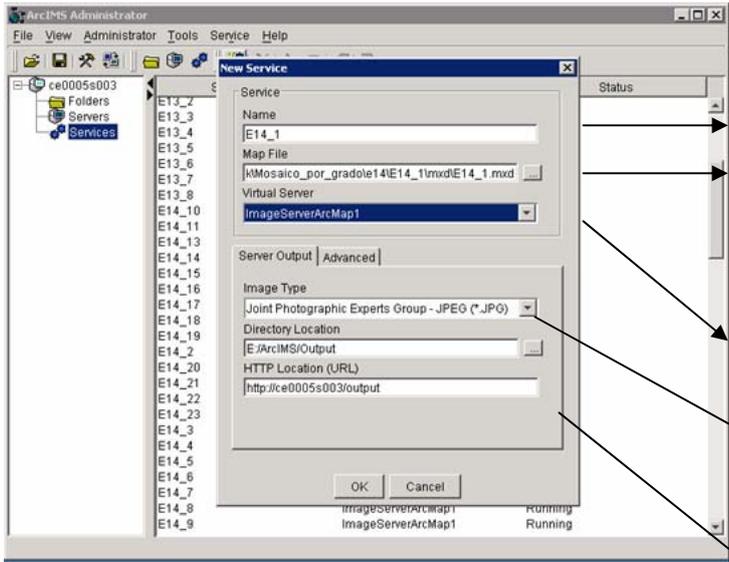
A continuación se explican detalladamente los pasos realizados para crear los servicios de publicación de los futuros sitios *WEB* que constituyen el módulo. Este apartado se realiza utilizando la utilería de *ArcIMS* llamada “*Designer*”, la cual sirve para crear las páginas *WEB*.

Paso 1: Para lograr la creación de servicios de publicación, se utiliza la aplicación *ArcIMS Administrator*, esta herramienta permite dar de alta el servicio de publicación cartográfica correspondiente. En este ejemplo se va a dar de alta Cuadrante: E14_1 que esta integrado por las cartas escala 1:50 000: e14a11, e14a12, e14a13, e14a21, e14a22, e14a23, e14a31, e14a32, e14a33, e14a41, e14a42, e14a43.

.Al abrir la aplicación se pueden apreciar los servicios activos, se debe dar *click* en el botón “New Service” para la creación del nuevo servicio.



Paso 2: En la pantalla se configura el nuevo servicio a dar de alta, cuadrante E14_1.



Se escribe el nombre del servicio a publicar.

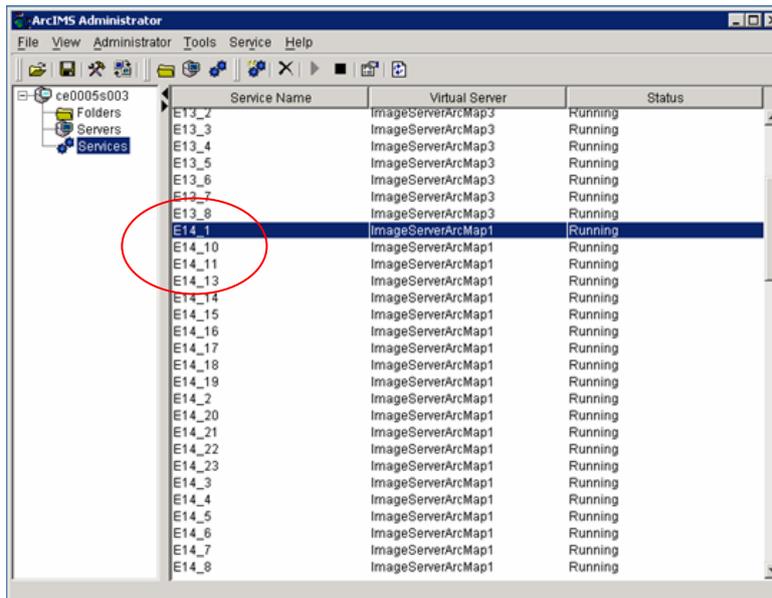
Ubicación dentro de la computadora el archivo MXD del proyecto de ArcMap del cuadrante E14_1

Se escoge el servicio "ImageServerArcMap1"

Selección del tipo de formato de imagen temporal

Los valores de la sección "Server Output" se conservan

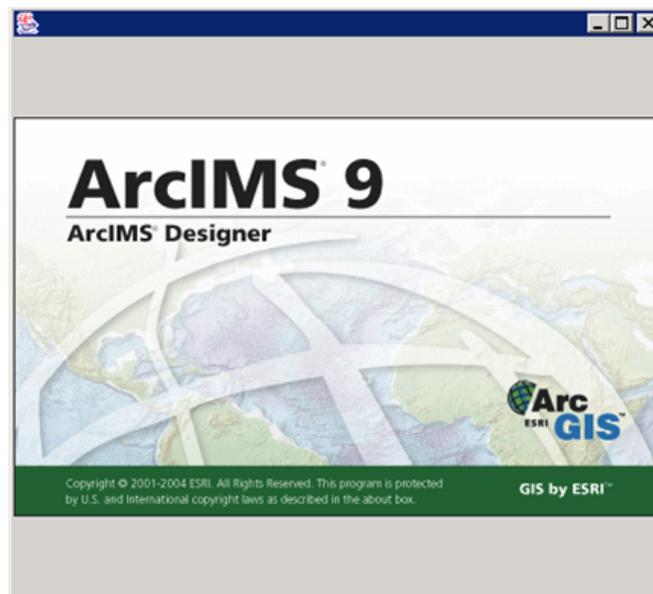
Paso 3: Una vez creado el servicio se verifica la existencia del cuadrante dentro de la lista de servicios que están corriendo en el servidor.



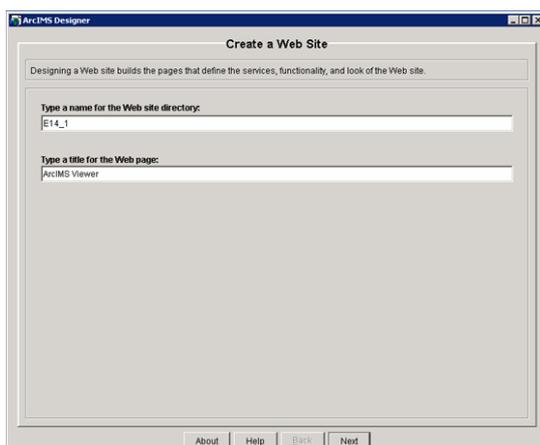
8.7.4 Construcción de página WEB por cuadrante

Otra parte del proceso es la creación de la página WEB de los servicios dados de alta, este paso deberá realizarse una vez que se ha creado el servicio de la carta.

Paso 1: Una vez creado el servicio, se pasa a abrir la aplicación ArcIMS Designer la cual servirá para generar la página WEB de la carta.



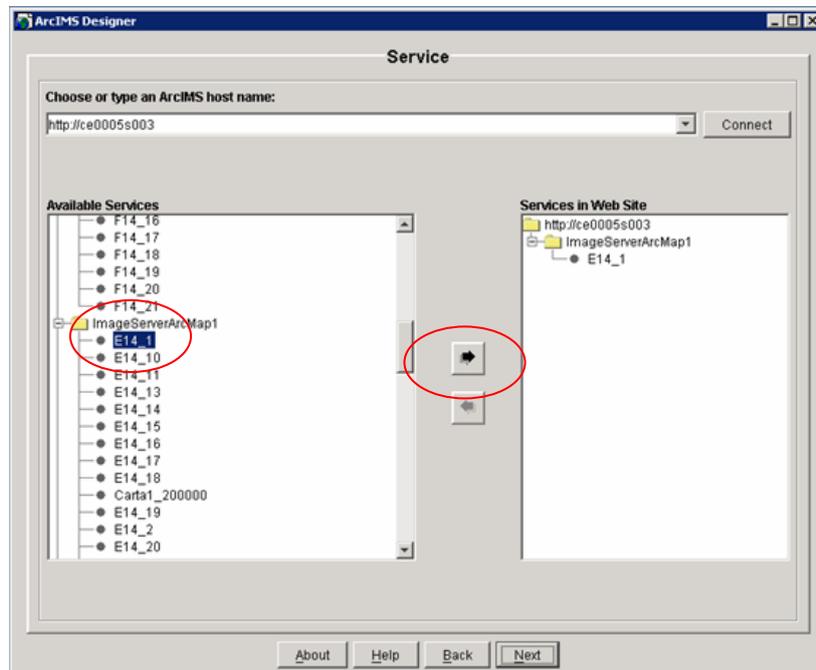
Paso 2: En esta ventana se escribe el nombre del cuadrante que se va a crear su página, cabe recordar que la ubicación en donde radicará la carta es el que se definió en la configuración inicial del ArcIMS.



El nombre del sitio WEB a crear, cuadrante E14_1

Nombre del sitio WEB, en este caso se deja como esta, ya que posteriormente al aplicar la plantilla de CONAGUA este nombre va a ser modificado por el nombre del cuadrante

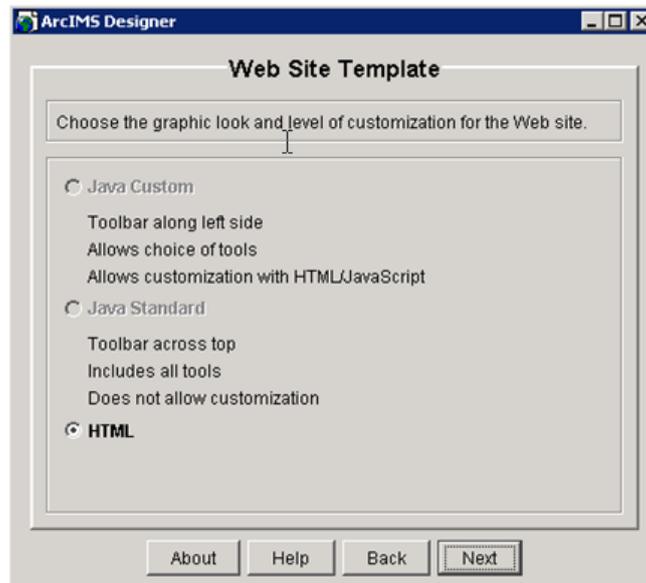
Paso 3: En esta ventana se escoge el servicio WEB del cuadrante E14_1, creado anteriormente, el cual permitirá la publicación del sitio, se selecciona por medio del icono de la flecha hacia el lado derecho.



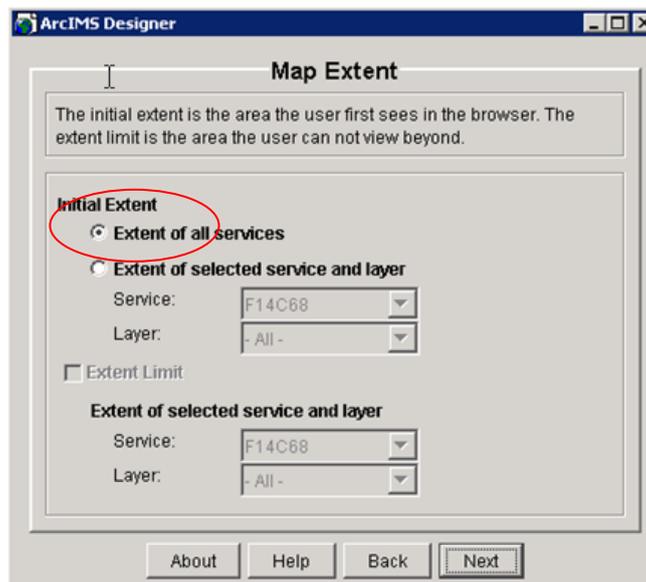
Paso 4: En este paso es importante determinar si el sitio WEB va a ser construido por lenguaje de programación Java Viewer o HTML Viewer, para las páginas de este módulo de consulta siempre se va a escoger HTML.



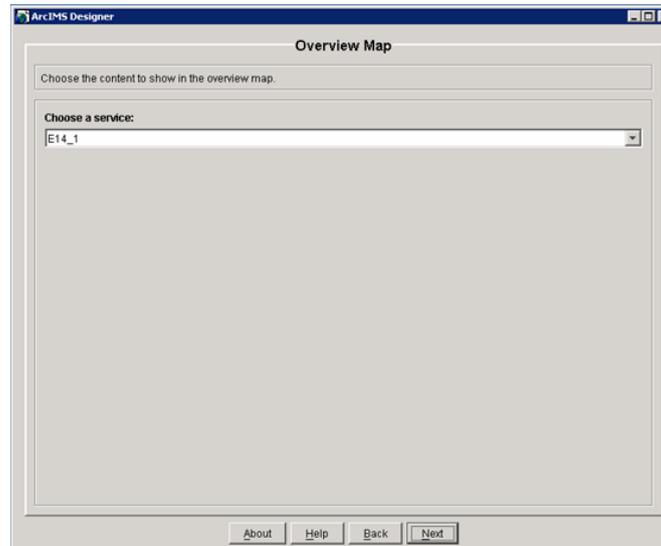
Paso 5: Esta ventana permite elegir el formato de visualización y el nivel de personalización para el sitio WEB, para este proyecto todo va a estar en programación HTML.



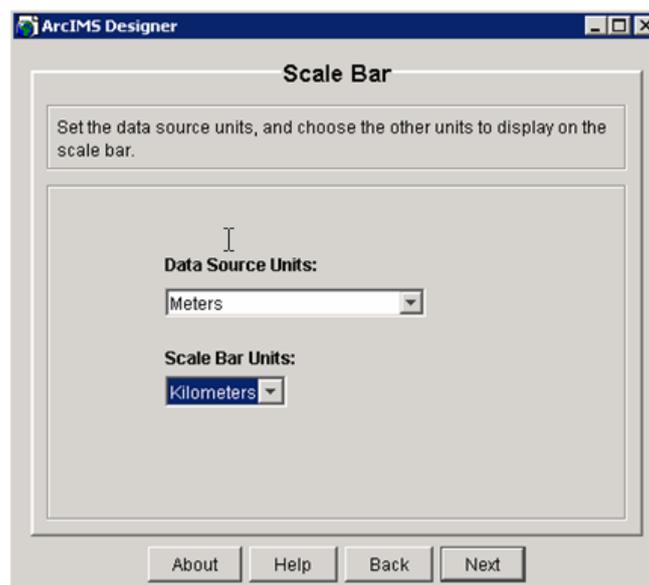
Paso 6: Se escoge el "Extent" (rectángulo de visualización máxima generado a partir de dos coordenadas opuestas diagonalmente) máximo de visualización del proyecto



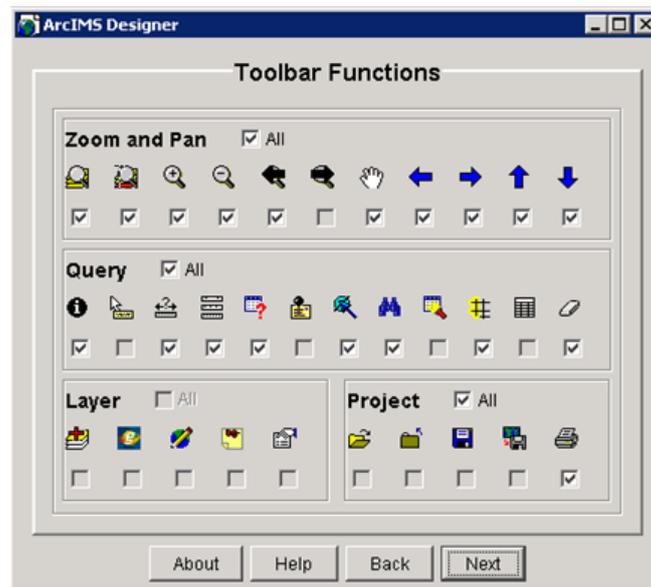
Paso 7: Se debe escoger el contenido del mapa de referencia (mapa guía dentro de la página WEB), para este caso será el mismo de la carta a publicar.



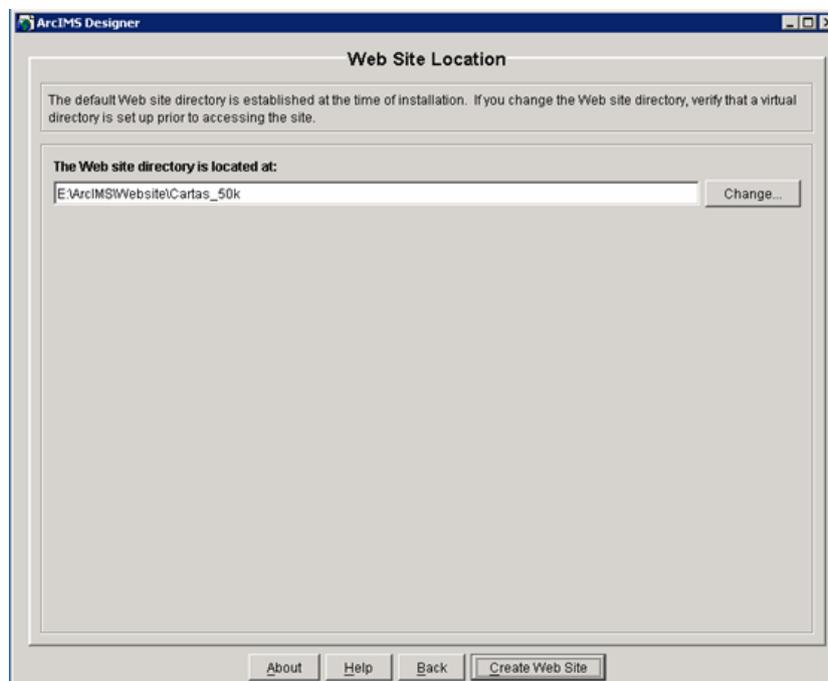
Paso 8: Colocar las unidades de mapa de la fuente de datos, así como de la barra de escala, en este apartado es importante mencionar que toda la información esta georreferenciada en proyección UTM entre las zonas: 11, 12, 13, 14, 15, 16, por tanto las unidades de medida son metros, por otro lado las unidades de medición en la barra de escala estarán expresados en kilómetros.



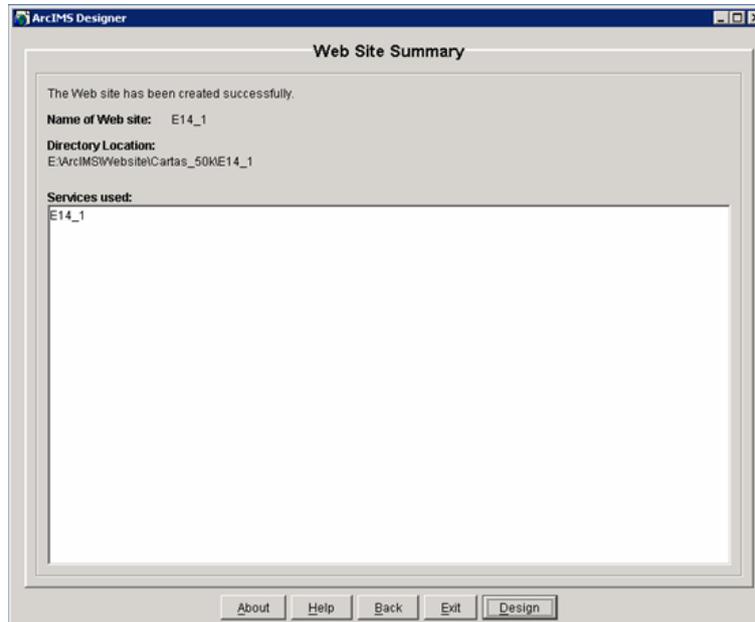
Paso 9: El sitio WEB se puede enriquecer con una barra de herramientas, en esta ventana se deben de escoger las herramientas que servirán para manipular las capas de información dentro de la página, en los caso: “Zoom and Pan”, “Query” y “Project” se debe de escoger la opción “All” Para que dentro de la página se tengan diversas opciones de trabajo.



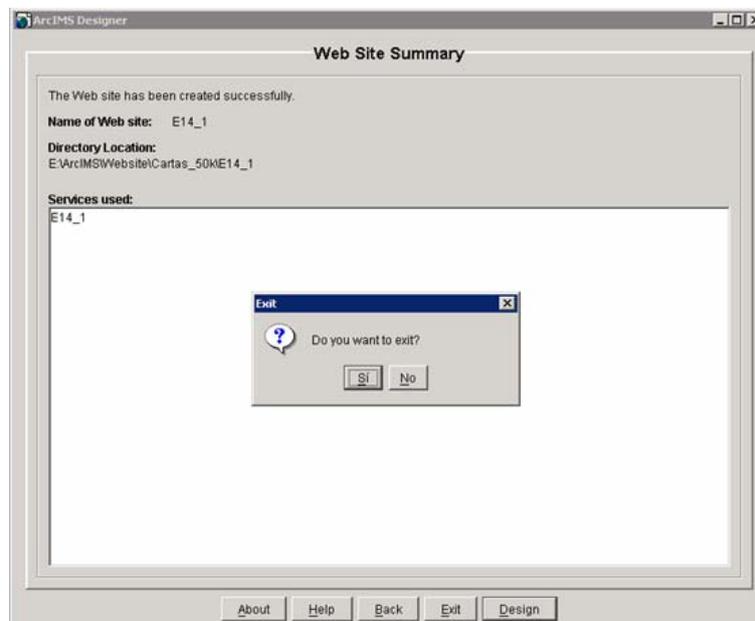
Paso10: Directorio por default en donde será publicada la información, en este caso se dirige hacia una carpeta determinada “Cartas_50k” donde radican los sitios WEB.



Paso 11: En esta ventana se visualiza un resumen de la página WEB creada.

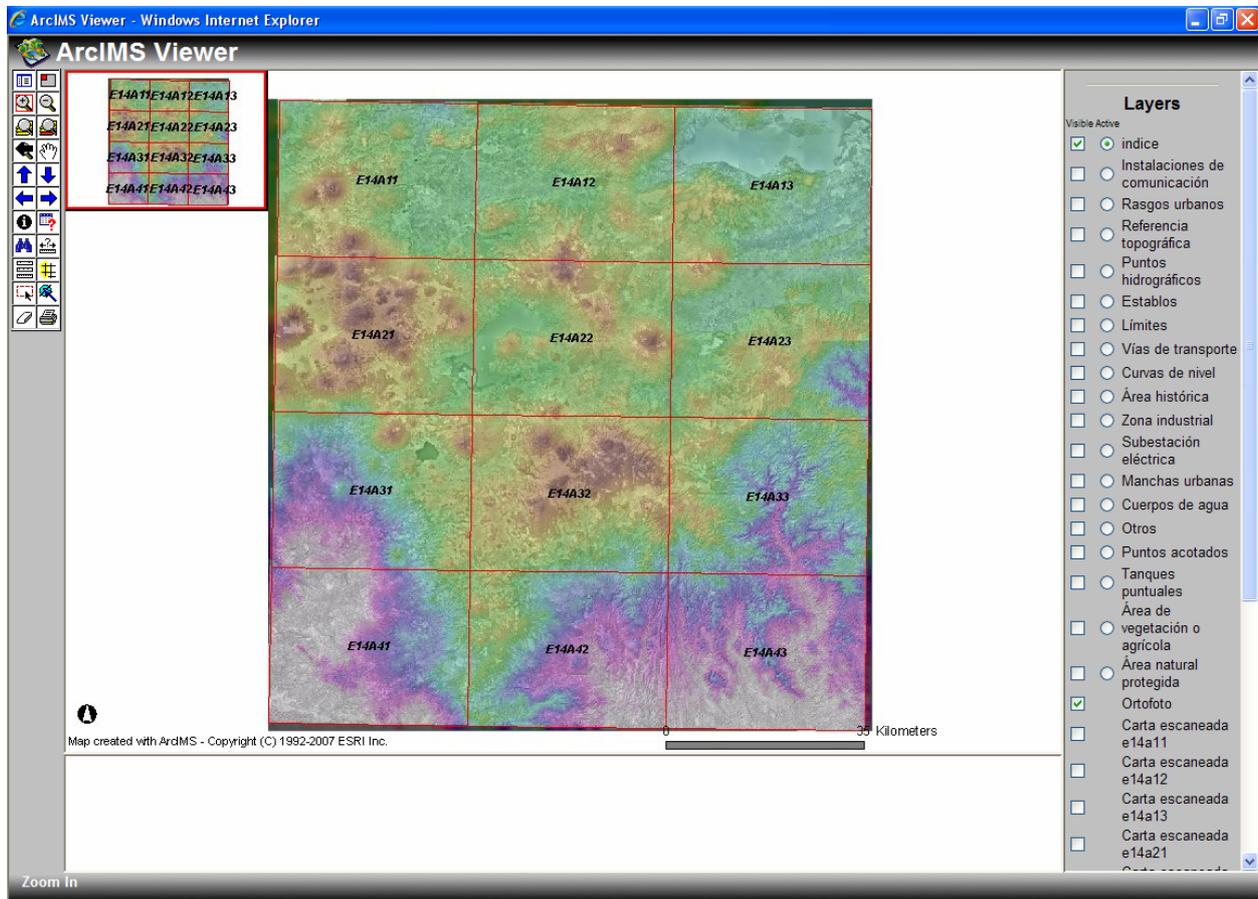


Paso 12: Con este paso se finaliza la creación de la página WEB del cuadrante E14_1.

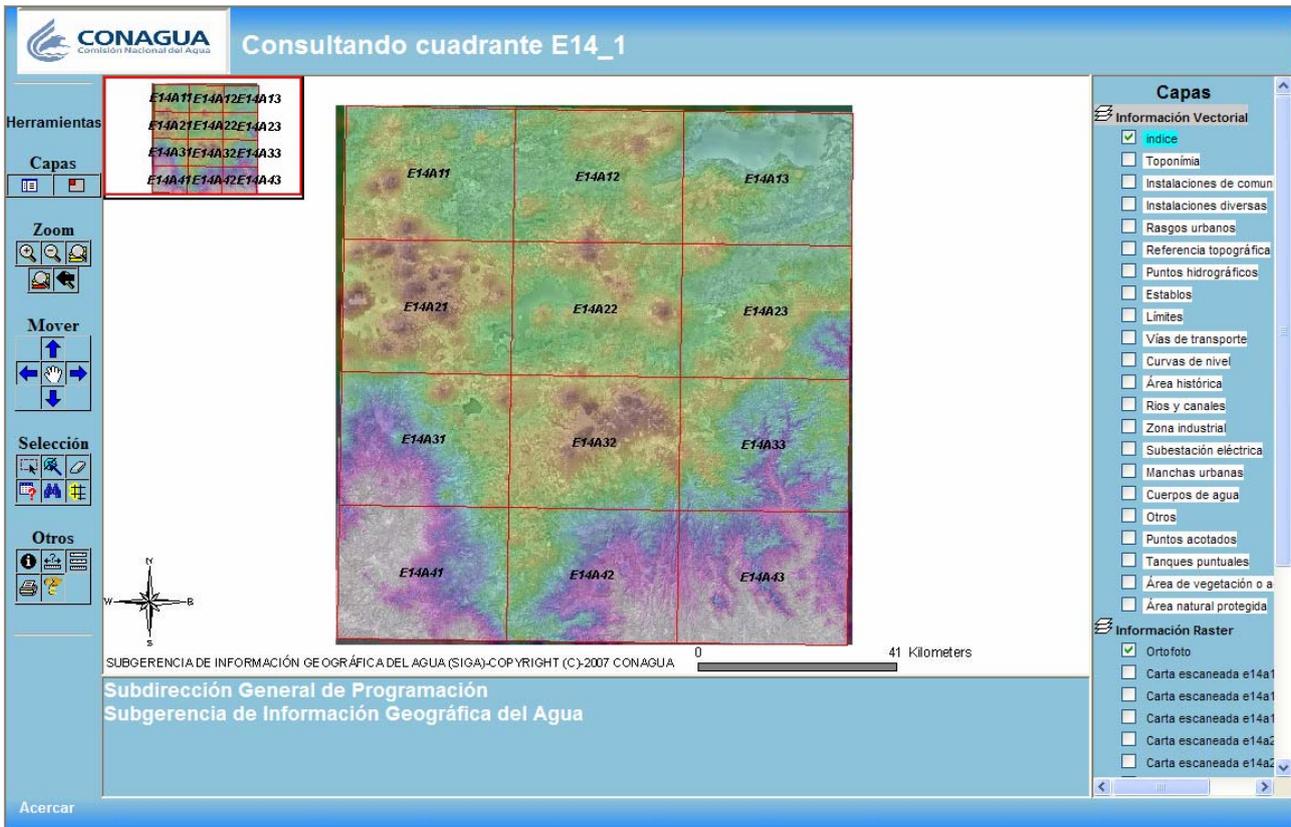


Paso 13: Para analizar el sitio WEB, se abre Internet Explorer "Browser" y se teclea la dirección de ubicación del cuadrante E14_1. Esta página de salida se le debe hacer cambios, para ello se debe aplicar la plantilla de acuerdo al área de Informática de la CONAGUA.

Liga: http://ce0005s003/Website/Cartas_50k/E14_1/viewer.htm



Paso 14: Una vez aplicada la plantilla conforme a la normatividad vigente en la Comisión Nacional del Agua, se obtiene la página WEB final del cuadrante E14_1. Con este paso se termina la creación del sitio WEB por carta, este proceso deber ser realizado para cada uno de los 257 cuadrantes del cual esta compuesto este proyecto.



Es preciso aclarar que la plantilla fue diseñada por el área de Administración de Geobase de Datos y difusión WEB del SIGA, la cual es la encargada de la publicación de información en el área, en ese sentido los códigos fuente para la modificación y actualización de la página son responsabilidad de dicha área y por tanto las modificaciones no se incluye dentro del presente informe.

9 RESULTADOS.

Los resultados más importantes alcanzados dentro del presente informe se sintetizan enseguida:

1. Se organizó y sistematizó dentro de un servidor de publicación de la CONAGUA, la información digital de los diferentes productos cartográficos de escala 1:50 000 en una aplicación de SIG para internet e intranet, desarrollándose diversas formas de representación para los diferentes temas de información vectorial y su toponimia, modelos digitales de elevación, ortofotos digitales, y la carta escaneada digital. El volumen en espacio físico logrado hasta ahora en este banco de datos es de aproximadamente 30 GB.
2. Se realizó una descripción detallada de los diversos productos digitales que conforman la información geográfica escala 1:50 000 que genera el INEGI con la finalidad de comprender mejor su estructura y organización y así poder diseñar un esquema óptimo para el sitio de consulta en el cual existiese la posibilidad de sobreponer y combinar diversos tipos de información geográfica dentro de una sola aplicación para su análisis y representación espacial.
3. Se construyó una metodología específica para generar modelos digitales de elevación, tomando como insumo el mapa de curvas de nivel; este proceso se llevó a cabo con el software ArcINFO Workstation ver. 9.1, con la cual se generaron 2037 modelos digitales de elevación de todo el país con una resolución espacial de 20 metros.
4. Se construyó una metodología orientada a la construcción de Ortomosaicos digitales de alta resolución con ayuda del software ERDAS Imagine; con ella se han generado alrededor de 50 mosaicos digitales grado por grado; cada mosaico está compuesto por 72 ortofotos digitales.
5. Se generó y definió un sistema de coordenadas para contextualizar espacialmente a toda la información geográfica del proyecto
6. Se generó un banco de datos a partir de archivos comprimidos derivados de la información raster del proyecto: modelos digitales de elevación, ortofotos digitales y carta escaneada para resolver el problema de espacio físico de almacenamiento en disco y facilitar su despliegue dentro de la página WEB.
7. Se desarrolló el presente documento el cual sirve como una guía detallada para la integración y generación de información de formato vectorial y raster, para su posterior publicación dentro de un servicio de consulta de datos geográficos vía intranet.
8. Se hallaron los mecanismos y geoprocursos más adecuados para lograr la implementación de la página de consulta.
9. Se creó una malla, de la República Mexicana para representar geográficamente un índice grado por grado de arco en formato shape file, con el sistema de coordenadas definido.
10. Se creó un mapa para representar geográficamente el conjunto de datos de escala 1:50 000, en formato shape file con un sistema de coordenadas definido.

11. Se creó un programa de cómputo en lenguaje AML para transformar en forma rápida archivos de formato DXF a cobertura ArcINFO, este programa corre dentro del software ArcINFO Workstation.
12. Con la publicación de esta información y con la ayuda del software *ArcIMS*, se permite a otros usuario de productos ESRI de CONAGUA la posibilidad de utilizar el banco de datos geográficos integrado dentro de sus propios proyectos *ArcGIS* (*Arcview*, *ArcINFO* e incluso otras aplicaciones desarrolladas en *ArcIMS*) con ello se evita la duplicidad de información geográfica, además de acceder a una sola base de datos.
13. Con la integración de la información en un solo producto, se ayuda a los usuarios del sistema a no manejar diversos productos en múltiples formatos y evitar la saturación de información de sus equipos de cómputo.
14. Se logró la creación de la página en Intranet de CONAGUA para publicar la información disponible correspondiente a la escala 1:50 000 en la Subgerencia de Información Geográfica del Agua a los usuarios del SIGA.
15. El desarrollo y consolidación de este proyecto esta basado en la coordinación de áreas interdisciplinarias con diferentes profesionistas enfocadas al manejo y funcionamiento de Sistemas de Información Geográfica, que integran a la Subgerencia de Información Geográfica del Agua dentro de la Comisión Nacional del Agua.

10 CONCLUSIONES

1. Los avances tecnológicos en equipos de cómputo (servidores) en conjunto con los avances de las herramientas de publicación en WEB, sin duda están facilitando la forma de poner al alcance de diferentes usuarios, sitios especializados en información geográfica para su consulta y difusión, esta situación permite a diferentes dependencias de Gobierno un cambio sustancial en la forma de crear sus portales WEB para la difusión de información especializada institucional.

2. Este proyecto tiene como propósito principal la integración, estandarización y sistematización de toda la información geográfica escala 1:50 000 que existe en el país (el objetivo es tener las 2357 cartas integradas al módulo) en un solo sitio (servidor). Todo esto permite al Sistema de Información Geográfica del Agua SIGA, consolidar un banco único de datos geográficos homogéneo con 2037 cartas de escala 1:50 000 y más de 13,000 ortofotos digitales escala 1:20 000 dentro de un servidor de datos geográficos único.

3. Antes del presente proyecto estos datos se encontraban dispersos en sus diversos formatos de origen y en diferentes medios de respaldo (DVD, CD, cintas, etc.), debido a esta situación se dificulta el análisis, interpretación, manejo y transferencia de datos a las diferentes áreas usuarias de la CONAGUA que lo requieren.

4. En la tabla 15 se puede identificar el avance del proyecto en la integración y procesamiento de los datos al 30 de abril de 2007,

Integración de información				
Datos geográficos	Escala	Proceso Realizado	Cartas trabajadas	% de Avance
Modelos Digitales de Elevación.	1:50 000	Creación de MDE por medio de curvas de nivel	2037	100
MDE Sombreado en grises	1:50 000	Creación de MDE sombreado en grises	2037	100
Vectorial (capas de información)	1:50 000	Conversión de archivos de DXF a cobertura ArcINFO	2037	100
Vectorial (capas de información)	1:50 000	Conversión de ArcINFO a formato shape file	1754	100
Vectorial (toponimia)	1:50 000	Conversión de archivos DBF a formato shape file	2037	100
Carta escaneada	1:50 000	Cambio de formato de TIFF a formato SID y definición de georreferencia	1474	100
Ortofoto digital	1:20 000	Cambio de formato de BIL a formato SID, creación de mosaico de ortofotos y definición de georreferencia	338	13
Tareas			Cuadrantes trabajados	% de Avance
Unión de datos vectoriales		Proceso "Merge" unión en solo archivo	50	19
Creación e integración de proyectos en ArcView		Integración de datos dentro de un proyecto de Arcview con los temas raster y vectoriales que lo componen	50	19
Dar de alta el servicio WEB		Crear el servicio que da soporte a la página de cada cuadrante.	50	19
Construcción de pagina WEB		Creación de cada una de las páginas WEB que soportan cada cuadrante	50	19

Tabla 15. Resultados del proyecto al 30 de abril de 2007

5. Otro propósito estratégico del proyecto fue el diseño y construcción de una aplicación en Intranet de la CONAGUA la cual contara con herramientas sencillas para consultar, visualizar y analizar información 1:50 000 consolidada dentro del servidor central del SIGA; esta página WEB esta permitiendo consultar la información en forma organizada en un ambiente de Intranet, debido a esta característica, este módulo de mapas esta siendo utilizado por una gran número se usuarios que necesitan consultar mapas a esta escala.

6. La posibilidad de visualizar mapas y datos geográficos o incluso utilizar herramientas y funciones de SIG a través de Internet, abre enormemente el abanico a diversos profesionales que pueden beneficiarse del uso de la componente geográfica en el proceso de toma de decisiones, destinado, hasta hace pocos años, exclusivamente a personal técnico. Hoy día se tiene la posibilidad de poner a disposición, a prácticamente cualquier persona, mapas y herramientas digitales para analizar e interpretar información geográfica del país.

7. Aprovechando la integración de esta base de datos geográfica se esta en posibilidad de utilizar estos mapas en dispositivos móviles: celulares, palms y computadoras personales en un futuro inmediato por medio de Internet; este tipo de aplicaciones son de suma importancia dentro de la institución cuando se tienen que atender emergencias causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos tales como huracanes e inundaciones provocadas por lluvias extremas en diversas zonas del país.

8. Actualmente este módulo esta siendo utilizado por diversas áreas las cuales necesitan soporte cartográfico de este tipo para realizar sus tareas, por ejemplo la Gerencia del Consultivo Técnico es el responsable de la seguridad de las presas en el país, ellos utilizando el módulo de consulta de mapas para identificar y validar las coordenadas geográficas de más de 5000 presas en todo el país, así como el entorno geográfico en el que se ubican las mismas; esto se esta logrando por medio de la conexión y utilización de un servidor ArcIMS (servidor de publicación del módulo) dentro del software ArcView, esto es, utiliza la información publicada dentro del servidor para mostrarla dentro de sus propios equipos de cómputo, esto en conjunción con su propia información esta permitiendo consolidar esta tarea.

Otra área en la cual se está utilizando el módulo de consulta de mapas es la Gerencia de Inspección y Medición que se ubica dentro de la Subdirección General de Administración del Agua, la cual tiene la tarea de verificar y validar las concesiones de agua en el país por medio de visitas a campo, asimismo tiene la tarea de regularizar a los usuarios que esta fuera de la ley y no tiene un titulo de concesión para explotar el recurso, esta área utiliza el módulo para planificar las visitas y toda la logística que ello implica, la impresión de mapas a esta escala para ser llevados a campo por parte de las brigadas es vital para la tarea que se realiza en esta área.

9. Como en todo proyecto, en el desarrollo de este módulo de consulta de mapas se han presentado problemas que se han resuelto conforme se han presentado, uno de los más destacados es que la información de escala 1:50 000 fue concebida en diferentes épocas y diferentes metodologías. El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI trabajó con 2 datum distintos en la consolidación de la información geográfica del país a esta escala, 205 cartas con el datum NAD27 y 2152 cartas en ITRF92 Época 1988, de un universo total de cartas de 2357. Esta característica fue determinante para decidir la forma de integrar y presentar los datos en la página, se pueden homogeneizar los datum de los conjuntos de datos con ayuda de los SIG, sin embargo aún logrando esto, existen problemas de continuidad entre los elementos geográficos unidos cuando se intenta unir cartas que fueron concebidas en diferentes datum, esto se debe a que las cartas han sido trabajadas en un lapso de más o menos 10 años, tiempo en el cual se han modificado las metodologías y formas de transformar la información análoga a formato digital.

Sin embargo el INEGI ha informado que se están llevando acabo trabajos de actualización y transformación de las cartas con datum Nad27 a IRTF92 para homogeneizar toda la información a esta escala y evitar las inconsistencias de ésta.

10. El proyecto del módulo de mapas esta integrando y procesando en su gran mayoría datos geográficos que produce y genera el INEGI, sin embargo hay información que no existe, debido a esto el SIGA decidió enriquecer y complementar este módulo con la generación de Modelos Digitales de Elevación con mayor resolución espacial a los generados por este instituto.

Los MDE se están elaborando por medio del mapa de curvas de nivel de cada una de las cartas, esta generación esta basada conforme a una metodología propuesta por el SIGA, sin embargo dentro del proceso de análisis de la información se detectaron y corrigieron errores dentro de las tablas de atributos de los mapas de curvas, esta tarea de corrección ha permitido

garantizar que los MDE resultantes no presenten errores derivados de este problema, esta actividad fue realizada en su totalidad con el software ArcINFO Workstation ver. 9.1.

La CONAGUA necesita contar con MDE debido a que estos sirven para diversos proyectos y estudios que necesitan realizar análisis hidrológicos precisos y que es urgente realizar dentro de la institución. La generación de información esta permitiendo obtener otros productos derivados de los MDE, por ejemplo: Mapa de pendientes, mapas altimétricos, delimitación de cuencas hidrográficas, generación de causes de ríos, asimismo también sirven para dar soporte a trabajos en tercera dimensión como ortofotos digitales e imágenes de satélite, etc., esto sin duda es muy importante para la institución debido a las tareas encomendadas.

11. La consolidación e integración de este banco de datos geográficos, es sin duda la columna vertebral del proyecto, el avance alcanzado en esta tarea permite estar en condiciones de construir los proyectos que integran y dan presentación a los datos raster y vectoriales con ayuda del software *ArcGIS*, para su posterior vínculo y publicación con el software *ArcIMS*.

12. Otro aspecto importante en la integración de datos de la información tipo vectorial, fue el cambio de formato de DXF a cobertura ArcINFO; sin duda significo un grave problema a resolver por el tiempo de procesamiento de esta información, sin embargo, esta dificultad se solventó con la creación, programación y utilización de un programa en lenguaje AML que se “corre” (ejecuta) dentro del programa ArcINFO Workstation. Esta solución significo una excelente ayuda para procesar los 48,888 archivos DXF considerados dentro del proyecto. Esta actividad se realizó en aproximadamente 30 días de procesamiento continuo, es decir 24 hrs, no obstante, en ocasiones este programa se interrumpió por errores o problemas con los archivos DXF por lo que se debía de correr nuevamente. Por tanto finalizar este trabajo, llevó alrededor de 1 mes y medio de procesamiento. Si este trabajo lo hubiera realizado una sola persona, se hubiese requerido de un lapso de 5 meses y medio, sólo para la transformación de archivos de DXF a cobertura ArcINFO.

13. El definir el sistema de coordenadas a cada uno de los temas considerados en cada carta, igualmente resulto un problema, sin embargo una vez que se tuvieron los archivos vectoriales en formato cobertura ArcINFO fue sencilla la definición del sistema de coordenada por medio de otro programa en AML; este programa sirvió para asignarle una sistema de coordenadas (datum, proyección cartográfica) de acuerdo a los archivos originales del INEGI, con ello se terminó de integrar la información de 2037 cartas existentes dentro del SIGA.

14. Otro problema sobresaliente que se presentó en el desarrollo del proyecto, fueron los limites detectados en el software y hardware utilizados para este trabajo; el fabricante de software especifica las características idóneas necesarias para que trabaje correctamente el programa *ArcIMS* (programa utilizado para la publicación de la información), sin embargo y debido a las características de infraestructura informática del SIGA, se tuvieron problemas al momento acrecentar el número de servicios y por consecuencia de páginas WEB dentro del servidor. Después de un análisis detallado se concluye que es importante cuidar las características del hardware (servidor de publicación), y que este servidor debe ser utilizado sólo y únicamente para dar soporte a las aplicaciones WEB del área, esto es que, en él no deben radicar otras aplicaciones (manejadores de bases de datos, almacenamiento masivo de archivos).

15. Para un mejor desempeño en los servicios de publicación se recomienda que el servidor cuente con los requerimientos mínimos de operación para mejorar el desempeño del software *ArcIMS* ver. 9.1.

1. 4 GB de memoria RAM (Gigabyte)
2. Al menos 4 microprocesadores a 3.0 Ghz (Giga hertz) cada uno.
3. Espacio en disco de al menos 1 Tb (Terabyte, 1024 GB)
4. Tarjeta de conexión a red de 100 Mbps (megabits por segundo)

16. En lo referente a la publicación de mapas, esta actividad se esta llevando acabo en tres etapas para su publicación final:

1. Integración de capas de información dentro de un proyecto en *ArcGIS* (*ArcINFO*), para

- cada carta a publicar (creación de archivos mxd).
2. Integrada esta información se crea el servicio WEB con ayuda de la aplicación *ArcIMS Administrator*, esto permite dar soporte a cada página WEB publicada.
 3. Por último se crea la página WEB con ayuda de la herramienta *ArcIMS Designer*, para finalmente aplicar la plantilla institucional (por normatividad), que permite finalmente publicar los datos dentro de la Intranet de la CONAGUA.

17. De acuerdo a la estructura de trabajo propuesto en el proyecto, el esquema permite aprovechar todas las herramientas de cartografía avanzada incluidas dentro del software *ArcGIS (ArcINFO)*, tal como la representación en rampas de colores de los datos, conservar su ubicación geográfica para la sobreposición de los datos, ordenar las capas de información en el proyecto mxd, aplicar plantillas de simbología específica a puntos líneas y polígonos homogéneas en todas las cartas a publicar, utilización de campos llave para el direccionamiento de campos dentro de las tablas de atributos de la capa de toponimia a tablas externas (join), manejo y simbología con la información tipo raster (tintas altimétricas, sombreado en grises), opción de aplicar transparencias entre capas. Lo anterior permitió dotar de herramientas geográficas para el manejo e identificación de información por parte de los usuarios del módulo de consulta, dando acceso así a consultas y análisis en forma sencilla e intuitiva.

18. Un aspecto relevante de mencionar del proyecto, es lo referente al espacio físico requerido en el servidor que soporta el proyecto para almacenar toda esta información geográfica en su formato original, el espacio estimado es de más 625 GB, sin embargo, al convertir todos los datos raster a formato SID el espacio se redujo a 412 GB es decir se ahorra casi un 34 % de espacio en disco duro del servidor de publicación.

El esquema de compactación de los datos raster también ayuda a un despliegue rápido de la información dentro de la página WEB de publicación, esto mejora la visualización de los datos tipo raster a los usuarios del módulo.

19. Finalmente mencionaremos que una de las tareas potenciales del geógrafo en la actualidad es la integración de bancos de datos geográficos de manera coherente y versátil que permitan realizar análisis espaciales con ayuda de los sistemas de información geográfica, tareas en las cuales, también es fundamental un profesionalista en geografía.

Esto posibilita la interpretación adecuada de los datos y su representación en mapas, la utilización de productos cartográficos de escalas compatibles, el empleo de variables espaciales y temporales adecuadas, etc.

Por ello los geógrafos tenemos que actualizarnos en el empleo de estas nuevas tecnologías, en su manejo, procesamiento y publicación de mapas, y potencializar las posibilidades que actualmente da la Internet.

Un aspecto muy importante es la necesidad de crear sinergias con otros profesionistas del medio para enriquecer los conocimientos acerca de las características de funcionamiento y bondades de los programas que permiten la publicación de mapas en la WEB. Esto permitirá transmitir las experiencias adquiridas en este tipo de proyectos a otras generaciones de profesionistas y sin duda alguna, a otros geógrafos que se están preparando actualmente en las universidades y que en muchas ocasiones no conocen o no tienen acceso a este tipo innovaciones tecnológicas.

11. BIBLIOGRAFÍA.

1. Joly, F. (1988): **La cartografía**. Oikos-Tau. Barcelona.
2. Erwin Raisz,(1974), **Cartografía General**, 435 pp. Ediciones Omega, S.A. Impreso en Barcelona, España.
3. Chuvieco, Emilio (1990): **Fundamentos de teledetección espacial**, 435 pp. Ediciones Rialp,. Madrid.
4. Felicísimo, A.M. (1992): **Aplicaciones de los modelos digitales del terreno en las ciencias ambientales**. Tesis Doctoral, 118 pp. Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT), Universidad de Oviedo, España.
5. Felicísimo, A.M. (1992): **Conceptos Básicos, Modelos y Simulación**, 112 pp. Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT), Universidad de Oviedo, España.
6. M. Estrada Espinosa de los Monteros, (1998), **Laboratorio de Cartografía**, 179 pp. Editorial Trillas, imp. En México.
7. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI, (2000), **Información geográfica hacia el tercer milenio**, 172 pp. Impreso en México
8. Andy Mitchell, (1999): **The ESRI guide to GIS Analysis, Volume1: Geographic Patterns & Relationships**,186 pp, Environmental Systems Research Institute, INC, ESRI, EE.UU.
9. Mochael Zeiler, (1999): **Modeling Our World the ESRI Guide to Geodatabase Desing**, 200 pp, Environmental Systems Research Institute, INC, ESRI, EE.UU.
10. ERDAS (1999): **Erdas Field Guide**. Fifth Edition, V8.5, 672 pp. Erdas Inc., Atlanta EE.UU.
11. ERDAS (1999): **Tour Guides**. Fifth Edition, V 8.5, 662 pp. Erdas Inc., Atlanta Georgia, Impreso en EE.UU.
12. ERDAS Education Services (1997). **ERDAS IMAGE Professional Training Reference Manual**, 160 pp, ERDAS ING: Atlanta, Georgia, Impreso en EE.UU.
13. ERDAS Education Services (1997). **ERDAS IMAGE Advantage Interface Manual**, 120 pp, ERDAS ING. Atlanta, Georgia, Impreso en EE.UU.
14. ERDAS Education Services (1997). **ERDAS IMAGE Essentials Interface Manual**, 200 pp, ERDAS ING. Atlanta, Georgia, Impreso en EE.UU.
15. Environmental Systems Research Institute, INC, ESRI (1994), **Understanding GIS**, The ARC/INFO Method. 500 pp., Impreso en EE.UU.
16. Environmental Systems Research Institute, INC, ESRI (1994), **ARC/INFO Data Management**, Concepts, data models, database desing and storage, ARC/INFO Method. 300 pp., Impreso en EE.UU.
17. Environmental Systems Research Institute, INC, ESRI (2000), **Understanding Map Projections**.110 pp, Impreso en EE.UU.
18. Educational Services, Environmental Systems Research Institute, INC, ESRI (1998), **Introduction to ARC/INFO**, volumen 1, 500 pp. Impreso en EE.UU.
19. Educational Services, Environmental Systems Research Institute, INC, ESRI (1998), **Advanced ARC/INFO**, volumen 1, 170 pp. Impreso en EE.UU.
20. Educational Services, Environmental Systems Research Institute, INC, ESRI (1998), **Using ARC GRID with ARC/INFO**, volumen 1, 500 pp. Impreso en EE.UU.
21. Environmental Systems Research Institute, INC, ESRI (1996), **Using ArcView GIS**, volumen 349 pp. Impreso en EE.UU.
22. Vox, **Diccionario Inglés-Español Español-Inglés** (1979), 1417 pp. editorial Bibliograf S.A., Cuarta Edición, imp. en España.

12. LISTADOS.

Lista de mapas

Mapa 1. Coordenadas extremas de México	43
Mapa 2. Índice 50 000 generado	47
Mapa 3. Índice 50 000 adecuado a la República Mexicana.....	47
Mapa 4 Llenado de celdas.....	48
Mapa 5 Índice de cuadrantes grado por grado resultado del proceso	53
Mapa 6 Índice grado por grado adecuado a la República Mexicana.....	53
Mapa 7 Codificación de la malla grado por grado	54
Mapa 8 Disponibilidad y distribución geográfica de la toponimia en el SIGA.....	64

Lista de tablas

Tabla 1 Integración de información geográfica en el proyecto.....	39
Tabla. 2 Universo de trabajo	41
Tabla 3. Requerimiento de espacio.....	41
Tabla 4 Información sobre el Sistema Cartográfico Nacional del INEGI	43
Tabla 5 Relación entre grados y décimas de grado	49
Tabla 6 Campos y descripción de los archivos DBF que contiene la toponimia.....	57
Tabla 7 Códigos para describir los elementos geográficos (Tergen).....	59
Tabla 8 Disponibilidad de información toponímica en el SIGA.....	64
Tabla 9 Detalle de la agrupación que contiene objetos o entidades geográficas	67
Tabla 10 Capas de información de la carta topográfica	68
Tabla 11 Comandos en ArcINFO	70
Tabla 12. Comparativo de procesamiento de datos vectoriales.....	71
Tabla 13 Cambio de formato.....	73
Tabla 14 Nombres de capas de información y sus correspondientes alias	119

Lista de figuras

Figura 1 Arquitectura de software ArcIMS	13
Figura 2 ArcIMS ArcMap Server.....	15
Figura 3. Ejemplo de información vectorial (carta f14c88).....	32
Figura 4. Ejemplo de carta escaneada (carta f14c88).....	34
Figura 5. Ejemplo de una Ortofoto de un total de 6 que cubren cada carta escala 1:50 000 (carta f14c88).....	36
Figura 6. Ejemplo de MDE sin procesar (carta f14c88).....	38
Figura 7. Ejemplo de MDE sombreado en grises (carta f14c88).....	38
Figura 8. Comparación de datums.....	40
Figura 9 Creación del índice escala 50 000.....	44
Figura 10 Cubrimiento de cartas a 50 000 en una celda grado x grado.....	45
Figura 11 Creación del índice cuadrantes grado por grado.....	49
Figura 12 Cubrimiento de cartas a 50 000 en una celda grado x grado.....	51
Figura 13 Organización de datos en el servidor de publicación del SIGA.....	59
Figura. 14 Sintaxis para correr el programa de transformación de archivos DXF.....	72
Figura 16 Índice del módulo de Consulta de Mapas	115
Figura 17 Proyecto MXD en ArcGIS, cuadrante E14_1.....	116
Figura 18 Ejemplo de un cuadrante	117

Lista de diagramas de flujo

<i>Diagrama 1. Procesamiento de la toponimia.....</i>	<i>56</i>
<i>Diagrama 2. Procesamiento de información vectorial.....</i>	<i>65</i>
<i>Diagrama 3. Procesamiento del Modelo Digital de Elevación.....</i>	<i>81</i>
<i>Diagrama 4. Procesamiento de carta escaneada digital.....</i>	<i>92</i>
<i>Diagrama 5. Procesamiento de ortofotos digitales.....</i>	<i>101</i>
<i>Diagrama 6. Construcción de páginas WEB por cuadrante.....</i>	<i>118</i>
<i>Diagrama 7. Pasos lógicos en la creación de páginas WEB para publicación de datos geográficos.....</i>	<i>128</i>