

THE NEW EJIDAL CARTOGRAPHY OF MEXICO

Geog. Carlos A. Guerrero Elemen
Dirección General de Cartografía Catastral / INEGI
Av. Las Américas 403 42 piso
Fracc. Santa Elena
Aguascalientes, Ags
20230 MEXICO

ABSTRACT

The challenge of surveying half of the Mexican territory and generate 110 millions of cartographic products for the Program for Certification of Ejido's Rights and Titling of Urban Plots (PROCEDE) has drove INEGI to develop a national program and to establish an infrastructure for the operative works needed to face the compromise of this project. This project will give the juridical certainty in the land tenancy which is the base to have a continues growing of the Mexican country side.

The new ejidal cartography of Mexico used in the certification's actions of PROCEDE updates the cartography generated from 1917 until the end of the 80's for the agrarian laws, as a result of the revolutionary movement occurred in the nation in the second decade of the century.

Pursuing the goal of producing the cartography for the titling and certification provided by PROCEDE, has been designed and developed the Ejidal Mapping Information System (SICE) which spatial and numerical database contains very important information for the knowledge of the Mexican geography.

SICE has implied a constant developing effort since its design in 1993 achieving now a better relation between the spatial and numerical data entering the system, a validation process that warranties the consistency of the data, diminution of the processing time and an optimisation of the available hardware.

The SICE modules characteristics, the most important aspects of the data processing, the use of them and the results up to now, are the issues of the present paper.

LA NUEVA CARTOGRAFIA EJIDAL DE MEXICO

1. INTRODUCCION

A partir de las últimas modificaciones al artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el Gobierno Federal instrumentó el PROGRAMA DE CERTIFICACION DE DERECHOS EJIDALES Y TITULACION DE SOLARES URBANOS (PROCEDE), con el fin de dar certeza y seguridad jurídica en la tenencia de la tierra de todos los ejidatarios, comuneros y colonos que así lo requieran.

El programa está dirigido básicamente a los ejidos¹, comunidades², así como a las colonias

agrícolas y ganaderas³ que de manera voluntaria, decidan incorporarse a los trabajos de regularización de la tenencia de la tierra; al respecto, es importante señalar que dicho programa es gratuito y en él participan diferentes instituciones gubernamentales, además, se tiene el reto de medir más de 103 millones de hectáreas, así como producir una cartografía que se estima en más de 10 millones de planos a diferentes escalas. Para responder a tal reto, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), ha instrumentado desde hace ya varios años un operativo en todo el país con el fin de llevar a cabo los trabajos de medición y ha diseñado el Sistema de Información de

la Cartografía Ejidal (SICE) con el cual asegura y controla un procesamiento automatizado de la información obtenida en campo, así como la elaboración de los mapas requeridos por el PROCEDE.

Las características de los módulos que integran el SICE, los aspectos más importantes del procesamiento de datos, la explotación de los mismos y su resultado más destacado, expresado en la nueva cartografía ejidal de México, constituyen aspectos a abordar dentro de este trabajo.

2. PARTICIPACION GUBERNAMENTAL

Tres organismos gubernamentales están involucrados en la ejecución directa del PROCEDE: La Procuraduría Agraria (PA), el Registro Agrario Nacional (RAN) y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), a este último le corresponde llevar a cabo los trabajos técnico-operativos conducentes a la identificación, ubicación geográfica precisa y medición de los linderos y superficies de las tierras ejidales, así como la generación de los productos cartográficos correspondientes. En tan importante encomienda han sido factores determinantes la probada experiencia del Instituto en la elaboración de cartografía básica y temática, su conocimiento y capacidad para implementar operativos de campo de gran envergadura, su habilidad para procesar grandes volúmenes de información, su capacidad de monitoreo tecnológico y sus recursos humanos.

3. COBERTURA POTENCIAL

En la República Mexicana existen actualmente 29,830 ejidos, comunidades y colonias agrícolas y ganaderas, que a su vez agrupan a 3.5 millones de ejidatarios, comuneros y colonos, los cuales cuentan aproximadamente con 4.6 millones de parcelas y 4.3 millones de solares urbanos. La cobertura potencial del PROCEDE comprende una superficie de 103'290,099.151 hectáreas, es decir, el 53% del territorio mexicano, lo cual representa la generación, en principio, de aproximadamente 10 millones de productos cartográficos a escalas que van de 1:200 000 a 1:100 de acuerdo al tamaño del terreno a representar. La población beneficiada equivale a un poco más del 25% del total de habitantes del país.

4. PRODUCTOS CARTOGRAFICOS A GENERAR

Los productos cartográficos requeridos por el PROCEDE se hacen con base en una modificación de la Proyección Transversa de Mercator, y son:

- Plano Interno del Ejido
 - Plano de Tierras de Uso Común
 - Plano de Tierras de Explotación Colectiva
 - Plano de Asentamientos Humanos
 - Plano de Parcela Individual
 - Plano de Solar Urbano Individual
- Ver figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6

Esta nueva cartografía actualiza los materiales elaborados desde 1917 hasta finales de la década de los 80 que sirvieron de base para llevar a cabo la reforma agraria en el país.

5. OBTENCION DE LA INFORMACION

Para la obtención de la información en campo se ha montado un operativo nacional con más de 7,800 personas que, a través de dos métodos, realizan las labores de medición; dichos métodos son:

- **Directo**, que implica el recorrido físico en el ejido para ubicar cada uno de sus vértices, apoyándose en procedimientos tradicionales y en la utilización de equipos de alta tecnología, como Estaciones Totales⁴ y receptores GPS⁵.

- **Indirecto o Aerofotogramétrico** que, con base en el uso de material fotogramétrico a escala detallada, permite la identificación y ubicación de cada uno de los vértices del terreno a medir⁶.

Un apoyo importante en estas actividades lo constituye una nueva fuente de información, la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), la cual, a través de 14 estaciones GPS fijas ubicadas estratégicamente, permite la cobertura total del país, por medio del rastreo de satélites y el registro de los datos de manera continua, las 24 horas del día, los 365 días del año. La RGNA es un marco de referencia integral del territorio mexicano con el cual se relacionan los trabajos de medición de las tierras ejidales.

Esta nueva fuente de información significa, por otro lado, un cambio trascendental en la cartografía mexicana, debido a que implica la transición del sistema NAD27⁷ al ITRF92. Gis⁸.

Adicionalmente a la obtención de los datos propiamente topográfico-geodésicos, se recolecta información sobre los atributos del ejido en su conjunto, y de manera particular sobre cada vértice geodésico y cada tipo de terreno (área de asentamiento humano, solar urbano, área parcelada, área de explotación colectiva, etc.). Los instrumentos para captar esta información son 10 cédulas que se aplican en campo durante el periodo de levantamiento.

6. SISTEMA DE INFORMACION DE LA CARTOGRAFIA EJIDAL (SICE)

Para hacer frente a este gran reto, que está marcando un hito en la historia de la cartografía mexicana, la Dirección de Cartografía y Automatización del INEGI ha diseñado e implementado el Sistema de Información de la Cartografía Ejidal (SICE), con el cual se asegura y controla un procedimiento automatizado para la elaboración de los mapas requeridos por el PROCEDE e indispensables para la certificación y titulación de los derechos ejidales. En este proyecto se han conjuntado extraordinarios esfuerzos de programación, con la complejidad que en el contexto nacional representa la sistematización de los diversos fenómenos y características inmersas al interior de cada unidad ejidal.

Aunado a esto, el SICE comprende el cumplimiento de otros propósitos no menos importantes tales como:

- Establecer un sistema que permita registrar, controlar y preservar la información recopilada en las actividades de levantamiento y de generación cartográfica.
- Controlar adecuadamente el procesamiento de cada unidad ejidal, a fin de llevar un seguimiento en los avances de producción que hagan posible la mejor distribución de las cargas de trabajo.
- Aplicar un estricto control de calidad (presentación-contenido) en la generación de los productos cartográficos.
- Establecer mecanismos eficaces de respaldo para la información generada.

7. RECURSOS HUMANOS

A nivel nacional, el Área de Cartografía y Automatización tiene una plantilla de personal integrada por 1,650 empleados, de entre los cuales 180 son mandos medios, 1,388 son técnicos dedicados a las tareas de generación de los productos cartográficos ejidales, al control de calidad cartográfica, al control documental, a la administración de las redes de cómputo, al diseño y desarrollo del sistema de información y 82 secretarías.

8. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

A fin de llevar a cabo el procesamiento de los grandes volúmenes de información que se generan en campo, así como la obtención del material cartográfico que requiere el PROCEDE, el INEGI ha conformado 33 Centros de Cartografía Automatizada (CENCA). En una primera fase, 11 distribuidos

regionalmente en el país y, en una segunda fase, 22 establecidos en las capitales de los estados que no fueron seleccionados en la etapa anterior. Dichos CENCA integran una Red de Cobertura Amplia (WAN) que permite la transferencia de archivos, al igual que la comunicación entre sí mismos, ya sea a través de líneas telefónicas, microondas, vía satélite y recientemente su conversión a RDI, a fin de lograr el enlace requerido.

9. VISION GENERAL DEL SISTEMA DE INFORMACION DE LA CARTOGRAFIA EJIDAL

La figura 7 muestra una visión global del SICE, la cual se describe básicamente en tres pasos:

Información de Entrada.- El sistema contempla la recepción y procesamiento de datos provenientes de varias fuentes como son: archivos DXF⁹ y CGP¹⁰ de Estaciones Totales y receptores GPS, archivos fotogramétricos, documentación de campo como croquis a mano alzada y bitácoras, fotomapas, así como cédulas de información sobre cada terreno medido y relaciones de sujetos de derecho.

Procesamiento.- Mediante ciertos métodos de procesamiento y estructuras de almacenamiento, el SICE recibe, ordena, valida, procesa y genera nueva información con la cual crea las condiciones necesarias para responder a múltiples requerimientos de información.

Información de Salida.- Los resultados de la explotación de las bases de datos gráfica y tabular se traducen en productos cartográficos, indispensables para las acciones de titulación y certificación de tierras ejidales, que integran parte del expediente final que se entrega a la PA y al RAN; además, se generan reportes específicos que permiten identificar el avance actual del proceso de producción cartográfica.

A partir de esta descripción general, en sucesivos niveles de desagregación, se presentan los módulos considerados en el diseño del SICE.

10. MODULOS DEL SICE

El sistema está conformada principalmente por dos módulos (véase figura 8) :

Módulo I.- Preparación de la Información Gráfica y Tabular¹¹

En este módulo (véase figura 9) se realizan los procedimientos necesarios para incorporar la información gráfica y tabular al sistema, ya sea a las

coberturas del SIG o a determinadas tablas dentro de la base de datos. Los procesos que trae consigo son:

- *Conformación y clasificación de la información gráfica.* - Donde se captura, clasifica y almacena la información gráfica proveniente de los métodos directo e indirecto; además, se crean topologías, se incorporan atributos complementarios que permiten la identificación de predios individuales (parcelas y solares) y de las grandes áreas del ejido (asentamientos humanos, uso común y explotación colectiva), y se establece el enlace de los elementos gráficos con la base de datos del sistema.

- *Captura y validación de la información tabular.* - Donde se capturan los datos proveniente de las cédulas de campo y se valida su consistencia.

- *Verificación del Enlace Gráfico-Tabular.* aquí se verifica que exista una correspondencia uno a uno (un predio con su respectiva cédula), y se identifican las inconsistencias que pueden repercutir en la congruencia y confiabilidad de la información gráfico-tabular. En caso de ser necesario, se efectúan las correcciones, a nivel gráfico o tabular, con la finalidad de mantener la consistencia respectiva.

Módulo II. - Generación-de-Productos Cartográficos

En este módulo (véase figura 10) se transforma la información resultante de los pasos anteriores en los productos cartográficos que, a distintas escalas, son requeridos por el PROCEDE. Además, aquí se generan otros productos como cédulas de salida para la PA y el RAN, así como diversos tipos de archivos finales. Los procesos implícitos son:

- *Validación de la consistencia de la información gráfica.* - A diferencia de los procesos anteriores, aquí se revisa que se encuentren tanto las coberturas necesarias para el procesamiento, como las tablas requeridas por la base de datos a efecto de que pueda existir la interconexión deseada para no truncar el flujo de la información.

- *Generación de planos preliminares.* - En donde se confeccionan los planos de grandes áreas (interno, de uso común, de explotación colectiva y del asentamiento humano) y los individuales (parcelario y de solar urbano), con todos los elementos que contienen (tira marginal, cuadro de construcción, cuadro de distribución de superficies, polígono representado, símbolo del norte geográfico, malla y caneavá geográfico,

colindantes, infraestructura, vértices geodésicos, en fin).

- *Modificación de planos preliminares.* - Se editan los productos de acuerdo a la normatividad establecida, vigilando siempre que la consistencia de la información se mantenga.

- *Impresión de planos.* - Como su nombre lo indica, en este proceso se imprimen o grafican los planos ejidales para su envío a exhibición ante la asamblea ejidal, con el fin de que ahí se aprueben y cuando esto sucede, se entreguen a la PA y al RAN para las acciones de certificación y titulación correspondientes.

La información gráfica y tabular almacenada como resultado de todos estos procesos, además de constituir el historial de los trabajos del INEGI dentro del marco del PROCEDE, también es utilizada para dar respuesta a los requerimientos de archivos y cédulas de salida solicitados por el RAN, así como para la generación de otros productos, entre ellos: tabulados estadísticos y cartografía temática.

11. CONCLUSIONES

El PROCEDE, como experiencia inédita no sólo a nivel nacional sino internacional, ha requerido la conjunción de grandes esfuerzos por parte de las instituciones gubernamentales involucradas en su ejecución. Al INEGI, de manera particular, le ha implicado invertir lo mejor de su experiencia en consolidar un operativo de dimensiones nacionales con la finalidad de cumplir con los compromisos adquiridos en este programa.

La Nueva Cartografía Ejidal de México cumple con varios requisitos, entre ellos:

- Contener las características señaladas en las *Normas Técnicas para la Delimitación de las Tierras al Interior del Ejido*¹¹.

- Presentarse en las escalas más adecuadas y, por ende, en los tamaños apropiados, de tal manera que ningún rasgo resulte ilegible para los usuarios finales del producto.

- Estar impresa en el material más idóneo, de acuerdo al uso que pudiera tener una vez entregado a su destinatario final.

- Ser de fácil entendimiento para el usuario.

- Incluir valores numéricos como: estación, punto visado, azimuth, distancia geodésica, coordenadas UTM, convergencia y factor de escala lineal (todos ellos en el cuadro de construcción) que, desde el punto de vista técnico, permiten la

reconstrucción en campo del polígono representado, de manera única y universal.

- Mostrar datos del tipo de área del polígono, entre ellos, áreas parceladas, solares urbanos, infraestructura, ríos, arroyos, depósitos de agua, afectaciones, además de las medidas de los espacios ocupados por estos elementos (cuadro de distribución de superficies).

- Dar información adicional sobre la clase de la tierra y del uso actual del suelo para una completa interpretación por parte del usuario.

En este sentido, nuestros procesos de producción nos han permitido elaborar, al 31 de enero de 1998, un total de 4'407,548 planos que corresponden a 16,433 ejidos. La superficie que actualmente tenemos representada en este tipo de cartografía equivale a 46'400,189.255 hectáreas, es decir un poco más del total de las extensiones territoriales de Panamá, Uruguay y Surinam consideradas en forma conjunta. Lo anterior ha permitido que el proceso de certificación y titulación de las tierras ejidales haya beneficiado a más de dos millones de ejidatarios, avocados y poseionarios.

La Nueva Cartografía Ejidal de México sienta las bases para el ordenamiento territorial tan necesario en el México de hoy y del siglo XXI. Ordenamiento que sin lugar a duda requiere la participación de los diversos sectores de la sociedad y particularmente de los especialistas en las Ciencias de la Tierra.

NOTAS:

¹ Los ejidos son los núcleos de población conformados por las tierras ejidales y por los hombres y mujeres titulares de derechos ejidales

² Conjunto de tierras, bosques o aguas que con anterioridad a la Ley Agraria del 6 de enero de 1915, tuvieran en posesión un grupo de población campesina. Se consideran todas las comunidades agrarias que dispongan de tierras, bosques o aguas, independientemente del tipo de actividad que en ella se realice y el municipio o municipios en que se encuentre.

³ Forma de tenencia de la tierra semejante a la de los ejidos y comunidades por contar con un sistema de convivencia y autoridades internas, cuyo objetivo es poblar determinadas regiones del país y ser una alternativa para la distribución de tierras. Pueden ser agrícolas, ganaderas o mixtas, y están regidas por un reglamento interno, el cual establece las bases de organización social y económica. El dominio de la tierra se encuentra limitado y condicionado, aunque los colonos pueden adoptar la propiedad privada.

⁴ La Estación Total es un instrumento topográfico de alta precisión que funciona de manera electrónica y se compone por un teodolito de dos segundos de aproximación, un distanciómetro, un sensor, un microordenador y un *software*, lo que le da la posibilidad de medir ángulos horizontales y verticales, así como distancias.

⁵ *GPS (Global Position System)*.- Es un sistema global de posicionamiento electrónico, con el cual se obtienen coordenadas geodésicas por medio del rastreo de señales que emite una constelación de 24 satélites *NAV-STAR*; está compuesto por un receptor, una antena y un *software*.

⁶ Para los fines del PROCEDA, se cuenta con la fotografía aérea actualizada de 1,430,419 km² equivalentes al 75% de la superficie del país (obtenida en el periodo 1992-1996).

⁷ *NAD27 (North American Datum of 1927)*.- El *Datum* Norteamericano de 1927 es un sistema geodésico de referencia definido en forma clásica a partir de parámetros como posición geodésica, altura geoidal, etc. El punto de origen está localizado en Meades Ranch, Kansas, EE. UU., tomándose además el tamaño y la forma del elipsoide de *Clarke* de 1866.

⁸ *ITRF92.0 (International Terrestrial Reference Frame of 1992)*.- El Marco de Referencia Terrestre Internacional de 1992 época 0, es un sistema geocéntrico definido en forma dinámica que, a partir de constantes físicas, estructura en forma única un marco matemático sobre el cual se determina la forma y el tamaño de la Tierra. Este sistema está referenciado al elipsoide GRS80 (*Geodetic Reference System of 1980*); su punto de origen es el centro de la Tierra, por lo cual se da tanto para diferentes años, como para diferentes épocas. En nuestro caso, utilizamos el *ITRF92* época 0, es decir, con la información disponible en las 0 horas del 1 de enero de 1992.

⁹ *DXF (Drawing' Exchange Format)*.- Archivo en formato ASCII que contiene la información gráfica.

¹⁰ *CGP (Coordinate Geographic Point)*.- Archivo en formato ASCII que contiene las coordenadas de los puntos incluidos en el *DXF*.

¹¹ Documento emitido por el Registro Agrario Nacional, el cual norma los procedimientos de medición en los ejidos incorporados al programa.

Figure 1 Internal Map of the Ejido

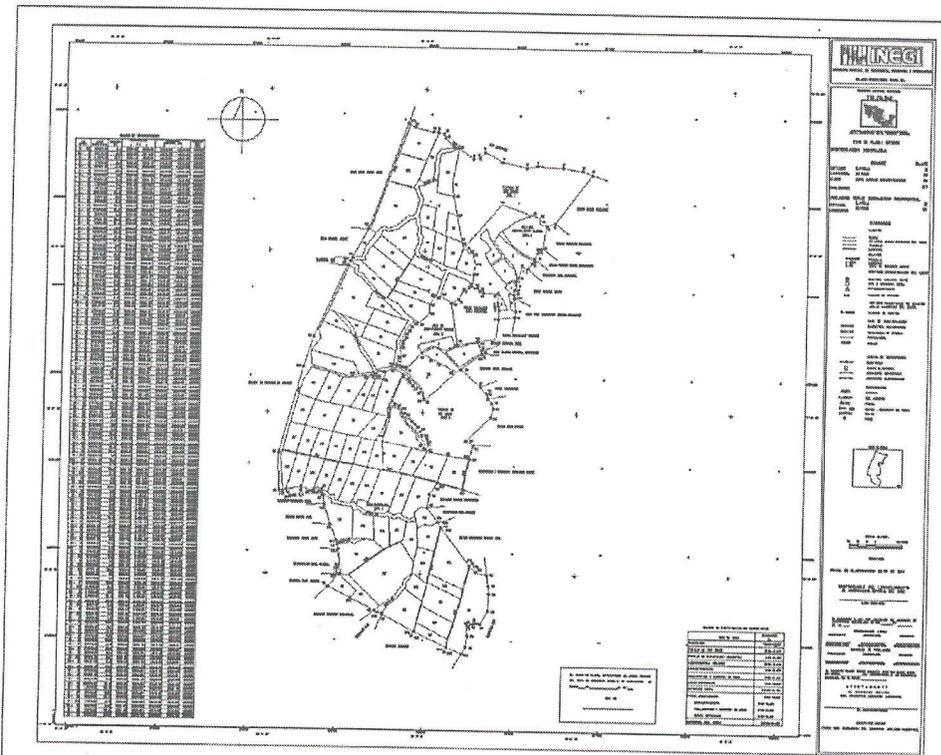


Figure 2 Map of Common Use Lands

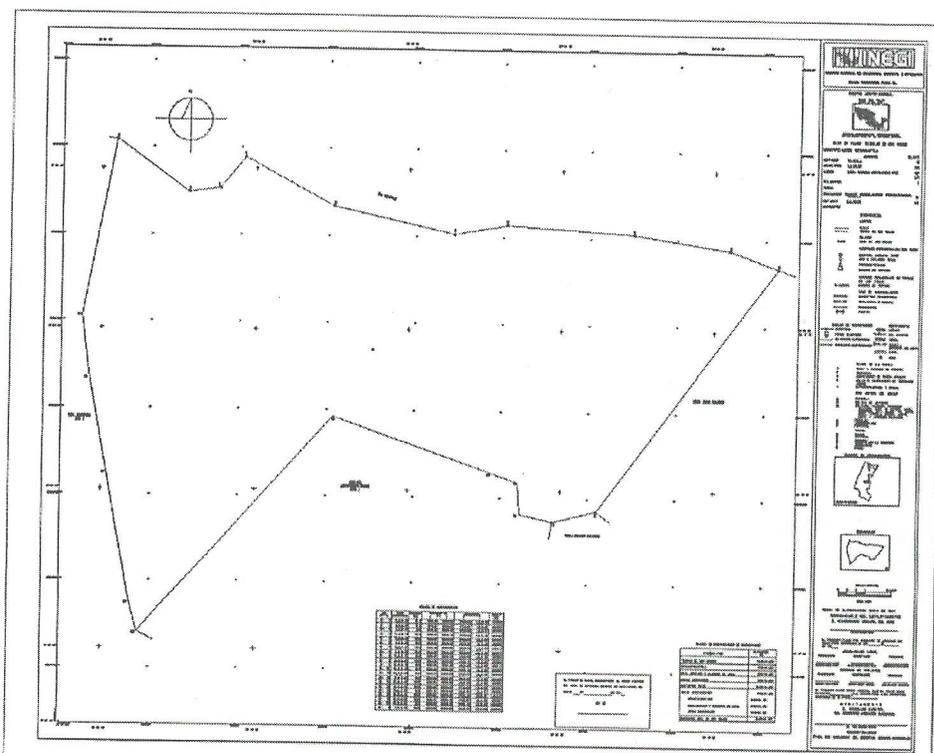


Figure 3 Map of Community Working Lands

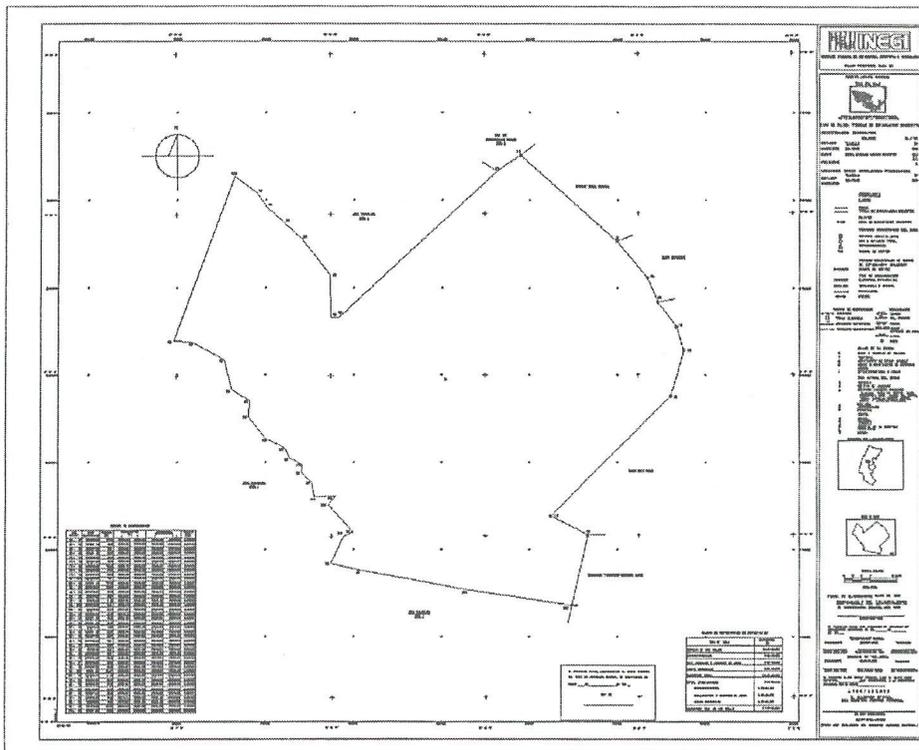
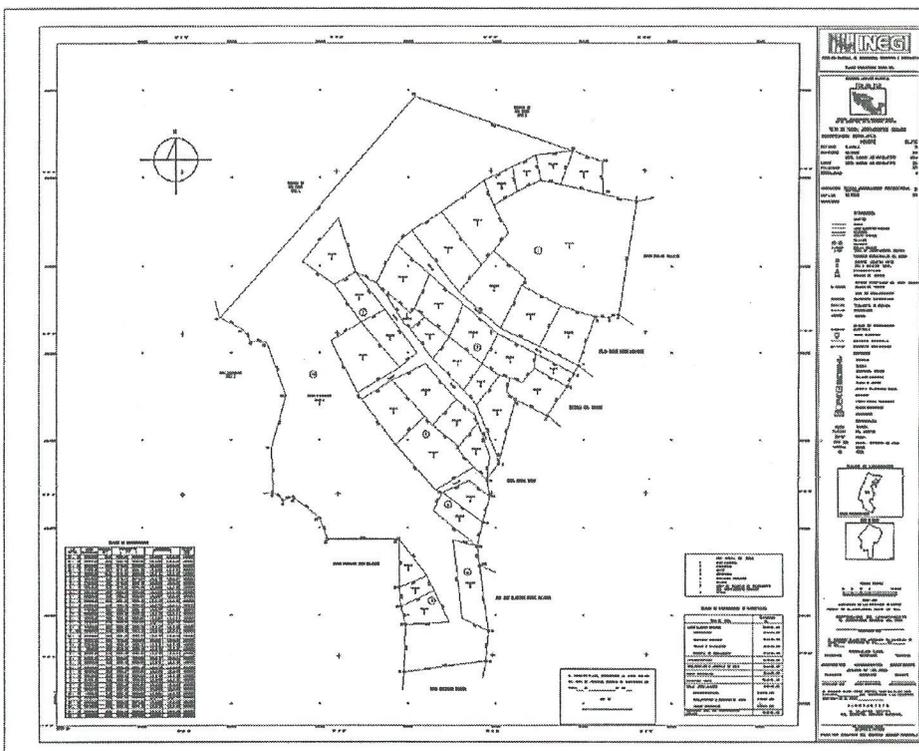


Figure 4 Map of Human Settlements



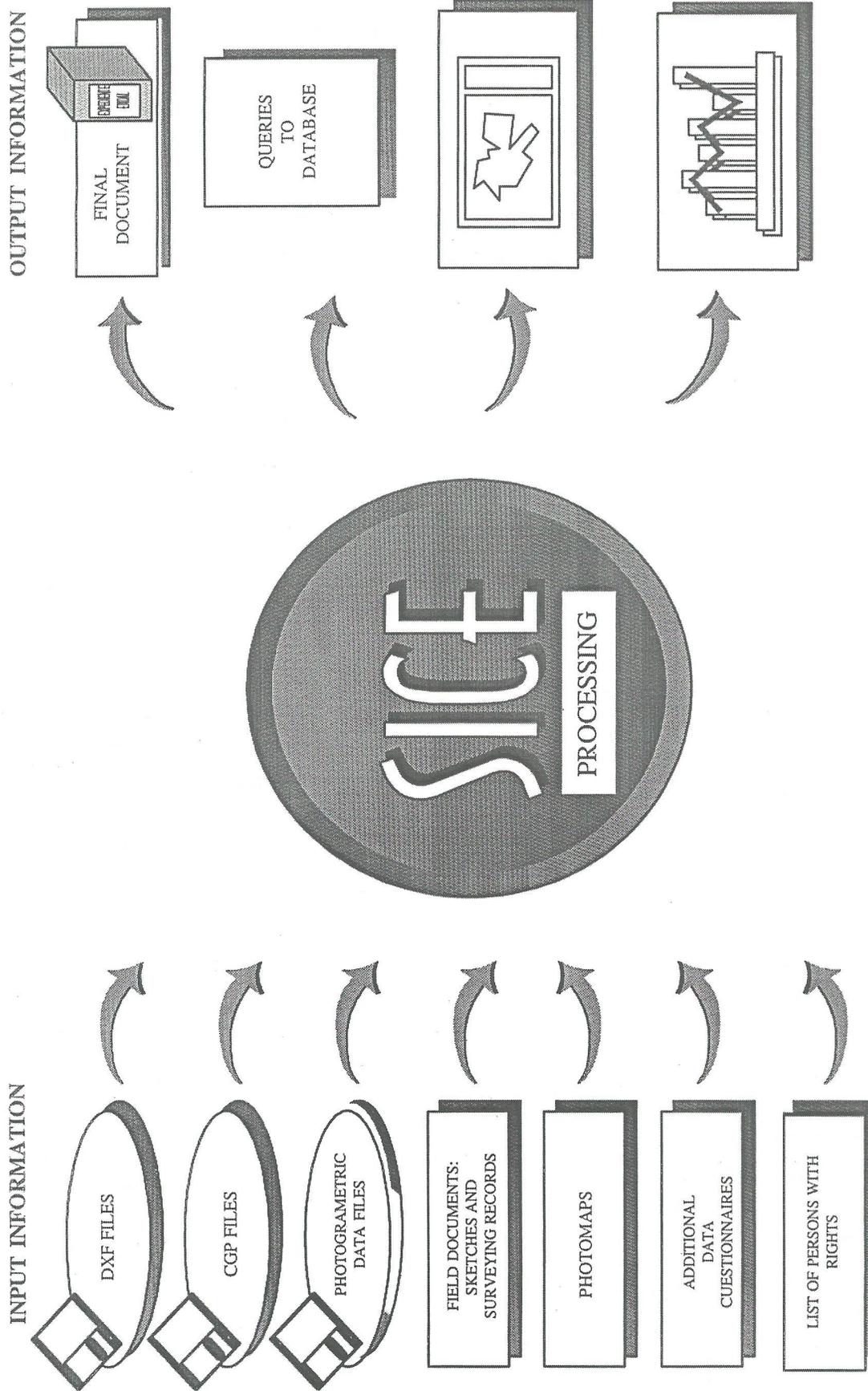


Fig. 7 - Ejidal Mapping Information System

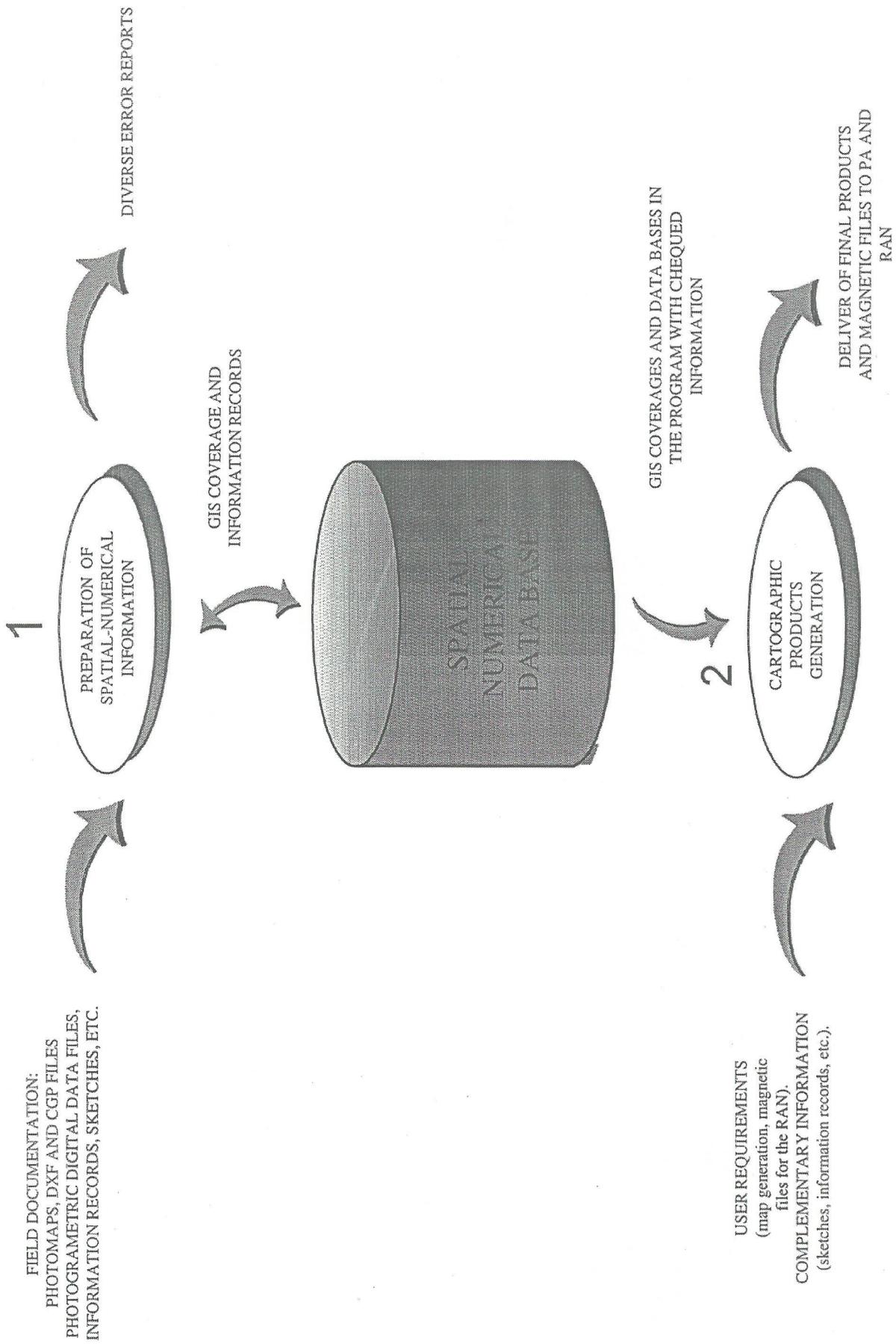


Fig. 8 - Version II SICE Modules

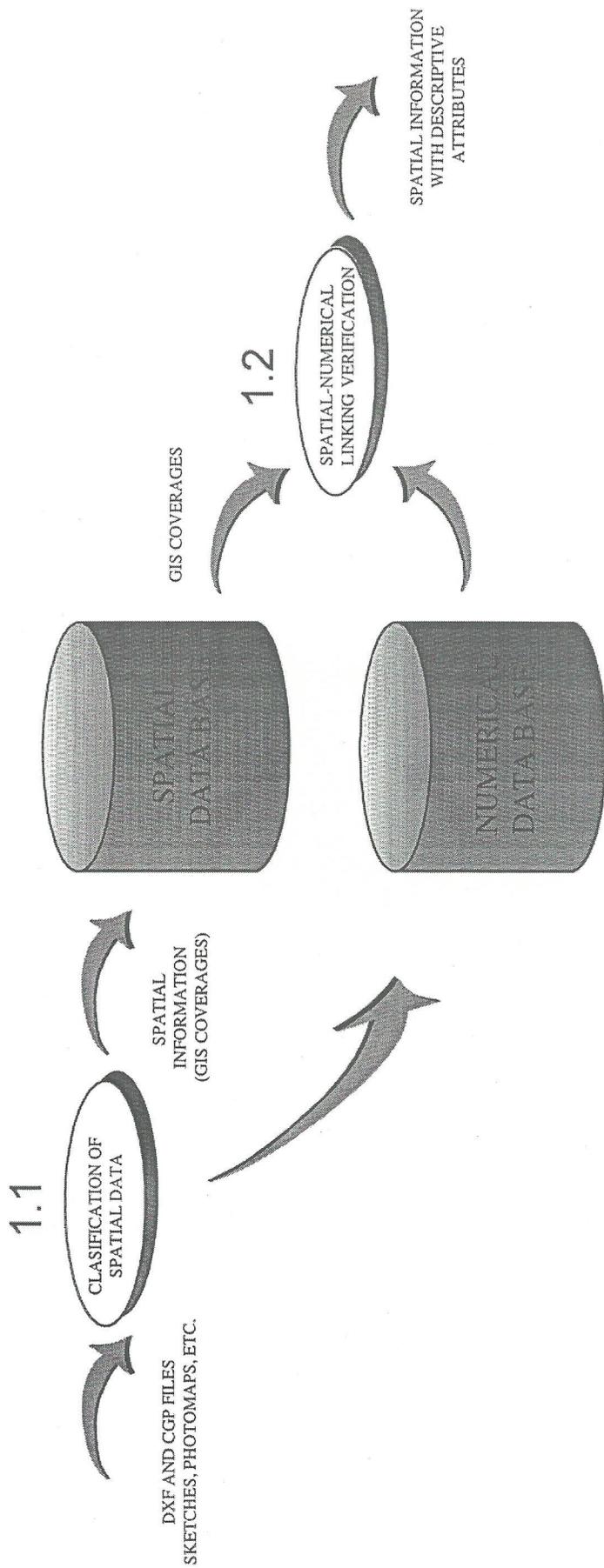


Fig. 9 - Preparation of Spatial and Numerical Information

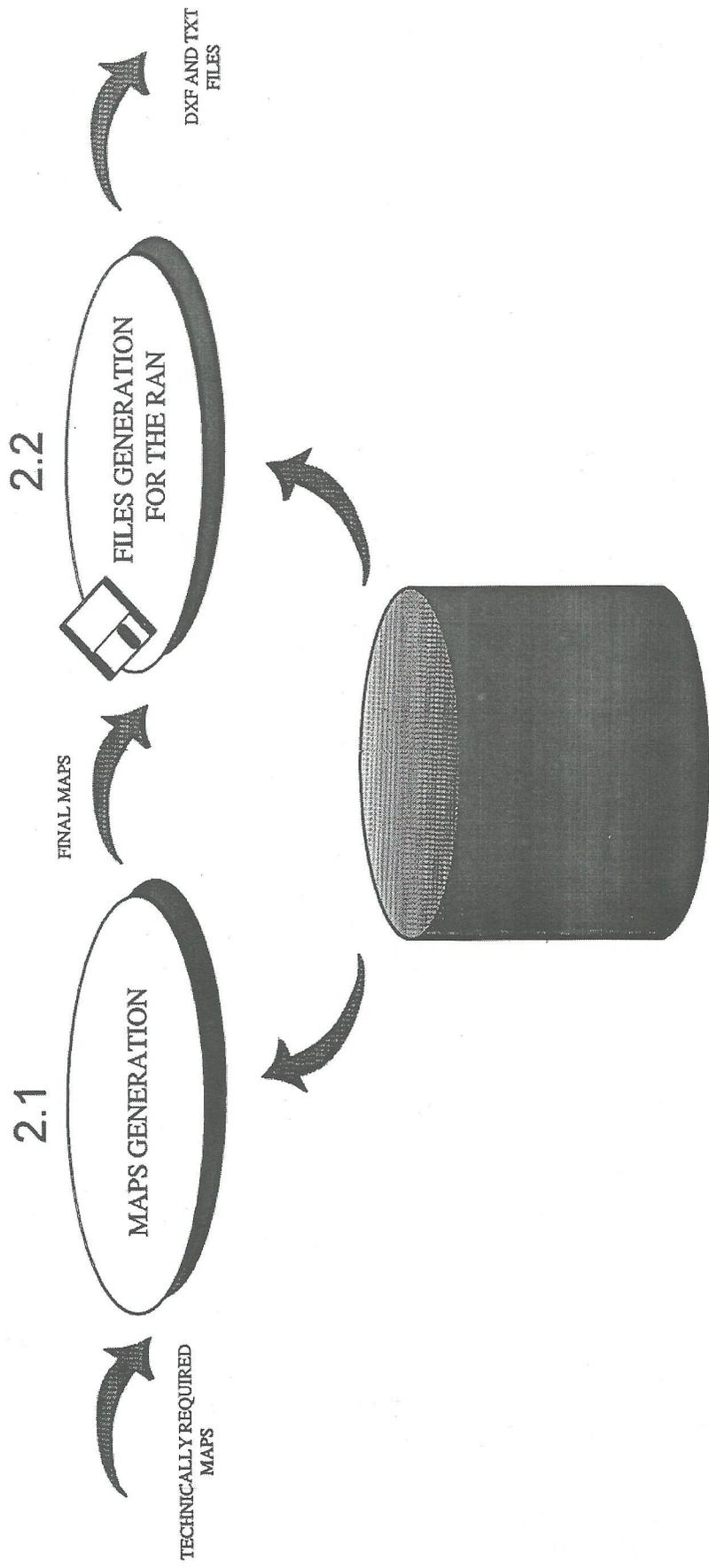


Fig. 10 - Cartographic Products Generation