

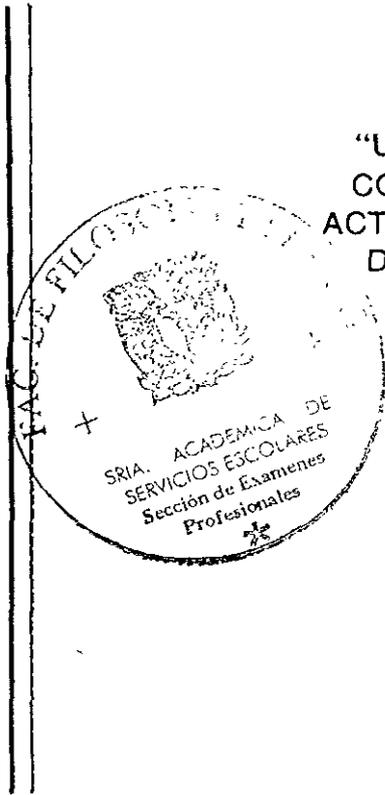
25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

"UTILIZACION DE FOTOGRAFIAS DIGITALES COMO TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA LA ACTUALIZACION DE LA CARTOGRAFIA URBANA DEL MUNICIPIO DE TEXCOCO, ESTADO DE MEXICO. EN EL PERIODO 1970 - 1997".



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :

DAVID ROMERO HERNANDEZ



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

ASESOR: DR. JORGE LOPEZ BLANCO



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

MEXICO, D. F.

ENERO DE 1999.

TESIS CON
FALSO ORIGEN

2704/11



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco honradamente al Dr. Jorge López Blanco por la gran asesoría y paciencia para la realización de este trabajo. Persona de quien se tiene la oportunidad de aprender a cada momento algo nuevo y substancioso. Por sus valiosos comentarios y correcciones durante el desarrollo del presente trabajo. Y por su grata amistad y compañía.

Al Dr. Jorge Caire Lomelí por su carácter fuerte y exigente pero con gran vocación para compartir sus conocimientos y sobre todo saberlos transmitir en cada sesión. Gracias por sus grandes aportaciones para este trabajo.

Al Dr. José Luis Palacio Prieto por haberme permitido utilizar todo el material fotográfico, en especial las fotografías digitales, ya que para mi ha sido una gran experiencia el conocer materiales de tan reciente aplicación en México.

Al Mtro. Alberto López Santoyo por sus clases por demás prácticas y amenas. Así como por sus comentarios que mejoraron los objetivos de este trabajo.

Al Mtro. en Ciencias Armando Peralta Higuera por sus observaciones realizadas en el presente trabajo.

A los compañeros Arturo Garrido, Celia López, Antonio Navarrete y Guadalupe Tapia por sus comentarios, apoyo y convivencia durante un año de trabajo en el Instituto de Geografía.

A una persona muy especial quien alguna vez me apoyó con una taza de café después de una noche de vela. Ramón Rodríguez Hernández. de quien me siento realmente honrado con su amistad y cariño. Gracias.

A mis padres por los consejos que siempre me dieron para salir adelante. *Gracias por aguantarme y orientarme en los momentos de tensión. Gracias a mi madre por cada desvelo conmigo. Gracias a mi padre por las charlas y la confianza brindada en todas y cada una de ellas. Los amo.

A mis hermanos: . Adriana, por ser una mujer valiente y capaz. Ricardo por enseñarme con su vida. Leobardo por dejarme aprender de su nobleza. Mi amor es suyo.

A Lidia Sánchez Dávila. Por estar conmigo en cada uno de esos momentos en los que necesité una vos que me alentara y una mano que me no me dejó claudicar. Gracias por el apoyo en cada tropiezo superado.

Al Lic. José Cabrera Reyes, de quien recibí apoyo incondicional para el material bibliográfico que sirvió para ir formando el presente trabajo. Y por su amistad. Gracias con admiración y respeto.

A los amigos de antaño. Raimundo, Verónica, Luis, Alma, Quique, Chayo. Por compartir conmigo ocho años de su vida con sus consejos y manías.

Gracias al único doctor que no me desagrada y que nunca me ha recetado Emilio Miranda. Con mucha admiración y respeto.

A todos y cada uno de los miembros de mis dos familias. Fam. Romero y Fam. Hernández.

A la persona mas sencilla que se pueda encontrar Geóg. Jesús Días Salgado. Por compartir conmigo algunos años de embotellamientos. Más por su amistad y por compartirla conmigo.

Gracias al Sr. Julián (Adán) y Sra. Lidia por haberme aceptado en su hogar cada noche de desvelo. Los estimo y Respeto. También a sus hijos Carlos, Sofía y Deisy.

Agradezco muy respetuosamente al Ing. Jesús Cervantes Ramíres por haberme apoyado dejándome participar en sus proyectos.

Gracias a todos los compañeros de la Generación 93-97 de la Carrera de Geografía. Simplemente por eso, por ser mis compañeros.

INDICE

CAPÍTULO 1

1. Introduccion.	1
1.1 Objetivos.	3
1.2. Hipótesis.	4
1.3 Características Físico-Geográficas del Área de Estudio.	4
1.3.1 Municipio de Texcoco.	4
1.4 Localización y Delimitación de la Zona De Estudio.	7
1.4.1 Características Físico-Geográficas del área delimitada para el Estudio.	9

CAPÍTULO 2.

2. Marco Teórico.	11
2.1 Fotografía Aérea.	11
2.2 Percepción Remota.	12
2.2.1 Resolución de los Sensores.	15
2.2.1.1 Resolución Espacial.	15
2.2.1.2 Resolución Temporal.	16
2.2 1.3 Resolución Espectral.	16
2.2.1.4 Resolución Radiométrica.	16
2.3 Teledetección Videográfica Digital.	17
2.4 Los Sistemas de Información Geográfica.	22
2.4.1 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica.	22

CAPÍTULO 3.

3.1 Materiales.	24
3.1.1 Material Fotográfico.	24
3.1.2 Material Cartográfico.	25
3.1.3 Equipo Técnico.	26
3.1.3.1 Programas de Computacion	27
3.2 Métodos.	29
3.2.1 Digitalización de las Fotografías de Contacto.	29
3.2.2 Adquisición de las fotografías digitales.	31
3.2.3 Identificación y Localización de los Puntos De Control.	32

3.2.4 Ajuste de los Puntos de Control desplazados.	35
3.2.5 Digitalización de la Cartografía 1:10,000.	39
3.3 Corrección Geométrica y elaboración de los Mosaicos Digitales.	41
3.3.1 Georeferencia de las imágenes digitalizadas y las Fotografías Digitales.	41
3.3.2 Corrección Geométrica.	43
3.4 Cálculo de la precisión del Fotomapa.	47
3.5 Cartografía Final (Carta de Cambios).	52
CAPÍTULO 4	
4. Resultados.	55
4.1. Elaboración de los Mosaicos Digitales.	55
4.2. Comprobación de la Exactitud de los Mosaicos obtenidos.	64
4.3. Análisis de las ventajas y desventajas de la tecnología empleada y el método Fotogramétrico tradicional (Óptico Mecánico).	71
4.4. Elaboración del Fotomapa esc. 1:20,000. de Cambios Urbanos y Tendencias de Crecimiento.	74
4.5 Crecimiento Urbano.	79
CAPÍTULO 5	
CONCLUSIONES.	82
BIBLIOGRAFÍA.	87
ANEXOS.	91
ANEXO CARTOGRÁFICO.	

INTRODUCCION

Los mapas, como documento para la planeación, monitoreo e inventario de los recursos naturales, requieren ser constantemente actualizados. En México, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), cuenta con el mayor acervo cartográfico del país. Este acervo es de una producción propia a lo largo de un período aproximado de 30 años. Hasta la fecha realiza una actualización de este acervo, misma que representa un gran trabajo por parte del INEGI, ya que del total de 2400 cartas escala 1:50,000, sólo cerca del 10% de éstas han sido actualizadas (conversación con personal del departamento de ventas del INEGI).

Una de las principales causas del rezago cartográfico en México es la gran inversión, tanto temporal como económica, que se requiere para la elaboración de documentos cartográficos actualizados y la falta de presupuesto necesario.

En la actualidad, las condiciones económicas del país no permiten dicha inversión, además se necesita una infraestructura que satisfaga rápida y efectivamente este *requerimiento*. El INEGI cuenta con la infraestructura suficiente para la elaboración de estos documentos, y aunque cuenta con cartografía actualizada hasta el año de 1995, no satisface muchas de las necesidades de los usuarios, como por ejemplo, las cartas urbanas a escala 1:5000 cubren únicamente las localidades más importantes, como en este caso la cabecera municipal del Municipio de Texcoco, la cual se encuentra dentro del área de estudio; de esta última se hablará más adelante.

La información cartográfica en los municipios de la periferia del Distrito Federal se ha visto rezagada tanto en la falta de representación fiel de la realidad como la posibilidad de su empleo de una manera oportuna, debido a la dinámica urbana de las tres últimas décadas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (en adelante: Z.M.C.M.), dicha información sólo se ha registrado en bases estadísticas y no en documentos cartográficos, útiles para la planeación y el registro del crecimiento urbano, como lo son las fuentes estadísticas que el INEGI elabora en forma periódica como censos, anuarios, etcétera.

Por ejemplo es posible conocer el porcentaje del crecimiento de la población o de la vivienda de un Estado, Municipio o Localidad, pero no se puede observar el crecimiento físico de este, es decir, su dirección o la superficie que ocupa después de un período de años, lo cual permite conocer las áreas donde ha cambiado el uso del suelo, ya sea de agrícola a urbano, o de rural a urbano.

La gran dinámica del crecimiento poblacional que presentan algunas localidades en el país y en este caso las ubicadas dentro de los municipios conurbados de la (ZMCM) como menciona Cruickshank (1995), obliga a mantener un constante registro en algún documento que permita ver el dinamismo de este, y su continuidad para llevar un seguimiento de dicho crecimiento.

Por otro lado el estudio de áreas urbanas es de particular importancia, y sobre todo con tecnologías alternativas como lo son las fotografías digitales, a partir de su corrección geométrica, o bien las imágenes de video. Palacio et al. (1997) muestran el uso de imágenes de video en formato digital como una tecnología de gran utilidad en la detección de cambios en áreas urbanas en la ciudad de Manzanillo en el estado de Colima, mostrando así el uso potencial de ellas en estudios para la actualización de la cartografía de áreas que presenten un gran dinamismo en su crecimiento.

Por lo anterior es importante demostrar que las tecnologías alternativas empleadas en la actualización cartográfica pueden ser una herramienta potencial para trabajos rápidos, teniendo como una de sus principales características los bajos costos que se requieren para su elaboración, estos en comparación con instrumentos de alta precisión y tecnologías altamente costosas, así como con el método fotogramétrico tradicional.

Las tecnologías alternativas pueden llegar a satisfacer en gran medida las necesidades requeridas para este tipo de trabajos, por ejemplo, la emulsión fotográfica permite la digitalización de las fotografías pancromáticas hasta una resolución de 2400 ppp (píxeles por pulgada), misma que permite trabajar a detalle de centímetros en un formato digital con fotografías de escalas entre 1:5,000 hasta 1:90,000. Así también intervienen otros aspectos como la ventaja de tener un levantamiento de campo con sistemas GPS y un posicionamiento

preciso tanto en campo como en las fotografías. Con lo ello se puede obtener una mayor precisión para la georeferencia de las imágenes digitales y digitalizadas desde fotografías pancromáticas de contacto.

Por todo lo anterior, no se debe entender que el objetivo del presente proyecto es menospreciar el trabajo del INEGI, ni el rezago que hay en la información cartográfica en el aspecto urbano de la zona de interés, por el contrario, el objetivo del presente trabajo es mostrar tecnologías alternativas como lo es la *Teledetección Videográfica y Fotográfica Digital* y su aplicación para la más pronta actualización cartográfica, con la cual se cubran las diversas necesidades como la evaluación de los recursos o bien la infraestructura urbana y vías de comunicación.

1.1 OBJETIVOS

General

- ❖ Registrar los cambios en la infraestructura de las áreas urbanas del Municipio de Texcoco en el Estado de México, a partir de los fotomosaicos creados de los años 1970, 1989 y 1997.
- ❖ Aplicar la **Teledetección Fotográfica Digital** como una metodología alternativa para la actualización cartográfica de áreas urbanas de gran dinámica como el Municipio de Texcoco en el estado de México.

Particulares.

- ❖ Analizar las ventajas y desventajas de esta tecnología para la Actualización Cartográfica con el método tradicional (*Fotogramétrico - Óptico Mecánico.*).
- ❖ Registrar el grado de deformación de las fotografías digitales y digitalizadas después de someterlas a los procesos de georeferencia y corrección geométrica.
- ❖ Comparar y medir la precisión de los tres fotomapas elaborados para los años de 1970, 1989 y 1997 con la cartografía de referencia utilizada.
- ❖ Registrar los cambios Urbanos y las Tendencias de Crecimiento de la Zona de estudio en base a los tres fotomapas elaborados.

1.2 HIPÓTESIS

Es posible que la aplicación de tecnologías alternativas como la **Teledetección Fotográfica Digital** y su manejo dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG), permitan demostrar la rapidez en la elaboración de fotomosaicos digitales corregidos.

Es posible que las tecnologías empleadas dentro de una computadora personal sean, herramientas potencialmente económicas y , en el proceso de actualización de la Cartografía Urbana a detalle.

Con la tecnología utilizada se obtendrá la precisión requerida, necesaria para la elaboración de los fotomosaicos digitales corregidos a la escala requerida, en este caso 1:20,000

1.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

1.3.1 Municipio de Texcoco.

El Municipio de Texcoco en el estado de México se localiza al oriente de la Ciudad de México, en la Cuenca Tributaria Oriental del Ex-lago de Texcoco (ver Fig. 1.1); en dirección oriente a poniente el municipio se extiende desde la porción noroeste de la Sierra Nevada hasta el piedemonte de esta (Cartas Texcoco y Chalco; INEGI,1982).

La siguiente descripción del Municipio de Texcoco fue elaborada a partir del Atlas General de la República Mexicana (Porrúa, 1993) y la Síntesis Geográfica del Estado de México (INEGI, 1987).

Las características físico-geográficas del Municipio se mencionan de manera general para demostrar la importancia de la gran dinámica del crecimiento urbano de este, es decir, la importancia que tiene la planeación de espacios urbanos para evitar la alteración ecológica del hábitat donde se encuentra.

LOCALIZACION

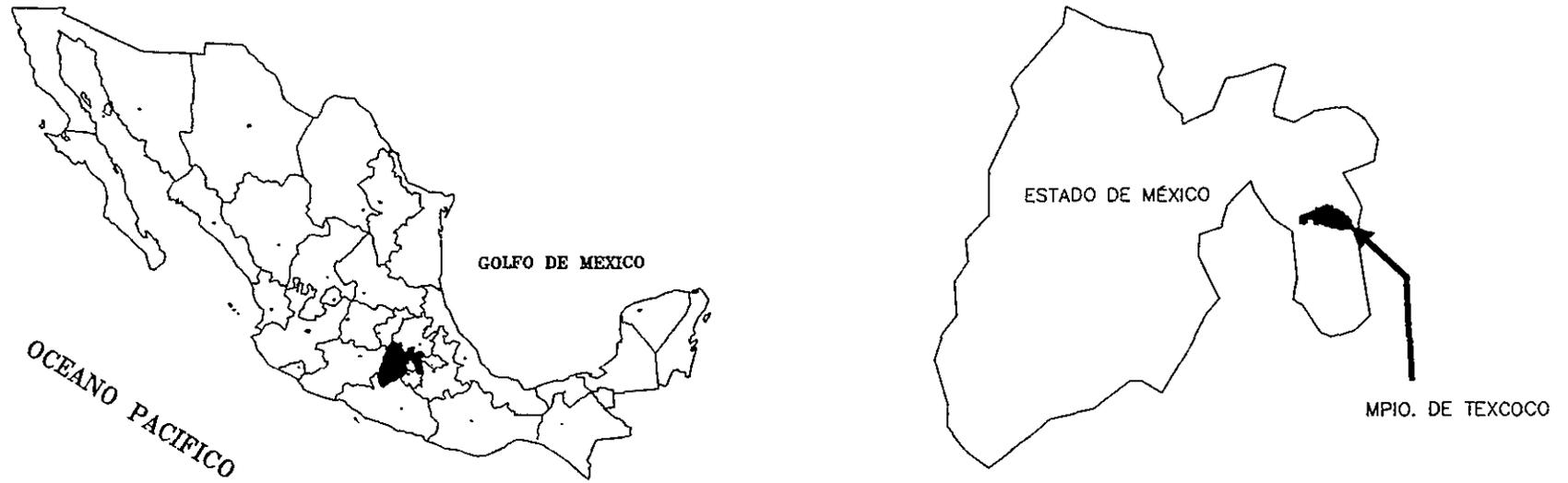


Figura 1.1 Localización del municipio de Texcoco.

Por su localización en la zona el clima predominante es el clasificado dentro del grupo de los templados con verano fresco y largo y lluvias propias de la estación con poca oscilación térmica (entre 5° y 7°C), precipitación en el mes más seco menor de 40 mm y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm. La precipitación media anual es mayor de 800 mm, la temperatura media anual oscila entre 4 y 12°C (García, 1988).

La mayor incidencia de lluvias se registra en el mes de julio con un intervalo que fluctúa entre 200 y 210 mm; la mínima corresponde al mes de febrero con un valor menor a 10 mm. El valor máximo de temperatura se registra en el mes de abril y mayo, con un valor de entre 12 y 13°; los meses más fríos son en enero y diciembre, ambos con una temperatura que oscila entre 8 y 9°C.

Los suelos en esta área son del tipo Vertisol, Feozem y Solonchak combinados con las características pluviales anteriores son responsables en gran medida de inundaciones, dificultad de labranza, no obstante el último de estos es rico en humus y por lo tanto fértil.

El Municipio de Texcoco se encuentra en la provincia del Eje Neovolcánico, ésta cubre la mayor parte del estado en su porción norte. Limita al sur con la Sierra Madre del Sur. Está caracterizada geológicamente por el predominio de rocas volcánicas cenozoicas que datan del terciario y del cuaternario, existe un claro predominio de los tipos andesíticos, las laderas son escarpadas sobre el elevado eje central suavizándose lateralmente. Las laderas de la Sierra Nevada, particularmente las de la porción de la Cuenca de México están surcadas por un gran número de barrancas (Garrido, 1998).

El Municipio de Texcoco es localizado en la Subregión hidrológica "Alto Río Pánuco" dentro de la región "Alto Pánuco". Los acuíferos se encuentran en rocas basálticas y sedimentarias aluviales y lacustres, terciarias y recientes. Comprende la región norte del Estado de México abarcando las zonas de Cuautitlán, Teotihuacán Texcoco y Chalco, los cuales forman parte de la Cuenca de México.

La principal actividad económica en el municipio de Texcoco era la agricultura de temporal, así como la explotación del maguey, desde tiempos pasados; Según Córdova y Parsons (1997), esta zona ha tenido una gran actividad tanto en la agricultura como en el comercio, mostrando una gran dinámica en los cambios de colonización a través de fases arqueológicas precedentes al período Azteca.

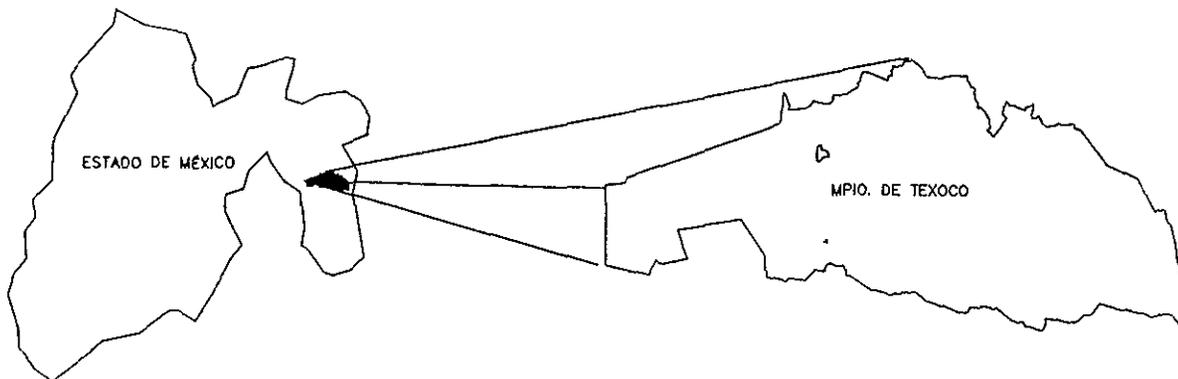
Actualmente la actividad agrícola se ha visto disminuida debido a la dinámica del crecimiento demográfico que se observa en el municipio a partir de los años 50's cuando se da un fuerte apoyo al desarrollo de la industria provocando con ello que para la década de los años 70's se comenzará a poblar los alrededores de la ZMCM, por lo que se fueron poblando los municipios de la periferia del Distrito Federal y con esto el crecimiento de la vivienda así como la conurbación de estos con el Distrito Federal.

1.4 LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La zona de estudio se encuentra localizada en una extensión del piedemonte de la Sierra Nevada (Córdova y Parsons, 1997), colindando con los municipios de Chinconcuac y Chiautla al norte y Chimalhuacan y Chicoloapan al sur (Atlas General del Estado de México, 1993), es localizado entre las coordenadas extremas siguientes: 19° 35' y 19° 25' de Latitud Norte y, 98° 57' 30" y 98° 50' de Longitud Oeste; cubriendo de Norte a Sur todo el municipio a lo largo de la Carretera Federal México-Texcoco (Fig. 1.2).

Con esta delimitación se cubre el área de interés, donde se localizan las localidades de el Consuelo, San Andrés Riva Palacio, Tocuila, Texcoco, Xocotlán, San Simón, Resurrección, Texopa, Tolantongo, San Felipe, San Sebastián, La Trinidad de Axopilco, La Concepción, Boyeros, San Bernardino, San Luis Huexotla, San Mateo Huexotla, Lomas de Cristo, Lomas de San Esteban, Santa Rosa, San Miguel Coatlinchan, El Tejocote, y Santiago Cuautlalpan, en las cuales se observaron los cambios más significativos en materia de infraestructura tanto urbana como de comunicaciones.

LOCALIZACION



ZONA DE ESTUDIO

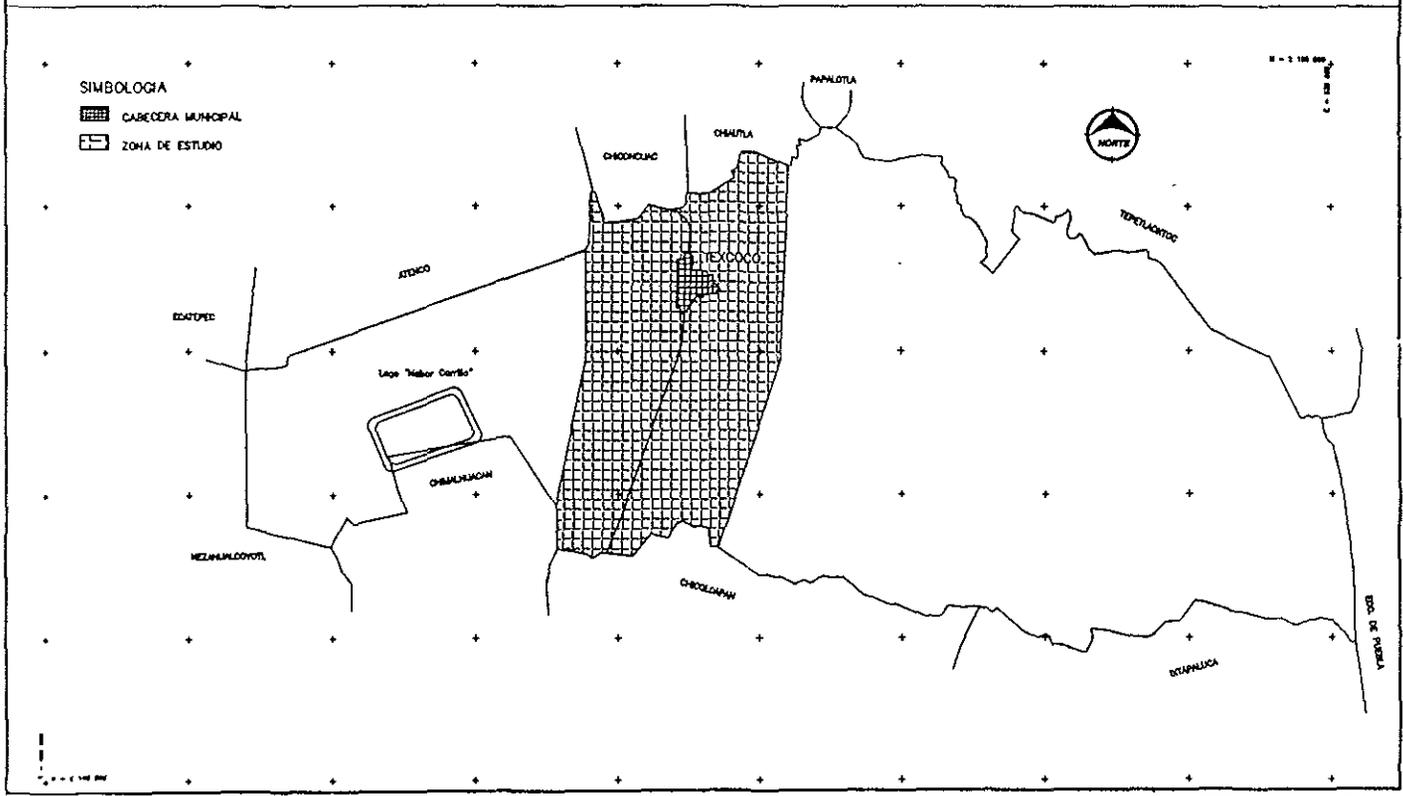


Figura 1.2 Localización de la Zona de Estudio.

Para la delimitación de esta área se tomaron los criterios de Expansión Territorial y Densidad de Superficie Construida debido a las características que presentan las diferentes localidades del municipio, ya que en algunas entidades como "Lomas de Cristo, Lomas de San Esteban, y Boyeros," se encuentran definidos tanto el límite de urbanización como el trazo de calles, esto hasta el año de 1970 y para el año de 1997 el límite no es excedido por la presión demográfica, pero al contrario se han densificado dichas áreas lo que implica entre otras cosas el requerimiento de un mayor equipamiento (escuelas, clínicas o centros de salud, etcétera), así como un mejor acondicionamiento de las carreteras.

1.4.1 Características Físico-geográficas del área delimitada para el estudio.

En lo que corresponde a la zona de estudio se identifican tres tipos de suelos predominantes el primero de ellos es el suelo Vertisol, caracterizado por ser muy arcilloso que presenta grietas anchas y profundas en al época de sequía, de color negro o gris oscuro pero casi siempre muy fértil, por su dureza es difícil la labranza, además presenta con frecuencia problemas de inundación y mal drenaje.

Otro tipo de suelo que se encuentran en el área de estudio es el Feozem, hacia la parte Suroeste de la cabecera municipal Texcoco, el cual presenta una capa oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, así también se encuentra en menor proporción el suelo Vertisol Pélico con las mismas características ya descritas en el párrafo anterior.

El tercero de estos suelos es el Solanchak Gleyco el cual tiene alto contenido de sales. Además tiene una capa en el subsuelo en la que se estanca el agua. Esta es gris o azulosa y al exponerse al aire se mancha de rojo. El suelo Solanchak Mólico se presenta en forma secundaria que a diferencia del anterior presenta una capa superficial oscura rica en humus y fértil

Dentro de la zona de estudio existen diversas posibilidades de uso agrícola. Desde el norte de la cabecera Texcoco hacia el sur de esta, por el lado este, se caracteriza principalmente para terrenos en los que se ha implementado la agricultura mecanizada estacional. Con una aptitud media para el desarrollo de los cultivos y de igual aptitud para

la labranza. Al sur de la cabecera municipal las condiciones son similares la diferencia radica en la aptitud para la aplicación de riego ya que en esta es categorizada como media.

Hacia el oeste de la entidad se localiza una gran zona de terrenos no aptos para el desarrollo de ningún tipo de utilización agrícola (suelos localizados en la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco).

MARCO TEÓRICO.

2.1. Fotografía Aérea.

La Fotografía Aérea puede definirse como un forma de teledetección o percepción a distancia que registra la imagen de los diversos objetos que existen en la corteza terrestre (Luján, 1991), con proyección cónica del terreno, cuyo punto de vista es el centro óptico del objetivo (Valdés, 1981). El centro óptico del objetivo es aquel donde convergen las proyecciones de las marcas fiduciales de una fotografía, donde en teoría no debe observarse desplazamiento de ningún tipo en el objeto fotografiado. (Ver Fig. 2.1)

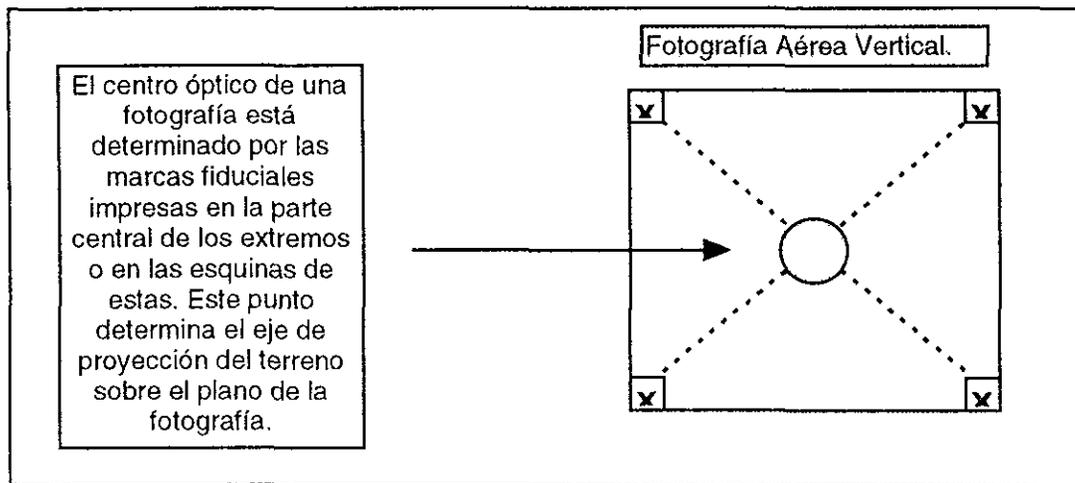


Figura 2.1. El Centro óptico de una fotografía es aquel punto donde convergen los ejes imaginarios trazados a partir de las marcas fiduciales de la fotografía, el centro óptico es conocido también como el Punto Principal de la Fotografía aérea Vertical (Wolf, 1985)

Este documento resulta de gran importancia puesto que se pueden realizar estudios de cualquier índole, principalmente y tal vez su mayor aplicación es en la elaboración de mapas topográficos. Es en el año de 1851 cuando se tiene el primer registro de procesos fotogramétricos en Francia, donde se aplican por primera vez los principios matemáticos de las fotografías como proyecciones perspectivas centrales para aplicaciones topográficas. Pero es hasta el año de 1913 que en el Congreso de la Sociedad Internacional de Fotogrametría, celebrado en Viena, que el capitán Cesare Tardivo presentó el uso de fotografías para la elaboración de mapas en un mosaico de la ciudad de Bengasi, Italia a escala 1:4 000. A esto es agregada la tecnología aplicada para la

invención de aeroplanos en 1911 y perfeccionamiento de cámaras fotográficas para que la fotogrametría tuviera un gran desarrollo (Herrera, 1990).

En un principio las fotografías aéreas se utilizaron con fines bélicos, de hecho, debido a la segunda guerra mundial y el periodo de postguerra la fotografía aérea tiene un mayor desarrollo como documento potencial para la exploración del medio físico, dándose una apertura a el trabajo de elaboración de fotogrametría de tipo civil (Wolf, 1985).

Se inicia entonces una mayor especialización en la obtención de fotografías aéreas, es decir, con mayor detalle y con una mejor calidad para poder llevar a cabo un registro de la información lo más fielmente posible, para lo cual se diseñaron en primer lugar diversos tipos de cámaras fotográficas adaptadas en aeronaves bélicas (Wolf, op cit.), así también se diseñaron los más diversos aparatos de restitución fotogramétrica, los cuales en un principio utilizaban un pantógrafo para así trazar la información de los modelos estereoscópicos sobre hojas con una retícula elaborada para la escala requerida.

De igual forma el empleo cada vez más frecuente de la fotografía aérea y el desarrollo de diversas técnicas generaron el cambio de un sistema análogo a uno digital creando nuevas tecnologías que brindaran más y mejor información del espacio geográfico, entre las que se encuentra la Percepción Remota.

2.2 PERCEPCION REMOTA.

Una de las tecnologías que ha tenido gran desarrollo tanto tecnológico como en el número de sus aplicaciones es la Teledetección Satelital, esta se refiere a la observación y almacenamiento de imágenes realizados desde el espacio exterior con un sistema basado en sensores colocados en plataformas espaciales (Chuvieco, 1990).

La aplicación de las tecnologías de Teledetección depende de la cantidad de luz (energía) absorbida y reflejada por los objetos en la superficie terrestre a partir de la radiación solar que reciben, esta energía es emitida en longitudes de onda específicas dependiendo del objeto y la iluminación en el momento de toma de la imagen (Ver Fig.2.2) siendo almacenados en forma de

"píxeles" (Elementos de Imagen -Picture Elements-), por medio de cámaras o sensores donde cada uno de estos guarda la dimensión espectral de dicho elemento (Falkner, 1995).

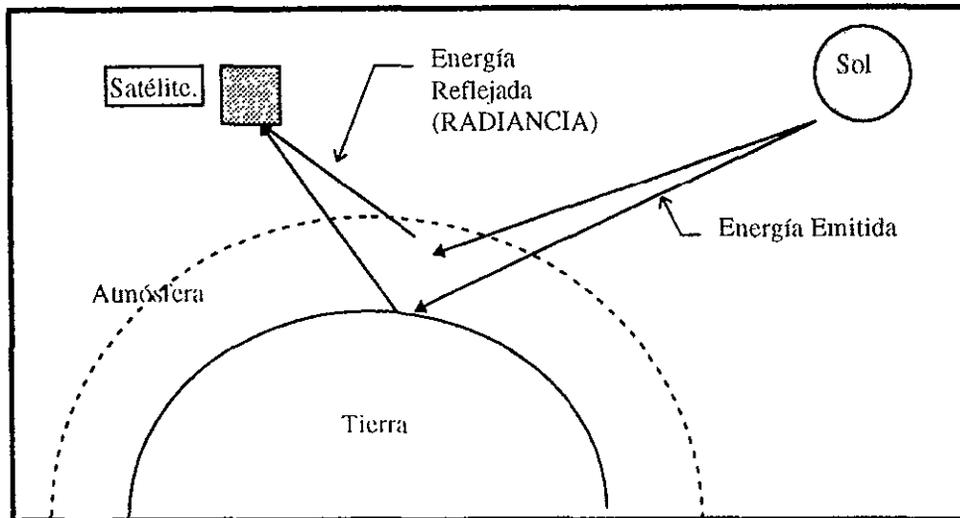


Figura 2.2 El sistema de Teledetección Satelital esta en función de la cantidad de energía que puede ser reflejada por los objetos en tierra a partir de la energía solar recibida o almacenada. Dicha energía es capturada en forma remota por los sensores de los vehículos espaciales (Satélites) que desplazan trayectorias circulares (órbitas) en torno a la Tierra o bien cubriendo sólo algunas partes de esta. (Harris, 1987).

Cada pixel es una celda que en conjunto con otras forman una matriz numérica de tres dimensiones, las dos primeras corresponden a las coordenadas geográficas de la imagen mientras que la tercera indica su dimensión espectral (Chuvieco, 1990).

La historia de la Teledetección es referida a los primeros medios utilizados para obtener imágenes, o bien en un principio fotografías, desde la perspectiva aérea (Herrera, Op. Cit.), dando un gran salto en la historia y en la aplicación de esta tecnología, es en la segunda guerra mundial donde se desarrolla la tecnología de Teledetección Aérea orientándose a mejorar la óptica de las cámaras de reconocimiento, y de las emulsiones fotográficas utilizadas. Esta tecnología no sólo se limita a la toma de imágenes desde un sensor remoto, sino a su posterior tratamiento en el contexto de una determinada aplicación.

La representación cartográfica, de las variaciones tanto espaciales como temporales, representan el principal objetivo de la cartografía temática, a niveles tanto global, regional y local. Por lo que el rápido desarrollo en los sistemas satelitales causaron un incremento en la adquisición de datos a partir de los sensores remotos y su aplicación dentro de operaciones cartográficas, como la compilación de mapas (International Cartographic Association [ICA], 1994).

Actualmente existen tres sistemas principales satelitales de investigación navegando alrededor del mundo en órbitas sincronizadas con la órbita del sol: LANDSAT - (de los Estados Unidos) y SPOT -I, II y III- (de Francia), y IRS (de la India), de la serie LANDSAT los conocidos como IV y V llevan consigo dos sistemas de sensores separados los que suministran la información, un barredor multiespectral y un "mapeador" temático (*Thematic Mapper* diseñado especialmente para la cartografía temática [Chuvienco, Op. Cit.]). El sistema SPOT consiste en tres satélites con dos sistemas de sensores de alta resolución, trabajando independientemente uno de otro proporcionando un alto grado de flexibilidad para la colección de información espectral (Falkner, Op. Cit.) y también con posibilidad de aprovechamiento para fines de producción cartográfica

Con el sistema de Teledetección Remota LANDSAT se desarrollan diversos estudios y aplicaciones, considerando las propiedades de estos productos, como lo menciona López-Blanco (1994) a partir de 1972, con ese programa el uso de las imágenes digitales obtenidas desde satélites se vuelve frecuente en el estudio y evaluación de las características del terreno.

ICA (Op. Cit.) plantea que el uso de imágenes de satélite como un medio de entrada en la cartografía temática ocurre cuando una de las tres siguientes situaciones se presenta:

- La información representa una exclusiva fuente deseada.
- Se emplea como una fuente suplementaria de la información.
- Es deseada como el sustituto de otras fuentes de información las cuales pueden ser evaluadas como menos rentables, menos económicas e insatisfactorias debido a los requerimientos temporales.

Cabe mencionar que esta información proporcionada por los sistemas de sensores satelitales tiene dos formatos uno de ellos es la propia imagen y el otro es en forma numérica, es decir, la representación de las señales eléctricas producidas por los sensores.

Existen dos tipos de sensores los pasivos y los activos. Sensores Activos son aquellos que transmiten una señal la cual reciben y almacenan como respuesta de el reflejo de esta. Por otro lado los Sensores Pasivos son aquellos que recolectan la energía electromagnética natural reflejada de los rayos solares o emitida desde un objeto en virtud de su temperatura (Chuvieco, Op. Cit.; Falkner, Op. Cit.).

2.2.1. Resolución de los Sensores.

Chuvieco (op. Cit) explica los cuatro tipos de resolución que están implícitos en las imágenes de satélite, estos hacen referencia a la información espacial, temporal, espectral y radiométrica, que es capaz de percibir y cubrir un sensor remoto, es decir, la percepción física que cubre un pixel puede ser de varios metros o bien varios km (*Resolución Espacial*); mientras que la cobertura radica en el tiempo que un Satélite cubre una misma área dos veces seguidas (*Resolución Temporal*). La Anchura y el número de las bandas espectrales que puede discriminar un sensor es conocida como *resolución Espectral*. Y por último la sensibilidad del sensor, es conocida como *Resolución Radiométrica* (o también como Dimensión Digital.). Estos términos técnicos se explican a continuación a manera de no redundar en los conceptos ya establecidos por diversos autores; y para lo cual considero se puede revisar la fuente citada.

2.2.1.1 Resolución Espacial.

La resolución espacial se refiere a las dimensiones físicas que se alcanzan en la toma de una imagen, esto quiere decir que: un sensor puede tener una resolución de varios kilómetros hasta unos cuantos metros o cm por pixel, en otras palabras, este concepto designa el objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen.

Por lo tanto, esta resolución está ligada a la aplicación, o mejor dicho está en estrecha relación con la escala de trabajo. En los casos que se requiera el registro de grandes áreas de cobertura (por ejemplo las grandes áreas cubiertas por los satélites meteorológicos como [GOES, ERS-1, por ejemplo]) y que el detalle de la información no sea un factor importante, no es necesario

tener una resolución mayor; como por ejemplo el estudio de océanos, fenómenos atmosféricos, estudios de medio ambiente, etcétera.

2.2.1.2 Resolución Temporal.

La resolución temporal se refiere a la frecuencia con que son adquiridas las imágenes, es decir, el tiempo transcurrido entre la toma de una imagen y otra (frecuencia de cobertura que proporciona el sensor), esta resolución varía dependiendo del tipo de satélites y se liga al apartado anterior de forma inversa ya que a mayor resolución espacial, disminuye habitualmente la temporal, es decir, los estudios meteorológicos necesitan una resolución temporal mayor (frecuencia), para un mejor seguimiento del fenómeno en estudio.

2.2.1.3 Resolución Espectral.

La resolución espectral indica el número de bandas espectrales que puede discriminar el sensor, por consiguiente un sensor tendrá mayor aplicación en proporción al número de bandas que éste proporcione, de esta manera las imágenes multiespectrales, es decir, de información multiespectral registran de manera simultánea el comportamiento de los objetos en dos o más bandas del espectro electromagnético.

La menor resolución espectral la tienen los sistemas de radar y los equipos fotográficos ya que el primero registra solamente un canal y los equipos fotográficos ofrecen películas pancromáticas, infrarrojo B&N, color natural o infrarrojo color. Mientras que los sensores electrónicos ofrecen un amplio rango de bandas.

2.2.1.4 Resolución Radiométrica.

Este tipo de resolución hace mención a la capacidad del sensor para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe, así, en los equipos fotográficos la resolución radiométrica del sensor se indica por el número de niveles de gris recogido en la película. En los sensores óptico-electrónicos, la imagen se presenta en formato digital, por lo que el número máximo de niveles

digitales (ND) de la imagen, se identifica como la resolución radiométrica del sensor, variando este rango con los distintos sensores.

2.3 TELEDETECCIÓN VIDEOGRÁFICA DIGITAL

Con el interés de obtener información con mayor resolución temporal, espacial y espectral, se desarrollan nuevas tecnologías una de ellas es la *Teledetección Videográfica Digital* que dio tempranas muestras de sus aplicaciones en las décadas de los años 60's y 70's (Everitt, 1988), siendo hasta el final de esta última década que el desarrollo de los sensores videográficos es esporádico (King, 1995), y a principios de la década de los años 80's se tiene un mejoramiento y avance en las tecnologías para procesar imágenes, de tal manera que se va adquiriendo un mayor interés como lo muestran los siguientes trabajos: Meisner y Landran's que desarrollan un sistema multiespectral en B&N, el cual adquiere imágenes multiespectrales secuenciales en bandas asignadas o designadas por el usuario, con la cual se obtiene una escena por cada décima de segundo (1/10 escena/segundo) (Everitt, Op. Cit.), y es a mediados de la década de los años 80's que se interesan en las ventajas de esta tecnología como: la posibilidad de registrar algunos sectores del espectro como por ejemplo el infrarrojo color, así como también en la posibilidad de tener la imagen casi al momento de la toma de esta (Meisner, 1985).

De esta manera se siguen presentando diversos trabajos como el de Paul Nixon y asociados que presentan en 1983 el primer informe en videografía durante la 9ª Bienal de Trabajos de Fotografía Aérea. Más tarde en la 10ª Bienal en Ann Arbor, Michigan, se presentaron 4 trabajos en videografía, y es en 1987 que se presentan 11 trabajos, motivo por el cual se llega a un acuerdo para que se incluya el nombre de Videografía en los talleres siguientes (Everit, Op. Cit.).

La tecnología Videográfica desarrolla cuatro tipos de sistemas, de los cuales dos se basan en las cámaras de tubo, y los otros dos están basados en los sensores con tecnología CCD por sus siglas en inglés (*Charge Coupled Device*) (King, Op. Cit.) o bien un Dispositivo Acoplado por Carga, el cual es un lector (scanner) interno que lee la imagen, la luz y el tinte almacenando la información en la memoria de la cámara (Mecánica Popular, 1997).

El desarrollo de esta tecnología tuvo que pasar por todo un proceso, en el cual demostrara su eficiencia para poder ser considerada como alternativa para los estudios de cualquier índole, hablemos de los sectores agrícola o forestal, sin olvidar sus aplicaciones en la evaluación y monitoreo de recursos naturales entre otros. No sólo se demostraría que era aplicable sino también tomando en cuenta el aspecto técnico se tenían algunos inconvenientes como su gran volumen y la gran delicadeza de sus componentes (King, Op. Cit.) (esto se refiere a las cámaras de tubo), ya que esto implicó mayores cuidados y riesgos de daño al equipo.

A la par del desarrollo y nuevas aplicaciones fue necesaria la especialización en la manufactura de estos sistemas de video, el cual tiene muchos atributos que son atractivos para su aplicación (Everitt, Op. Cit.; King, 1985), estos se muestran a continuación:

- Disponibilidad de la imagen en tiempo real (al momento de la toma).
- Las cámaras de video presentan una alta sensibilidad a la luz, permitiendo la toma de imágenes en las bandas estrechas del espectro electromagnético, así como también del infrarrojo. y,
- La potencialidad para el proceso inmediato de la señal electrónica para el análisis posterior en computadora.
- Los precios de material para la toma (Videocasetes) son sumamente accesibles, cobrando gran importancia cuando es requerida una gran cobertura.

Durante el periodo de 1983 y 1985, se desarrolla en la Estación de Investigación del Departamento de agricultura, en Weslaco, Texas, una cámara con base de cuatro tubos (Nixon et al 1985); desarrollada por la empresa Xybion Electronics en New Jersey, un sistema de estado solido que contiene un filtro giratorio (Niedrauer and Paul, 1985); y un destello radioelectrónico que separa las tres bandas (roja, verde y azul) y el infrarrojo cercano (750-1000 nm) en cámaras de tubo fue desarrollado por la Universidad de Minesota por Meisner y Landstrom, en el año 1985 (trabajos citados en King, 1995).

Las anteriores creaciones fueron las principales aportaciones a la investigación de imágenes multispectrales usando cámaras de video y digitales, las cuales siguen siendo utilizadas hasta hoy día.

Posteriormente se agregan nuevas formas para el registro de datos, a inicios de la década de los años 90's dando como resultado los bajos costos en videografía estas innovaciones son: la

integración de los Sistemas de Posicionamiento Global, el cual por sus siglas en inglés es mejor conocido como "GPS" (Global Positioning System), el desarrollo de capacidad de calibración radiométrica; y el desarrollo de sensores en cámaras digitales (King, 1995).

El desarrollo de esta tecnología y su aceptación se ha basado principalmente en los bajos costos de los componentes de los sensores, los cuales permiten a muchos grupos de investigación y a empresas de cartografía, el diseño y construcción de sus propios sistemas de Teledetección digital (King, 1995)

La plataforma más comúnmente empleada para la adquisición del material fotográfico y videográfico digital es el avión o avionetas en las que se adapta la cámara fotográfica o de video. Otra plataforma utilizada es el Helicóptero con lo cual es en ocasiones mejor controlado el manejo del equipo como lo muestran Mingillo y Bromley (1992), colocando la videocámara en la punta delantera de uno de los brazos del helicóptero, en un estudio realizado para la medición geotérmica en Nueva Zelanda, o bien el estudio realizado por parte del Instituto de Geografía de la UNAM, (Palacio, et al. 1996), para evaluar los efectos en la geomorfología costera del Estado de Campeche después del paso del huracán Roxanne, así mismo Peralta et al. (1992a) emplea un Helicóptero el cual es mas bien de infraestructura pesada para dar una mayor estabilidad durante el vuelo, con lo que se elimina (aunque no del todo), los movimientos y giros durante este, con los cuales puede verse afectada la misión.

Por ejemplo existen trabajos en los que las imágenes de video no necesariamente son adquiridas desde una plataforma aérea motorizada, es decir desde un avión o un helicóptero, sino desde algún recurso de elaboración mas bien casera como lo demuestran López-Blanco y Palacio-Prieto, (1994), obteniendo resultados óptimos en cuanto al manejo y procesamiento adecuado de las imágenes adquiridas, en dicho trabajo se evaluó la pérdida de suelo en términos de superficie.

El empleo de esta tecnología ha sido y seguirá siendo muy importante debido a la información que nos permite adquirir, de una manera rápida, con la cual se desarrolla la actualización cartográfica ya sea en evaluaciones de impacto ambiental por la industria minera, delimitación entre áreas urbanas y rurales, o desastres naturales como los efectos del huracán Roxanne en las costas de Campeche (Palacio, et al. 1997)

Pero son en realidad pocos los trabajos que se han realizado en el aspecto de la cartografía urbana (al menos en México) empleando la Videografía o la Fotografía aérea Digital ya sea para *actualizar* o *evaluar* infraestructura como se muestra a continuación.

Algunos de los trabajos que demuestran que la importancia de tener documentos cartográficos actualizados es trascendental, o por lo menos es importante para llevar a cabo una investigación rápida y eficiente.

Septién (1985), muestra en un estudio que se realizó por parte del INFONAVIT para análisis urbanos, orientados a satisfacer la demanda de los trabajadores; una de sus principales dificultades fue la falta de documentos cartográficos que facilitaran dicho estudio, ya que no hay revisión ni actualización periódica de la información que permita conocer la dinámica urbana, así también se detectó una carencia cartográfica de una misma fuente, esto debido a las diversas escalas que se manejaron (1:10,000, 1:20,000, 1:50,000), y que para cubrir dichas carencias (entre otras) se auxiliaron de fotografías aéreas.

Como el caso anterior lo muestra, los estudios a nivel urbano, y con mayor razón si se habla de una dinámica urbana tan acelerada como lo es en la ZMCM exigen día a día de una actualización o al menos el empleo de nuevas tecnologías que agilicen y optimicen las investigaciones y trabajos relacionados en esta zona, y así también registren los cambios de uso de suelo, estos cambios se deben al crecimiento acelerado de los municipios conurbados o cabeceras municipales, en este caso la cabecera del municipio de Texcoco, en el Estado de México.

Bocco (et al. 1995), menciona la importancia en la observación y cuantificación del *crecimiento de la mancha urbana, especialmente en ciudades del tercer mundo como bases para* tareas de planeación urbana y regional

En este estudio hecho en la ciudad de Tijuana, B. C. se recalca la importancia que ha tenido el mezclar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con Sensores Remotos para estudios de tipo urbano, en este caso la cuantificación del crecimiento de esta ciudad, también se hace énfasis en los aspectos técnicos necesarios para obtener una cuantificación razonablemente confiable del crecimiento urbano.

Existen otros estudios de carácter urbano en Brasil, con la ayuda de fotografías aéreas en escalas mayores a 1:25 000 se realizaron estudios para localizar los lotes edificados deshabitados "vazios urbanos" (Borges y Neves, 1996), que fueron valiosas para los estudios intra-urbanos porque permitieron una determinación precisa de cada elemento que compone la zona de estudio.

Ambos estudios son mencionados con el fin de hacer hincapié en dos aspectos importantes para el presente trabajo, uno de ellos es el demostrar la intención de evaluar, en este caso la infraestructura urbana, y el otro es el destacar las bondades de las tecnologías nuevas o alternativas, y que tienen una aplicación con gran visión hacia el desarrollo de estas en pro del crecimiento y desarrollo de la actualización Cartográfica Temática Urbana a escalas 1:20,000 y mayores

Peralta et al. (1992b), muestra el uso de imágenes digitales del mes de agosto del año de 1991 las cuales han sido corregidas geométricamente, para su posterior sobreposición en una fotografía de contacto del año de 1978 a una escala de 1:30,000 digitalizada a una resolución de 300 ppp (puntos por pulgada), donde se muestra el cambio de uso de suelo como es la aparición de colonias nuevas en terrenos agrícolas de temporal en la localidad de San Luis Huexotla en el municipio de Texcoco, estado de México.

Palacio (1997) describe el uso de imágenes de video para su aplicación en áreas urbanas en la ciudad de Manzanillo, Colima. Recalcando entre otras cosas la importancia de la gran cantidad de rasgos y detalles que permiten su control con fines de corrección, ya que estas condiciones son muy difíciles que se presenten en fotografías de áreas naturales, y no sólo eso sino que también aporta resultados importantes además de demostrar la oportunidad de las imágenes de video.

Esta tecnología ha sido empleada en pocos casos para estudios de índole urbano o Cartografía Urbana, ya que por lo regular se han hecho mayores aplicaciones de esta en el campo físico, como lo es en estudios geomorfológicos, cambio de usos de suelo agrícola, monitoreo, entre otros, o bien para llevar a cabo los estudios correspondientes para cuantificar las deformaciones que presentan las imágenes digitales obtenidas, esto debido a su resolución espacial (Meisner, 1988).

Por lo anterior la dinámica de crecimiento debe ser registrada implementando nuevas tecnologías cartográficas, lo cual es de gran importancia debido a la diversidad de actividades y funciones que se realizan dentro de un espacio urbano.

2.4 Los Sistemas de Información Geográfica

2.4.1 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica.

Existen diversas o muy variadas definiciones de lo que es o lo que hace un SIG, es decir, diversos autores han descrito o definido a estos sistemas (Maguire, 1991). Estas definiciones están fundamentadas en un gran rango de aplicaciones o usos de la tecnología, esto debido a que existe una amplia variedad de organizaciones que usan mapas e información geográfica para soportar sus actividades (Huxlad y Levinsohn, 1995), de esta manera los SIG's permiten analizar información espacial y no espacial (López-Blanco, 1998) en grandes cantidades.

Scruton (1992) considera que la tecnología de Información Geográfica es un medio para crear muchos tipos de trabajos mas eficientes y trabajadores mas efectivos. Antenucci, et al. 1991 menciona la aplicación de esta tecnología para estudios de conducta de uso del suelo, y el desarrollo y evaluación de recursos para determinar la mejor localización para caminos, o asentamientos residenciales por mencionar algunos.

Por otro lado Burrough (1989) determinó que las entidades espaciales que se emplean en un SIG deben estar descritas en términos de:

- Su posición respecto de un sistema de coordenadas específico.
- Sus atributos que no están relacionados con la posición (color, frecuencia, costo, etcétera). y
- Sus interrelaciones espaciales con otros objetos (propiedades topológicas) que describen sus posiciones relativas, conexiones y trayectos.

2.4.2 Componentes de un SIG.

Un aspecto importante que debe mencionarse de los SIG's, no es solo su gran diversidad de aplicaciones en diversos campos y ramas, sino su estructura funcional, como lo mencionan Star y Estes (1990) toda la infraestructura computacional y mano de obra que son requeridas, quienes consideran que la tecnología ha jugado un papel crítico en el desarrollo de esta. Al respecto también diferentes autores mencionan elementos en relación a las aplicaciones determinadas por el o los usuarios.

Entre los componentes mas importantes destacan: elementos físicos (*hardware*), elementos lógicos (*Software o conjunto de programas*), y los aspectos de organización para trabajar con un SIG López-blanco (Op. Cit.), para Burrough (Op. Cit.) también son tres el primero coincide con el anterior, el segundo es un conjunto de módulos para la aplicación del *Software*. Y por último un contexto organizacional propio los cuales deben estar en balance para el funcionamiento satisfactorio de este.

Para ambos casos el *Software* es aquel conjunto de programas dentro de una computadora que permiten introducir, manipular, y representar la información y el *Hardware* son aquellos componentes por medio de los cuales se puede introducir (tabletas digitalizadoras por ejemplo), almacenar (discos magnéticos), imprimir (graficador o *plotter*) y tener una interacción con otros sistemas (discos flexibles o unidades de gran almacenamiento como los equipos ZIP). Todo lo anterior claro esta debe tener una interacción con el usuario.

Los aspectos de organización de un SIG se refieren tanto a la manera de emplear cada uno de los procedimientos lógicos del Sistema de Información Empleado Burrouhg, (Op. Cit.), así como de la capacitación del personal que emplea el Sistema (López Blanco, Op. Cit.).

Así los Sistemas de Información Geográfica surgen como una tecnología de gran utilidad y una infinidad de aplicaciones los que son capaces de brindar el acceso a estudios por medio de modelos virtuales con los que bien se puede llegar a la planeación del mejor aprovechamiento de los recursos.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS.

3.1 Materiales.

3.1.1 Material Fotográfico.

El material fotográfico empleado para el presente trabajo fue facilitado por la Comisión Nacional del Agua (CNA) y el Instituto de Geografía (IGg) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se emplearon las fotografías de las líneas 24, 25, 26 y 27 del año 1970 (ver Tabla 3.1) y las líneas 4 y 5 del año 1989 (10 y 9 fotografías respectivamente) y 15 fotografías digitales. El número de fotografías, líneas y escalas se observa en la tabla siguiente, clasificadas por fecha de vuelo.

Tabla 3.1. Material fotográfico empleado en la elaboración de los Fotomapas digitales de los años 1970, 1989 y 1997.

FECHA	LINEA	No. DE FOTOGRAFÍAS	ESCALA	FUENTE
<i>Mar.- Abr. 1970</i>	24	3	1:25,000	CETENAL*
	25	3	1:25,000	INEGI †
	26	2	1:25,000	INEGI †
	27	2	1:25,000	CETENAL*
<i>Mayo. 1989</i>	4	5	1:20,000	IGG-CNA †
	5	4	1:20,000	IGG-CNA †
<i>Septiembre 1997</i>	7	2	1:15,000**	IGG-CNA †
	8	6	1:15,000**	IGG-CNA †
	9	7	1:15,000**	IGG-CNA †

* Vuelo realizado por la CETENAL ahora INEGI, proporcionado por la CNA.
† Líneas faltantes en el material proporcionado por la CNA del año mencionado. Adquirido en INEGI.
* Vuelo realizado por la CETENAL ahora INEGI, proporcionado por la CNA.
† Vuelo Fotográfico Digital realizado por el IGg, UNAM para la CNA
** Escala de Vuelo Aproximada.

Las fotografías de contacto pancromáticas en blanco y negro (B&N), son las correspondientes a los vuelos realizados por INEGI en los años de 1970 y 1989, a escalas 1:25,000 y 1:20,000 respectivamente.

Las fotografías digitales fueron adquiridas por el IGg para la Comisión Nacional del Agua en un vuelo realizado en el mes de febrero del año de 1997, para los fines del proyecto *“Elaboración de un SIG para la evaluación periódica y recuperación ambiental de las áreas degradadas en la cuenca tributaria oriental y zona Federal del Ex-Lago de Texcoco.”*, con una resolución aproximada de 3 m por pixel (acerca de la resolución espacial de las fotografías y la obtención de esta, se tratará más adelante).

3.1.2 Material Cartográfico

Se empleó la cartografía a escala 1:10,000 y a escala 1:20,000 elaborada por el Gobierno del Estado de México (ver Tabla 3.2), para la identificación, localización y obtención de las coordenadas de los puntos de control empleados para la Georreferenciación y Corrección Geométrica de cada fotografía.

Esta cartografía fue adquirida en el Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral de la ciudad de Toluca en el Estado de México en la Secretaría de Finanzas y Planeación del Gobierno del Estado, con fecha de vuelo de 1989, en copias heliográficas.

Se empleó también la cartografía escala 1:10,000 elaborada por la Comisión de Conurbación del Centro del País, editadas e impresas por GEOCENTRO, en el año de 1982, registradas en los meses de octubre y noviembre del mismo año.

Se usó también la Ortofoto Municipal "Texcoco" escala 1:80,000 del cual se digitalizó el límite municipal y algunos rasgos culturales, entre los que destacan la cabecera municipal y la carretera México-Texcoco (Atlas del Estado de México, 1993).

Cartas topográficas Texcoco y Chalco escala 1:50,000 (E14-B21 y E14-B31, respectivamente) para la localización preliminar de la zona de estudio así como su delimitación.

Cartografía Temática escala 1:100,000 de la Síntesis Geográfica del Estado de México (INEGI, 1987). Las cuales sirvieron en la descripción de las características físicas del área de estudio así como del municipio de Texcoco.

Tabla 3.2. Material cartográfico empleado para la identificación de los Puntos de Control, y digitalización para la comprobación de la exactitud de los tres Fotomapas finales.

FUENTE	HQJA	ESCALA	AÑO
III.G.E.C.*	24	1 : 10 000	1989
"	25	"	"
"	26	"	"
"	27	"	"
"	4	1 : 20 000	"
"	5	"	"
INEGI	E14B21	1:50 000	1983
"	E14B31	"	"
A.G.E.M. v II**	Texcoco	1:80 000	1993
* Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral Edo. Mex..			
** Atlas General del Estado de México, (1993) Volumen II, pp. 214.			

3.1.3 Equipo Técnico.

Para la digitalización¹ del material fotográfico se empleó un *Scanner Acer plus* de cama plana, de barrido de un solo paso (estas y otras características técnicas se pueden observar en el Anexo "A" al final de este trabajo).

Se emplearon dos computadoras personales, una de estas con disco duro de 1.6 Giga Bytes (GB) y procesador 486, para el procesamiento y almacenamiento de la información adquirida, procesada y creada y computadora personal con disco duro de 1.0 GB y procesador Pentium con Velocidad de 133 Mhz.

En la digitalización de la cartografía de referencia para la comprobación de la precisión de los tres fotomapas finales, se empleó una tableta digitalizadora horizontal de 12 por 18 pulgadas.

¹ Digitalizar es el proceso por el cual un documento en formato analógico (mapas, planos, o fotografías de contacto como en este caso), es transferido a un formato digital (se convierten en un archivo de caracteres numéricos (*pixeles*), los cuales son leídos por una PC y a su vez son mostrados en pantalla), esta transformación se realiza por medio de diversos instrumentos como lo fue en este caso un *Scanner*.

Las fotografías digitalizadas se almacenaron en una unidad portátil "ZIP", ésta emplea discos con capacidad de 100 Mb. Esta unidad de almacenamiento es un dispositivo periférico a la computadora, sus principales aplicaciones son como en este caso el almacenar y transportar grandes cantidades de información.

3.1.3.1 Paquetes de computación (Software).

Para la captura de las imágenes en computadora personal se empleo el paquete "Adobe PhotoShop", en el cual también se dio un mejoramiento a las fotografías digitales en su compuesto de color, contraste y brillo, con lo cual se facilita la mejor vista de todos los rasgos físicos de las fotografías, así como también sirvió para dar una homogeneidad en tonos y colores al producto final.

SIG ILWIS versión 1.41 y 2.1 para Windows. La primer versión ejecutada bajo el sistema operativo MS-DOS, para el procesamiento de las imágenes (Georreferenciación y Corrección Geométrica), captura y almacenamiento de los segmentos digitalizados, que sirvieron para la comprobación del error del producto final obtenido.

La Versión 2.1 bajo el ambiente de trabajo Windows fue utilizada para identificar los valores de las coordenadas de algunos pares de puntos (segmento-imagen), para la elaboración de los modelos de isolíneas a partir de la interpolación de estos identificados en las fotografías seleccionadas (tres por cada mosaico).

El editor de segmentos dentro del SIG (V. 2.1) sirvió para digitalizar los cambios de la infraestructura urbana y de comunicaciones del área de estudio en cada uno de los mosaicos creados, para su posterior comparación y para la elaboración del Fotomapa final en el que se registre la dinámica urbana a lo largo de estos tres períodos.

En el paquete *Surfer V. 5 (Golden Software, Inc.)*, se llevó a cabo la interpolación de los valores de las coordenadas, creando con estos nueve modelos de isolíneas (uno por cada

fotografía) que posteriormente fueron empleados en la descripción y análisis de la distribución del error, tanto en estas como en el Fotomapa final.

Estos Modelos fueron importados en el paquete AutoCAD versión 14 para su mejor edición, la misma que consistió en asignarles una pequeña leyenda descriptiva del método de interpolación empleada así como títulos, escala, norte, etcétera.

El paquete AutoCAD tiene aplicaciones en un amplio campo en los trabajos de elaboración y edición de mapas y planos topográficos, en este caso los modelos de isolíneas han sido editados, para una mejor presentación e impresión de ellos.

3.2 MÉTODOS.

3.2.1 Digitalización de las Fotografías de Contacto.

Para la elaboración del fotomapa digital y trabajar con ambos materiales tanto fotografías digitales como de contacto dentro con una computadora personal fue necesario el digitalizar las fotografías de contacto por medio de un barredor óptico, de estos existen diferentes tipos, mismos que varían en cuanto a la resolución y formatos dependiendo de la finalidad para la que se requieran, (Ver cuadro No. 3.1) es decir intervienen factores como lo son: la fuente del cual se obtendrá el documento digital una vez que se ha digitalizado, la resolución, los costos, etcétera.

Cuadro No. 3.1 Tipos de Scanners.
Elaborado a partir de Petrie (Op. Cit.).

TIPO	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
TAMBOR	Este Barredor cuenta con un tambor en el cual es colocado el mapa o fotografía, que después es leído por un conjunto de fotodetectores CCD.	Empleado más regularmente para las artes gráficas, algunos de estos tambores pueden tener los requerimientos en cuanto a el tamaño mínimo de pixel, precisión geométrica y rango radiométrico necesario para digitalizar fotografías aéreas con fines fotogramétricos.
CAMA PLANA.	Es un barredor equipado con un fotodetector o CCD lineal, el cual barre la fotografía línea por línea hasta generar un patrón de celdas y columnas.	Esta es la salida comúnmente empleada en la construcción de los Barredores con propósitos fotogramétricos. De los más destacados en el mercado están: los de la firma Zeiss/Intergraph, Wehrli RasterMaster y ISM DiSC.
CCD de Formación Lineal.	Este difiere del anterior un poco ya que barre la foto en un sólo paso.	Es empleado para una visión ortográfica.
Barrido por parches (PATCH).	Frecuentemente como una cámara CCD o formación de arranque, permite barrer la fotografía por secciones (parches) los cuales son unidos después formando una sola imagen.	Este barredor es utilizado en compañías como Leica/Helava DSW, Vexcel, Lenzar Rollei y Topocon.

Para este trabajo las fotografías de contacto fueron digitalizadas a una resolución de 400 puntos por pulgada (400 ppp.), esta resolución es aceptable considerando que un milímetro a la escala que serán creados los fotomapas (1:20,000) representa 20 *m* en el terreno, por lo tanto 1.5 *m* (tamaño obtenido de pixel) no representan ni la décima parte de un milímetro.

Con la resolución empleada el tamaño de las fotografías digitalizadas fue de 11 Mb. Este material se guardó en formato TIFF en escala de grises a 8 bits en su formato comprimido (LZW) para posteriormente ser exportadas hacia el ambiente de trabajo ILWIS V. 1.41.

Algunas características importantes en relación a la resolución, y tamaño de las imágenes así como también de los estándares para trabajos de mayor índole como en los sistemas de fotogrametría digital se comentan a continuación.

Para comenzar se debe saber que los datos o la información generada por una cámara fotográfica digital es relativamente menor a la que se genera cuando se obtiene información de una fotografía aérea digitalizada, esto se debe a la resolución que se requiera para la imagen empleada, es decir, una cámara aérea digital genera una imagen de 512 x 512 pixeles, lo cual requiere 0.25 Mb de almacenamiento, 1 byte por pixel (Petrie, Op. Cit.), lo anterior es aplicable para una fotografía pancromática B&N convencional.

Con esto se deduce que a la resolución indicada, una imagen ocupa una cuarta parte de un Mb, y que irá incrementando su tamaño directamente proporcional conforme se aumente esta, lo que significa que mientras se requiera de una mayor resolución se necesitará una mayor capacidad de almacenamiento.

Existen obviamente diferentes formatos de cámaras que brindan diversas resoluciones (1000 x 1000, 2000 x 2000, etcétera, con 1 Mb y 4 Mb de almacenamiento respectivamente.). Para las fotografías de contacto con una cámara fotogramétrica aérea, de formato estándar de 23 x 23 cm, la resolución del negativo es de 20 a 40 líneas por milímetro superficial, teniendo una mayor resolución (60 líneas por milímetro) con cámaras más sofisticadas como la Wild RC30 (Ver Fig. 3.1) o la Zeiss RMK-TOP. La resolución de una imagen de formato digital es decir el tamaño del pixel puede llegar a igualar la resolución de una cámara fotogramétrica, esto dependiendo de la capacidad de lectura de los sensores (Petrie, Op. Cit.).

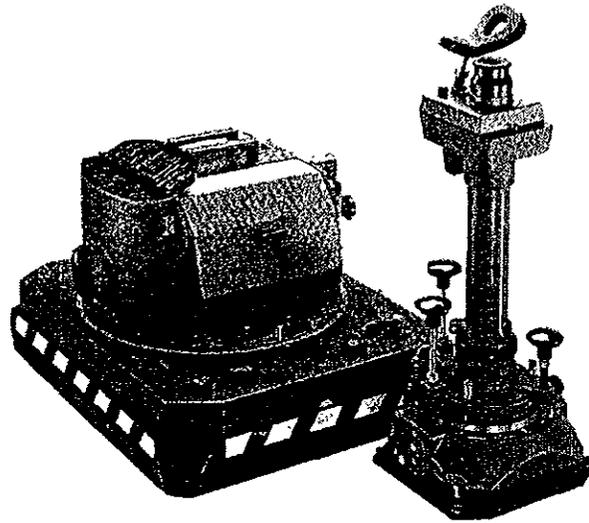


Figura 3.1 Cámara Fotogramétrica RC30 Leica.

3.2.2 Adquisición de las Fotografías Digitales.

Para las 15 fotografías digitales del año 1997, se procedió de manera diferente ya que sólo se tomaron estas en su formato, en otras palabras, tal y como son adquiridas directamente por la cámara digital almacenándose, posteriormente, al igual que las fotografía pancromáticas en formato TIFF a 24 bits, con un tamaño de pixel de 3 m en promedio y un tamaño de 1.5 Mb aproximadamente por imagen.

En estas fotografías existe una pequeña diferencia en cuanto al número de bits, ya que estas son fotografías a color, lo que implica que se requiere el almacenamiento de tres veces el número de bits que las fotografías a blanco y negro empleadas; esto se refiere al tipo de información que se guardará en cada pixel, en otras palabras, una fotografía a color es adquirida en un formato de tres bandas a diferencia de las de B&N las cuales requieren sólo una banda.

La mayor parte de los sensores emplean grupos de 8 bits para almacenar cada intensidad luminosa correspondiente a cada pixel, esta intensidad luminosa se graba en un código binario donde un bit tiene el valor de 0 ó 1 (Ver Fig. 3.2), así cada pixel se define por un byte (8 bits) lo que equivale a un rango de 256 niveles (2^8 , de 0 a 255) desde el negro hasta el blanco pasando por todos los tonos de gris (Chuvienco, 1990).

Por lo tanto, con una imagen a color que es grabada en tres bandas lo que sucede es que requiere de 8 bits por cada banda (roja, verde y azul, RGB por sus siglas en ingles), de esta manera si se multiplican los 8 bits por las tres bandas se tiene un total de 24 bits.

Posteriormente todas y cada una de las fotografías fueron importadas en el paquete AdobePhotoshop y guardadas en un formato como mapa de "bits" (*.BMP), este proceso se lleva a cabo para su posterior importación dentro del ambiente de trabajo SIG, en este caso el empleado es ILWIS en su versión 1.41; este SIG fue utilizado tanto para georreferenciar cada una de las fotos como para la corrección geométrica de las mismas.

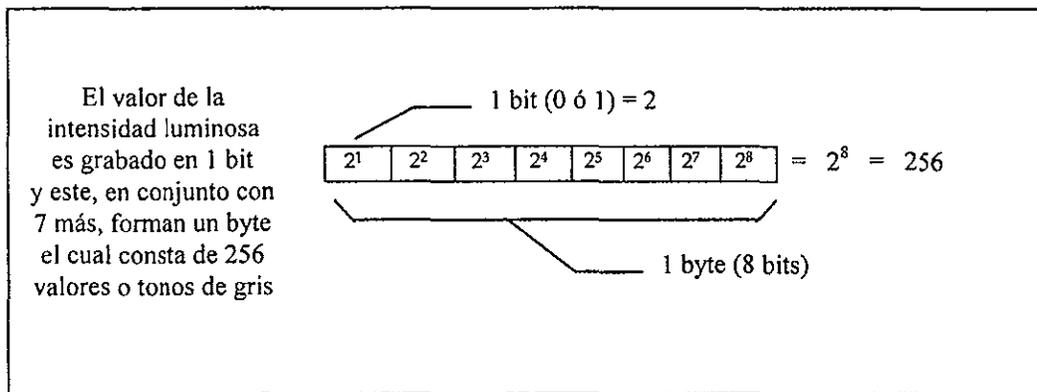


Figura 3.2 Diagrama esquemático donde se define el valor binario de 1 Bit y 1 Byte.

3.2.3 Identificación y Localización de los Puntos de Control

Se empleó la cartografía elaborada por el Gobierno del Estado de México a las escalas 1:10 000 (4 cartas) y 1:20 000 (2 cartas) para la localización e identificación de todos y cada uno de los 119 P. C. que fueron empleados, para la referencia geográfica (Georreferencia) y corrección geométrica de las fotografías.

Se localizaron en forma preliminar un total de 60 puntos de control identificados con nomenclatura numérica en forma ascendente del 1 al 60 (Tabla 3.3a), distribuidos de tal forma que cubran adecuadamente la zona de estudio así como todas y cada una de las fotografías de los años 1970 y 1989, para dichos puntos se corroboró que éstos se localizaran en rasgos que fueran fáciles

de identificar en los tres períodos (1970, 1989 y 1997) de fotografías empleados. Esto último fue necesario debido a los cambios observados en la zona de estudio durante éstos tres períodos.

Debido a la diferencia de escalas de los vuelos, posteriormente se llevó a cabo una densificación de los puntos de control debido a que las fotografías pancromáticas estaban cubiertas por un promedio de 13, para ambos vuelos, a diferencia de las fotografías digitales las cuales sólo tenían un promedio de 6 para cada una. A diferencia de los puntos de control anteriores, estos son identificados con nomenclatura alfabética (Tabla 3.3b). Finalmente se obtuvieron los valores de las coordenadas de un total de 119 puntos, mismos que se observan en las tablas mencionadas.

La altura del vuelo interviene en el área cubierta por fotografía, tanto para las fotografías pancromáticas de contacto como las fotografías digitales pero en el caso de éstas últimas la resolución del pixel se ve alterada por esta, es decir, la resolución espacial es inversamente proporcional a la altura de vuelo, a mayor altura menor resolución y viceversa. A diferencia de las fotografías pancromáticas a B&N, ya que con estas se puede adquirir el tamaño de pixel deseado de acuerdo a la resolución que se especifique al digitalizarlas que en este caso fue de 400 ppp.

Por todo lo anterior se entiende que el área cubierta por una fotografía digital y la de contacto en este trabajo no serán las mismas, así como la resolución espacial de ambas. Lo que implica una diferencia considerable en el tamaño y manejo de las fotografías. Con la digitalización de las fotografías de contacto se puede hablar del formato en pixeles para ambos casos.

TABLA 3.3a. PUNTOS DE CONTROL PRELIMINARES PARA LA GEORREFERENCIA DE LAS FOTOGRAFÍAS

COORDENADAS					
PTO.	X	Y	PTO.	X	Y
1	507931	2148475	31	513372	2155676
2	509321	2148180	32	514491	2155995
3	510999	2148176	33	512299	2156621
4	507905	2149195	34	513550	2156779
5	509178	2149940	35	515841	2156685
6	510530	2149539	36	507228	2157950
7	512076	2149280	37	509969	2157615
8	513230	2149020	38	511871	2158031
9	514285	2149001	39	512551	2157640
10	507524	2150429	40	513799	2157911
11	508771	2151170	41	515140	2158030
12	510350	2150860	42	516345	2157581
13	512129	2150660	43	507629	2159372
14	513289	2150515	44	509605	2158589
15	514490	2150422	45	511159	2159171
16	509000	2152370	46	512365	2159660
17	511065	2152190	47	513401	2159312
18	512190	2152510	48	515051	2159665
19	513765	2152139	49	516059	2158859
20	508961	2153860	50	509250	2160159
21	510662	2153385	51	507345	2161368
22	511660	2153795	52	510009	2161028
23	513248	2153381	53	511445	2161005
24	514945	2152970	54	513009	2160640
25	508892	2155326	55	515065	2160981
26	510360	2155008	56	508265	2152575
27	512354	2154699	57	511485	2162095
28	514068	2154751	58	512812	2161880
29	509132	2156405	59	514582	2162145
30	511239	2155956	60	514161	2148180

TABLA 3.3b. PUNTOS DE CONTROL EMPLEADOS PARA LA DENSIFICACION

COORDENADAS					
PTO.	X	Y	PTO.	X	Y
A	508760	2161461	AE	507581	2154522
B	512350	2161271	AF	508938	2154444
C	513380	2161269	AG	510689	2154449
D	513902	2162125	AH	513495	2154141
E	508205	2160532	AI	514782	2154409
F	513791	2160205	AJ	508153	2153531
G	514142	2160800	AK	511580	2152801
H	515140	2161620	AL	514041	2152790
I	511245	2160051	AM	508119	2152247
J	514209	2159690	AN	508360	2150311
K	515090	2160332	AO	511030	2150459
L	508150	2159330	AP	511941	2150037
M	510270	2159275	AQ	514500	2151590
N	513667	2158861	AR	511011	2151410
O	514921	2158991	AS	512745	2151221
P	512439	2158742	AT	508340	2148375
Q	507980	2158140	AU	510292	2148790
R	509239	2157830	BA	515805	2154530
S	511055	2158271	BB	515725	2152018
T	511837	2157489	BC	515849	2150650
U	514311	2157627	BD	512515	2148145
V	508005	2157325	AZ	511070	2151810
W	509195	2157197	BE	510800	2152752
X	510845	2156892	BF	510045	2152825
Y	514861	2156370	BG	516315	2152440
Z	507775	2155433	BH	515710	2152100
AA	509965	2155731	BI	516062	2151340
AB	510810	2155110	BJ	515783	2150500
AC	514421	2155130	BK	512763	2156630
AD	512025	2154980			

3.2.3 Ajuste de los Puntos de Control desplazados.

Como se mencionó en el capítulo anterior se observó un desplazamiento en la cuadrícula de los fotomapas elaborados por la Comisión de Conurbación del Centro (1982) y por consiguiente los puntos de control localizados en los cuatro fotomapas.

Para conocer el valor del desplazamiento y así realizar un ajuste en las coordenadas de los puntos de control afectados se calculó una constante (k) de error. Para conocer éste y poder así llevar a cabo los principales procesos para la elaboración del Fotomapa final, se obtuvieron las diferencias en las coordenadas con respecto a la cartografía producida por el Gobierno del Estado de México.

Los puntos de control identificados del 25 al 49 que se localizaron en ambas cartografías permiten observar el desplazamiento (ver Fig. 3.4), se compararon los valores de las coordenadas "X" en el método estadístico de Correlación Lineal, este método permite saber la posible relación entre las dos variables y así mismo el comportamiento de una con respecto de la otra.

Se observó que el desplazamiento de las coordenadas de la cartografía de la Comisión de Conurbación del Centro es de 129 m en promedio en la coordenada "X", con respecto a la cartografía del Estado de México con una desviación estándar de 6.98 m, mientras que para la coordenada "Y" el promedio resultó de 4.8 y la desviación estándar de 9.21 (ver Tabla 3.4).

Estos puntos de control afectan las fotografías 1, 2, 3 de la línea 24 del año de 1970, línea 4 fotografía 4, línea 5 fotografía 3 del año de 1989, y finalmente del año 1997 se vieron afectadas las tres líneas en las fotografías 26 de la línea 7, 22 de la línea 8 y 28 de la línea 9. Todas las anteriores se localizan al norte de la zona de estudio.

E=508000

N=2165000



MPIO. DE ATENCO

MPIO. DE CHICONCUAC

MPIO. DE CHIAUTLA

MPIO. DE CHIMALHUACAN

MPIO. DE CHICULOAPAN

N=2147000

E=516000

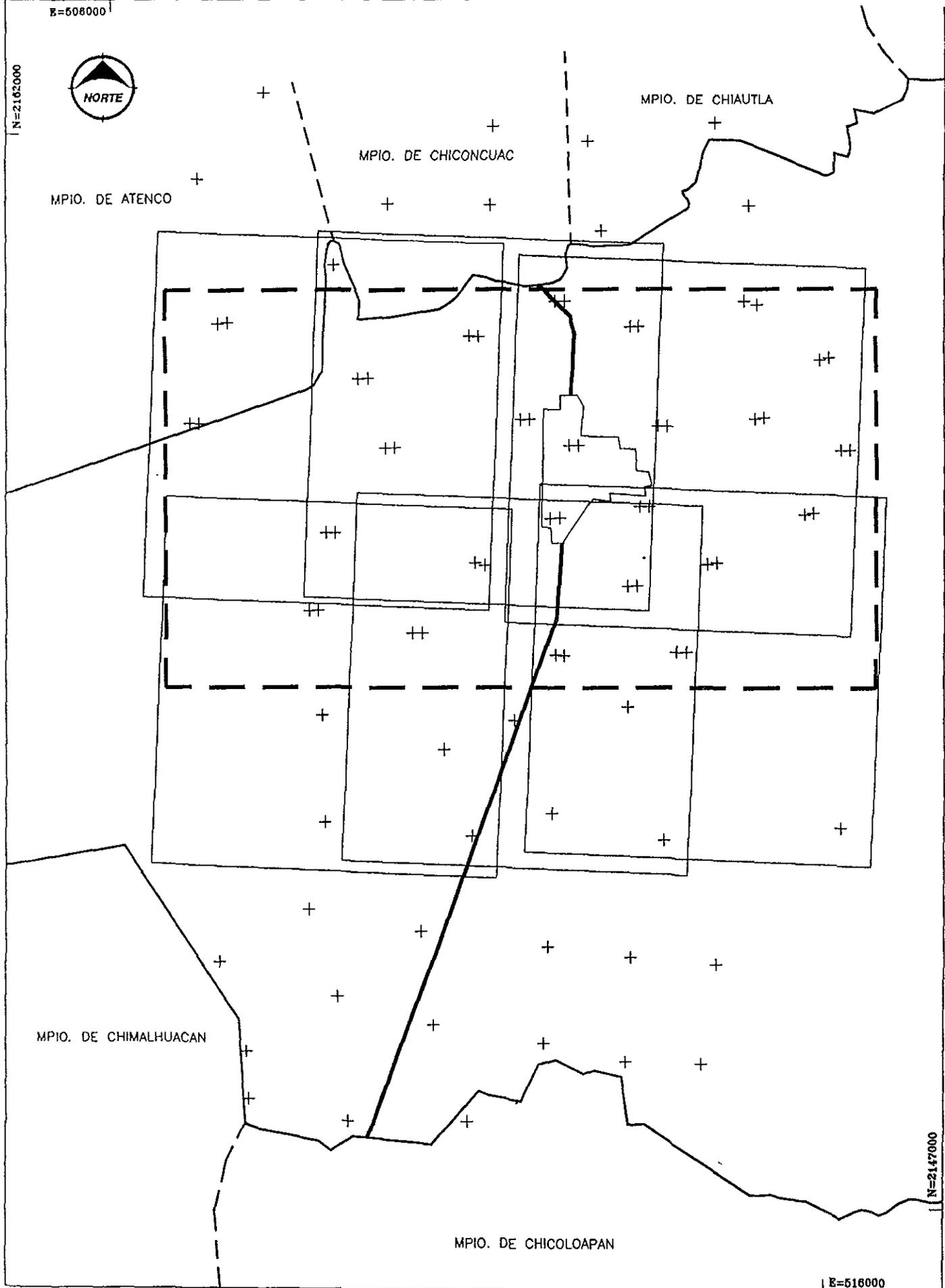


Fig. 3.4 Localización y distribución de los puntos de control identificados en la fase preliminar de la georreferencia de las fotografías pancromáticas digitalizadas. En la parte central se observa la distribución de los mismos puntos y su diferencia en la coordenada "X". A la izquierda los puntos desplazados. En la parte sur de la figura la localización de los puntos restantes identificados en la cartografía correcta. Al Norte los puntos en la cartografía desplazada.

**TABLA 3.4 CONSTANTE (k) DE ERROR
DE LOS PUNTOS DE CONTROL LOCALIZADOS EN AMBAS CARTAS**

S I G S A			T O L U C A			DIF. EN M.	
PTO	X	Y	PTO	X	Y	Dx	Dy
25	508769	2155321	25	508892	2155326	123	5
26	510221	2155009	26	510360	2155008	139	-1
27	512239	2154709	27	512360	2154699	121	-10
28	513930	2154750	28	514068	2154751	138	1
29	509010	2156407	29	509132	2156405	122	-2
30	511099	2155959	30	511239	2155956	140	-3
31	513243	2155670	31	513372	2155676	129	6
32	514359	2155970	32	514491	2155995	132	25
33	512160	2156615	33	512299	2156621	139	6
34	513421	2156780	34	513550	2156779	129	-1
35	515721	2156665	35	515841	2156669	120	4
36	507100	2157950	36	507228	2157950	128	0
37	509839	2157610	37	509969	2157615	130	5
38	511741	2158010	38	511871	2158015	130	5
39	512421	2157641	39	512551	2157640	130	-1
40	513670	2157915	40	513799	2157911	129	-4
41	515018	2158015	41	515140	2158030	122	15
42	516222	2157569	42	516345	2157581	123	12
43	507495	2159360	43	507629	2159372	134	12
44	509465	2158580	44	509605	2158589	140	9
45	511031	2159180	45	511159	2159171	128	-9
46	512230	2159659	46	512365	2159660	135	1
47	513288	2159310	47	513401	2159312	113	2
48	514921	2159650	48	515051	2159665	130	15
49	515929	2158831	49	516059	2158859	130	28

PROMEDIO	129	4.8
DESV. ESTANDAR	7	9.2

La Gráfica 3.1 representa la comparación lineal de los valores de las coordenadas "X" obtenidas de la cartografía del Estado de México y de la cartografía elaborada por SIGSA, ésta última es la que presenta el desplazamiento en sus coordenadas "X". Se observa como los valores de ésta última cartografía mencionada se ven desviados hacia la parte superior de la línea de correlación interpretándose éste como el error en las coordenadas, por su posición en la gráfica el error o desplazamiento es positivo, lo que indica que esta constante (129 m) será sumada a los

valores de las coordenadas "X" para ajustarlos a los valores de la cartografía de referencia del Estado de México. Los valores de las coordenadas "X" de los PUNTOS DE CONTROL afectados son los identificados con los números del 50 al 59, con lo cual se estimaron los valores de cada uno para su empleo tanto en la georreferencia de las imágenes como en la corrección de estas (Ver Tabla 3.5).

Dicho ajuste se aplicará solamente en los valores de la coordenada "X" ya que por el promedio obtenido en la coordenada "Y" se observa que no es significativo para la escala del producto final a escala 1:20,000, ya que este no se percibe a simple vista.

Con lo anterior se pudo manejar el material fotográfico en el mismo sistema de coordenadas, lo que es de suma importancia para obtener los resultados esperados en el producto final a escala 1:20,000.

Tabla 3.5 Tabla de los puntos identificados al norte del área de estudio. Los valores a la izquierda son los correspondientes a la cartografía desplazada, a la derecha los mismos ya corregidos, al centro el valor de la corrección en metros.

AJUSTE A LA CARTOGRAFÍA DE REFERENCIA DE LOS PUNTOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA CARTOGRAFÍA ESC. 1:10,000 (SIGSA, 1982)					
C O O R D E N A D A S					
PTO.	Obtenidas		CORR. (m)	Corregidas	
	X	Y		X	Y
50	509120	2160159	130	509250	2160159
51	507215	2161368	130	507345	2161368
52	509879	2161028	130	510009	2161028
53	511315	2161005	130	511445	2161005
54	512879	2160640	130	513009	2160640
55	514935	2160981	130	515065	2160981
56	508135	2152575	130	508265	2152575
57	511355	2162095	130	511485	2162095
58	512682	2161880	130	512812	2161880
59	514452	2162145	130	514582	2162145

3.2.3 Digitalización de la Cartografía 1:10,000

A partir de la cartografía escala 1:10 000 se llevó a cabo la digitalización de los rasgos culturales de la zona de estudio, estos segmentos representan las manzanas en las áreas urbanas definidas como lo es el caso de la cabecera municipal Texcoco, áreas agrícolas, y trazos de calles, caminos, canales, ríos, etcétera.

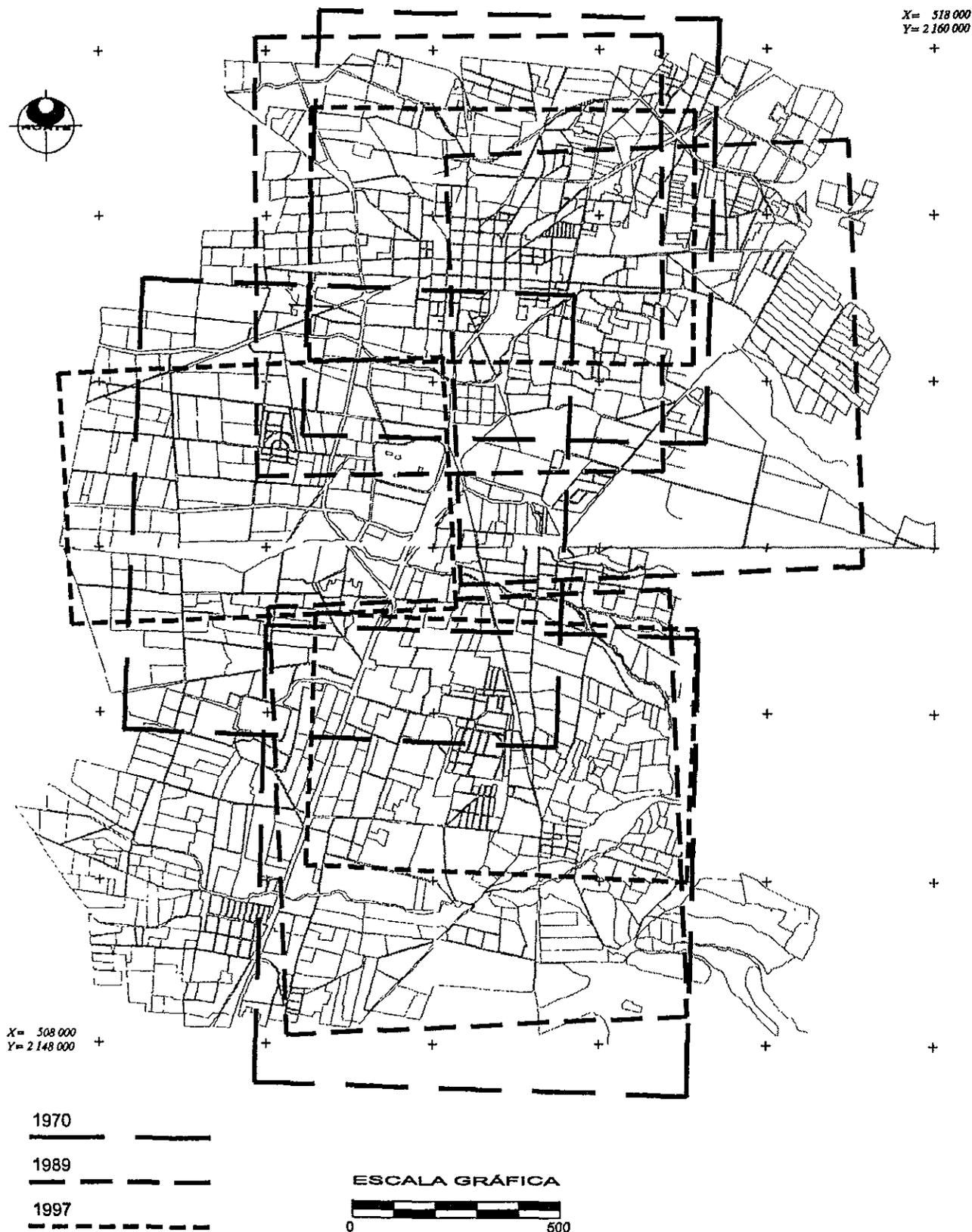
Se llevó a cabo la digitalización de la zona de estudio para el cubrimiento de las fotografías seleccionadas (ver Fig. 3.6). El objetivo principal de esta digitalización, es el de tener la posibilidad de localizar un promedio de 30 segmentos o más en cada fotografía, a partir de los cuales se puedan identificar 30 posibles pares de puntos para poder llevar a cabo un cálculo de la magnitud del desplazamiento de la imagen corregida con respecto a los segmentos digitalizados.

El criterio que se siguió para la digitalización satisfactoria de los segmentos, se definió a partir de los cambios observados en los tres períodos, así como la época del año en que se adquirieron estas ya que algunos rasgos como el perímetro de algún cultivo con sistema de riego se observó mejor delimitado en las fotografías del año 1970 (marzo-abril), a comparación del mismo rasgo en las fotografía del año 1989 (mayo). Con lo anterior se registraron digitalmente aquellos segmentos que permitieran una clara identificación con su correspondiente detalle en cada imagen y en cada período.

Tanto la digitalización de los segmentos y el posterior cálculo de el desplazamiento fueron empleados para estimar el error total de los fotomapas creados, y comprobar la precisión del producto final, con lo que se pretende conocer el grado de error para fines métricos, entendiéndose con esto que el error promedio en todo el Fotomapa no debe ser mayor a 10 m. y que las mediciones realizadas dentro de éste Fotomapa representen la distancia real lo mas fielmente posible.

El error promedio no debe exceder los 10 m debido a que gráficamente ésta distancia representará la mitad de un milímetro (.0005 m) lo que significa imprecisión en el documento cartográfico.

DISTRIBUCIÓN DE LAS IMÁGENES SELECCIONADAS DE LOS VUELOS: 1970, 1989, 1997.



Por: David Romero Hernández
Fuente: Secretaría de Planeación, Toluca, Edo. Mex.
Fotomapas Esc: 1:10 000, 1982.

Fig 3.6. Distribución de las Fotografías Seleccionadas para elaborar los modelos de Isolíneas a partir de la interpolación de los pares de puntos identificados en toda el area de estudio

3.3 CORRECCIÓN GEOMÉTRICA Y ELABORACIÓN DE LOS MOSAICOS DIGITALES.

El SIG "ILWIS" brinda la posibilidad de integración, manejo y análisis de los documentos cartográficos además de imágenes de satélite y fotografías digitales, ya que de acuerdo a su entorno operacional se puede realizar la Georreferencia de los documentos ya mencionados, o bien, la corrección geométrica de éstos, con lo cual se tiene la oportunidad de procesar la información y crear modelos para la planeación entre otras muchas aplicaciones, en este caso el crecimiento del área de estudio.

La corrección geométrica de fotografías dentro de un ambiente de trabajo SIG, es ya un método muy recurrido para los trabajos que emplean esta tecnología ya sea para evaluaciones del terreno con segmentos digitalizados o bien directamente con las fotografías en cuestiones de carácter urbano (López-Blanco, 1994; López-Blanco et. al., 1996; Palacio, et al., 1997, Peralta, et. al. 1992, 1993).

3.3.1 Georreferencia de las Imágenes Digitalizadas y las Fotografías Digitales

La Georreferenciación es el procedimiento dentro del ambiente de trabajo SIG, por medio del cual son asignados los valores de coordenadas "X" y "Y" a las fotografías. El método de transformación varía en función de las imágenes, para las obtenidas desde un satélite la transformación usada mas comúnmente es la Transformación Afin (Affine Transformation), la cual no toma en cuenta el desplazamiento por relieve (ITC, 1993).

La transformación está dada por las siguientes ecuaciones:

$$X = a_0 + a_1 r_n + a_2 c_n$$

$$Y = b_0 + b_1 r_n + b_2 c_n$$

Donde: r_n es el número de fila, c_n es el número de columna, correspondientes a las coordenadas "X" y "Y" respectivamente en el mapa. Esta relación entre el punto en la imagen (fila y columna) y el mismo punto en el mapa (coordenadas "X,Y") sirve para el cálculo de los coeficientes

a_0 , a_1 , a_2 mismos que estarán determinando la precisión de la transformación dependiendo de su localización precisa tanto en el mapa como en la imagen (ITC, 1997).

Así, la precisión de la transformación estará en función de los puntos identificados, y de la precisión que tengan las coordenadas que se asignan a la imagen. El número mínimo de puntos que se necesitan para la transformación son tres, aunque durante la práctica, el empleo de estos es de un número mayor.

Las imágenes se despliegan en pantalla, haciendo un acercamiento para observar a detalle los rasgos en donde ha sido localizado el Punto de Control, con el cursor se identifica el lugar preciso donde deben ser colocados tanto el identificador del punto, ya sea el nombre o número (p.e.: 1,20,A,F, etcétera), como sus coordenadas (ver Fig. 3.7), las cuales son capturadas y almacenadas en un archivo en formato ASCII con extensión "*.CTP", (*Control Tie Point*) este archivo contiene la información necesaria (No. de punto, valores de línea y columna en donde se localiza el punto, error en "X" y "Y" y los valores de las coordenadas capturadas [Ver Anexo "D"]) para su posterior utilización en la corrección geométrica de las fotografías.

La exactitud general de la transformación es indicada por el promedio de los errores en los puntos de referencia, también llamado "Error Medio Cuadrático" (*Root Mean Square Error*) RMSE o Sigma (ITC, 1997).

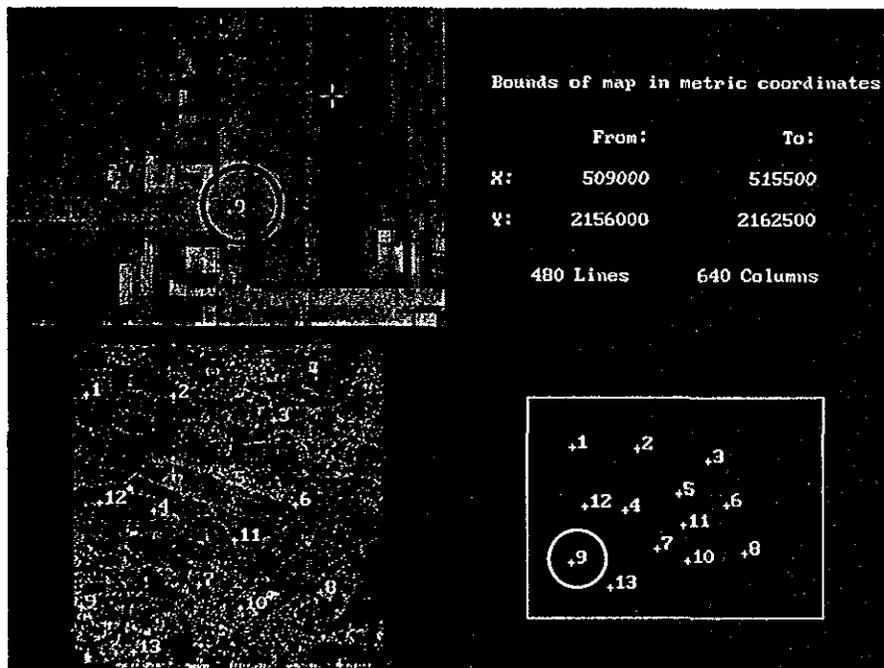


Figura No. 3.7 Despliegue acercamiento y localización de los puntos de Georreferencia de las Fotografías.

El error promedio (*sigma*), se refiere al numero de pixeles tanto en filas como en columnas que se encuentra desplazado el par de coordenadas asignadas para el pixel seleccionado. Los puntos de control deben ser claramente identificables tanto en la imagen como en el mapa para determinar sus coordenadas, la correspondencia en la ubicación en ambos (imagen - mapa), debe ser localizada y medida con especial cuidado sobre todo si existe una gran diferencia temporal entre la referencia cartográfica y la imagen.

Hasta ahora las imágenes han adquirido coordenadas para cada uno de los pixeles que contienen estas, pero la deformación proyectiva que sufren las imágenes no ha sido corregida.

3.3 2 Corrección Geométrica.

Este proceso da como resultado una nueva imagen en la cual los pixeles son colocados de acuerdo a la geometría del mapa sin perder su resolución. Los valores radiométricos o el valor del pixel de la nueva imagen es creada a partir de un remuestreo de la imagen original usando alguno de los tres métodos de transformación (ITC, 1997).

El método de transformación asignado en todos los casos fue "Vecino más Cercano" (*Nearest Neighbor*) el cual sitúa en cada celdilla de la imagen corregida el NDⁱ del pixel más cercano en la imagen original. Esta es la transformación más rápida y donde se tiene una menor transformación de los ND originales como se observa en la Figura 3.8 (Chuvienco, op. cit.).

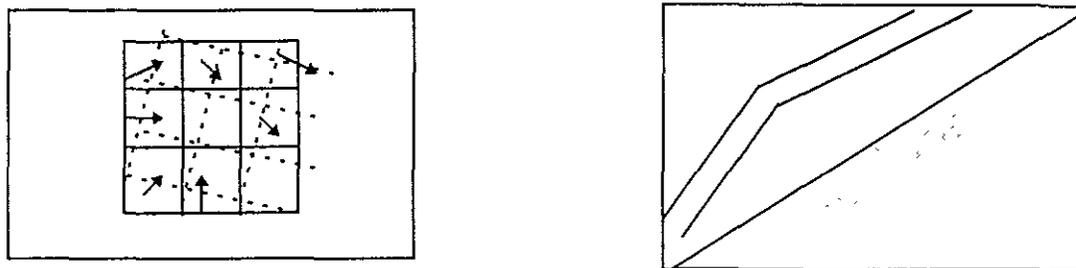


Figura No. 3.8 como se observa en la parte derecha de la figura el ND de cada pixel es asignado de acuerdo al pixel (*vecino*) más cercano de acuerdo a la nueva posición de este. En la porción izquierda se observa su principal inconveniente: la distorsión que introduce en rasgos lineales de la imagen (carreteras, caminos, etcétera), Chuvienco (1990).

La corrección de cada una de las imágenes se realizó de la siguiente manera. Dentro del programa de corrección geométrica de ILWIS se selecciona cada una de las fotografías, especificando el método para la captura de las coordenadas de los puntos de control (en este caso el métrico, puesto que este es el empleado para cualquier sistema cartesiano de coordenadas), el tamaño de pixel para la interpolación, el cual es conocido con anterioridad en el módulo Información de Pixel dando en promedio para cada fotografía un tamaño de 1.5 m por pixel para las imágenes a blanco y negro, y de 3 m en las digitales.

El programa va requiriendo información adicional tal como los valores máximos y mínimos de las coordenadas a partir de las cuales se realizará la corrección geométrica, estos valores son previamente obtenidos en base a la información proporcionada en otro módulo dentro del mismo ambiente SIG, este es el de "Lectura de Pixeles".

" El ND es el Nivel Digital de un pixel. La radiancia recibida por el sensor para un pixel es almacenado como un valor numérico (número entero), este valor es lo que se conoce como Nivel Digital (Chuvienco, 1990). También se hizo referencia a este ND como *Intensidad Luminosa* en la figura 2.1.

Se despliega en pantalla un recuadro (acercamiento) de la imagen, que permite su desplazamiento en esta hacia sus esquinas, con el cual se va identificando y capturando para cada una de estas los valores de coordenadas "X" y "Y" a partir de los cuales se estiman los máximos y mínimos (Ver Tabla No. 3.5). En el Anexo "E" al final de este trabajo se muestran las tablas correspondientes a cada fotografía por período.

Tabla 3.5 Valores Máximos y Mínimos de una fotografía. Obtenidos a partir del modulo de Lectura de Pixeles (*Read Pixel*) en el SIG "ILWIS".

IMAGEN		L24F01		
ESQ.	X	Y	EXTREMAS	
1	511054	2162697	X-MIN =	511020
2	516235	2162647	X-MAX =	516230
3	511025	2157245	Y-MIN =	2157220
4	516207	2157219	Y-MAX =	2162700

Una vez que se especifican los parámetros anteriores se asigna su respectivo archivo de georreferencia (*.CTP), se especifica el tipo de corrección a realizar, que para este trabajo ha sido corrección proyectiva la cual no requiere de la coordenada "Z", este método de corrección es conocida también como *Bi-dimensional* (Wolf, 1985) corrigiendo así solamente el desplazamiento radial que sufren los objetos al momento de la toma de la fotografía.

Como excepciones se tienen las imágenes 26 y 28 de la línea 7 del año 1997, las cuales han sido corregidas en base al tipo de transformación afín, estas imágenes no tienen un cubrimiento total de los puntos de control por la cobertura que presentan del área de estudio. Como tarea final el programa requiere se ejecute la corrección geométrica para lo cual se guarda el nuevo archivo de georreferencia *.CTP y se asigna un nombre al mapa de salida.

Para la corrección el archivo o imagen deberá estar en una estructura fragmentada o *Patched* (López-Blanco et al. 1995) con lo cual se realiza un proceso mas rápido de acuerdo a la lógica operacional del SIG (ITC, 1993).

Los procesos anteriormente descritos fueron elaborados en tres ocasiones para el año 1997, debido a que estas imágenes fueron separadas en tres bandas (roja, verde y azul) para así corregir cada una de estas de manera adecuada, de lo contrario, si se corrigieran en su compuesto de color a

24 bits, sólo se corregiría una de las tres bandas, que en este caso sería la roja, ya que esta es la primera en el compuesto. Con lo anterior aumenta el tiempo del proceso en una forma no muy considerable.

En la versión 1.41 de ILWIS es posible realizar archivos de acciones secuenciales en línea, en los que se describe una serie de pasos a seguir por la computadora, es decir, se captura el seguimiento paso a paso en la corrección geométrica de las imágenes y la creación de los fotomapas para cada período. Estos archivos brindan la ventaja de desarrollar, en uno o más archivos, dando con esto una ventaja temporal al operador ya que no se requiere de su intervención en dichos procesos.

Por su nombre técnico son conocidos como "*BatchFile*" (ITC, 1993) en formato ASCII (*.BAT), creados en un editor de textos del sistema operativo. Los archivos Batch contienen, desde los comandos a ejecutar dentro del SIG como la información adicional para la optima ejecución de los procesos en cuestión, así como los nombres de las imágenes a las que aplicará la corrección geométrica o el pegado de estas para la creación de los Fotomapas (Ver Anexo B).

La escritura de estos archivos debe conservar el orden en el que cada proceso se va realizando, se debe especificar cada uno de todos los nombres, valores o archivos que requiere y en el momento de acuerdo al seguimiento previo a cada proceso, ya que de no ser así, simplemente este se detiene y no lleva a cabo ninguna ejecución, o bien lo hará de manera errónea.

La utilización de BatchFiles permitió registrar el período de ejecución, con lo que se obtuvo una estimación de tiempo real en el que puede ser realizado uno o varios fotomapas de estas características. El tiempo para la corrección de cada fotografía y del pegado de estas se describen el capítulo III de resultados.

3.4 *Calculo de la Precisión del Fotomapa.*

La precisión de un mapa es dada por su exactitud planimétrica (tolerancia en la posición de un punto) y altimétrica (tolerancia en la posición de las curvas de nivel (Herrera, 1991). El fotomapa final debe de cubrir este requisito, indispensable en términos cartográficos.

De cada par de coordenadas obtenidas (uno del segmento digitalizado y otro de su correspondiente detalle en la imagen) se calculó el desplazamiento en "X" y su correspondiente desplazamiento en "Y", así como el desplazamiento total, es decir, la distancia existente entre el segmento y la imagen en cada par de puntos (Ver Fig. 3.9).

Los segmentos, en este caso, son tomados como el punto origen para cada par de puntos, y el mismo rasgo en la imagen como destino, se manejan estos conceptos debido a que los segmentos digitalizados son considerados como una base cartográfica a partir de la cual se tomarán los valores de desplazamiento de la imagen.

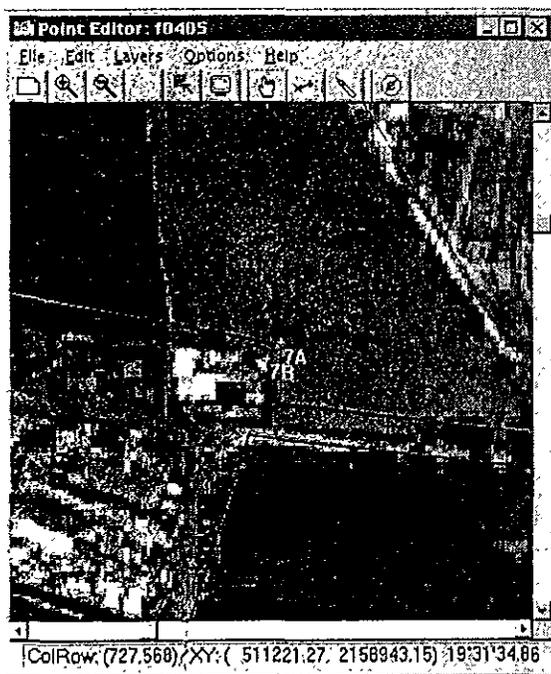


Figura 3.9 Se observa el desplazamiento que existe entre el segmento digitalizado y su correspondiente rasgo en la imagen digital

Los rasgos físicos en cada imagen para la identificación de los pares de puntos (30 para cada imagen de los períodos 1970 y 1989, y 25 para las imágenes del año 1997) fueron identificados y distribuidos de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo, de tal manera que fueran representativos del posible desplazamiento de cualquier rasgo en las imágenes (Fig. 3.10). Los valores de cada uno de los puntos así como los cálculos correspondientes se observan en el Anexo "C" al final de este trabajo.

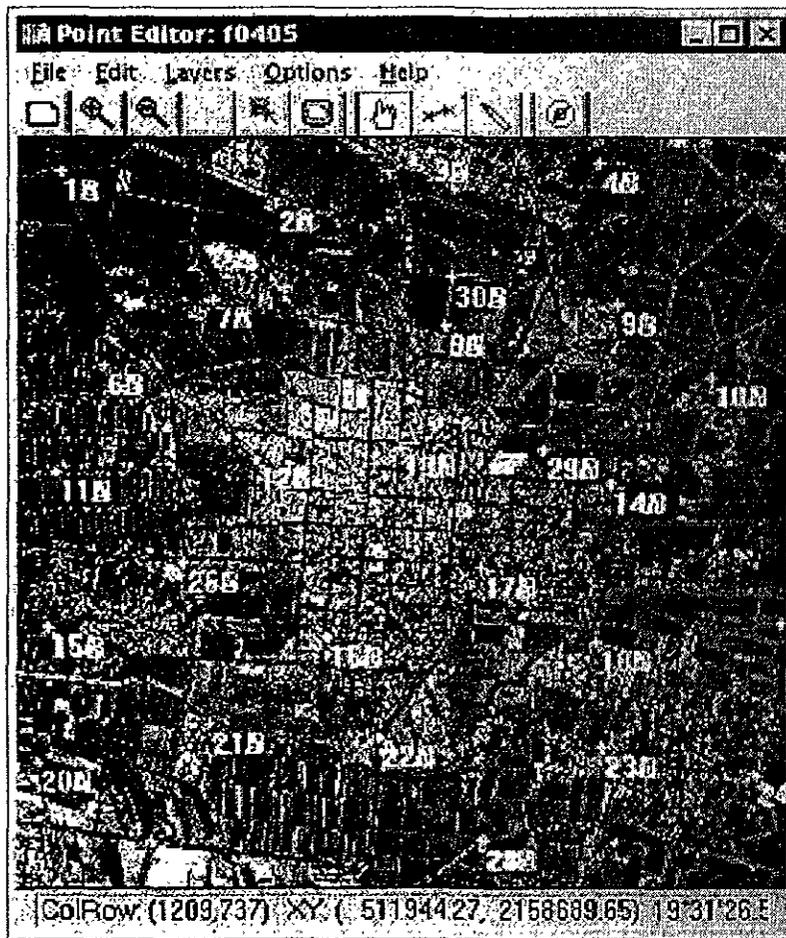


Figura 3.10 Distribución de los pares de puntos en las fotografías para la evaluación de la deformación de éstas con respecto a la cartografía de comparación.

Esta información fue capturada de manera automática en la versión 2.1 del SIG ILWIS para Windows, dentro del editor de mapa de puntos de este (Ver Fig. 3.11). La captura de los pares de puntos consiste en crear primero un editor de puntos o bien mapa de puntos, posteriormente se

realiza la selección de los rasgos en los que se identificarán los valores de las coordenadas para cada detalle, tanto en el segmento como en su correspondiente en la imagen, al mismo tiempo que se van identificando, el SIG los almacena en un archivo que puede abrirse como una tabla.

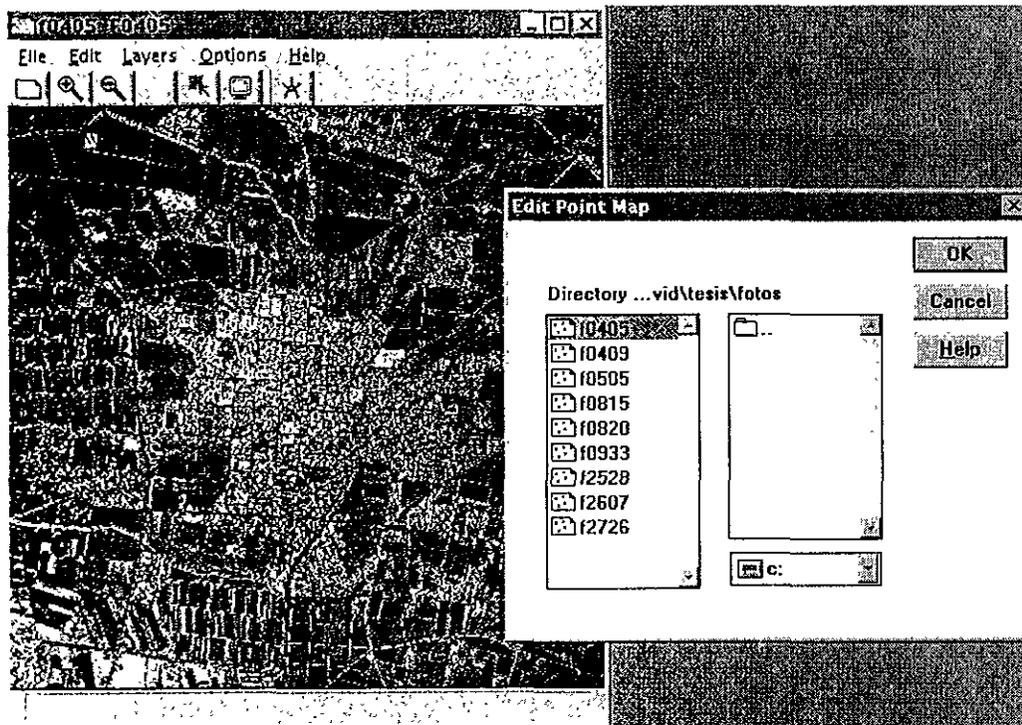


Figura 3.11 Se muestra la selección de los archivos de puntos dentro del SIG (ILWIS en su versión 2.1) para Windows mismos donde se almacenan los valores de las coordenadas de cada uno de los pares de puntos.

Los valores son ordenados en el mismo sentido de su captura, es decir, en este caso se tuvo especial cuidado en identificar en primer lugar el punto de inicio (identificado en el segmento) y su correspondiente en la imagen, ya que de ser de manera inversa los valores pudieron ser capturados en este sentido inverso lo que implicaría un ordenamiento posterior que puede evitarse.

A partir de estas tablas se copian los valores hacia una hoja de calculo en Excel para obtener los desplazamientos en ambas coordenadas y el desplazamiento total así como su azimut.

Cada par de puntos es identificado con la nomenclatura numérica del 1 al 30 en forma ascendente, con las letras "A" para los puntos de los segmentos y "B" para el correspondiente en la imagen como se observa en la Figura 3.12.

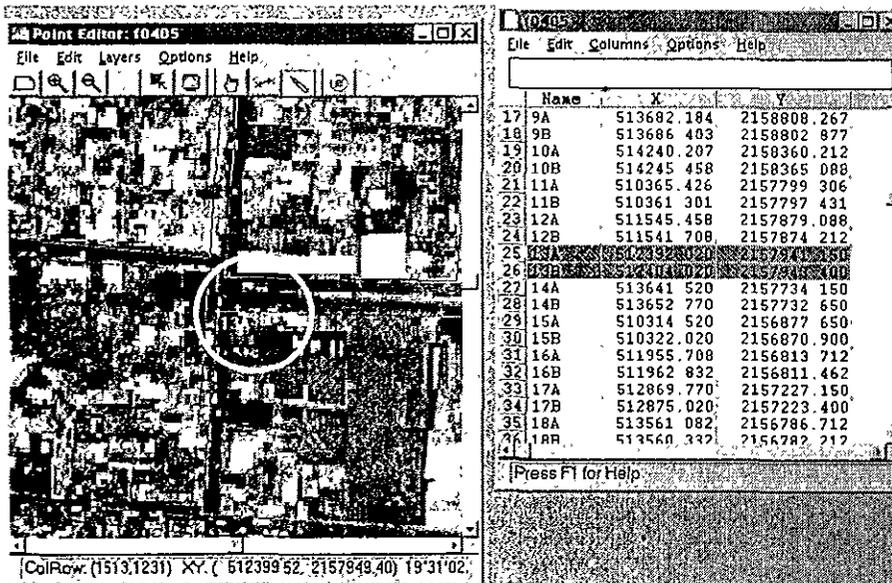


Figura 3.12 Se muestra la identificación de un par de puntos en la imagen y su correspondiente identificador en el listado del editor de puntos.

Posteriormente dentro del paquete *SURFER* se interpolaron los valores obtenidos para lo cual se empleo el método de "Mínima Curvatura" el cual representa de forma gráfica en modelos de isolíneas (Fig. 3.13), el comportamiento del desplazamiento de las imágenes (distancia entre el segmento y la imagen).

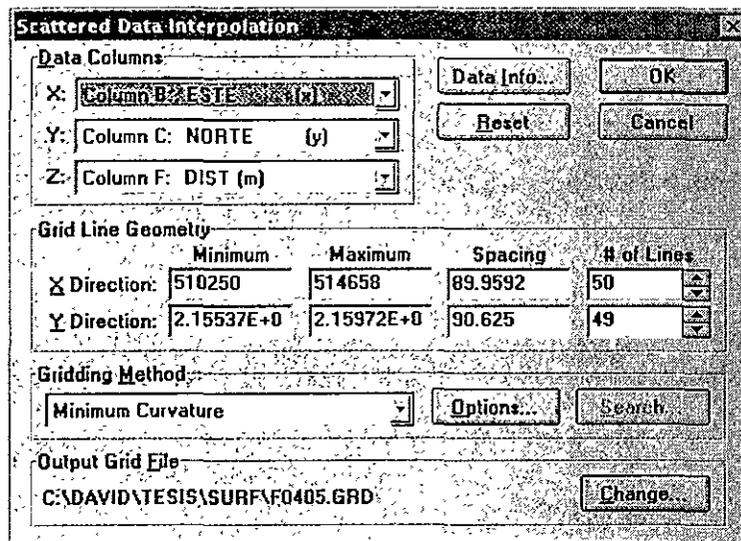


Figura 3.10 El paquete "*SURFER*" tiene la versatilidad de poder escoger el tipo de interpolación, para los modelos de isolíneas en este caso se seleccionó el método de "Mínima Curvatura". Se observan también los máximos y mínimos de los valores de las coordenadas de cada par de puntos, así como la selección de columnas correspondientes a las coordenadas "X", "Y" y "Z".

El método de interpolación de "Mínima Curvatura" realiza una representación de los datos de acuerdo a un número de iteraciones, mismas que pueden ser especificadas por el usuario de acuerdo a las características del trabajo a realizar. Por medio de este método el programa suaviza los valores de las elevaciones formando con esto una superficie con picos y valles menos burdos, lo que representa el fenómeno de una manera más general (Surfer, 1995).

La representación de los datos con este método está basada en el objetivo de la creación de estos, ya que para los fines de precisión de este trabajo, un error del 10% en la aproximación de la interpolación ("Surfer" Golden Software, 1995) representaría un error de 1 m o menor a este, ya que el sigma promedio es menor a cinco.

La interpolación requiere de tres datos, los dos primeros son las coordenadas "X" y "Y" de cada punto y la más importante, el valor de la coordenada "Z", este último es el correspondiente a la distancia calculada entre el segmento digitalizado y la imagen corregida, cabe destacar que para esta interpolación solo se tomaron los valores de las coordenadas de los segmentos, con lo que se obtiene la representación del origen del desplazamiento

Por último se exportaron del paquete SURFER los modelos de interpolación hacia el paquete AutoCAD en archivos con extensión *.DXF donde fueron editados e impresos incluyendo en estos los vectores obtenidos a partir de los pares de coordenadas.

La magnitud se representa en los modelos a través de vectores, los mismos que tienen forma de flecha, con ellos se representan la dirección del desplazamiento, así como su magnitud, estos fueron exagerados en una proporción de 10 veces con respecto a su tamaño original, debido a su escasa apreciación (en forma gráfica) dentro de los modelos y por la escala a la que fueron impresos (1:30,000).

Para obtener los vectores se elaboraron los archivos correspondientes a cada imagen, con los mismos valores de las tres coordenadas empleadas en la interpolación, esta captura también se realizó en un editor de textos. Estos archivos se caracterizan por su extensión *.SCR, el cual es leído en el paquete AutoCAD, creando cada uno de los vectores con su grosor y dirección

correspondiente. Esta extensión es la identificada por el comando *SCRIPT* dentro de AutoCAD su procedimiento es muy similar al ya descrito en los *BatchFiles*, pero a diferencia de estos deben ser capturados colocando una instrucción por renglón (Ver Anexo B).

3.5. Cartografía Final (Mapa de Cambios).

Las fotografías se sometieron a un proceso en el cual se recortaron de su tamaño original, para eliminar principalmente: la información marginal que presentaban las imágenes del año 1989, las marcas fiduciales (en ambos vuelos), así también algunas imágenes del año 1970 presentaban una porción blanca (luz, o reflejo) en el extremo superior (al norte de estas) (Fig. 3.14).

Para poder realizar este recorte se recurrió al módulo de lectura de pixeles, colocándose en las esquinas superior izquierda e inferior derecha formando con esto un recuadro el cual fue recortado, dentro del cual la información que se observa ya no presenta los elementos mencionados anteriormente.



(A)



(B)

Figura 3.14 Las fotografías pancromáticas después de haber sido corregidas se sometieron a un proceso donde se recortaron para eliminar información excedente (A) como las marcas fiduciales, y orillas con luz o con la información complementaria de las fotografías en las orillas de éstas. En la imagen (B) se observa la fotografía recortada.

El recorte de las imágenes se hizo en base a el número de filas y columnas que contienen estas, ya que el recuadro mencionado se elaboró a base de estos valores, el área de recorte se especifica en el modulo de Georreferencia en donde se seleccionaron todas y cada una de las imágenes asignando el número de línea inicial y total de líneas a desplegar, lo mismo para las columnas.

Para la elaboración de la carta de cambios se llevó a cabo el pegado de las fotografías ya recortadas, esto se refiere a unir todas para cada período por medio de un modulo dentro del SIG (V. 1.41) llamado pegado de mapas o bien, como lo indica su nombre en ingles "Glue Map".

Dentro de éste módulo se asigna en primer lugar la fotografía con la que comenzará el mosaico, se aceptan los valores que se visualizan en pantalla, estos son el número de líneas y columnas que contiene la imagen.

Una de las características de este programa es el de poder asignar un orden específico al pegado de las imágenes, con lo que el nivel de apreciación de algún detalle o área especifica es mayor, como se observa en los tres fotomapas se colocaron preferentemente en último orden las fotografías que mostraban en su totalidad los conjuntos urbanos, evitando que se observara la unión de una imagen con otra en estas áreas. Por ultimo se asigna el nombre del archivo de salida el cual contendrá ambas imágenes, unidas por coordenadas.

Entre la asignación de la primera fotografía y la segunda se deben especificar dos cosas: la *primer imagen de entrada* debe ser delimitada por un margen con respecto de las demás, especificando que no haga esta delimitación.

La segunda imagen es pegada a la primera por lo que se debe indicar (en segundo lugar) si en el mapa de salida (nueva imagen creada) el valor de los pixeles de la segunda serán redefinidos con respecto al valor de la primera imagen. En otras palabras, el modulo de "pegado de mapas", permite que se ignore la información de una de las dos imágenes, en este caso, la que se asigna en segundo lugar.

Los fotomapas fueron elaborados por medio de archivos separados por lotes (*Batch Files*), su estructura se puede observar en el Anexo "B", al final de este trabajo, con lo referente a los tiempos de elaboración se tratará en el capítulo III de resultados.

Este procedimiento se realizó con las fotografías de cada período, obteniendo con esto tres fotomapas los cuales sirvieron para la digitalización de los polígonos de las áreas urbanas, registrando de esta manera los cambios durante el período de 1970 - 1989 y 1989 - 1997.

Para la digitalización en pantalla de los segmentos de cada Fotomapa se empleó nuevamente el editor de segmentos de ILWIS (v. 2.1). Se digitalizaron las áreas urbanas de la Cabecera Municipal Texcoco, así como las áreas donde se observó el trazado de calles y manzanas principalmente, estas localidades son: Boyeros al Suroeste de la Cabecera, y Lomas de Cristo, al Sur del Fotomapa. Estas últimas se encuentran bien delimitadas, a diferencia de San Miguel Huexotla, localidad que no presenta un orden en el trazado de sus calles y manzanas, es decir, los asentamientos se observan en forma dispersa.

Finalmente los segmentos digitalizados en pantalla fueron sometidos a dos procesos dentro del SIG ILWIS V.2.1 para Windows, éstos procesos fueron el convertir los segmentos en polígonos cerrados y posteriormente convertirlos a un formato raster.

La funcionalidad de convertir los segmentos en polígonos es para poder cuantificar las áreas que cubren todos y cada una de ellos, por cada año, una vez que éstos se convierten en formato raster, ya que posteriormente se realiza un "cruce" de los mapas en formato raster donde se obtiene una tabla en donde se cuantifica el área de cada polígono y la sobreposición de éste con respecto a los otros mapas. Se obtuvo de esta manera el mapa final donde se observan los cambios en materia urbana durante los períodos 1970-1989 y 1989-1997.

Se obtuvo el valor del crecimiento en m² de algunos períodos como 1970-1997 y áreas donde no existen cambios en los tres períodos, en otras palabras, se identificaron los mismos rasgos en cuanto a infraestructura durante los tres períodos en cuestión.

RESULTADOS

4.1. Elaboración de los Mosaicos Digitales.

Se observó que los puntos de control (P. C.) seleccionados en la primera fase (preliminar) cubrían con un promedio de 6 P.C. cada fotografía del año 1997, razón por la que se llevó a cabo una densificación de los P.C. para el año mencionado. Esta densificación se elaboró a partir de observar las áreas en las fotografías digitales en donde se notaba la ausencia de P. C. que fueron seleccionados anteriormente. Se obtuvo un total de 59 P.C. extras, mismos con los que se asegura observar un cubrimiento por fotografía de hasta 18 posibles P.C.

Los puntos de control posibles por fotografía se refieren a aquellos que sólo por su localización serían seleccionados para los fines de georeferencia y corrección geométrica de la fotografía, aunque no todos sean seleccionados como satisfactorios por el grado de error con el que contribuyen en los procesos ya mencionados. Por consiguiente, la exclusión de algunos de los P.C. intenta registrar el menor error medio cuadrático para cada fotografía.

Se tuvo un especial cuidado en no dejar grandes áreas sin puntos de control, con lo que pudieran verse afectadas las imágenes por una escasez de puntos, esto en el sentido de no tener suficientes P. C. para poder llevar a cabo una buena georeferencia y por supuesto una buena corrección geométrica; se procuró lo anterior sobre todo en las esquinas de cada fotografía, lo que limitaba en ocasiones eliminar un mayor número de puntos que mantenían los errores en valores de sigma muy elevados.

Dicha densificación sirvió no sólo para mejorar la cantidad de puntos para la georeferencia de las fotografías digitales, así como también de su corrección, sino para una mejor georeferencia de las fotografías pancromáticas a B&N digitalizadas, ya que estas promediaron un error cuadrático (sigma) muy elevado. Los valores más altos por

año registrados son: para el año de 1970 en la fotografía 1 de la línea 24 de 28.88 pixeles, en la línea 4 fotografía 9 del año de 1989 fue de 23.81 pixeles, y finalmente en la fotografía 19 de la línea 8 del año de 1997 se registró un sigma de 25.57pixeles.

En este trabajo se obtuvieron valores muy dispersos y elevados, por lo que se realizó una selección de los puntos que registraban un mayor desplazamiento en filas y columnas, mismos que fueron eliminados.

En algunos casos disminuyó considerablemente el sigma pero en otros no, como se observa en la Tabla 4.1 (1970), que en la georreferencia inicial el valor más alto (28.88), disminuye hasta 8.69 una vez que han sido identificados y eliminados aquellos P.C. que mostraron valores muy elevados en el sigma promedio y que se encontraban en áreas que permitieran ser eliminados y no incrementar el sigma mencionado de las fotografías.

Por otro lado, se observó en otra imagen como en la 27 de la línea 25 que el sigma es igual a 18.39 pixeles y posterior a la selección de los puntos con menor error sólo llegó a registrar 16.69 pixeles de error.

Tabla 4.1 Resultados de los valores del error medio cuadrático (en pixeles) para las fotografías del año 1970 en los procesos de: Georreferencia, Selección de puntos y asignación de corrección para la fotografía.

IMAGENES DEL AÑO 1970			
<i>SIGMA REGISTRADO EN TRES MOMENTOS DEL PROCESO</i>			
IMAGEN	PRIMERA GEORREFERENCIA	SELECCIÓN Y DENSIFICACIÓN DE PUNTOS	TRANSFORMACION PROYECTIVA
L24F01	28.88	8.69	4.62
L24F02	7.90	7.90	4.25
L24F03	13.94	6.62	4.47
L25F27	18.39	16.69	7.22
L25F28	22.97	14.88	5.28
L25F29	21.16	7.77	3.93
L26F06	16.70	12.35	4.21
L26F07	15.85	10.41	4.28
L27F24	11.67	9.38	6.29
L27F26	8.72	8.72	7.81
PROMEDIO	16.62	10.34	5.24

En las imágenes del año 1989, se observa que en la fotografía 7 de la línea 4 el sigma no disminuye, se conserva, esto debido a que no se elimina ninguno de los puntos registrados en las fotografías. Al eliminar alguno de estos se descompensa considerablemente la georreferencia y por lo tanto aumenta el sigma de estas (Tabla 3.2).

Tabla 4.2 Resultados de los valores del error medio cuadrático (en pixeles) para las fotografías del año 1989 en los procesos de: Georreferencia, Selección de puntos y asignación de corrección para la fotografía.

IMAGENES DEL AÑO 1989			
SIGMA REGISTRADO EN TRES MOMENTOS DEL PROCESO			
IMAGEN	PRIMERA GEORREFERENCIA	SELECCIÓN Y DENSIFICACIÓN DE PUNTOS	TRANSFORMACION PROYECTIVA
L04F04	7.87	7.87	3.79
L04F05	16.45	6.70	3.16
L04F07	18.66	18.66	8.70
L04F09	23.81	18.89	9.87
L04F10	12.81	10.85	2.67
L05F03	17.56	8.80	3.89
L05F04	13.13	12.21	3.32
L05F05	12.53	12.53	4.79
L05F07	15.66	15.66	4.73
PROMEDIO	15.39	12.46	4.99

En el caso del año de 1997, las imágenes disminuyen considerablemente en el valor de sigma promedio, ya que, en los tres casos donde el valor se registró de manera mas extrema, por ejemplo: los valores llegaron a ser de 15.57 pixeles para la fotografía L08F19 viéndose reducidos hasta 4.89 pixeles (ver Tabla 4.3), dando con esto un comportamiento mas homogéneo a los valores del sigma, el cual promedia para este año como 4.03 pixeles, mientras que para los otros dos años es de 10.34 y 12.46 (1970 y 1989 respectivamente).

Por otra parte el sigma resultante no es significativo, ya que a un tamaño de pixel de 1.5 m (aproximadamente) un error de 10 representa en la escala de 1:20000 tres terceras partes de un milímetro (0.75 mm), esto quiere decir en términos métricos que, en el terreno representa una distancia de 15 m. Este valor sobrepasa ligeramente el error tolerable y percibido por el ojo humano (0.25 mm).

Considerando el tamaño de pixel en los tres períodos, se aceptaron los sigmas resultantes en cada imagen, es decir para las imágenes de los años 1970 y 1989, el tamaño del pixel es de 1.5 m, por lo que se consideró que el sigma apropiado no debería pasar el valor de 10 (15 metros en el terreno).

Tabla 4.3 Resultados de los valores del error medio cuadrático (en pixeles) para las fotografías del año 1997 en los procesos de: Georreferencia, Selección de puntos y asignación de corrección para la fotografía.

IMAGENES DEL AÑO 1997			
<i>SIGMA REGISTRADO EN TRES MOMENTOS DEL PROCESO</i>			
IMAGEN	PRIMERA GEORREFERENCIA	SELECCIÓN Y DENSIFICACIÓN DE PUNTOS	TRANSFORMACION PROYECTIVA
L07F26	2.69	2.96	2.96
L07F28	2.50	2.50	2.50
L08F14	5.27	5.27	2.31
L08F15	8.80	4.35	3.02
L08F16	14.08	4.67	2.38
L08F19	15.57	4.89	2.70
L08F20	5.21	4.83	2.14
L08F22	6.87	4.30	4.45
L09F28	12.23	5.28	2.94
L09F30	3.23	3.23	3.35
L09F31	5.04	3.80	2.10
L09F33	9.55	4.76	2.03
L09F34	8.42	2.47	2.22
L09F36	7.89	3.28	3.41
L09F38	3.84	3.84	3.63
PROMEDIO	7.41	4.03	2.82

En las imágenes del año de 1997 el tamaño del pixel es de 3 m aproximadamente, esto significa que se reduce el valor del sigma, es decir, para poder considerar el sigma aceptado este no debería de ser mayor a 5, a diferencia de las anteriores, ya que para estas imágenes 5 es equivalente en el terreno a los mismos 15 metros.

Para ambos casos los resultados excedieron en algunas imágenes los parámetros de error esperados, pues en los dos primeros períodos se encontraron 10 casos que excedieron el sigma tolerable de los cuales cuatro se registran para el año de 1970 y seis para el de 1989, pero que no pudieron ser reducidos en mayor medida. Las causas principales de esto se mencionan a continuación:

- a) Los puntos que registraban el mayor error se localizaban en las esquinas, o en zonas urbanas dentro de la fotografía, por lo tanto, al eliminarlos el sigma aumentaría quedando estas áreas con insuficientes P.C. lo que afecta de manera considerable para poder llevar a cabo la georreferencia y corrección geométrica de estas.
- b) El error medio cuadrático no era determinado por un sólo punto sino que este se veía intrínsecamente distribuido con dos o más de estos, es decir, al eliminar temporalmente uno de estos se incrementaba más el sigma (y en ocasiones este incremento era considerablemente alto).
- c) La distribución de los puntos se veía afectada por la eliminación de uno o más de ellos. Lo que limitaba en primer lugar emplear el método de corrección proyectiva, y por otro lado también se veía afectada la corrección debido a la escasez de Puntos de Control.

Para el año de 1997 sólo una de las 15 fotografías registró un sigma mayor al estimado, esta fue la fotografía 28 de la línea 08, con un valor de 5.28 pixeles; considerando que el valor del sigma máximo a registrar sería de 5, este excedente (.28) no es significativo. Posteriormente se aplicaría el método de corrección a las imágenes con lo que se ve reducido en una proporción todavía mayor con respecto al sigma de la georreferencia preliminar.

Los valores del sigma se ven reducidos considerablemente al momento de especificar el tipo de Corrección a realizar para cada una de las imágenes. En este caso se empleó el tipo de Corrección Proyectiva, lo que ajustó nuevamente los Puntos de Control, así como los valores de los pixeles en función de las coordenadas asignadas, promediando un resultado satisfactorio para cada fotografía.

El valor del sigma en promedio por período se registraba de la siguiente manera: para el año de 1970 en la primer Georreferencia es de 16.62, con la densificación y

selección de puntos es de 10.34, y finalmente al aplicar el tipo de corrección, se redujo a 5.24; en el mismo orden para el año de 1989, se registraron 15.39, 12.46 y 4.99. Para el año de 1997, se registraron 7.41 para la primera referencia, 4.03 en la segunda y 2.82 en la última. Lo que indica en términos generales un sigma aceptable.

En promedio de los tres años y de los tres momentos de registro del error medio cuadrático se obtuvo un sigma general promedio de 4.35, lo que significa en términos cartográficos que el Fotomapa final presenta a escala 1:20000, alrededor de una tercera parte de un milímetro, lo que es equivalente a 6.50 m en el terreno (Tabla 4.4).

Tabla 4.4 Error medio cuadrático en pixeles registrado promedio en los procesos de: Georreferencia, Selección de puntos y asignación de corrección para la fotografía para los tres periodos de estudio 1970, 1989 y 1997.

PROMEDIO GENERAL			
<i>SIGMA PROMEDIO GENERAL EN LOS TRES PERIODOS</i>			
PERIODO	PRIMERA GEORREFERENCIA	SELECCIÓN Y DENSIFICACIÓN DE PUNTOS	TRANSFORMACION PROYECTIVA
1970	16.62	10.34	5.24
1989	15.39	12.46	4.99
1997	7.41	4.03	2.82
PROMEDIO	13.14	8.94	4.35

Hasta el momento se ha hablado de las características del sigma en todas y cada una de las fotografías así como su comportamiento durante todo el proceso para obtener su corrección. A continuación se detalla en los resultados obtenidos en cuanto a los tiempos de elaboración de cada fotomapa.

La georreferencia de las fotografías es un procedimiento que lleva un tiempo relativo de ejecución, esto quiere decir que, el tiempo en que el operador puede georreferenciar una imagen está en función de la experiencia que tenga para hacerlo.

Una vez que se tienen los puntos de control perfectamente identificados tanto en el mapa como en la imagen, la georreferencia de las imágenes es rápida, aproximadamente de 30 minutos por imagen; cabe destacar que en las imágenes del año 1997 la

georreferencia se llevó tan solo para las imágenes de una sola banda (en este caso la banda azul), y para georreferir las otras dos bandas simplemente se hizo lectura del mismo archivo de puntos, para la imagen correspondiente en cada banda.

Obteniendo con esto un archivo de puntos (*.CTP) para todas y cada una de las imágenes empleadas, dando así un total de 45 archivos para el año 1970, 10 para el año de 1970, 9 para el año de 1989 y 15 para el año de 1997. Como ya se mencionó para las imágenes de 1997 se hizo lectura de un solo archivo para las tres bandas por lo que se muestran sólo 15 de los 45 archivos creados, los treinta archivos restantes son idénticos a los primeros 15 (banda azul), pero se les cambió el nombre sólo para identificarlos posteriormente en el proceso de corrección geométrica. El contenido de los archivos de los puntos de control (*.CTP) se encuentra impreso al final de este trabajo en el Anexo D.

Posteriormente la selección de aquellos puntos que presenten un promedio que se acerque al considerado como aceptable, también implica un tiempo diferente para cada una de las fotografías, ya que las condiciones (localización en la imagen, su afectación al sigma en relación a otros puntos, la importancia de cobertura de éste) en que se encuentran los puntos ya identificados en la imagen determinan el criterio a utilizar para su eliminación o permanencia dentro del archivo de georreferencia de la imagen. Tal como se explicó anteriormente en los resultados donde los valores del sigma permanecieron igual, tanto en la georreferencia preliminar como después de la selección de los puntos.

Por otra parte se elaboraron archivos en formato ASCII, los cuales son ejecutados en el SIG "ILWIS" v. 1.41, como se explicó en el capítulo anterior son archivos separados por lotes o mejor conocidos como *Batch Files*, con extensión *.BAT, en estos un comando puede ser el nombre de un programa seguido de otros argumentos o también de comandos internos del sistema operativo (ITC, 1993).

Con el empleo de estos archivos se pudieron obtener los tiempos en el proceso de corrección de cada una de las imágenes, es decir se crearon estos archivos en base al comando y argumentos necesarios para la óptima ejecución de cada corrección.

Estas correcciones se realizaron por año, los tiempos obtenidos se observan en la Tabla 4.5. Las imágenes de los años 1970 y 1989 requieren de un tiempo de 30 minutos para su ejecución, considerando para esto la velocidad de procesamiento del equipo empleado, ya que esta es una Computadora Personal con procesador 486 a 66 Mhz de velocidad. En las fotografías del año 1997 el tiempo de corrección es considerablemente menor, las causas son las siguientes: debido a su resolución espacial del pixel, el área de cobertura de estas así como su tamaño y el formato digital.

Cabe mencionar que las fotografías del año 1997 fueron separadas en tres bandas (roja, verde y azul), por lo que el tiempo en algunos procesos es realmente más corto.

Tabla 4.5 Tiempos registrados promedio para los tres periodos 1970, 1989 y 1997 en los procesos de: Georeferencia, Corrección Geométrica y pegado por fotografía y por período.

CUADRO DE TIEMPOS REGISTRADOS EN LA REALIZACIÓN DE LOS FOTOMAPAS				
<i>Tiempo promedio en minutos por Fotografía.</i>				
PERIODO				
PROCESO	1970	1989	1997	
GEOREFERENCIA	30	30	30 min.	
CORRECCION	30	30	5 min.	
PEGADO	20	20	10 min.	

TIEMPO TOTAL				ADICIONAL
PROCESO	1970	1989	1997	hrs
GEOREFERENCIA	5.0	4.5	7.5	0.16
CORRECCION	5.0	4.5	1.3	2.60
PEGADO	3.3	3.0	2.5	5.00
TOTAL (Hrs.)	13.3	12.0	11.3	7.8

El tiempo registrado en el período de 1997 representa el tiempo total empleado en la corrección y pegado sólo para un mosaico (banda azul).

El tamaño para las fotografías pancromáticas digitalizadas (B&N) es de 11 MB y de 1.5 MB para las digitales (considerando que estas han sido separadas en tres bandas, el tamaño original es de 4.5 MB por imagen aproximadamente). Por esta razón su tiempo de corrección es reducido a 5 minutos. La corrección por banda de las imágenes digitales significó tres veces el mismo proceso para cada imagen, dando como resultado un total de 15 minutos por cada una.

Aún así, el tiempo general de corrección es menor que en las fotografías pancromáticas (B&N) las cuales registraron 5 horas en el proceso de corrección para el año de 1970 y 4.5 horas para el año de 1989. Los 30 minutos de diferencia se deben al número de fotografías empleadas, mismas que se especifican en la Tabla 2.1 (Ver Capítulo II).

El proceso final fue el del pegado de las imágenes, proceso en el que el tiempo que se registra por foto es real, es decir, que no se tiene exactamente el registro del pegado de una imagen con otra y las imágenes pegadas sucesivamente después. Una imagen es unida a otra en un período de 20 minutos, pero al continuar, el sistema tiene que calcular las líneas y columnas que tendrá el mapa de salida. Por lo que el tiempo de pegado de otra imagen va aumentando sucesivamente conforme aumenta el número de imágenes, así que el tiempo más representativo de la elaboración del mosaico es el registrado desde el inicio hasta el final de este.

Para las imágenes a B&N el tiempo fue de 3 horas con 20 minutos aproximadamente (3.3 hrs para 1970 y 3.0 hrs. para 1989), en cuanto a los mosaicos de las imágenes digitales el tiempo fue de 2.5 hrs. por mosaico (2 horas con 30 minutos aproximadamente).

En resumen los tiempos totales para generar cada mosaico son los siguientes: 13 horas con 20 minutos para el año de 1970, 12 horas para 1989 y 11 horas con 20 minutos para el año de 1997. El registro en la Tabla (4.5) del total de horas para este último año, representa únicamente el de un mosaico, es decir que para obtener el tiempo total se tendrá que realizar la suma del proceso de pegado de las fotografías dos veces más, ya que

los dos procesos anteriores fueron realizados a partir de los mismos archivos de puntos de las imágenes de la banda azul.

Por lo tanto el tiempo adicional empleado para la georreferencia de cada imagen de los mosaicos de las bandas roja y verde es de 5 minutos para cada una, ya que fueron realizados por medio de "Batch Files". Por otro lado, tanto la corrección como el pegado de las imágenes para cada banda registran el mismo tiempo, de tal manera que la suma de estos es de 2.6 y 5.0 horas respectivamente. De esta manera al sumar los tiempos para el mosaico de las imágenes digitales del año de 1997 se tiene un total de 19 horas.

4.2. Comprobación de la Exactitud de los mosaicos obtenidos.

La digitalización de los segmentos de la cartografía de comparación servirá para la realización de los modelos de isolíneas aunque cabe destacar algunas características observadas durante éste proceso de digitalización.

Se observó que se genera un error de desplazamiento al unir un conjunto de segmentos con otro, es decir, estos conjuntos de segmentos se localizan en los extremos donde se une la información de las cartas, lo anterior en combinación con el tamaño de la tableta, ocasionó que al momento en que se unían los segmentos de una carta con otra, no existía una coincidencia de éstos, registrándose así un ligero desplazamiento aproximadamente de 1 a 2 m. mismo que se determinó como "no significativo" para los fines de la digitalización.

Otra fuente de error fue el tamaño de la tableta digitalizadora, ya que al ser de 12 por 18 pulgadas la cartografía de comparación excedía su tamaño, provocando con esto que el registro de los segmentos se elaborara en partes, lo que trajo como consecuencia el error mencionado en el párrafo anterior, este error se acumuló a lo largo del proceso de digitalización pero no afectó de forma considerable los resultados en el registro de los valores de las coordenadas.

Por otro lado, se observó que los cambios tanto en la infraestructura urbana como de comunicaciones de un período a otro, dificultaron en ocasiones el registro de los pares de puntos, debido a que los rasgos físicos cambian de un período a otro provocando con esto un desplazamiento mayor así como la alteración de la dirección del desplazamiento.

Por lo anterior todos y cada uno de los registros obtenidos en este trabajo, tanto el desplazamiento como la deformación de una fotografía indican que la diversidad de representación del comportamiento, la magnitud y la dirección del desplazamiento no serán nunca iguales o similares, aún si se tomaran las mismas fotografías pero con diferentes pares de puntos. De esta manera se entiende que los valores de las coordenadas obtenidos sólo representan en una forma generalizada el comportamiento del desplazamiento en las fotografías.

En los modelos de isolíneas elaborados a partir del método de interpolación de Mínima Curvatura, elaborados en el paquete Surfer (Golden Software, 1995) se muestra la deformación de la fotografía después de la corrección geométrica (Ver Fig. 4.2).

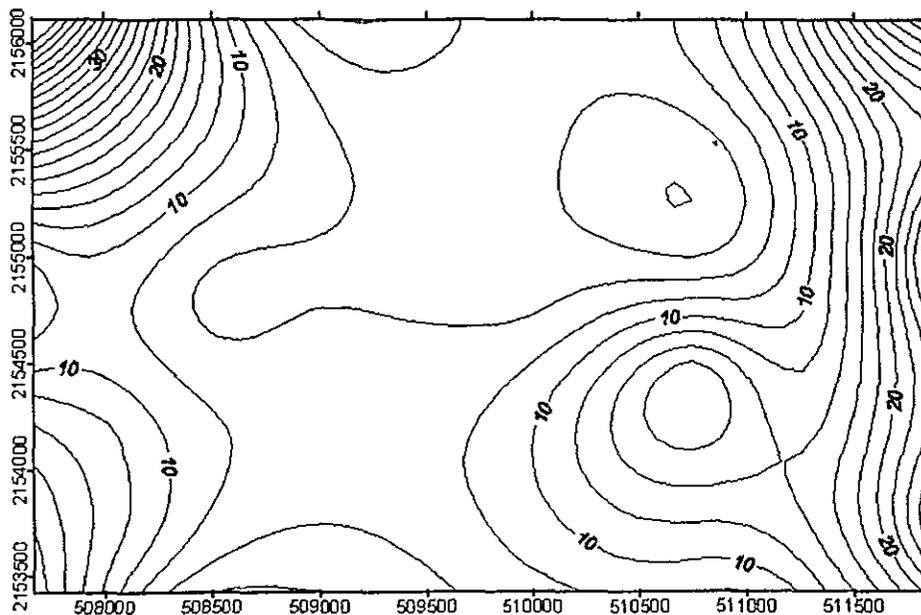


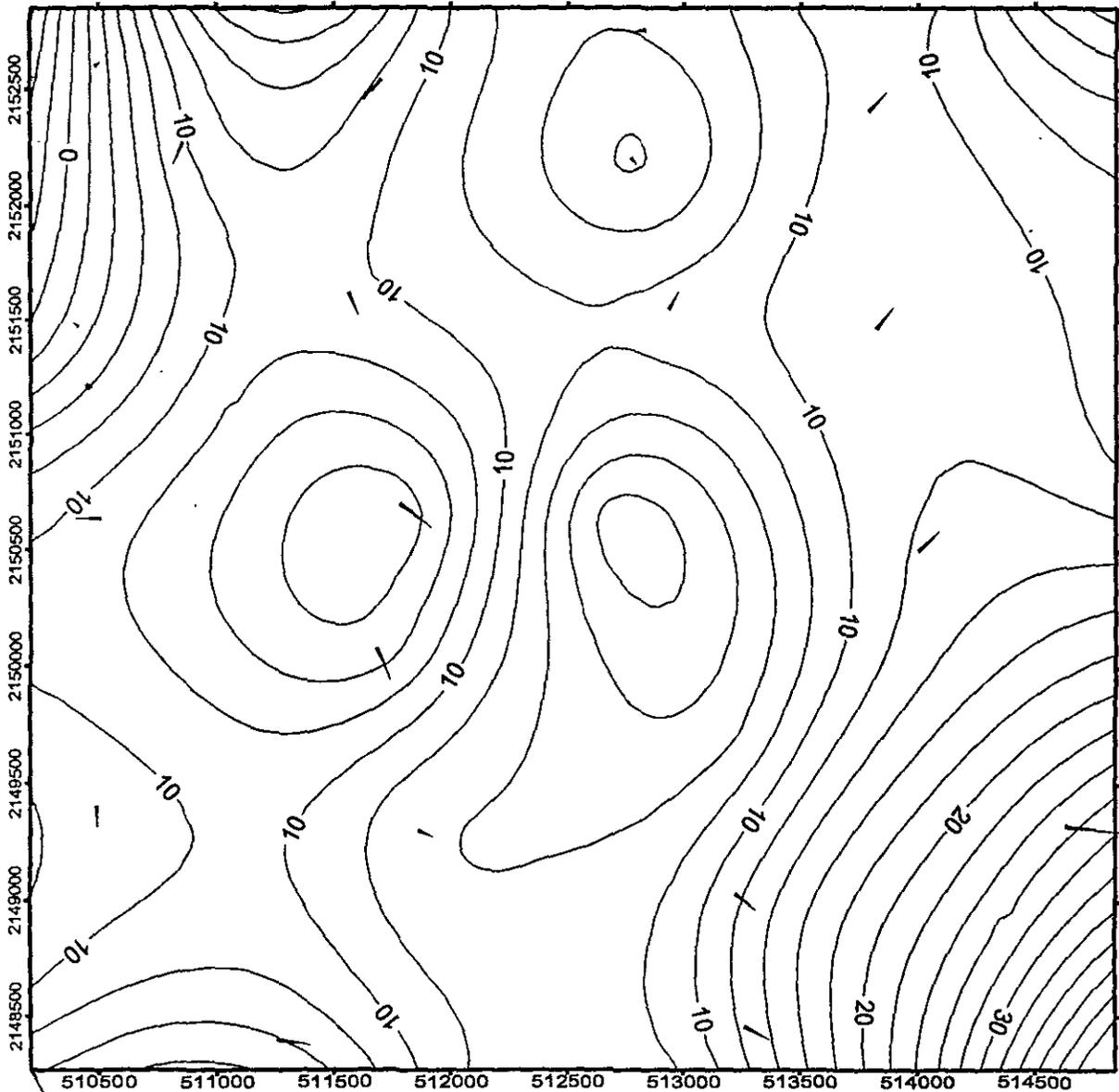
Figura 4.2 Modelo de Isolíneas creado en el paquete Surfer por interpolación de Mínima Curvatura. Destaca la mayor deformación de la fotografía en al parte E y NW de la misma. Las isolíneas están acotadas en metros.

En todas las fotografías se observa un mayor desplazamiento en las cuatro esquinas o en ocasiones sólo en algunas, esto debido a que las fotografías son una proyección central de la superficie terrestre en un plano, lo que provoca una deformación de tipo radial de los objetos plasmados en la película fotográfica, esto quiere decir, que mientras mas lejos del centro de una fotografía se encuentren los objetos mayor será el desplazamiento que se observe en éstos. En general los modelos de deformación presentan una homogeneidad en la parte central para todos los modelos, donde los valores de desplazamiento registrados no rebasan los 10 m, a excepción del modelo F2528 del año de 1970.

Se observan también valores cercanos al cero (0), en al mayoría de los modelos, estos no precisamente se localizan al centro de la fotografía por ejemplo en el modelo de la fotografía 5 de la línea 5 del año de 1989 (F0505) se localiza en la parte inferior derecha (0.68 m), y en el modelo de la fotografía 9 de la línea 4 (F0409) del mismo año en la parte superior derecha (1.18 m). El modelo que registra el desplazamiento en la forma más cercana a la deformación ideal de acuerdo con lo explicado anteriormente es el modelo de la fotografía 26 de la línea 27 (F2726) del año de 1970, en donde el menor valor registrado es de 1.55 m localizado ligeramente hacia el NE del centro del modelo.

Los mayores desplazamientos se observaron en los modelos de las fotografías 26 del año 1970 línea 27, 5 de la línea 4 del año 1989, y la fotografía 33 de la línea 9 del año 1997, registrando valores de 29.89, 33.71 y 25.13 m respectivamente, mismos que se ubican en los extremos inferior derecho en el primer y segundo modelos mencionados, y en la esquina superior derecha del último modelo ver Figuras 4.3, 4.4 y 4.5. Estos modelos representan en forma gráfica la magnitud y distribución del desplazamiento de las imágenes con respecto a los segmentos digitalizados de la cartografía de comparación escala 1:10,000. Esta magnitud de la deformación es representada por vectores que por su tamaño real no son percibidos a simple vista, por lo que fueron exagerados diez veces su tamaño real.

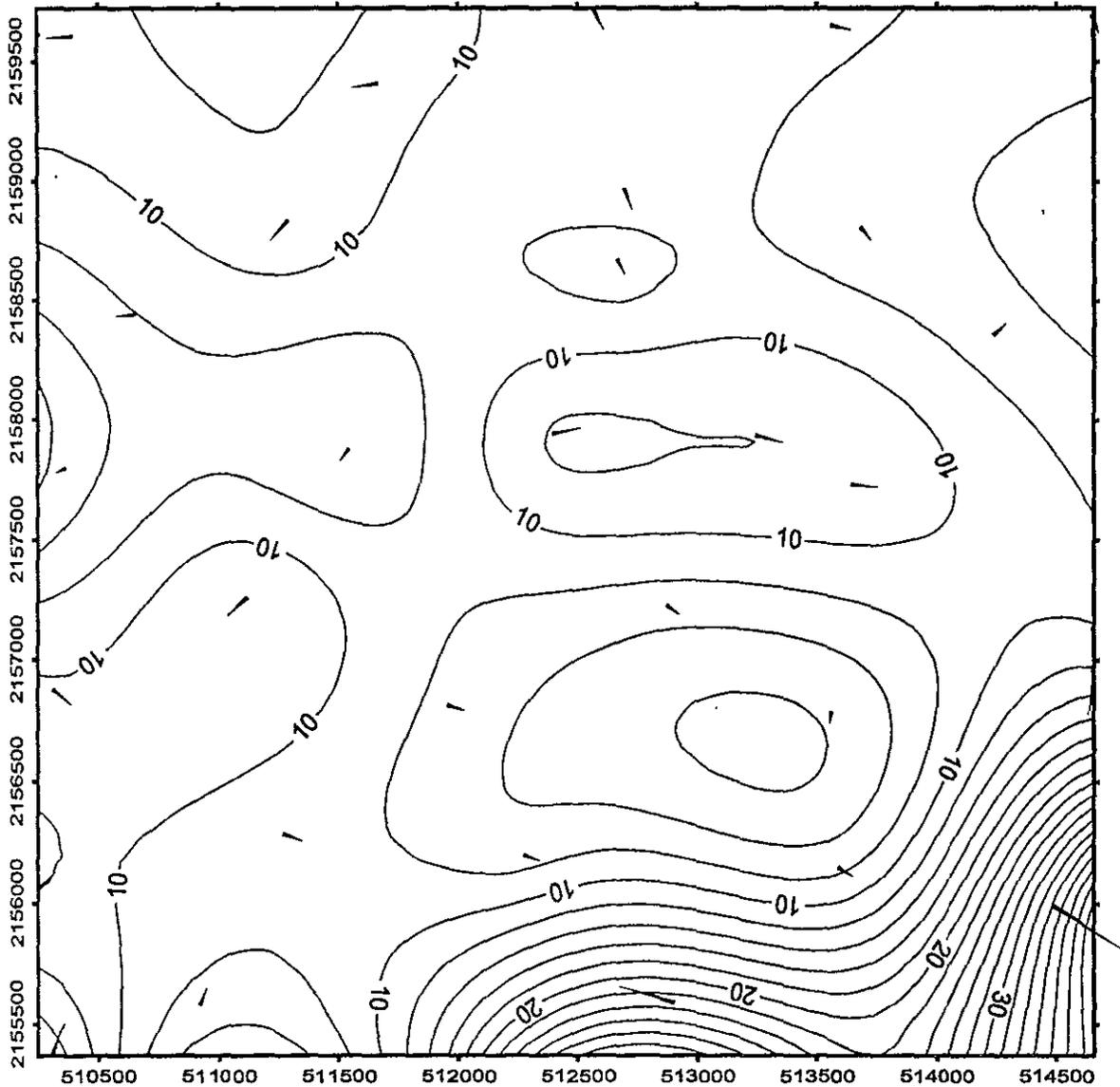
MODELO DE DEFORMACIÓN DE LA FOTOGRAFÍA 26
DE LA LÍNEA 27 DEL AÑO DE 1970.



<p>Método de Interpolación: "Mínima Curvatura" Equidistancia entre Isolíneas: 2 m de desplazamiento. Acotaciones en sentido del valor de las isolíneas No. de vectores registrados: 30 Distancia Promedio: 9.94 m. Desviación Estandar: 5.23 m.</p>	<p>Origen en Segmento Destino en Imagen</p> <p>Desplazamiento en metros</p>	<p>ESC. 1 : 30 000</p>
<p>NOTA: Vectores exagerados 10 veces su tamaño real</p>	<p>Por: David Romero Hernández.</p>	

Figura 4.4 Modelo de deformación de la fotografía 26 de la línea 27 del año 1970.
Se observan las máximas deformaciones en las cuatro esquinas del modelo con menor magnitud en las esquinas inferior izquierda y superior derecha.

MODELO DE DEFORMACIÓN DE LA FOTOTOGRAFÍA 05
DE LA LINEA 04 DEL AÑO DE 1989.



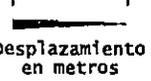
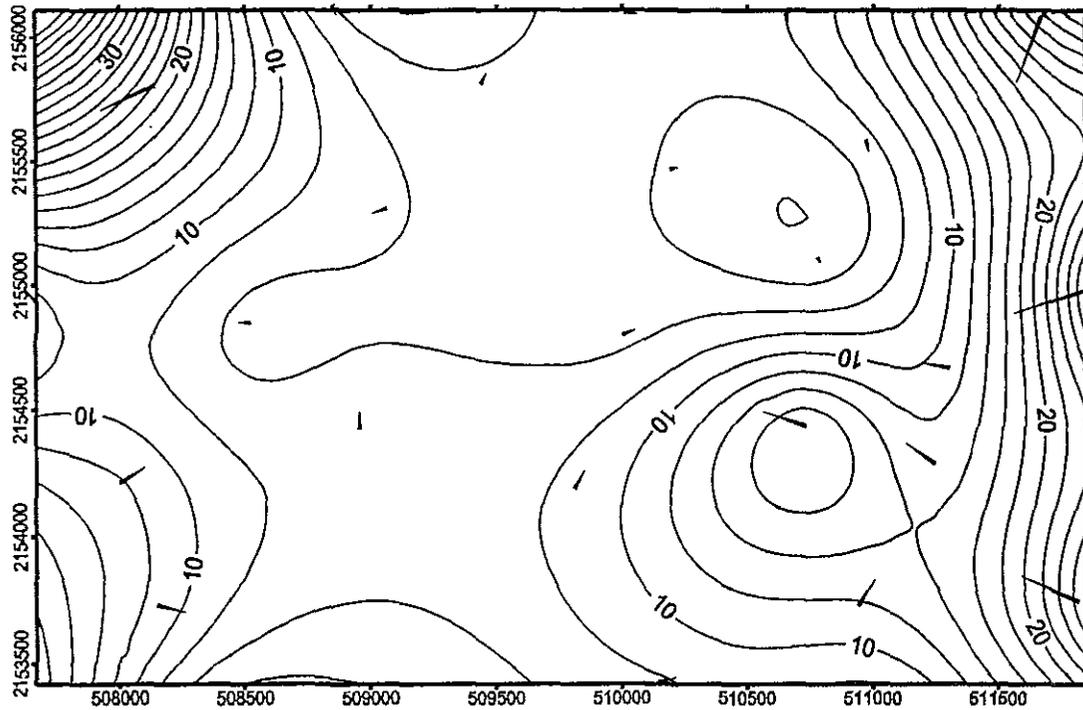
<p>Método de Interpolación: "Mínima Curvatura" Equidistancia entre Isolíneas: 2 m de desplazamiento. Acotaciones en sentido del valor de las isolinéas No. de Vectores registrados: 30 Distancia Promedio: 10.32 m. Desviación Estandar: 5.86 m.</p>	<p>Origen en Segmento Destino en Imagen</p>  <p>Desplazamiento en metros</p>	 <p>ESC. 1: 30 000</p>
<p>NOTA: Vectores exagerados 10 veces su tamaño Real</p>		<p>Por: David Romero Hernández.</p>

Figura 4.5 Modelo de deformación de la fotografía 05 de la línea 04 del año 1989
Se observa la máxima deformación en la esquina inferior derecha

MODELO DE DEFORMACIÓN DE LA FOTOTOGRAFÍA 33
DE LA LINEA 09 DEL AÑO DE 1997.



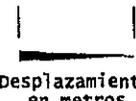
<p>Método de Interpolación: "Mínima Curvatura" Equidistancia entre Isolíneas: 2 m de desplazamiento. Acotaciones en sentido del valor de las isolíneas No. de Vectores registrados: 30</p>	<p>Origen en Segmento Destino en Imagen</p>  <p>Desplazamiento en metros</p>	 <p>ESC. 1 : 30 000</p>
<p>NOTA: vectores exagerados 10 veces su tamaño Real</p>	<p>Por: David Romero Hernández.</p>	

Figura 4.6 Modelo de deformación de la fotografía 33 de la línea 09 del año 1997
Se observan las máximas deformaciones en las cuatro esquinas del modelo
con menor magnitud en la esquina inferior izquierda.

Se obtuvo el promedio de la distancia entre el segmento de la cartografía de referencia y la imagen, esta distancia representa la magnitud de la deformación. Para los modelos mencionados en el párrafo anterior los promedios son los siguientes: 9.94 para el modelo "F2726", 10.32 en el modelo "F0405", y por último en el modelo F0933 el promedio fue de 11.38. La representación de la deformación (isolíneas) y su valor (vectores), tienen gran aplicación para estimar la deformación que presentan los mosaicos según la localización de estas fotografías presentadas y de las seis restantes (Ver Anexo C).

En cuatro de los nueve modelos se registran isolíneas de desplazamiento mayores incluso a los 40 m, esto es provocado por la extrapolación. El paquete Surfer, requiere de los valores máximos y mínimos del total de los puntos registrados para generar a partir de ellos un sistema de coordenadas en donde se localizarán todos y cada uno de los puntos.

En el modelo F0820 se observa una isolínea con valor de 38 m justo en la esquina inferior derecha, valor que representaría en los fotomapas 2 mm, este desplazamiento realmente no existe debido a que en la esquina superior derecha se observa un vector el cual registra en este caso la coordenada "X" extrema, por lo que el paquete interpolará hasta llegar al valor de las coordenadas extremas.

Debe entenderse que el desplazamiento existente en esta parte de la fotografía sí existe, aunque no se conoce realmente su magnitud y dirección, este problema disminuiría con un registro mucho más densificado de pares de puntos lo que a su vez daría una idea más real de la deformación de la imagen.

4.3 Análisis de las Ventajas y Desventajas de la tecnología empleada y el método Fotogramétrico tradicional (óptico mecánico)

Para la evaluación entre las ventajas y desventajas de la tecnología empleada fue necesario analizar los costos de los materiales empleados y adquiridos¹, estos son:

- Materiales (Fotografías de contacto y digitales).
- Costos (adquisición, cámaras, vuelos, operadores, procesado, periféricos, equipos, paquetes de computación (*software*)).
- Método a) Sistemas de fotogrametría digital, y b) Sistema fotogramétrico convencional.

Peralta (com. personal, junio 1998), comenta que en conjunto las cámaras para la adquisición de fotografías digitales, así como de dos videocasetes y un G.P.S. tienen un costo aproximado de \$20,000 dls. El G.P.S. es empleado para el conocimiento de la posición y orientación de cada fotografía adquirida.

El costo mencionado es el equivalente a un 10 - 15 % con respecto a las cámaras fotogramétricas, ya que el precio de estas es verdaderamente elevado, por ejemplo una cámara fotogramétrica como la Leica RC30 que tiene una alta productividad con un sistema perfectamente integrado, el cual consiste en una base giro-estabilizadora y un sistema de apoyo vía G.P.S., éstas cámaras llegan a tener un costo de hasta 500 mil dólares (Información proporcionada por Leica, - julio de 1998 -).

Una vez que se tiene el equipo se procede a la toma de las fotografías para lo cual intervienen tanto los gastos en la renta de vehículo aéreo, como del personal necesario para llevar a cabo la cobertura del área de interés. Este vuelo se planea previamente para conocer las características físicas del terreno, para especificar el sentido del vuelo para

¹ La mayor parte de la información referente a los costos fueron proporcionados por el Ing. Armando Peralta, por lo que sólo se citarán aquellos párrafos en los cuales la información mencionada provenga de otra fuente.

cubrir más eficientemente el área en cuestión, así como también para estimar el número de fotografías y de líneas con las cuales quedará cubierta esta misma.

Los precios del vuelo varían, dependiendo de la forma de cobertura de este, es decir, existen dos clasificaciones de éstos, la primera se refiere al cobro por hora y la segunda al cobro por cubrimiento.

La primera es la más empleada pero se recomienda una buena planeación de vuelo ya que si, se requieren más horas de vuelo, para cubrir un área faltante implica más gastos y por lo tanto pérdidas para quien contrata. La segunda forma de cobro conviene cuando la zona a cubrir es de poca o difícil accesibilidad para lo cual se necesitará de más horas de vuelo.

Para ambos casos, tanto un vuelo para la obtención de fotografías digitales como de fotografías de contacto, los costos se clasifican de la siguiente manera:

- Mayor a 3 000 m de altura = \$5,200 dls.
- Menor a 3 000 m de altura = \$2,500 dls.

Así también implica costos extras como los sueldos y el material que se requiera, los cuales para los pilotos son del orden de \$10,000 pesos (M/N), mientras que en cuanto a los materiales se contemplan como necesarios los siguientes: una unidad ZIP y discos suficientes \$1,000 pesos (M/N), para su posterior almacenamiento de las imágenes digitales obtenidas en el vuelo se requiere de discos compactos, estos últimos representan una ventaja por su capacidad de almacenamiento, lectura y transporte; y por último un factor importante, la amortización del equipo \$2,000 (M/N).

El monto total de lo anterior sólo varía por la altura de vuelo esta diferencia es de alrededor de \$2,700 (dls.), de lo anterior se estima en esta ocasión que para un vuelo mayor a 3,000 m el costo es de \$18,200 pesos (M/N) mientras que para el vuelo realizado a menor altura es de \$15,500 (M/N).

El rollo de película pancromática también representa un gasto importante ya que estos varían en cuanto a marca, longitud y tipo de película (B&N y color o infrarrojo), los precios se registran en un rango de \$12,000 pesos (M/N) dependiendo de la longitud de esta así como de la finalidad para la cual será empleada (infrarroja, a color o la convencional a B&N).

EL procesado de las imágenes digitales como de las de contacto, también implica un gasto, el cual varía dependiendo del equipo como del tipo de material para el procesamiento digital. Para dicho procesamiento se contempla el siguiente material:

- a) Una computadora personal de alrededor de los \$3,000 dls.
- b) Una tableta digitalizadora \$1,000 dls.
- c) Un Sistema de Información Geográfica (SIG), \$500 dls.
- d) Programas de Fotogrametría Digital \$1,200 dls.
- e) Para la producción comercial se estiman \$100,000 dls, (en este caso se puede contemplar el empleo de Estaciones de Trabajo [*Work Station*] y programas sofisticados para el proceso fotogramétrico de alta precisión.

Para el procesamiento de las fotografías de contacto, el costo aproximado es de 200 a 500 mil dólares en la compra de un Sistema de Restitución Fotogramétrica Optomecánico, y de 200 a 400 mil dólares en una estación fotogramétrica digital completa la cual incluye (barredor óptico, estación de trabajo, paquetería especializada, monitores especiales, etcétera).

Por ejemplo las estaciones de trabajo de la línea SD de Leica, que presentan características de alta precisión como aumentos de 3x - 18x, campo de visión de 60 mm a 3x de aumento y de 10 mm a 18x de aumento, marcas de medición iluminadas ajustables tanto en intensidad como en tamaño (de 18 hasta 180 micras), resolución mayor a 160 líneas por milímetro, entre otras; trabaja ya sea con diapositivas o negativos (en película o en cristal) así como también con impresiones en papel. Este equipo de restitución digital varía entre \$40,000 a \$250,000 mil dólares (Leica, 1998).

Una observación importante es que los costos están en función de quien contrate estos servicios, ya que si una empresa particular desea implementar todo este sistema se requiere de una gran inversión, mientras que si se elaboran por parte de instituciones públicas o académicas como en este caso el Instituto de Geografía de la UNAM y la Comisión Nacional del Agua los precios se ven reducidos considerablemente.

4.4 Elaboración de Fotomapa escala 1:20,000 de Cambios Urbanos y Tendencias de Crecimiento.

Se digitalizó la infraestructura urbana a partir de los tres fotomapas digitales creados (ver anexo cartográfico), con estos segmentos se representa el crecimiento de las áreas urbanas así como el cambio de uso del suelo de agrícola a urbano o bien de rural a urbano como en algunos casos se observa. En la localidad de Lomas de Cristo (ver Fig. 4.6) presenta una densificación sin exceder los límites que se registran en 1970, es decir para este año se observa un asentamiento disperso, y para el año de 1997 esta misma localidad se observa urbanizada en su totalidad. El mismo patrón de comportamiento se observa en la localidad de Boyeros, donde se observa también baja densidad de asentamientos y es en el año de 1997 que se observa un poblamiento total de la localidad.

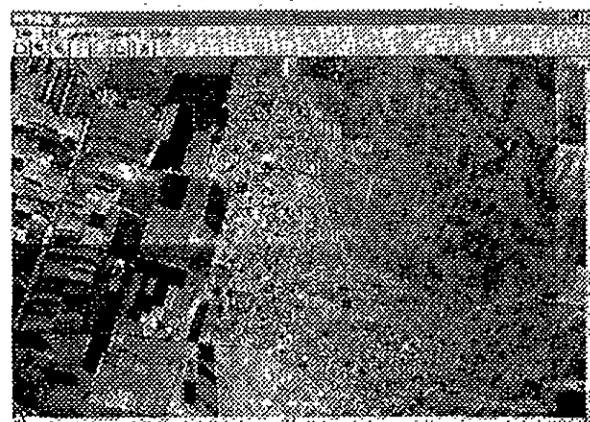
Las localidades que presentan un mayor crecimiento son: San Miguel Tocuila, Santa Cruz, San Felipe, Fracc. Lomas de Cristo y Fracc. Lomas de San Esteban.

En la primera de éstas localidades mencionadas se observan dos períodos de crecimiento el primero hace referencia al año de 1970 al norte de la localidad. Durante el proceso de digitalización de segmentos en pantalla se identificó para este período un área única (sin construcciones dispersas), razón por lo que al sur de esta localidad sólo se registra el período de 1989 ya que en ésta zona durante el período de 1970 se observan construcciones aisladas. Para el año de 1989 el crecimiento habitacional permitió digitalizar algunos conjuntos de casas, de los cuales se registró el área de crecimiento en este año (Clase 1989-1997). El área restante abarca toda la localidad de San Miguel Tocuila, donde se determinó trazar el polígono abarcando toda la entidad ya que lo disperso de construcciones no permitió la digitalización en pequeños conjuntos.

Fraccionamientos "Lomas de Cristo y Lomas de San Esteban"



Período
1970



Período
1989



Período
1997

Figura 4.6 Un caso particular del crecimiento urbano en las localidades "Lomas de Cristo" y "Lomas de San Esteban". Estos cambios son difíciles de cuantificar debido a la distribución de las construcciones (1970) y su crecimiento en forma gradual como se observa en los siguientes periodos (1989 y 1997).

Las localidades de Santa Cruz y San Felipe presentan un patrón diferente. Se digitalizaron los conjuntos habitacionales del año 1970 y posteriormente el área de crecimiento del año de 1989; para el año de 1997 no se registró que el crecimiento fuera mayor al registrado en 1989 pero sí la densificación de esta área, determinando con esto que se excluyó el polígono del período de 1997. Lo anterior se ve clasificado en el mapa de cambios urbanos como el período único 1989. Esta clasificación se repite en otras localidades, por lo que se hace referencia a esta con el nombre o clase ya mencionado. Es importante mencionar que estas tres localidades registran crecimiento urbano durante los tres períodos, lo cual habla de la dinámica de éstas.

Pueblo Coatlinchan es una localidad donde se observa un patrón uniforme, en este caso se le asignará este concepto a los casos donde no se observaron construcciones dispersas, lo cual permite observar de manera clara el crecimiento de la localidad en los tres períodos comparación. Al centro de esta se identifica claramente el área urbana del período 1970, hacia el poniente se observa el crecimiento para el año de 1989 y en una pequeña franja al norte de éste no olvidando hacia el sur un crecimiento mínimo en forma triangular.

Los fraccionamientos Lomas de Cristo y Lomas de San Estaban se han tomado como una sola entidad ya que presentan un mismo patrón, para el año de 1970 se observa un patrón disperso con pequeños conjuntos de casas, esta disgregación no permitió delimitar un perímetro para este año. En el año de 1989 el crecimiento se registra en mayores extensiones de áreas construidas con lo cual se delimitó el área de crecimiento urbano para este año. Este último registro incluye dos aspectos importantes el primero es la extensión de las construcciones y el segundo la densidad de estas, con esto se debe entender que en este caso al igual que en la localidad de San Miguel Tocuila la densificación urbana no es registrada como tal (porcentaje de cobertura o número de viviendas), pero si es posible observarlo en la Figura 3.5 (a la cual ya se hizo referencia anteriormente) y en los tres mosaicos elaborados.

Para el año de 1997 se puede delimitar un área bien consolidada, es decir, el límite urbano para este año sí indica la extensión urbana y su total cubrimiento por las construcciones.

En la Parte sur del área de estudio se localiza el "Pueblo Santiago Cuautlalpan", éste muestra un crecimiento pequeño hacia el norte y en la parte SE de la localidad para el año de 1989. Su mayor registro se observa para el año de 1997 delimitado de acuerdo a los criterios antes mencionados.

Las localidades de "El Herradero" y "Pueblo Montecillos" se observan dos períodos 1970 y 1997, esto debido a la falta de cobertura fotográfica para el año de 1989. Por lo tanto no se puede hablar en este caso de un seguimiento del crecimiento o los cambios urbanos que pudieron haberse registrado, aunque si se logró identificar dos pequeños polígonos para el año de 1989 en la localidad de "El Herradero".

El poblado de San Luis Huexotla presenta el mismo patrón de crecimiento y por lo tanto se seguirá el mismo criterio que en el caso de los Fraccionamientos de Lomas de Cristo y San Esteban. Para 1970 se observaron algunos conjuntos de casas y para los años de siguientes se delimitó el polígono hasta donde se observó el área construida aunque no así su densidad dentro del área delimitada.

Por último las localidades de "Pentecostés, Los Reyes San Salvador, Texopa, San Simón, Resurrección y Tulantongo" presentaron patrones de crecimiento uniforme excepción de Los Reyes San Salvador para el año de 1970, ya que presenta dos áreas urbanas en este año. Esta localidad crece para el año de 1989 en mayor proporción hacia el sur y la localidad de Texopa hacia el norte lo que indica una posible conurbación de éstas, así mismo la población de los Reyes San Salvador se expande hacia la localidad llamada Pentecostés conurbándose con esta, misma en la que se observa un crecimiento hacia su parte Norte y Poniente. El mayor crecimiento en esta localidad esta registrado para el año de 1997.

Por otra parte la localidad de Texopa también tiene un crecimiento importante para el año de 1989. Destaca un franja en sentido Norte - Sur hacia la localidad de San Simón, lo que indica una posible conurbación entre estas localidades. El crecimiento más significativo en ésta última localidad se observó en el año de 1989. Es importante mencionar que también en esta localidad se observan dos núcleos de infraestructura urbana en el año de 1970 mismos que se incrementan en al año de 1989 y para el año de 1997 el crecimiento en ambos núcleos llega a la integridad de ambos como una sola mancha urbana.

En la localidad de Tulantongo se observan diversos manchones representativos de los tres períodos como resultado del crecimiento disperso en esta localidad y en diversos momentos, es decir, que a nivel de construcción de nuevas casas-habitación, estas representaron un crecimiento o evolución divergente, por lo que se observa al centro de la localidad crecimiento respecto del año 1970 hasta el año 1997 sin que exista entre estos un período de evolución, que en este caso sería determinado por el año 1989.

Se obtuvieron diversos registros de la distribución del crecimiento de las áreas urbanas, es decir de todos y cada uno de los períodos en los que se registraron los cambios de tipo urbano. En otras palabras, se mencionaron dos períodos importantes 1970-1989 y 1989-1997 mismos que indican la objetividad temporal del presente trabajo, sin embargo se determinaron otros períodos.

El primero de ellos es el de 1970-1997, se definió este período en base a los registros observados durante la digitalización sobre los fotomapas digitales, este período indica que se ha registrado el cambio o crecimiento urbano en dos años solamente por falta de cobertura fotográfica.

El segundo período adicional es aquel de 1989-1997 sin existir anteriormente un indicio de construcción en el período de 1970 o posterior a este hasta antes del año 1989. Esto quiere decir que los dos períodos iniciales van teniendo una sucesión, según los fotomapas creados, desde 1970 hasta 1997 a diferencia de este período.

Un tercer período es 1989, éste período sólo registra crecimiento para este año y sin cambios para el año de 1997, por lo que se optó en clasificarlo así.

El Cuarto período es determinado como "Sin Cambios", debido a que durante los tres períodos analizados en este trabajo se observó que en estas localidades o ranchos se registró la misma extensión territorial.

4.5 Crecimiento Urbano.

El crecimiento urbano (Fig. 4.7) de la zona de estudio se obtuvo a partir del cruce de los mapas de polígonos de cada período. Estas clases se delimitaron de acuerdo a los resultados obtenidos por dicho cruce, son las siguientes:

- 1ª CLASE. Representa el registro urbano en el período de 1970. Este período es la base para determinar el porcentaje de crecimiento urbano con respecto a los siguientes períodos.
- 2ª CLASE. Representa el incremento en infraestructura urbana para el año de 1989 con respecto al período anterior (1970). En esta clase quedan incluidos dos registros observados durante la digitalización. El primero de ellos es el ya especificado en este rubro, el segundo de ellos representa los cambios en donde no existía registro para 1970, es decir, en donde para el año de 1989 ya se observaron y no así para el período anterior.
- 3ª CLASE. Representa la infraestructura urbana del año 1997, así mismo incluye como en la 2ª clase los registros observados sólo en este año sin haber precedente para estos.
- 4ª CLASE. Representa los cambios registrados entre los períodos 1989 y 1997.
- 5ª CLASE. Representa aquellas localidades en donde no se registro incremento en su infraestructura urbana durante los tres períodos analizados en este trabajo.

De acuerdo a la clasificación anterior se puede observar en la Tabla 3.6 que para el período de 1970 la cobertura de la infraestructura urbana es de 3'828,625 m²; partiendo de esta base se observa que para el período de 1989 se incrementa en un 57.46% la infraestructura urbana y para el período de 1997 el incremento es de 230.09%, lo que

indica la dinámica tan acelerada del crecimiento de la población en este municipio. Cabe recordar que el municipio de Texcoco en el Estado de México, pertenece a los municipios de la ZMCM o también conocidos como "Municipios Conurbados".

Tabla 3.6 Incremento (inc.) en porcentaje de las áreas urbanas registradas a partir de los cruces de los mapas de polígonos de cada período.

CLASE	SUP (m ²)	INC. EN %
1970	4809400	100
1989	2199950	45.74
1997	7828350	162.77
1989-1997	6634825	137.96
Sin Cambios	327600	6.81
TOTAL.	21800125	446.47

Este incremento tan marcado para el año de 1997 se interpreta como un indicador de la demanda de servicios y equipamiento urbano para las localidades analizadas. Según el Plan de Desarrollo Urbano del municipio de Texcoco (1970-1980), se estimaba que se conurbarán las localidades del norte del municipio, entre las que se encuentra la cabecera municipal, y las aledañas como San Andrés Riva Palacio, Santa Cruz y San Felipe entre las más importantes. Esta proyección se puede confirmar en el mapa final titulado "Dinámica y Tendencias de Crecimiento de las Áreas Urbanas del Municipio de Texcoco".

En este mapa se representa el comportamiento del crecimiento urbano durante los tres períodos y así mismo las tendencias de crecimiento de las localidades analizadas en el presente trabajo.

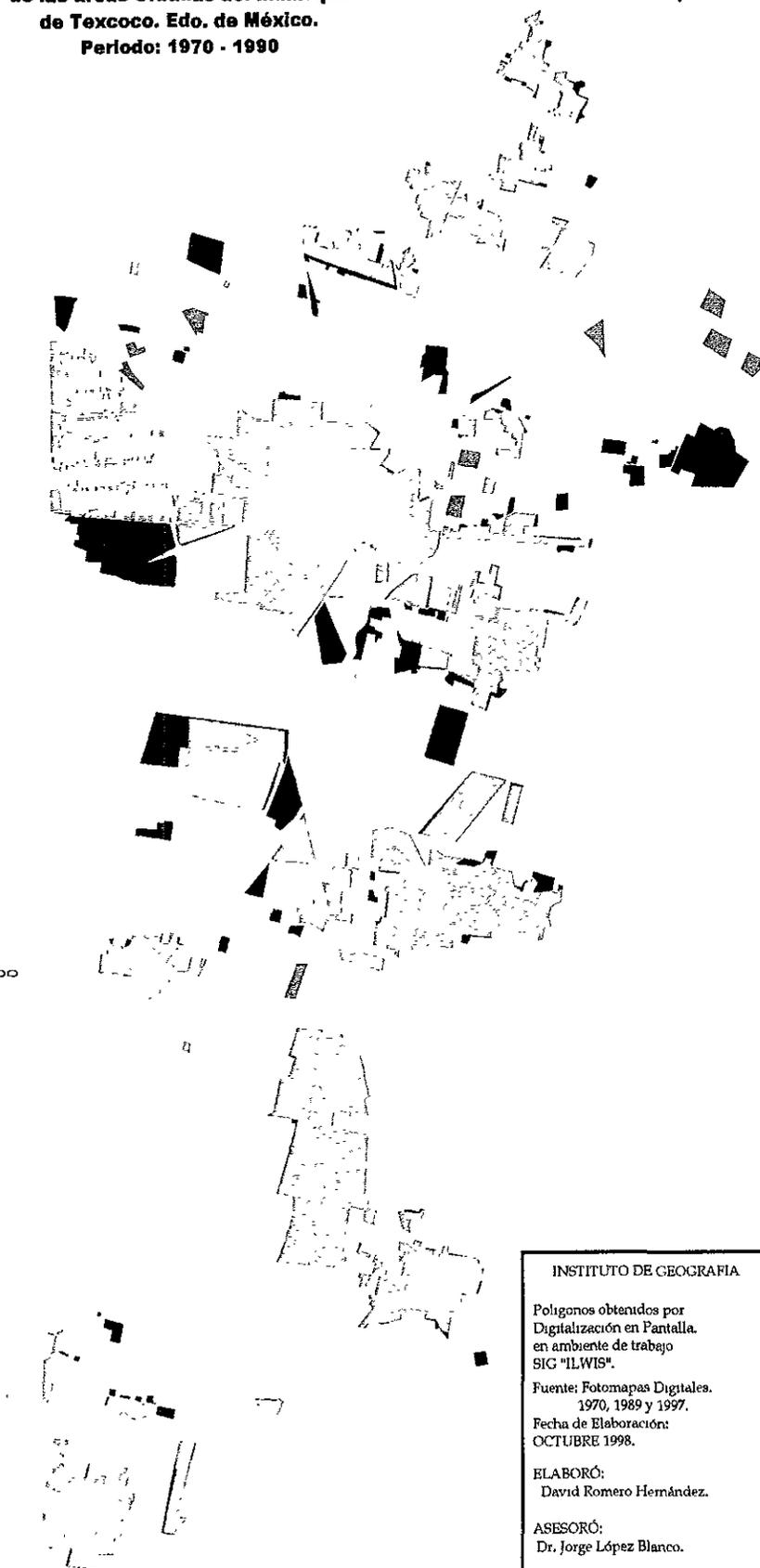
Este crecimiento registrado es sólo en aquellas localidades en donde se observaron, a partir de las fotografías pancromáticas y digitales, los cambios más significativos durante el período total de análisis (1970-1997). Por lo tanto no se puede hablar de un crecimiento en su totalidad de la infraestructura urbana de todo el municipio, puesto que las localidades localizadas al E de la zona de estudio se consideraron como rurales y sin cambios significativos durante el período de análisis.

Fig 4.7 **Dinámica y Tendencias de Crecimiento de las áreas Urbanas del municipio de Texcoco. Edo. de México.**
Periodo: 1970 - 1990

X = 516000
 Y = 2162000



LEYENDA	
Crecimiento Urbano	
Periodo	%
1970	100
1989	137.96
1997	162.77
■ 89-97	45.74
▨ Sin Cambios	6.81



INSTITUTO DE GEOGRAFIA

Polígonos obtenidos por Digitalización en Pantalla. en ambiente de trabajo SIG "ILWIS".

Fuente: Fotomapas Digitales. 1970, 1989 y 1997.

Fecha de Elaboración: OCTUBRE 1998.

ELABORÓ:
 David Romero Hernández.

ASESORÓ:
 Dr. Jorge López Blanco.

X = 508000 +
 Y = 2148000 +

CONCLUSIONES

El empleo del Sistema de Información Geográfica ILWIS para la elaboración de los fotomapas es de gran utilidad para el desarrollo de metodologías alternativas que propongan la pronta actualización cartográfica, ya que dentro del SIG se tiene la posibilidad de: Georreferenciar, Corregir y Pegar las imágenes o fotografías digitalizadas. Otro punto a favor del SIG es la facilidad del manejo de todos sus comandos ya sea por medio del menú de inicio y la aplicación de cada instrucción a través de su estructura modular, o bien, escribiendo el comando directamente desde la línea de comandos del sistema operativo, ya que tiene la opción de trabajar desde éste.

Por otro lado la metodología aquí elaborada está basada en gran parte en los procesos y aplicaciones del SIG ILWIS, ya que cubre en gran medida los requerimientos tecnológicos (programación), para el desarrollo de la misma, esto se confirma en cada uno de los tres procesos realizados, en la georreferencia durante el cálculo del error medio cuadrático, y la versatilidad para visualizar en dos pantallas tanto la imagen, la posición del punto identificado y el listado de coordenadas capturadas, y su correspondiente localización en las líneas y columnas de la imagen.

En el proceso de corrección geométrica el sistema está programado para fraccionar la imagen (patch) y así corregir de una manera mas rápida y práctica la imagen; obviamente todo está en función de la localización e identificación de los puntos de control. Por otro lado durante el pegado de las imágenes se tiene la ventaja y facilidad de colocar todas y cada una de las imágenes en el orden conveniente de acuerdo a la información que se va a representar, como se hizo en este caso donde se dio prioridad a las imágenes en las que gran parte de estas estaban cubiertas por áreas urbanas, evitando con esto que la cabecera municipal Texcoco (por ejemplo) presentara una sobreposición de fotografías que obstruyera su óptima visión como zona urbana importante para este trabajo, o bien con diversas tonalidades.

Se hace hincapié en este caso debido a que la sobreposición de dos de las fotografías registraba en una de ellas a la cabecera (Texcoco de Lerdo) al centro de esta y en otra fotografía se localizaba la misma entidad en una de las esquinas. Por lo tanto el análisis de esta localidad en este caso se vería afectado por la mayor deformación existente en la esquina de la fotografía.

Se demostró que la metodología aquí empleada es factible para la captura, georreferencia, corrección y pegado de fotografías tanto digitales como de contacto (estas últimas digitalizadas por medio de un Barredor óptico). Así también se logró determinar la exactitud de los tres fotomapas elaborados correspondientes a los años 1970, 1989 y 1997, este último elaborado a partir de fotografías digitales. Y por último se llegó a tener una exactitud de 4.35 pixeles de error en un área de aproximadamente 120 km², error que resulta insignificante al distribuirlo en toda el área de estudio.

Por medio de la digitalización, se demostró que el material fotográfico empleado puede ser integrado a un SIG, transformándolo de formato analógico a formato raster, útil para su manejo dentro de este sistema con rapidez y eficacia, para crear fotomapas digitales corregidos a detalle.

Dentro del proceso de captura cabe mencionar dos factores importantes, mismos que, si no son determinantes en los resultados cartográficos finales de este trabajo, se pueden considerar como importantes en la determinación de la resolución espacial del fotomapa final, y por lo tanto como base para estimar la exactitud de éste.

El primero es la capacidad del lector (CCD) de la cámara digital empleada, la cual es de 1524 x 1012 pixeles como ya se mencionó en el capítulo anterior de resultados, por lo tanto se verá afectada de manera inversamente proporcional la resolución espacial de la fotografía digital, con respecto a la altura de vuelo.

Para las fotografías digitales empleadas se obtuvo un tamaño de pixel de 3.0 m en promedio después de la corrección, mismo que se vería reducido si la altura de vuelo fuera menor a la que fue realizado el vuelo para la adquisición de estas fotografías.

Por otro lado el segundo factor es el siguiente: la resolución del pixel de las fotografías de contacto digitalizadas registró un tamaño de 1.5 m, esta resolución puede ser mejorada, o bien, reducida dependiendo de la resolución especificada al momento de la captura de estas, en otras palabras, al resolución empleada en esta ocasión fue de 400 puntos por pulgada, misma que de haber sido menor o mayor, el tamaño del pixel habría sido mayor o menor respectivamente.

La resolución empleada para la digitalización de la fotografías pancromáticas fue determinada por el tamaño final de éstas una vez digitalizadas (11Mb.), lo que facilitó su manejo dentro del SIG en el aspecto temporal, sin embargo, las fotografías pancromáticas permiten la captura (digitalización) con una mayor resolución debido a su emulsión fotográfica empleada.

La segunda de estas tres hipótesis radica en la potencialidad de la aplicación de la primera hipótesis, es decir, el aspecto económico; que considero es de suma importancia por la situación en la que se encuentra actualmente el país, o bien, en la aplicación de esta tecnología alternativa y su importancia como documento de investigación, análisis e inventario y evaluación, en este caso de la infraestructura urbana del Municipio de Texcoco en el Estado de México.

Se debe mencionar que todo el desarrollo de esta metodología se llevó a cabo dentro del ambiente de trabajo SIG, y en computadora personal, lo que habla de la gran ventaja que tiene en comparación con los equipos y programas de fotogrametría digital sofisticados ya que el costo de este equipo equivale a 10 veces el costo del equipo aquí empleado, incluyendo la Computadora Personal, impresora o *plotter* y tableta digitalizadora que son el equipo mas costoso empleado en este trabajo, con esto se quiere decir que, aunque se tuvo otro tipo de gastos como la compra de fotografía y cartografía, los materiales mencionados suman la mayor parte del monto entre el material y equipo, sin contar algunos programas de computación que fueron proporcionados por algunas personas relacionadas de una manera amistosa o laboral con el autor, éstos fueron:

Autocad V.14, *Surfer* V.5, *Photostyler* V.2.0 , *Photoshop* V.3.0 y por supuesto *Windows* 95 y *Office* 97.

El factor tiempo es importante para este trabajo, debido a que los fotomapas se realizan en cuestión de días (según los tiempos registrados en el capítulo anterior), lo cual repercute considerablemente en los gastos de su elaboración puesto que se está llevando a cabo un procedimiento rápido y económico además de preciso, de lo cual se habla en la tercera hipótesis.

La tercera hipótesis hace hincapié en un aspecto muy importante a nivel cartográfico y sobre todo si esta cartografía se presenta a detalle, este factor es la exactitud de los tres fotomapas creados.

Se observa que al realizar la corrección geométrica de las fotografías tanto digitales como de contacto dentro del SIG ILWIS, los resultados son óptimos en términos cartográficos, mostrando con esto una estrecha relación entre la rapidez del proceso como la capacidad de procesamiento de estas con una precisión final aceptable menor a los 5 píxeles de error general, mismo resultado que se ve reflejado en los modelos de isolíneas creados ya que se observa en estos un desplazamiento de la imagen menor a los 10 m mismo resultado que al ser comparado con la desviación estándar proporciona mayor confiabilidad en la exactitud de los tres fotomapas obtenidos.

A la escala de los fotomapas (1:20,000) las desviaciones estándar no representan ni la mitad de un milímetro para cada uno de los modelos de isolíneas, esto se puede observar en los resultados en el anexo correspondiente ya que de los nueve modelos el conjunto de datos muestra una variación de la desviación estándar entre 4.12 m a 8.12 m este último en el modelo de la fotografía 33 de la línea 9 del año de 1997.

La aplicación de los mapas de diferenciación (isolíneas), a partir de la digitalización de la cartografía a detalle, hacen posible la evaluación de la deformación en cada fotografía, lo que se muestra la potencialidad de su aplicación para determinar el

grado de deformación y con esto la mejor aplicación en la interpretación de los resultados de la exactitud.

La posibilidad de implementar un registro de posicionamiento global (GPS) para los Puntos de Control empleados en la georreferencia y corrección geométrica de las fotografías (digitales y pancromáticas digitalizadas), proporcionaría una mayor exactitud en los fotomapas digitales creados, debido a la eliminación de fuentes de error mencionadas en el capítulo II.

Este tipo de posicionamiento se vio limitado para el presente trabajo debido al costo tan elevado que representa su empleo, ya que este radica en un rango de \$1,000.00 pesos (m/n) por cada punto de control, esto se traduce en \$119,000.00 pesos para el presente trabajo, ya que se emplearon un total de 119 Puntos de Control.

El grado de digitalización que se logró con los fotomapas digitales fue en ocasiones a nivel construcción, como se observó en el fraccionamiento Lomas de Cristo donde no se consideró como un área delimitada de crecimiento urbano, por el patrón de distribución de las construcciones el cual era muy disperso. Lo que permite evaluar a gran detalle los cambios urbanos así como su extensión territorial y comportamiento del crecimiento en términos de infraestructura urbana.

Por lo anterior se considera que la fotografía digital y su integración en un Sistema de información Geográfica son herramientas potencialmente aplicables para la detección, registro y evaluación de los cambios urbanos en una zona de importante dinámica de crecimiento como lo son las áreas urbanas del municipio de Texcoco en el Estado de México.

BIBLIOGRAFÍA.

Antenucci J. C., Brown. K., Crosswell, P. L., Kevany, M. J., Archer, H. (1991). "Geographic Information Systems, A guide to the Technology". Van Nostrand Reinhold, New York 3 - 32 pp.

Austin, Phil. (1997) "Today's Digital Cameras and Digital Aerial Photography Systems". En: Memorias. 16th Biennial Workshop on Videography and Color Photography in Resource Assessment Weslaco, Texas. ASPRS pp.44-49.

Bocco G., Sánchez R. (1995). "Cuantificación del Crecimiento de la Mancha Urbana usando Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. El Caso de la Ciudad de Tijuana, Baja California. 1973-1993". En: Memorias del VII Simposio de Sensores Remotos.

Borges, L. Neves de Oliveira, K 1996, "Aplicação da Técnica de Segmentação em imagens HRV/SPOT para a discriminação do vazios urbanos". en: Boletín de Geografía "Investigaciones Geográficas", No. 5.

Burrough, P. A. (1989). "Geographical Information Systems". En: Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. 194 pp.

Chuvieco, E. (1990) "Fundamentos de Teledetección Espacial". Ediciones Rialp, S. A. Impreso en España. 453 pp.

Córdova C. E. y Parsons J. R. (1997). "Geoarcheology of an Aztec dispersed village on the Texcoco pedmont of central México". En Geoarcheology. An International Journal. pp. 177-207.

Cruickshank, G. G. (1995). "Proyecto Lago de Texcoco. Rescate Hidrológico". Memorias. México, D.F. 111 pp.

Everitt J.H. (1988) "Introduction Videography: Historical Overview Relation to Remote Sensing, Advantages, Disadvantages". En: First Workshop on Videography 19-20 may 1988. Terre Haute, Indiana. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

Everitt J.H., Escobar D:E: and Noriega J. A "Hight Resolution Multiespectral Video System". En: Geocarto International. A Multidiciplinary Journal of Remote Sensing. Vol.6, Num.4, 1991.

Falkner, E. (1995). "Aerial Mapping Methods and Applications". Lewis Publishers. Missouri, USA. 311 pp.

García, E. (1988). "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen". Cuarta Edición. México. UNAM. 220 p.p.

Garrido, P. A. (1999). "Inventario de Erosión Acelerada de las Cuencas de los Ríos Chapingo y San Bernardino en la Vertiente Oriental de la Cuenca del Valle de México". Tesis p.p. 141

Gobierno del Estado de México. (1970 - 1980). "Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Texcoco". 200 pp.

Gobierno del Estado de México. (1993). "Atlas General del Estado de México". Toluca, Edo. de México, México.

Harris, R. (1987). "Satellite Remote Sensing. An Introduction". Ed. Routledge & Kegan Paul. New York, N. Y. USA. 220 pp.

Huxhold, W. E. y Levinsouh, A. G. (1995). "Managing Geographic Information System Projects". New York, Oxford, Osford University Press, 3 - 25 pp.

International Cartographic Association (ICA). (1994). "Thematic Mapping From Satellite Imagery: a guide book. / Cartographie Thématique Dérivée des Images Satellitaires: un guide". Editado por J. Denègre. París France. 1 - 28 pp.

INEGI, (1987). Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de México. México, D.F. Primera Edición Junio de 1981. Reimpresión Marzo de 1987. 223 pp.

ITC (1993). "User's Manual" V. 1.4 para MS-DOS. ILWIS. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Enschede, The Netherlands. 230 pp.

ITC. (1997). "User's Guide". V.2.1 para Windows. ILWIS Department International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Enschede, The Netherlands. 511 pp.

King D. J., "Airborne multiespectral digital. Camera and Video Sensors: A critical Review of Systems Designs and Applications". pp. 245-273.

King D. J., Costas A., Chichagou A., (1995) "Comparation of Elevation Modeling Using Scanned Air Photos and Airborn Digital Camera Imagery: A case study in natural terrain" En: 15th Bienal Workshop on Videography and Color Photography in Resource Assessment. Terre Haute, Indiana. 1-3 may 1995. pp.280-287.

King D. J., Costas Armenakis, Alexander Chichangou. (1995) "The use of Airborne Digital Frame Imagery for DEM generation" pp. 489-497. Geomática. Vol. 49, Num. 4, Canadian Institute of Geomatics.

King D. J., (1995) "Airborne Multiespectral Digital Camera and Video Sensors: A Critical Review of System Designs and Applications". En: Canadian Journal of Remote Sensing. Vol. 21 No. 3 August. Pp. 245 - 273.

King D. J., (1997). "Low cost multiespectral Digital Camera Imaging for Forest Modeling and Topographic Mapping". Third International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition, 7-10, Julio, Copenhagen, Denmark.

López Blanco, J. (1994): "Imágenes Digitales de Video en Evaluaciones del Terreno". Nota Técnica Boletín No. 24 Selper México. México D. F. Septiembre. pp. 5 - 22.

López Blanco, J., Valdéz Muciño I., Ugalde Rivera J. (1995). "Corrección Fotogramétrica de Segmentos Digitalizados de Fotografías Aéreas Aplicando un SIG, para la Determinación del Uso del Suelo en la Sierra de Quetzaltepec, México. Investigaciones Geográficas Boletín. No.33,. Instituto de Geografía, UNAM. 9-30 p.p.

López Blanco J. (1997). "Determining The Distortion Caused by Photographic Projection/Focal Length to Assess Geomorphologic Features Using a Color Airborne Video Camera. En: 16th Biennial Workshop on Color Photography and Videography in Resource Assessment. Weslaco, Texas, April 29 - May 1, 11 pp.

López Blanco. J. (1997). "Photogrammetric Correction of Video Imagery to obtain Land Use Videomaps in la Montaña de Guerrero Región, México". En: 16th Biennial Workshop on Videography and Color Photography in Resource Assessment. Weslaco, Texas, April 29 - May 1, 12 pp.

López Blanco. J. (1998). "Sistemas de Información Geográfica (SIG): conceptos, definiciones y Contexto Metodológico que Involucra su Uso" Revista Quivera. No. 0, Año I, Julio 1998. 12 pp. Toluca, México.

Luján A. C. (1991). "Fotogrametría. Principios Básicos". Universidad Autónoma de Chapingo, México, México. Colección *Textos Universitarios*.

Lusch, David P. "Super vhs for Improved Airborne CIR Videography" En Tenth Biennial Workshop on Color Aerial Photography in the Plant Sciences and Related Fields. May 21 - 24, 1985. Ann Arbor, Michigan. ASPRS.

Maguire, D. J., Rhind D. W., Goodchild, M. F. (1991). "Geographic Information Systems. Principles and Applications". pp. 649. Vol. I. Edit. Longman.

Mecánica Popular. (1997). "La Fotografía Digital". En: Manual del Fotógrafo" Edición Especial. Editorial Televisa. México, D. F. 73 - 77 pp.

Meisner E. Douglas. (1988) :Fundamentals of Airborne Video Remote Sensing". En: Tenth Biennial Workshop on Color Aerial Photography in the Plant Sciences and Related Fields. May 21 - 24, 1985. Ann Arbor, Michigan. ASPRS.

Monguillo, M.A. y Bromley C.I. (1997). "A Helicopter Borne Video Thermal Infrared Jorvey of The Rotorva Geothermal Fyeld" En . 16th Biennial Workshop on Videography and Color Photography in Resource Assessment. Weslaco, Texas, April 29 - May 1.

Monje, O. (1997). "Correction of bi-directional Effects in Video Imagery". 16th Biennial Workshop on Videography and Color Photography in Resource Assessment. pp.59-69.

Ojeda T. R. (1997). "Land Evaluation and Geographical Information System for Land Use Planning: a case study of the municipality of Texcoco, México". Department of Geography, Driham University. USA.

Palacio Prieto J. L, Peralta-Higuera A. y Luna Gonzalez L. Video. (1997). "Remote Sensing and Digital Photography in México; Overview and Present Status". En: Memorias. 16th Biennial Workshop on VIDEOGRAPHY and COLOR Photography in Resource Assessment Weslaco,

Texas. April 29-May 1, 1997. ASPRS. USD. Subtropical Agricultural Reserch Laboratory. pp.300-307.

Palacio Prieto J.L. (1997). "El Uso de Imágenes de Video como Herramienta Potencial para la Actualización de Cartografía Urbana". En: Boletín No. 43 SELPER-MEXICO. Noviembre 1997. pp. 22 - 26. México, D. F.

Peralta, R., Peralta A., Prado J., Navarrete M., Díaz, C. Martínez W. (1992) "Dinámica de Campo - Ciudad: Analisis for Videogrametría". Instituto de Ingeniería, UNAM. México. 13 pp. Presentado en Congreso Internacional de Antropología e Historia. Simposio "Cuenca del Golfo y Megalópolis. CECODES. Veracruz, México, Septiembre 1992.

Peralta, R., Peralta A., Prado J., Navarrete M., Martínez W. (1993) "The Development of a Digital Videogrammetric Airborne Sistem". Proc. SPIE 1943, 221 1/1/93 OE, Aerospace Science and Sensing. 93 Orlando, Florida. USA. Marzo 1993.

Peralta A. (1998). Conversación personal con el Lic. en Biología: Armando Peralta Higuera en el mes de Junio de 1998. Dentro de las instalaciones del Instituto de Geografía. UNAM.

Petrie G. (1997). "Developments in digital Photogrammetric Systems for Topographic Mapping Applications". ITC-Journal. pp.121-135. 1997-2.

Porrúa. (1993) "Nuevo Atlas General de la República Mexicana". Ed. Porrúa, México. D. F. 219 pp.

Septién G. J. (1985). "Información de Cartografía Urbana", en: Memorias del VIII Congreso Nacional de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia. 23-26 Abril, 1985. Morelia, Michoacán. México. Tomo II. pp. 825 - 834.

Star, J., Estes, J. (1990). "Geographic Information Systems. An Introduction". University of California, Santa Barbara. Editado por: Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. Pp. 303.

Valdés, D. F. (1981) "Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotogrametría". Edit. CEAC. 1ª Edición Octubre 1981. Barcelona España.

Weige Ch., Mausel P., Gress T., Chengge M. (1995) "Discrimination of Urban/Suburban Features Using Computer Analized Digital Camera Data." 15th Biennial Workshop on Videography and Color Photography in Resource Assessment. Terre Haute, Indiana. 1-3 may 1995. pp.288-299.

Wolf P. R. (1985) "Elements of Photogrammetry". Madison, Wisconsin, USA. Ed. McGraw Hill. Pp 628.

ANEXO "A".

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO
EMPLEADO.

Digitalizador óptico.

- a) *Acer 610 plus.*
- b) *600 ppp resolución óptica.*
- c) *9600 ppp resolución máxima (por interpolación).*
- d) *Profundidad de color 30 bits (1 billón de colores).*
- e) *Barrido de un solo paso.*

Computadoras Personales.

En cuanto al equipo de computo para el procesamiento y almacenamiento de la información adquirida, procesada y creada se empleo una Computadora Personal de las características siguientes:

- Disco Duro de 1.6 Giga Bytes (GB).
- 16 Mega Bytes (MB) en Memoria Ram
- Procesador 486 con Velocidad de 66 Mhz.
- Mouse (Ratón) y teclado de 101 teclas.
- Monitor Monocromático de 12'.
- Monitor Color de 14'.

Para la captura de las imágenes se empleo una Computadora personal "ACER" con las siguientes características:

- Disco Duro de 1.0 GB.
- 64 MB en Memoria Ram.
- Procesador Pentium con Velocidad de 133 Mhz.
- CD Room 8x.
- Monitor Ultra VGA 14'.
- Ratón y teclado de 101 teclas.

En la digitalización de los segmentos empleados para la comprobación de la precisión del documento final se empleo una tableta digitalizadora horizontal 12 por 18 pulgadas.

Las fotografías digitalizadas se almacenaron en una unidad portátil "ZIP", ésta emplea discos con capacidad de 100 Mb. Esta unidad de almacenamiento es un dispositivo periférico de la computadora, sus principales aplicaciones son como en este caso el almacenar y transportar grandes cantidades de información.

ANEXO "B".

ARCHIVOS SEPARADOS POR LOTES (BATCH Y
SCRIPT).

NOTA PRELIMINAR.

Los archivos (*batch*) aquí presentados se crearon para facilitar los procesos de georreferencia, corrección y pegado de todas y cada una de las fotografías y de esta manera poder cuantificar el tiempo requerido para cada uno de estos procesos.

Para los procesos de georreferencia, corrección y pegado de las imágenes digitales (año 1997), se empleó un solo archivo, en el cual se cambiaron las letras al final del nombre de cada imagen para especificar la banda de las fotografías por georreferenciar. En este caso se muestra el archivo de la banda azul, identificándose con la letra "b" al final del nombre de cada archivo. Para las dos bandas restantes se modificó ésta última letra por las siguientes: "r" para la banda roja y "g" para la banda verde.

Georreferencia de las fotografías (ADDCOORD)

Año 1970.

addcoord L24f01 Me On 510000 517000 2156000 2163000 r 2401 w 2401w e y;
addcoord L24f02 Me On 508000 515000 2156000 2163000 r 2402 w 2402w e y;
addcoord L24f03 Me On 506000 512000 2156000 2163000 r 2403 w 2403w e y;
addcoord L25f27 Me On 508000 515000 2155000 2161000 r 2527 w 2527w e y;
addcoord L25f28 Me On 509000 516000 2154000 2161000 r 2528 w 2528w e y;
addcoord L25f29 Me On 511000 517500 2154000 2161000 r 2529 w 2529w e y;
addcoord L26f06 Me On 509000 516000 2150000 2157000 r 2606 w 2606w e y;
addcoord L26f07 Me On 507000 514000 2150000 2157000 r 2607 w 2607w e y;
addcoord L27f24 Me On 506000 512000 2147000 2153000 r 2724 w 2724w e y;
addcoord L27f26 Me On 509000 515000 2147000 2153000 r 2726 w 2726w e y;

Año 1989.

addcoord L04f04 Me On 509000 516000 2155500 2162500 r L04f04 w L04f04w e y;
addcoord L04f05 Me On 509000 516000 2154000 2161000 r L04f05 w L04f05w e y;
addcoord L04f07 Me On 509000 516000 2151000 2158000 r L04f07 w L04f07w e y;
addcoord L04f09 Me On 509000 516000 2148000 2154500 r L04f09 w L04f09w e y;
addcoord L04f10 Me On 508000 516000 2144000 2152500 r L04f10 w L04f10w e y;
addcoord L05f03 Me On 510000 517500 2157000 2163000 r L05f03 w L05f03w e y;
addcoord L05f04 Me On 510000 517500 2155000 2161500 r L05f04 w L05f04w e y;
addcoord L05f05 Me On 511000 517000 2153500 2160000 r L05f05 w L05f05w e y;
addcoord L05f07 Me On 511000 517500 2149000 2156000 r L05f07 w L05f07w e y;

Año 1997.

addcoord I07f26b Me On 513000 519000 2158000 2163500 r 0726 w 0726wb e y;
addcoord I07f28b Me On 513000 519000 2156000 2161000 r 0728 w 0728wb e y;
addcoord I08f14b Me On 510000 515500 2148000 2152500 r 0814 w 0814wb e y;
addcoord I08f15b Me On 510000 515500 2149000 2154000 r 0815 w 0815wb e y;
addcoord I08f16b Me On 510000 515500 2152000 2156500 r 0816 w 0816wb e y;
addcoord I08f19b Me On 509500 515500 2154000 2158500 r 0819 w 0819wb e y;
addcoord I08f20b Me On 510000 515500 2155500 2160000 r 0820 w 0820wb e y;
addcoord I08f22b Me On 510000 515500 2158000 2162000 r 0822 w 0822wb e y;
addcoord I09f28b Me On 507000 513500 2157500 2162000 r 0928 w 0928wb e y;
addcoord I09f30b Me On 507000 513500 2155500 2160000 r 0930 w 0930wb e y;
addcoord I09f31b Me On 507000 513000 2155000 2159000 r 0931 w 0931wb e y;
addcoord I09f33b Me On 507000 513000 2153000 2156000 r 0933 w 0933wb e y;
addcoord I09f34b Me On 507000 513000 2151000 2156000 r 0934 w 0934wb e y;
addcoord I09f36b Me On 507000 513000 2149000 2154000 r 0936 w 0936wb e y;
addcoord I09f38b Me On 507500 513500 2147000 2151500 r 0938 w 0938wb e y;

Corrección de las fotografías (GEOCORR)

Año 1970.

geocorr L24f01 Me 1.5 510890 516110 2157190 2162640 n n r 2427w t p e 24f01c y n,,,,,2401c
geocorr L24f02 Me 1.5 508690 514090 2157210 2162716 n n r 2402w t p e 24f02c y n,,,,,2402c
geocorr L24f03 ME 1.5 506790 511980 2157330 2162830 n n r 2403w t p e 24f03c y n,,,,,2423c
geocorr L25f27 Me 1.5 508690 513754 2155325 2160643 n n r 2527w t p e 25f27c y n,,,,,2527c
geocorr L25f28 Me 1.5 510290 515370 2160320 2155180 n n r 2528w t p e 25f28c y n,,,,,2528c
geocorr L25f29 Me 1.5 511920 516800 2155320 2160520 n n r 2529w t p e 25f29c y n,,,,,2529c
geocorr L26f06 Me 1.5 509950 515240 2151460 2157080 n n r 2606w t p e 26f06c y n,,,,,2606c
geocorr L26f07 Me 1.5 508170 513550 2151600 2157230 n n r 2607w t p e 26f07c y n,,,,,2607c
geocorr L27f24 Me 1.5 511920 516800 2155320 2160520 n n r 2724w t p e 27f24c y n,,,,,2724c
geocorr L27f26 Me 1.5 511920 516800 2155320 2160520 n n r 2726w t p e 27f26c y n,,,,,2726c

Año 1989.

geocorr L04f04 Me 1.5 509840 514830 2156570 2161950 n n r 0404w t p e L04f04c y n,,,,,L04f04c;
geocorr L04f05 Me 1.5 509860 514760 2154860 2160170 n n r 0405w t p e L04f05c y n,,,,,L04f05c;
geocorr L04f07 Me 1.5 510000 514930 2151530 2156890 n n r 0407w t p e L04f07c y n,,,,,L04f07c;
geocorr L04f09 Me 1.5 510020 515050 2148100 2153490 n n r 0409w t p e L04f09c y n,,,,,L04f09c;
geocorr L04f10 Me 1.5 509780 514720 2146490 2151810 n n r 0410w t p e L04f10c y n,,,,,L04f10c;
geocorr L05f03 Me 1.5 511810 516950 2157320 2162810 n n r 0503w t p e L05f03c y n,,,,,L05f03c;
geocorr L05f04 Me 1.5 511820 516970 2155360 2160810 n n r 0504w t p e L05f04c y n,,,,,L05f04c;
geocorr L05f05 Me 1.5 512160 517140 2153540 2158890 n n r 0505w t p e L05f05c y n,,,,,L05f05c;
geocorr L05f07 Me 1.5 511830 517080 2149900 2155170 n n r 0507w t p e L05f07c y n,,,,,L25f07c;

Año 1997.

geocorr L07f26b Me 3 513530 518320 2159460 2162820 n n r 0726wb t a e 0726cb y n,,,,,0726cb;
geocorr L07f28b Me 3 513910 518430 2157230 2160460 n n r 0728wb t a e 0728cb y n,,,,,0728cb;
geocorr L08f14b Me 3 510380 515950 2148640 2151900 n n r 0814wb t p e 0814cb y n,,,,,0814cb;
geocorr L08f15b Me 3 510470 515170 2149990 2153200 n n r 0815wb t p e 0815cb y n,,,,,0815cb;
geocorr L08f16b Me 3 510350 515940 2152400 2155610 n n r 0816wb t p e 0816cb y n,,,,,0816cb;
geocorr L08f19b Me 3 510430 515110 2154810 2157970 n n r 0819wb t p e 0819cb y n,,,,,0819cb;
geocorr L08f20b Me 3 510510 515150 2156200 2159320 n n r 0820wb t p e 0820cb y n,,,,,0820cb;
geocorr L08f22b Me 3 510550 515380 2158370 2161790 n n r 0822wb t p e 0822cb y n,,,,,0822cb;
geocorr L09f28b Me 3 508020 512730 2158390 2161650 n n r 0928wb t p e 0928cb y n,,,,,0928cb;
geocorr L09f30b Me 3 507690 512500 2156290 2159630 n n r 0930wb t p e 0930cb y n,,,,,0930cb;
geocorr L09f31b Me 3 507530 512160 2155360 2158450 n n r 0931wb t p e 0931cb y n,,,,,0931cb;
geocorr L09f33b Me 3 507510 512270 2153060 2156300 n n r 0933wb t p e 0933cb y n,,,,,0933cb;
geocorr L09f34b Me 3 507610 512340 2151220 2155260 n n r 0934wb t p e 0934cb y n,,,,,0934cb;
geocorr L09f36b Me 3 507710 512510 2149650 2152950 n n r 0936wb t p e 0936cb y n,,,,,0936cb;
geocorr L09f38b Me 3 507960 512770 2147490 2150860 n n r 0938wb t p e 0938cb y n,,,,,0938cb;

Pegado de las fotografías (GLUEMAP)

Año 1970.

gluemap f2403 n f2527 fin70a 1.0 y y;
gluemap fin70a n f2529 fin70b 1.0 y y;
gluemap fin70b n f2401 fin70a 1.0 y y;
gluemap fin70a n f2607 fin70b 1.0 y y;
gluemap fin70b n f2606 fin70a 1.0 y y;
gluemap fin70a n f2724 fin70b 1.0 y y;
gluemap fin70b n f2726 fin70a 1.0 y y;
gluemap fin70a n f2402 fin70b 1.0 y y;
gluemap fin70b n f2528 fin70a 1.0 y y;

Año 1989.

gluemap f0503 n f0504 fin89a 1.0 y y;
gluemap fin89a n f0505 fin89b 1.0 y y;
gluemap fin89b n f0507 fin89a 1.0 y y;
gluemap fin89a n f0404 fin89b 1.0 y y;
gluemap fin89b n f0405 fin89a 1.0 y y;
gluemap fin89a n f0407 fin89b 1.0 y y;
gluemap fin89b n f0409 fin89a 1.0 y y;
gluemap fin89a n f0410 fin89b 1.0 y y;

Banda Azul Año 1997.

gluemap 0726cb n 0728cb fba 1.0 y y;
gluemap fba n 0928cb fbb 1.0 y y;
gluemap fbb n 0930cb fba 1.0 y y;
gluemap fba n 0931cb fbb 1.0 y y;
gluemap fbb n 0933cb fba 1.0 y y;
gluemap fba n 0934cb fbb 1.0 y y;
gluemap fbb n 0936cb fba 1.0 y y;
gluemap fba n 0938cb fbb 1.0 y y;
gluemap fbb n 0814cb fba 1.0 y y;
gluemap fba n 0815cb fbb 1.0 y y;
gluemap fbb n 0816cb fba 1.0 y y;
gluemap fba n 0819cb fbb 1.0 y y;
gluemap fbb n 0822cb fba 1.0 y y;
gluemap fba n 0820cb fbb 1.0 y y;

NOTA PRELIMINAR.

Se presentan los archivos tipo SCRIPT para su utilización en el programa AutoCAD. La manera como se organizaron sólo fué para facilitar su presentación, ya que el programa los lee en forma sucesiva en una sola columna.

Estos archivos se crearon a partir de los valores de coordenadas de los pares de puntos registrados a través del SIG ILWIS, para generar vectores que indicaran la magnitud en la deformación de la fotografía después de la corrección geométrica con respecto a los segmentos digitalizados de la cartografía de referencia.

La lógica operacional es la siguiente: Se introduce en la línea de comandos de AutoCAD la instrucción *pline* (polilínea), posteriormente se indica la coordenada de inicio que en este caso es el valor registrado de las coordenadas del segmento en pantalla, se indica a continuación el espesor con el que se inicia la línea y a continuación el espesor final (1.5 y 0 respectivamente), por último se indica el par de coordenadas para finalizar la línea. Esto se hace sucesivamente para cada uno de los pares de puntos de cada archivo para cada fotografía de las 9 seleccionadas.

Script. Línea 04 Fotografía 05 Año 1970.

pline
510397 582,2159604.838
w
1 5
0
510386 708,2159604.462

pline
511667 332,2159413 212
w
1 5
0
511656 458,2159411 712

pline
512567 520,2159716 400
w
1 5
0
512572 020,2159708 150

pline
513562 676,2159653 869
w
1 5
0
513570 926,2159651 806

pline
514649.707,2159695 588
w
1.5
0
514652 708,2159688.088

pline
510653.707,2158440 462
w
1 5
0
510645 832,2158439.712

pline
511293 270,2158838.150
w
1 5
0
511285 770,2158829 900

pline
512665 582,2158676 712
w
1 5
0
512668 582,2158670 337

pline
513682 184,2158808 267
w
1 5
0
513686.403,2158802 877

pline
514240 207,2158360 212
w
1 5
0
514245 458,2158365 088

pline
510365.426,2157799.306
w
1.5
0
510361 301,2157797.431

pline
511545.458,2157879 088
w
1.5
0
511541.708,2157874.212

pline
512392.020,2157941.150
w
1.5
0
512404 020,2157943.400

pline
513641 520,2157734.150
w
1 5
0
513652.770,2157732 650

pline
510314 520,2156877.650
w
1 5
0
510322.020,2156870 900

pline
511955.708,2156813.712
w
1.5
0
511962.832,2156811 462

pline
512869 770,2157227.150
w
1.5
0
512875.020,2157223.400

pline
513561.082,2156786 712
w
1.5
0
513560.332,2156782.212

pline
514657.958,2155904.462
w
1.5
0
514655.708,2156891 712

pline
510250 301,2156060.431
w
1.5
0
510257 614,2156067.181

pline
511269.270,2156288.150
w
1.5
0
511277.520,2156285.150

pline
512272.208,2156203 588
w
1.5
0
512278.958,2156200 962

pline
513588.458,2156151.838
w
1.5
0
513594.457,2156148 087

pline
514489 020,2155994.900
w
1 5
0
514517.520,2155976 900

pline
511120.770,2157260.900
w
1.5
0
511111.770,2157253.400

pline
510921.082,2155581 838
w
1.5
0
510923.707,2155588.588

pline
510305.520,2155370 900
w
1.5
0
510310.770,2155384.400

pline
512906.708,2155590.462
w
1.5
0
512883.457,2155597 212

pline
513244.208,2157936.462
w
1.5
0
513255.832,2157933.462

pline
512698 770,2158970.150
w
1 5
0
512701 770,2158961.150

Script. Línea 05 Fotografía 05 Año 1970.

pline
510913 438,2152897 288
w
1 5
0
510910 812,2152899.912

pline
511820 188,2152781.788
w
1 5
0
511820 562,2152782.912

pline
512680 250,2152666 850
w
1 5
0
512671 250,2152661.600

pline
513839.000,2152683 350
w
1 5
0
513821 000,2152675 850

pline
514578 500,2152798 850
w
1 5
0
514552 250,2152783.100

pline
510382 250,2152020.350
w
1 5
0
510386 750,2152035.350

pline
511712 562,2152003 662
w
1 5
0
511718.562,2152004.788

pline
512852 750,2152196 600
w
1 5
0
512846.000,2152197.350

pline
514333 250,2152048 850
w
1 5
0
514322 750,2152048.100

pline
510581 938,2151071.412
w
1 5
0
510581.562,2151082 288

pline
511736.094,2151133 381
w
1.5
0
511744.906,2151128.506

pline
512739.688,2151219.538
w
1 5
0
512740.812,2151226 288

pline
513885.312,2151631.662
w
1.5
0
513884.562,2151639 162

pline
514739.938,2151105 162
w
1.5
0
514745.562,2151110.412

pline
511027.812,2150456.412
w
1.5
0
511030.438,2150456 788

pline
512689.812,2150470 662
w
1.5
0
512684 562,2150479 288

pline
513755 562,2150444.788
w
1.5
0
513757.812,2150450 788

pline
514696 250,2150368.850
w
1.5
0
514691.750,2150370 350

pline
510450 312,2149321.288
w
1 5
0
510461.188,2149315.662

pline
512430.312,2149426.288
w
1.5
0
512434.812,2149419 538

pline
513280.250,2149462.850
w
1.5
0
513288.500,2149461.350

pline
514596.500,2149486.100
w
1.5
0
514598.750,2149492.850

pline
510452 188,2148609 162
w
1.5
0
510449.188,2148591 162

pline
511590.688,2148780.912
w
1 5
0
511603.062,2148770.788

pline
513266.188,2148456.412
w
1 5
0
513269.937,2148457.662

pline
514104.406,2149021.006
w
1.5
0
514090.344,2149022.881

pline
511818.031,2150029.569
w
1.5
0
511827.594,2150022.444

pline
511064.750,2151817.850
w
1.5
0
511069.250,2151820.100

pline
511416.969,2149332.819
w
1.5
0
511424.094,2149327.756

pline
513836.562,2150825.038
w
1 5
0
513835.062,2150834 038

Script. Línea 05 Fotografía 05 Año 1970

pline
512990 230,2158006 400
w
1 5
0
512988 730,2158011.650

pline
513981 730,2157887.150
w
1 5
0
513984 543,2157878 337

pline
514649 980,2158190 900
w
1 5
0
514653 730,2158187 900

pline
515594 980,2158109.900
w
1 5
0
515591 980,2158101.650

pline
516466 949,2158014.744
w
1 5
0
516460 761,2158010 806

pline
512516 136,2157260 806
w
1 5
0
512518 199,2157265 119

pline
513393 918,2157194.712
w
1 5
0
513398 324,2157191.994

pline
514446 730,2157348.650
w
1 5
0
514448 793,2157342 837

pline
515150 793,2157529 212
w
1 5
0
515146 668,2157523.962

pline
516197.980,2157546.650
w
1.5
0
516203.980,2157546.650

pline
513143 980,2156452 400
w
1.5
0
513155 230,2156446.400

pline
513937.674,2156366.994
w
1 5
0
513940.949,2156356.494

pline
514863.543,2156374.588
w
1.5
0
514859.043,2156375.337

pline
515703 168,2156406.088
w
1.5
0
515678.043,2156406.088

pline
516689.793,2156536 212
w
1.5
0
516684 543,2156536.212

pline
512405.136,2155490 994
w
1.5
0
512421.449,2155485.181

pline
513938.793,2155332.462
w
1.5
0
513935.043,2155338 838

pline
514950.449,2155510 306
w
1.5
0
514956 449,2155520 994

pline
515955.261,2155117.869
w
1.5
0
515955 636,2155117.306

pline
516934.668,2155582.588
w
1.5
0
516930.543,2155578.462

pline
512509.293,2154194.338
w
1.5
0
512509.668,2154209 338

pline
513113.793,2154156 712
w
1.5
0
513108.918,2154163.962

pline
513776.043,2154413 337
w
1.5
0
513777.543,2154422.712

pline
515812.668,2154520.212
w
1.5
0
515808.168,2154508.212

pline
516624.449,2154300.181
w
1.5
0
516626.324,2154295.494

pline
515568.168,2156939.712
w
1.5
0
515562.168,2156939 338

Script. Línea 05 Fotografía 28 Año 1989.

pline
510869 520,2159780.000
w
1 5
0
510880.020,2159795 750

pline
511666 582,2159412 688
w
1 5
0
511662 832,2159413 812

pline
512347 957,2159917 812
w
1 5
0
512349 082,2159924 562

pline
513141 832,2159838 312
w
1 5
0
513143 708,2159836 812

pline
513620 520,2159783.750
w
1 5
0
513622 770,2159790.500

pline
514221 270,2159669.750
w
1 5
0
514213 770,2159671.250

pline
515102 520,2159957.000
w
1 5
0
515098 020,2159948 750

pline
511243.770,2158685 750
w
1 5
0
511228 770,2158690 250

pline
512461 770,2158988.750
w
1 5
0
512466 082,2158982.188

pline
514002 270,2158943.750
w
1 5
0
514008.270,2158946 000

pline
514918.770,2158905.500
w
1 5
0
514906.770,2158904 000

pline
511532 520,2157716 000
w
1 5
0
511533.270,2157708.500

pline
512645 520,2157950 000
w
1 5
0
512641 770,2157945 500

pline
513262.770,2158079.750
w
1.5
0
513276.270,2158084.250

pline
514015.770,2158181.750
w
1.5
0
514021 770,2158180.250

pline
515135.520,2158013.000
w
1.5
0
515115.270,2158019.000

pline
512853.082,2157227.938
w
1.5
0
512853.458,2157230.938

pline
514807 020,2157518 000
w
1.5
0
514801.020,2157522.500

pline
511150.770,2156489.750
w
1.5
0
511161 270,2156488.250

pline
512153.520,2156956.250
w
1.5
0
512160.270,2156955.500

pline
512956.770,2156354 000
w
1.5
0
512960.520,2156364.500

pline
514036 020,2157161.750
w
1.5
0
514033.020,2157165.500

pline
514569.270,2156438.750
w
1 5
0
514572.270,2156440.250

pline
511357.020,2155541.750
w
1.5
0
511359.270,2155552.250

pline
512586 270,2155942.250
w
1.5
0
512584.770,2155951.250

pline
513918.270,2156033.000
w
1 5
0
513912.270,2156039.000

pline
515035.770,2155832.750
w
1.5
0
515023.770,2155831.250

pline
513276.270,2158442.750
w
1 5
0
513280.770,2158439.750

pline
512410.957,2158334.188
w
1.5
0
512412.458,2158340.188

pline
513307.770,2158956.500
w
1.5
0
513303.270,2158955.750

Script de la Línea 06 Fotografía 07 Año 1989

pline
509162 043,2156772 838
w
1 5
0
509169 543,2156774.338

pline
510127 480,2156611.400
w
1 5
0
510136 480,2156608 400

pline
511136 793,2156698.588
w
1 5
0
511130 793,2156691 838

pline
512105 980,2156618.900
w
1 5
0
512115.730,2156612.900

pline
512957.043,2156353 962
w
1 5
0
512951 043,2156344 962

pline
508868 043,2155861 212
w
1 5
0
508878 168,2155859.338

pline
509984 230,2155722.650
w
1 5
0
509973.730,2155716.650

pline
511628 980,2155703 150
w
1.5
0
511624 480,2155693 400

pline
512906 980,2155590.650
w
1 5
0
512882 980,2155589.150

pline
512205 730,2153661.640
w
1.5
0
512199.730,2153661.650

pline
508910.230,2154804 650
w
1.5
0
508914 730,2154809 150

pline
509870.418,2154784.212
w
1 5
0
509868 543,2154790 212

pline
511258.230,2154666.650
w
1.5
0
511244 230,2154669.650

pline
513081.918,2154654.462
w
1.5
0
513083.043,2154649.962

pline
508965.168,2153661.088
w
1.5
0
508958.043,2153652.462

pline
510158.980,2153599.400
w
1.5
0
510154.480,2153594 150

pline
511109.980,2153392.400
w
1.5
0
511112.230,2153395.400

pline
509028.543,2152375.962
w
1.5
0
509026.668,2152374.462

pline
510040.480,2152742.150
w
1.5
0
510036.730,2152744.400

pline
511485.918,2152307.711
w
1.5
0
511478 793,2152307 712

pline
512795.980,2152204.400
w
1.5
0
512807.230,2152195.400

pline
510648.918,2156103.087
w
1.5
0
510642.168,2156104.588

pline
512484.730,2154211.400
w
1 5
0
512476.480,2154212.900

pline
512505.730,2153001.650
w
1.5
0
512507.980,2153004.650

pline
510887.043,2154949.212
w
1.5
0
510889.480,2154953.150

Script. Línea 07 Fotografía 26 Año 1989.

pline
510860 980,2152271 000
w
1 5
0
510856 480,2152262.000

pline
511703 230,2152544 750
w
1 5
0
511695.730,2152535 750

pline
512836.480,2152757.750
w
1 5
0
512830.480,2152755 255

pline
513790 480,2152411 250
w
1 5
0
513797 980,2152418.750

pline
514498.293,2152847 562
w
1 5
0
514502 793,2152848.312

pline
510417 918,2151473.562
w
1 5
0
510415 668,2151475 062

pline
511568 230,2151623.750
w
1.5
0
511571 980,2151614 000

pline
512936 418,2151554.562
w
1 5
0
512940 918,2151562 062

pline
513824.980,2151473.000
w
1.5
0
513832 480,2151482 000

pline
510512.793,2150633 188
w
1.5
0
510501.918,2150633.562

pline
511784.230,2150699.000
w
1.5
0
511797.730,2150689.250

pline
512647.949,2150619.594
w
1.5
0512647.574,2150621.094

pline
514004.230,2150502.500
w
1.5
0
514013 230,2150510.750

pline
514847 230,2150942.750
w
1.5
0
514853.230,2150950 250

pline
510494.980,2149406.000
w
1.5
0
510494.980,2149397.000

pline
511861.199,2149303 719
w
1.5
0
511867.386,2149300.906

pline
513225 730,2149034.750
w
1.5
0
513234.730,2149027 250

pline
514632.730,2149328 750
w
1.5
0
514658.230,2149325.750

pline
510212.980,2148269.000
w
1.5
0
510219.730,2148257.000

pline
511258.480,2148400.250
w
1.5
0
511272.730,2148398.000

pline
513265 480,2148457.250
w
1.5
0
513275.980,2148451.250

pline
511682 980,2150080.250
w
1.5
0
511688.980,2150066.750

pline
513248.230,2149736.000
w
1.5
0
513253 480,2149739.000

pline
510488.230,2152602 500
w
1.5
0
510490.480,2152604.000

pline
512777.980,2152203 500
w
1 5
0
512780 230,2152200.500

Script. Línea 08 Fotografía 15 Año 1997.

pline
510944 375,2152888 225
w
1.5
0
510939 875,2152881.725

pline
511874 937,2153031.162
w
1.5
0
511860 312,2153030.038

pline
512837 188,2152758 538
w
1.5
0
512825 188,2152767.912

pline
513924 875,2152930.475
w
1.5
0
513925 625,2152936 475

pline
514499 375,2152847.975
w
1.5
0
514491 875,2152851.725

pline
510723 125,2152340 975
w
1.5
0
510730 625,2152341 725

pline
511544 375,2152065.726
w
1.5
0
511530 875,2152065 725

pline
512634 125,2152127.975
w
1.5
0
512624 375,2152128 725

pline
513851 938,2152146 162
w
1.5
0
513860 562,2152154.412

pline
514632.125,2152101.725
w
1.5
0
514637 375,2152103.225

pline
510693 500,2151386 600
w
1.5
0
510717 500,2151397.100

pline
511890.500,2151245.800
w
1.5
0
511899 500,2151236 600

pline
512603.375,2151512.225
w
1.5
0
512597.375,2151515.975

pline
513331 625,2151404.225
w
1.5
0
513338.375,2151413 225

pline
514248 125,2151329.975
w
1.5
0
514259.375,2151335 977

pline
514843.625,2151512.974
w
1.5
0
514850.375,2151512 975

pline
510705.781,2150319.631
w
1.5
0
510729 875,2150320.475

pline
511888 531,2150681.319
w
1.5
0
511890 500,2150669.600

pline
512688.125,2150600.975
w
1.5
0
512669.375,2150588 975

pline
513774.125,2150527.475
w
1.5
0
513776.375,2150530 475

pline
514878.875,2150314.475
w
1.5
0
514874.375,2150315 975

pline
511107.500,2150740.100
w
1.5
0
511110.875,2150726.225

pline
511972 625,2152535.975
w
1.5
0
511961.375,2152527.725

pline
513176 000,2152249 100
w
1.5
0
513177.500,2152256.600

pline
513655.125,2150762 225
w
1.5
0
513658.125,2150760.725

Script de la Línea 08 Fotografía 20 Año 1997.

pline
510668 418,2159248 662
w
1 5
0
510684 168,2159240 038

pline
511813.386,2158741 194
w
1 5
0
511811 699,2158738.381

pline
512500 480,2158988 600
w
1 5
0
512480 980,2158993 100

pline
513308 605,2158955.975
w
1 5
0
513307.105,2158976.225

pline
514022 605,2158875 725
w
1 5
0
514019 605,2158885.475

pline
515113 105,2158889 975
w
1 5
0
515104 105,2158895.975

pline
510670 105,2158235 225
w
1 5
0
510675 355,2158235.975

pline
511361 043,2158298 038
w
1 5
0
511356 543,2158298.039

pline
512396 605,2157962 975
w
1 5
0
512401 105,2157971 225

pline
513520.855,2157917.225
w
1.5
0
513526.855,2157910 475

pline
514402.855,2158214.975
w
1.5
0
514411.105,2158215.725

pline
510599.043,2157295.662
w
1 5
0
510605 418,2157299 788

pline
512162.418,2157131 788
w
1 5
0
512166.543,2157132.912

pline
513049.105,2157220.475
w
1.5
0
513052.105,2157214.475

pline
514198.855,2157155.224
w
1.5
0
514189.855,2157155.225

pline
514849.855,2157101.225
w
1.5
0
514839.355,2157091.475

pline
510707 605,2156518.475
w
1 5
0
510724.855,2156525.975

pline
511657.480,2156651.600
w
1.5
0
511649 980,2156648.600

pline
513154.855,2156321.975
w
1.5
0
513161.605,2156320.475

pline
514049.605,2156813.225
w
1 5
0
514048.855,2156800.475

pline
514927.105,2156664.725
w
1.5
0
514905.355,2156653.475

pline
511513.105,2157476.975
w
1.5
0
511507.105,2157475.475

pline
514806.918,2157518.788
w
1.5
0
514806.355,2157512.975

pline
513271 855,2158427.225
w
1.5
0
513280.105,2158426.475

pline
511033 855,2158749 725
w
1 5
0
511043.605,2158756.475

Script. Línea 09 Fotografía 33 Año 1997.

pline
510668 418,2159248 662
w
1 5
0
510684 168,2159240 038

pline
511813 386,2158741.194
w
1 5
0
511811.699,2158738 381

pline
512500 480,2158988.600
w
1 5
0
512480 980,2158993.100

pline
513308 605,2158955.975
w
1 5
0
513307 105,2158976 225

pline
514022 605,2158875 725
w
1 5
0
514019 605,2158885.475

pline
515113.105,2158889 975
w
1 5
0
515104.105,2158895 975

pline
510670 105,2158235 225
w
1 5
0
510675 355,2158235 975

pline
511361 043,2158298 038
w
1 5
0
511356 543,2158298 039

pline
512396 605,2157962 975
w
1 5
0
512401 105,2157971.225

pline
513520.855,2157917 225
w
1 5
0
513526 855,2157910.475

pline
514402 855,2158214 975
w
1.5
0
514411.105,2158215.725

pline
510599 043,2157295.662
w
1.5
0
510605 418,2157299.788

pline
512162 418,2157131.788
w
1.5
0
512166 543,2157132.912

pline
513049.105,2157220.475
w
1.5
0
513052.105,2157214.475

pline
514198 855,2157155 224
w
1.5
0
514189 855,2157155 225

pline
514849 855,2157101.225
w
1.5
0
514839 355,2157091 475

pline
510707.605,2156518.475
w
1.5
0
510724.855,2156525 975

pline
511657.480,2156651.600
w
1.5
0
511649.980,2156648.600

pline
513154 855,2156321.975
w
1.5
0
513161.605,2156320.475

pline
514049.605,2156813.225
w
1.5
0
514048 855,2156800.475

pline
514927 105,2156664.725
w
1.5
0
514905.355,2156653.475

pline
511513.105,2157476.975
w
1.5
0
511507.105,2157475.475

pline
514806.918,2157518.788
w
1.5
0
514806.355,2157512.975

pline
513271.855,2158427.225
w
1.5
0
513280.105,2158426.475

pline
511033.855,2158749.725
w
1 5
0
511043 605,2158756.475

ANEXO "C".

BASE DE DATOS
Y MODELOS DE DEFORMACIÓN

NOTA PRELIMINAR.

El listado presentado a continuación contiene la información de todos y cada uno de los archivos de puntos creados para elaborar los vectores de representación de la magnitud de la deformación de la fotografía. En estos listados se muestran 9 tablas (una para cada fotografía) que contienen los valores de las coordenadas de cada uno de los puntos registrados tanto para los segmentos de referencia como de su correspondiente rasgo en la fotografía digitalizada.

Así mismo las tablas incluyen el valor del desplazamiento en las coordenadas "X" y "Y", y el desplazamiento total (distancia). Por último se presenta una columna (Azimut) en donde se indica la dirección del desplazamiento en grados.

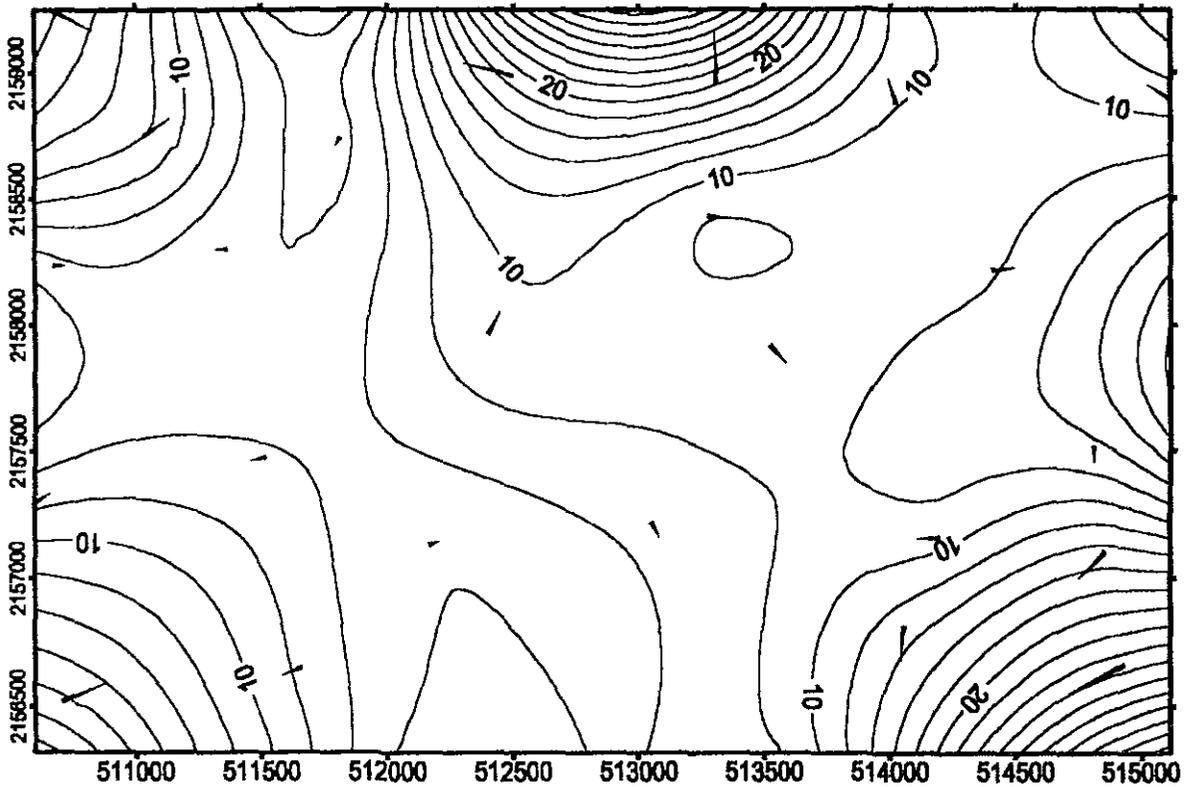
Las tablas anteriores se acompañan de sus correspondientes modelos de deformación a excepción de los modelos (F2627, F0405 y F0933) presentados en el capítulo III.

PTO.	ESTE (X)	NORTE (Y)	DELTA "x"	DELTA "y"	DIST (m)	TETA
1A	508138.105	2155793.375	20.25	9.75	22.47	64.29
1B	508117.855	2155783.625				
2A	508843.855	2156114.375	-1.50	3.75	4.04	-21.80
2B	508845.355	2156110.625				
3A	509430.355	2155800.875	-2.25	-3.75	4.37	30.96
3B	509432.605	2155804.625				
4A	510649.105	2156103.125	0.00	6.00	6.00	0.00
4B	510649.105	2156097.125				
5A	511663.480	2156099.000	10.50	28.50	30.37	20.22
5B	511652.980	2156070.500				
6A	507670.480	2154923.000	4.50	-6.00	7.50	-36.87
6B	507665.980	2154929.000				
7A	509056.105	2155296.875	6.00	2.25	6.41	69.44
7B	509050.105	2155294.625				
8A	510178.105	2155452.125	-3.75	-1.50	4.04	68.20
8B	510181.855	2155453.625				
9A	510956.605	2155574.375	-0.75	5.25	5.30	-8.13
9B	510957.355	2155569.125				
10A	511850.980	2155680.500	0.00	22.50	22.50	0.00
10B	511850.980	2155658.000				
11A	509985.355	2154791.375	-5.25	-2.25	5.71	66.80
11B	509990.605	2154793.625				
12A	511284.355	2154660.875	10.50	-1.50	10.61	-81.87
12B	511273.855	2154662.375				
13A	507997.480	2154206.000	-10.50	-6.00	12.09	60.26
13B	508007.980	2154212.000				
14A	508950.355	2154416.375	0.00	-7.50	7.50	0.00
14B	508950.355	2154423.875				
15A	509797.855	2154183.125	-3.75	-7.50	8.39	26.57
15B	509801.605	2154190.625				
16A	511225.480	2154279.500	10.50	-7.50	12.90	-54.46
16B	511214.980	2154287.000				
17A	508145.980	2153730.500	-10.50	3.00	10.92	-74.05
17B	508156.480	2153727.500				
18A	508974.355	2153420.375	-3.75	1.50	4.04	-68.20
18B	508978.105	2153418.875				
19A	510130.480	2153427.500	-7.50	-1.50	7.65	78.69
19B	510137.980	2153429.000				
20A	511798.480	2153744.000	22.50	-10.50	24.83	-64.98
20B	511775.980	2153754.500				
21A	508516.855	2154841.624	5.25	0.00	5.25	-89.99
21B	508511.605	2154841.625				
22A	510760.105	2155100.375	-1.50	2.25	2.70	-33.69
22B	510761.605	2155098.125				
23A	511828.480	2154971.000	28.50	9.00	29.89	72.47
23B	511799.980	2154962.000				
24A	510925.855	2153727.875	-6.00	-9.75	11.45	31.61
24B	510931.855	2153737.625				
25A	510718.480	2154425.000	16.50	-6.00	17.56	-70.02
25B	510701.980	2154431.000				
26A	510002.605	2156087.375	-4.50	0.75	4.56	-80.54
26B	510007.105	2156086.625				

Coordenadas de los pares de puntos de la fotografía 20 de la línea 09 del año 1997

PTO.	ESTE (X)	NORTE (Y)	DELTA "x"	DELTA "y"	DIST (m)	TETA
1A	510668.418	2159248.662	-15.75	8.62	17.96	-61.30
1B	510684.168	2159240.038				
2A	511813.386	2158741.194	1.69	2.81	3.28	30.95
2B	511811.699	2158738.381				
3A	512500.480	2158988.600	19.50	-4.50	20.01	-77.01
3B	512480.980	2158993.100				
4A	513308.605	2158955.975	1.50	-20.25	20.31	-4.24
4B	513307.105	2158976.225				
5A	514022.605	2158875.725	3.00	-9.75	10.20	-17.10
5B	514019.605	2158885.475				
6A	515113.105	2158889.975	9.00	-6.00	10.82	-56.31
6B	515104.105	2158895.975				
7A	510670.105	2158235.225	-5.25	-0.75	5.30	81.87
7B	510675.355	2158235.975				
8A	511361.043	2158298.038	4.50	0.00	4.50	-89.99
8B	511356.543	2158298.039				
9A	512396.605	2157962.975	-4.50	-8.25	9.40	28.61
9B	512401.105	2157971.225				
10A	513520.855	2157917.225	-6.00	6.75	9.03	-41.63
10B	513526.855	2157910.475				
11A	514402.855	2158214.975	-8.25	-0.75	8.28	84.81
11B	514411.105	2158215.725				
12A	510599.043	2157295.662	-6.38	-4.13	7.59	57.09
12B	510605.418	2157299.788				
13A	512162.418	2157131.788	-4.13	-1.12	4.28	74.76
13B	512166.543	2157132.912				
14A	513049.105	2157220.475	-3.00	6.00	6.71	-26.57
14B	513052.105	2157214.475				
15A	514198.855	2157155.224	9.00	0.00	9.00	-89.99
15B	514189.855	2157155.225				
16A	514849.855	2157101.225	10.50	9.75	14.33	47.12
16B	514839.355	2157091.475				
17A	510707.605	2156518.475	-17.25	-7.50	18.81	66.50
17B	510724.855	2156525.975				
18A	511657.480	2156651.600	7.50	3.00	8.08	68.20
18B	511649.980	2156648.600				
19A	513154.855	2156321.975	-6.75	1.50	6.91	-77.47
19B	513161.605	2156320.475				
20A	514049.605	2156813.225	0.75	12.75	12.77	3.37
20B	514048.855	2156800.475				
21A	514927.105	2156664.725	21.75	11.25	24.49	62.65
21B	514905.355	2156653.475				
22A	511513.105	2157476.975	6.00	1.50	6.18	75.96
22B	511507.105	2157475.475				
23A	514806.918	2157518.788	0.56	5.81	5.84	5.53
23B	514806.355	2157512.975				
24A	513271.855	2158427.225	-8.25	0.75	8.28	-84.81
24B	513280.105	2158426.475				
25A	511033.855	2158749.725	-9.75	-6.75	11.86	55.30
25B	511043.605	2158756.475				

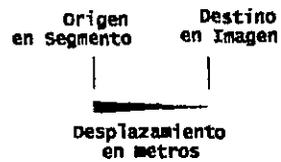
**MODELO DE DEFORMACIÓN DE LA FOTOTRAFÍA 20
DE LA LINEA 08 DEL AÑO DE 1997.**



Método de Interpolación: "Mínima Curvatura"
 Equidistancia entre Isolíneas: 2 m de desplazamiento.
 Acotaciones en sentido del valor de las isolíneas
 No. de Vectores registrados: 30

Distancia Promedio: 10.57 m.
 Desviación Estandar: 5.49 m.

NOTA: Vectores exagerados 10 veces su tamaño Real



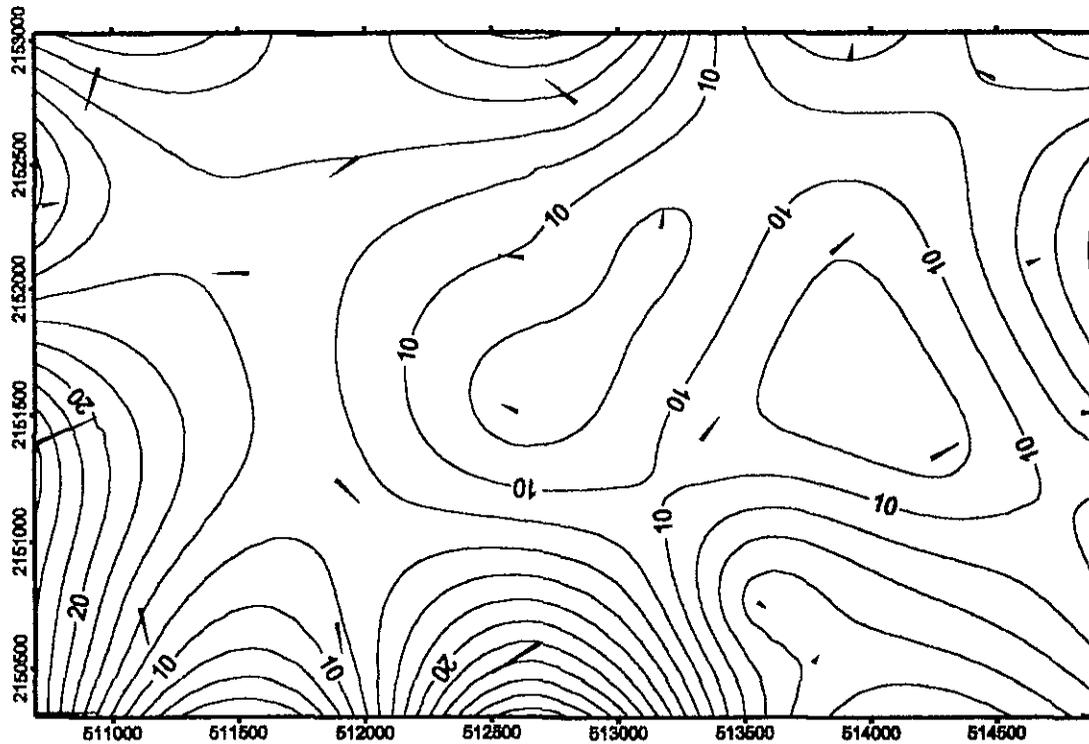
ESC. 1 : 30 000

Por: David Romero Hernández.

PTO.	ESTE (X)	NORTE (Y)	DELTA "x"	DELTA "y"	DIST (m)	TETA
1A	510944.375	2152898.225	4.50	16.50	17.10	15.26
1B	510939.875	2152881.725				
2A	511874.937	2153031.162	14.63	1.12	14.67	85.61
2B	511860.312	2153030.038				
3A	512837.188	2152758.538	12.00	-9.37	15.23	-52.00
3B	512825.188	2152767.912				
4A	513924.875	2152930.475	-0.75	-6.00	6.05	7.13
4B	513925.625	2152936.475				
5A	514499.375	2152847.975	7.50	-3.75	8.39	-63.43
5B	514491.875	2152851.725				
6A	510723.125	2152340.975	-7.50	-0.75	7.54	84.29
6B	510730.625	2152341.725				
7A	511544.375	2152065.726	13.50	0.00	13.50	90.00
7B	511530.875	2152065.725				
8A	512634.125	2152127.975	9.75	-0.75	9.78	-85.60
8B	512624.375	2152128.725				
9A	513851.938	2152146.162	-8.62	-8.25	11.93	46.27
9B	513860.562	2152154.412				
10A	514632.125	2152101.725	-5.25	-1.50	5.46	74.05
10B	514637.375	2152103.225				
11A	510693.500	2151386.600	-24.00	-10.50	26.20	66.37
11B	510717.500	2151397.100				
12A	511890.500	2151245.600	-9.00	9.00	12.73	-45.00
12B	511899.500	2151236.600				
13A	512603.375	2151512.225	6.00	-3.75	7.08	-57.99
13B	512597.375	2151515.975				
14A	513331.625	2151404.225	-6.75	-9.00	11.25	36.87
14B	513338.375	2151413.225				
15A	514248.125	2151329.975	-11.25	-6.00	12.75	61.93
15B	514259.375	2151335.975				
16A	514843.625	2151512.974	-6.75	0.00	6.75	89.99
16B	514850.375	2151512.975				
17A	510705.781	2150319.631	-24.09	-0.84	24.11	87.99

Falder

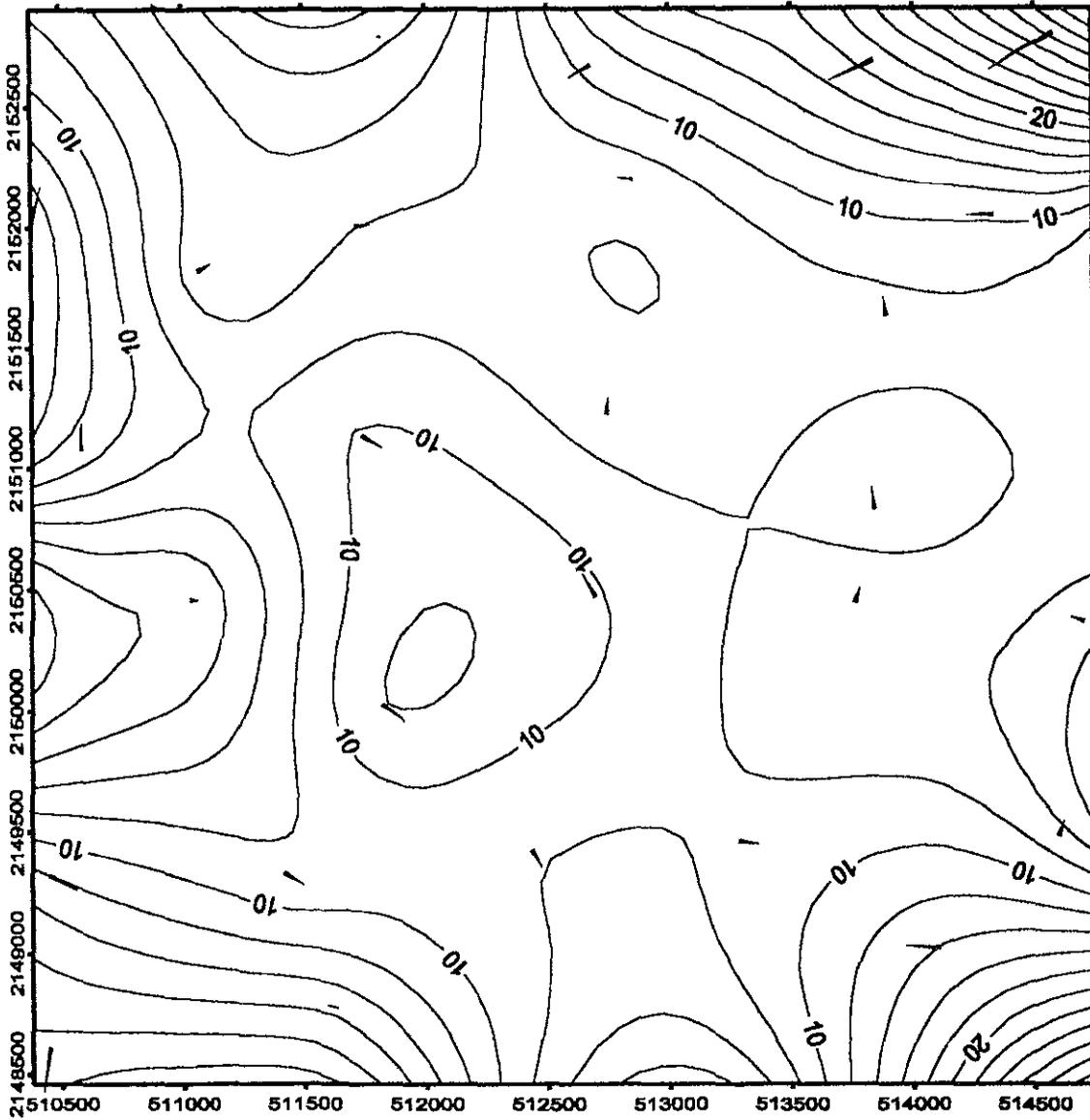
MODELO DE DEFORMACIÓN DE LA FOTOTOGRAFÍA 15
DE LA LINEA 08 DEL AÑO DE 1997.



<p>Método de Interpolación: "Mínima Curvatura" Equidistancia entre Isolíneas: 2 m de desplazamiento. Acotaciones en sentido del valor de las isolíneas No. de Vectores registrados: 30 Distancia Promedio: 11.69 m. Desviación Estandar: 6.09 m. NOTA: Vectores exagerados 10 veces su tamaño Real</p>	<p>Origen en Segmento Destino en Imagen</p>  <p>Desplazamiento en metros</p>	 <p>ESC. 1: 30 000</p>
<p>Por: David Romero Hernández.</p>		

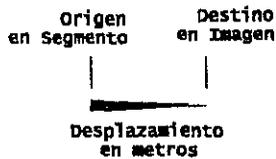
PTO.	ESTE (x)	NORTE (y)	DELTA (x)	DELTA (y)	DIST (m)	TETA
1A	510913.438	2152897.288	2.63	-2.62	3.71	-45.02
1B	510910.812	2152899.912				
2A	511820.188	2152781.788	-0.37	-1.12	1.18	18.40
2B	511820.562	2152782.912				
3A	512680.250	2152666.850	9.00	5.25	10.42	59.74
3B	512671.250	2152661.600				
4A	513839.000	2152683.350	18.00	7.50	19.50	67.38
4B	513821.000	2152675.850				
5A	514578.500	2152798.850	26.25	15.75	30.61	59.04
5B	514552.250	2152783.100				
6A	510382.250	2152020.350	-4.50	-15.00	15.66	16.70
6B	510386.750	2152035.350				
7A	511712.562	2152003.662	-6.00	-1.13	6.10	79.37
7B	511718.562	2152004.788				
8A	512852.750	2152196.600	6.75	-0.75	6.79	-83.66
8B	512846.000	2152197.350				
9A	514333.250	2152048.850	10.50	0.75	10.53	85.91
9B	514322.750	2152048.100				
10A	510581.938	2151071.412	0.38	-10.88	10.88	-1.98
10B	510581.562	2151082.288				
11A	511736.094	2151133.381	-8.81	4.88	10.07	-61.05
11B	511744.906	2151128.506				
12A	512739.688	2151219.538	-1.12	-6.75	6.84	9.45
12B	512740.812	2151226.288				
13A	513885.312	2151631.662	0.75	-7.50	7.54	-5.71
13B	513884.562	2151639.162				
14A	514739.938	2151105.162	-5.62	-5.25	7.69	46.97
14B	514745.562	2151110.412				
15A	511027.812	2150456.412	-2.63	-0.38	2.65	81.85
15B	511030.438	2150456.788				
16A	512689.812	2150470.662	5.25	-8.63	10.10	-31.33
16B	512684.562	2150479.288				
17A	513755.562	2150444.788	-2.25	-6.00	6.41	20.56
17B	513757.812	2150450.788				
18A	514696.250	2150368.850	4.50	-1.50	4.74	-71.57
18B	514691.750	2150370.350				
19A	510450.312	2149321.288	-10.88	5.63	12.24	-62.65
19B	510461.188	2149315.662				
20A	512430.312	2149426.288	-4.50	6.75	8.11	-33.69
20B	512434.812	2149419.538				
21A	513280.250	2149462.850	-8.25	1.50	8.39	-79.70
21B	513288.500	2149461.350				
22A	514596.500	2149486.100	-2.25	-6.75	7.12	18.43
22B	514598.750	2149492.850				
23A	510452.188	2148609.162	3.00	18.00	18.25	9.46
23B	510449.188	2148591.162				
24A	511590.688	2148780.912	-12.37	10.12	15.99	-50.71
24B	511603.062	2148770.788				
25A	513266.188	2148458.412	-3.75	0.75	3.82	-78.69
25B	513269.937	2148457.662				
26A	514104.406	2149021.006	14.06	-1.88	14.19	-82.41
26B	514090.344	2149022.881				
27A	511818.031	2150029.569	-9.56	7.13	11.93	-53.31
27B	511827.594	2150022.444				
28A	511064.750	2151817.850	-4.50	-2.25	5.03	63.43
28B	511069.250	2151820.100				
29A	511416.969	2149332.819	-7.13	5.06	8.74	-54.60
29B	511424.094	2149327.756				
30A	513836.562	2150825.038	1.50	-9.00	9.12	-9.46
30B	513835.062	2150834.038				

MODELO DE DEFORMACIÓN DE LA FOTOTOGRAFÍA 09
DE LA LINEA 04 DEL AÑO DE 1989.



Método de Interpolación: "Mínima Curvatura"
 Equidistancia entre Isolíneas: 2 m de desplazamiento.
 Acotaciones en sentido del valor de las isolíneas
 No. de Vectores registrados: 30
 Distancia Promedio: 9.81 m.
 Desviación Estandar: 5.81 m.

NOTA: Vectores exagerados 10 veces su tamaño Real



ESC. 1 : 30 000

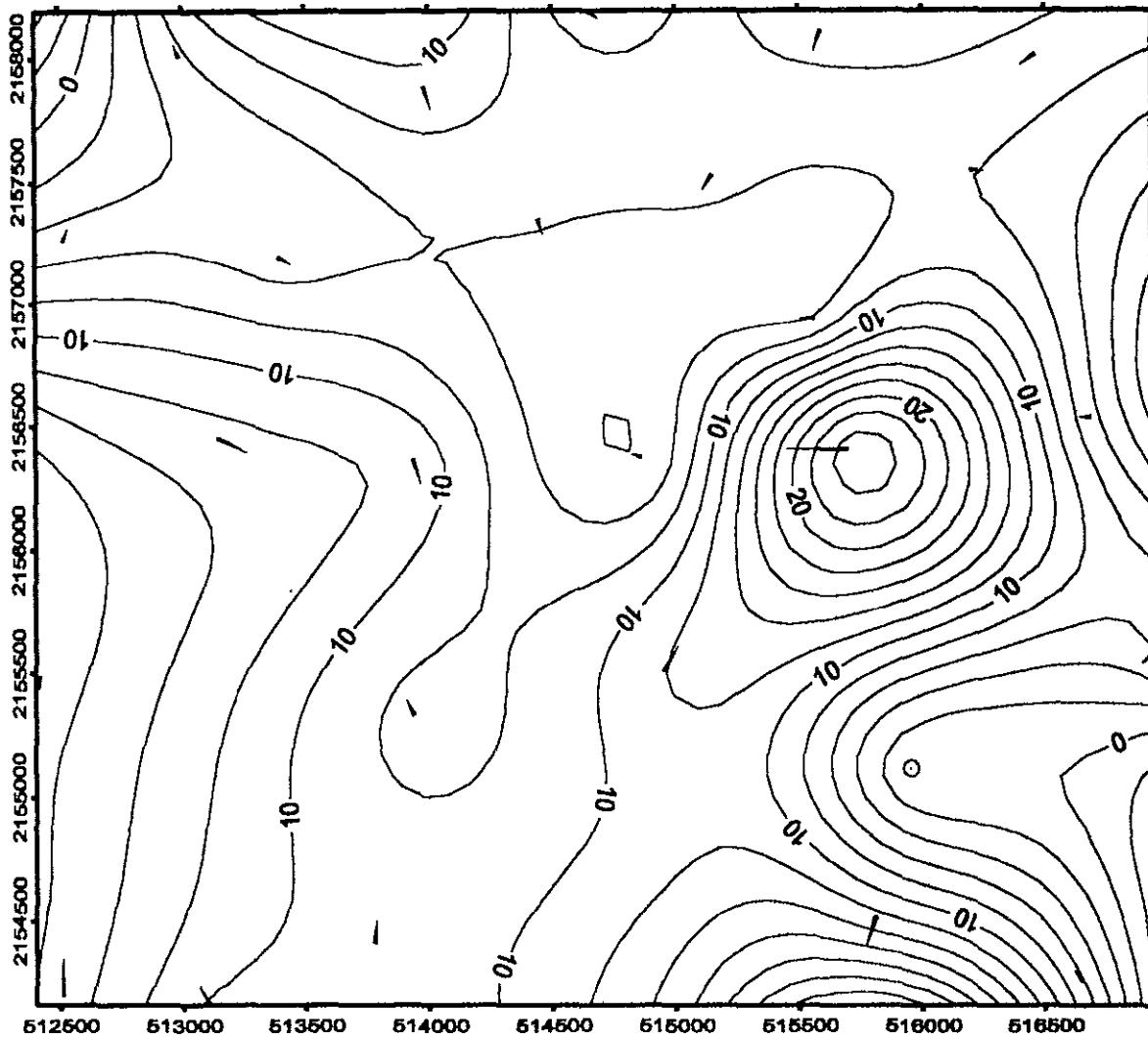
Por: David Romero Hernández.

PTO.	ESTE (x)	NORTE (y)	DELTA (x)	DELTA (y)	DIST (m)	TETA
1A	510397.582	2159604.838	10.87	0.38	10.88	88.02
1B	510386.708	2159604.462				
2A	511667.332	2159413.212	10.87	1.50	10.98	82.15
2B	511656.458	2159411.712				
3A	512567.520	2159716.400	-4.50	8.25	9.40	-28.61
3B	512572.020	2159708.150				
4A	513562.676	2159653.869	-8.25	2.06	8.50	-75.96
4B	513570.926	2159651.806				
5A	514649.707	2159695.588	-3.00	7.50	8.08	-21.81
5B	514652.708	2159688.088				
6A	510653.707	2158440.462	7.88	0.75	7.91	84.56
6B	510645.832	2158439.712				
7A	511293.270	2158838.150	7.50	8.25	11.15	42.27
7B	511285.770	2158829.900				
8A	512665.582	2158676.712	-3.00	6.38	7.05	-25.20
8B	512668.582	2158670.337				
9A	513682.184	2158808.267	-4.22	5.39	6.84	-38.05
9B	513686.403	2158802.877				
10A	514240.207	2158360.212	-5.25	-4.88	7.17	47.12
10B	514245.458	2158365.088				
11A	510365.426	2157799.306	4.13	1.88	4.53	65.56
11B	510361.301	2157797.431				
12A	511545.458	2157879.088	3.75	4.88	6.15	37.56
12B	511541.708	2157874.212				
13A	512392.020	2157941.150	-12.00	-2.25	12.21	79.38
13B	512404.020	2157943.400				
14A	513641.520	2157734.150	-11.25	1.50	11.35	-82.41
14B	513652.770	2157732.650				
15A	510314.520	2156877.650	-7.50	6.75	10.09	-48.01
15B	510322.020	2156870.900				
16A	511955.708	2156813.712	-7.12	2.25	7.47	-72.47
16B	511962.832	2156811.462				
17A	512869.770	2157227.150	-5.25	3.75	6.45	-54.46
17B	512875.020	2157223.400				
18A	513561.082	2156786.712	0.75	4.50	4.56	9.46
18B	513560.332	2156782.212				
19A	514657.958	2156904.462	2.25	12.75	12.95	10.01
19B	514655.708	2156891.712				
20A	510250.301	2156060.431	-7.31	-6.75	9.95	47.29
20B	510257.614	2156067.181				
21A	511269.270	2156288.150	-8.25	3.00	8.78	-70.02
21B	511277.520	2156285.150				
22A	512272.208	2156203.588	-6.75	2.63	7.24	-68.74
22B	512278.958	2156200.962				
23A	513588.458	2156151.838	-6.00	3.75	7.08	-57.98
23B	513594.457	2156148.087				
24A	514489.020	2155994.900	-28.50	18.00	33.71	-57.72
24B	514517.520	2155976.900				
25A	511120.770	2157260.900	9.00	7.50	11.72	50.19
25B	511111.770	2157253.400				
26A	510921.082	2155581.838	-2.63	-6.75	7.24	21.25
26B	510923.707	2155588.588				
27A	510305.520	2155370.900	-5.25	-13.50	14.48	21.25
27B	510310.770	2155384.400				
28A	512906.708	2155590.462	23.25	-6.75	24.21	-73.81
28B	512883.457	2155597.212				
29A	513244.208	2157936.462	-11.62	3.00	12.00	-75.53
29B	513255.832	2157933.462				
30A	512698.770	2158970.150	-3.00	9.00	9.49	-18.43
30B	512701.770	2158961.150				

Coordenadas de los pares de puntos de la fotografía 05 de la línea 05 del año 1989

PTO.	ESTE (x)	NORTE (y)	DELTA (x)	DELTA (y)	DIST (m)	TETA
1A	512990.230	2158006.400	1.50	-5.25	5.46	-15.95
1B	512988.730	2158011.650				
2A	513981.730	2157887.150	-2.81	8.81	9.25	-17.70
2B	513984.543	2157878.337				
3A	514649.980	2158190.900	-3.75	3.00	4.80	-51.34
3B	514653.730	2158187.900				
4A	515594.980	2158109.900	3.00	8.25	8.78	19.98
4B	515591.980	2158101.650				
5A	516466.949	2158014.744	6.19	3.94	7.33	57.53
5B	516460.761	2158010.806				
6A	512516.136	2157260.806	-2.06	-4.31	4.78	25.56
6B	512518.199	2157265.119				
7A	513393.918	2157194.712	-4.41	2.72	5.18	-58.33
7B	513398.324	2157191.994				
8A	514446.730	2157348.650	-2.06	5.81	6.17	-19.54
8B	514448.793	2157342.837				
9A	515150.793	2157529.212	4.13	5.25	6.68	38.16
9B	515146.668	2157523.962				
10A	516197.980	2157546.650	-6.00	0.00	6.00	-90.00
10B	516203.980	2157546.650				
11A	513143.980	2156452.400	-11.25	6.00	12.75	-61.93
11B	513155.230	2156446.400				
12A	513937.574	2156366.994	-3.38	10.50	11.03	-17.82
12B	513940.949	2156356.494				
13A	514863.543	2156374.588	4.50	-0.75	4.56	-80.55
13B	514859.043	2156375.337				
14A	515703.168	2156406.088	25.13	0.00	25.13	90.00
14B	515678.043	2156406.088				
15A	516689.793	2156536.212	5.25	0.00	5.25	-90.00
15B	516684.543	2156536.212				
16A	512405.136	2155490.994	-16.31	5.81	17.32	-70.39
16B	512421.449	2155485.181				
17A	513938.793	2155332.462	3.75	-6.38	7.40	-30.46
17B	513935.043	2155338.838				
18A	514950.449	2155510.306	-6.00	-10.69	12.26	29.31
18B	514956.449	2155520.994				
19A	515955.261	2155117.869	-0.38	0.56	0.68	-33.67
19B	515955.636	2155117.306				
20A	516934.668	2155582.588	4.13	4.13	5.83	44.99
20B	516930.543	2155578.462				
21A	512509.293	2154194.338	-0.38	-15.00	15.00	1.43
21B	512509.668	2154209.338				
22A	513113.793	2154155.712	4.88	-8.25	9.58	-30.58
22B	513108.918	2154163.962				
23A	513776.043	2154413.337	-1.50	-9.38	9.49	9.09
23B	513777.543	2154422.712				
24A	515812.668	2154520.212	4.50	12.00	12.82	20.56
24B	515808.168	2154508.212				
25A	516624.449	2154300.181	-1.88	4.69	5.05	-21.80
25B	516626.324	2154295.494				
26A	515568.168	2156939.712	6.00	0.37	6.01	86.43
26B	515562.168	2156939.338				

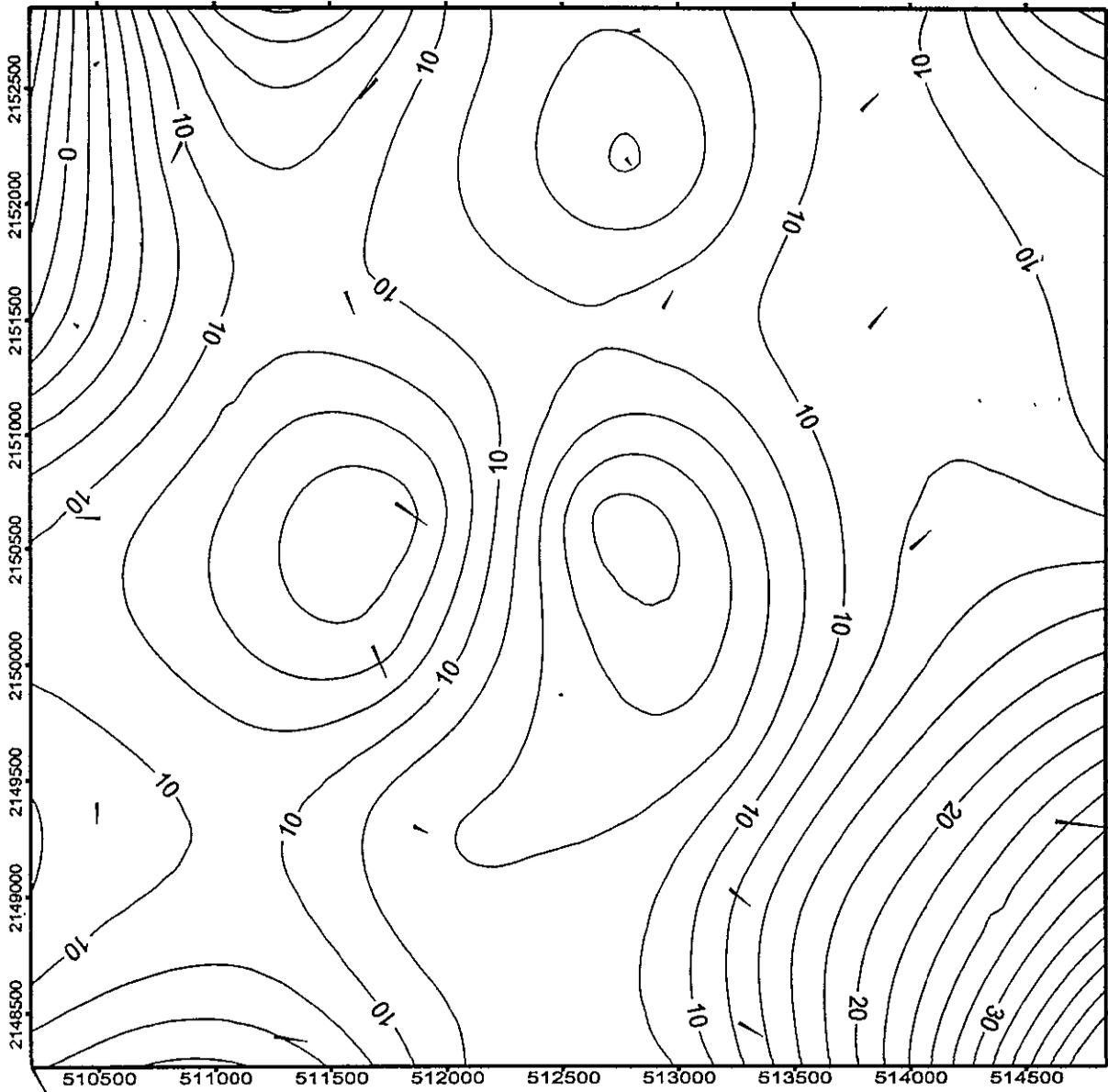
**MODELO DE DEFORMACIÓN DE LA FOTOTOGRAFÍA 05
DE LA LINEA 05 DEL AÑO DE 1989.**



<p>Método de Interpolación: "Mínima Curvatura" Equidistancia entre Isolíneas: 2 m de desplazamiento. Acotaciones en sentido del valor de las isolíneas No. de Vectores registrados: 30 Distancia Promedio: 8.64 m. Desviación Estandar: 4.99 m.</p> <p>NOTA: Vectores exagerados 10 veces su tamaño Real</p>	<table style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Origen en Segmento</td> <td style="text-align: center;">Destino en Imagen</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Desplazamiento en metros</td> </tr> </table>	Origen en Segmento	Destino en Imagen			—		Desplazamiento en metros		 ESC. 1 : 30 000
Origen en Segmento	Destino en Imagen									
—										
Desplazamiento en metros										
Por: David Romero Hernández.										

PTO.	ESTE (X)	NORTE (Y)	DELTA x'	DELTA y'	DIST (m)	TETA
1A	509162.043	2156772.838	-7.50	-1.50	7.65	78.69
1B	509169.543	2156774.338				
2A	510127.480	2156611.400	-9.00	3.00	9.49	-71.57
2B	510136.480	2156608.400				
3A	511136.793	2156698.588	6.00	6.75	9.03	41.63
3B	511130.793	2156691.838				
4A	512105.980	2156618.900	-9.75	6.00	11.45	-58.39
4B	512115.730	2156612.900				
5A	512957.043	2156353.962	6.00	9.00	10.82	33.69
5B	512951.043	2156344.962				
6A	508868.043	2155861.212	-10.13	1.87	10.30	-79.51
6B	508878.168	2155859.338				
7A	509984.230	2155722.650	10.50	6.00	12.09	60.26
7B	509973.730	2155716.650				
8A	511628.980	2155703.150	4.50	9.75	10.74	24.78
8B	511624.480	2155693.400				
9A	512906.980	2155590.650	24.00	1.50	24.05	86.42
9B	512882.980	2155589.150				
10A	512205.730	2153661.640	6.00	-0.01	6.00	-89.90
10B	512199.730	2153661.650				
11A	508910.230	2154804.650	-4.50	-4.50	6.36	45.00
11B	508914.730	2154809.150				
12A	509870.418	2154784.212	1.88	-6.00	6.29	-17.35
12B	509868.543	2154790.212				
13A	511256.230	2154666.650	12.00	-3.00	12.37	-75.96
13B	511244.230	2154669.650				
14A	513081.918	2154654.462	-1.13	4.50	4.64	-14.04
14B	513083.043	2154649.962				
15A	508965.168	2153661.088	7.13	8.63	11.19	39.56
15B	508958.043	2153652.462				
16A	510158.980	2153599.400	4.50	5.25	6.91	40.60
16B	510154.480	2153594.150				
17A	511109.980	2153392.400	-2.25	-3.00	3.75	36.87
17B	511112.230	2153395.400				
18A	509028.543	2152375.962	1.88	1.50	2.40	51.34
18B	509026.668	2152374.462				
19A	510040.480	2152742.150	3.75	-2.25	4.37	-59.04
19B	510036.730	2152744.400				
20A	511485.918	2152307.711	7.13	0.00	7.13	-89.99
20B	511478.793	2152307.712				
21A	512795.980	2152204.400	-11.25	9.00	14.41	-51.34
21B	512807.230	2152195.400				
22A	510648.918	2156103.087	6.75	-1.50	6.91	-77.46
22B	510642.168	2156104.588				
23A	512484.730	2154211.400	8.25	-1.50	8.39	-79.70
23B	512476.480	2154212.900				
24A	512505.730	2153001.650	-2.25	-3.00	3.75	36.87
24B	512507.980	2153004.650				
25A	510887.043	2154949.212	-2.44	-3.94	4.63	31.75
25B	510889.480	2154953.150				

MODELO DE DEFORMACIÓN DE LA FOTOGRAFÍA 26
DE LA LÍNEA 27 DEL AÑO DE 1970.

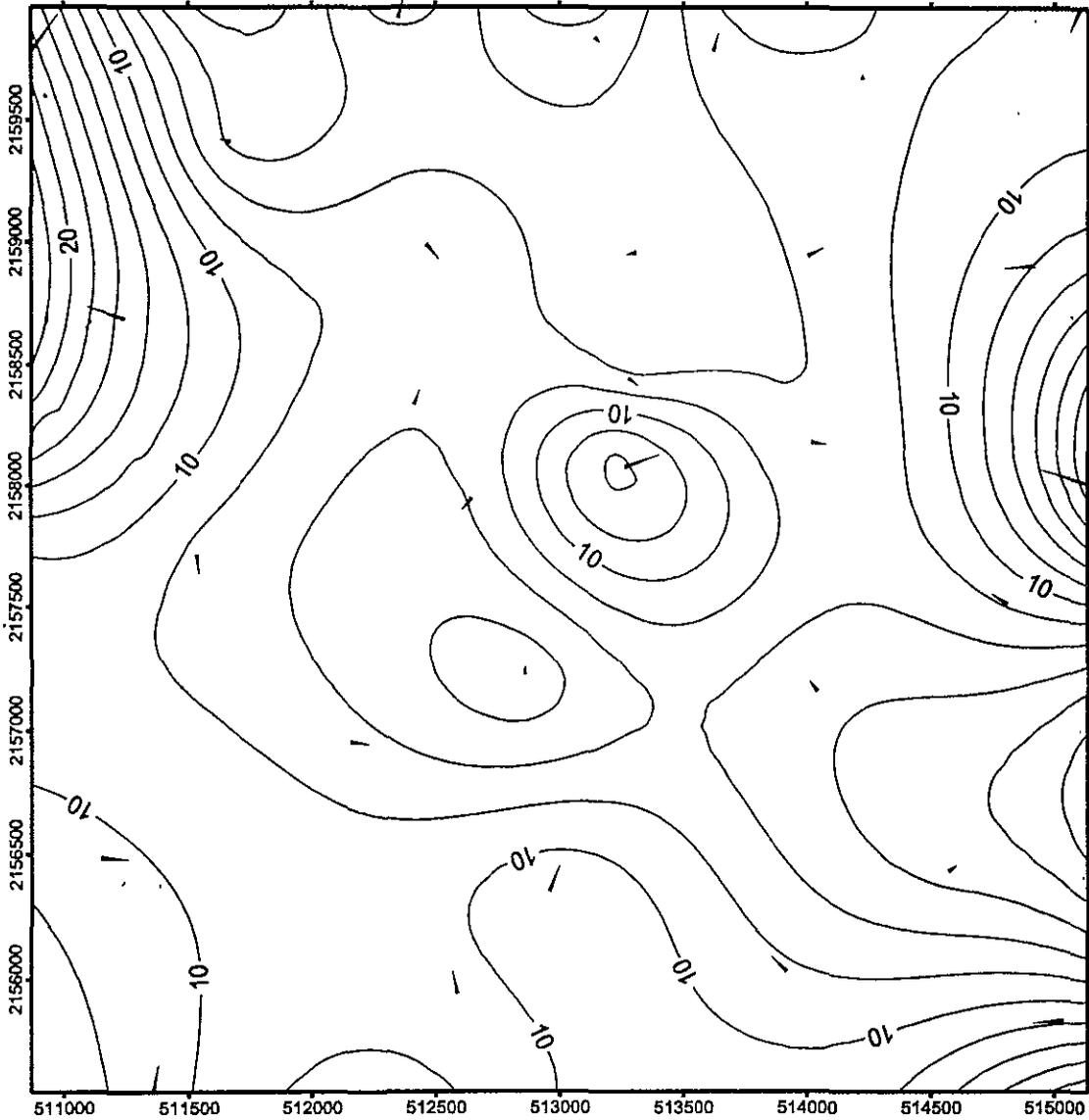


<p>Método de Interpolación: "Mínima Curvatura" Equidistancia entre Isolíneas: 2 m de desplazamiento. Acotaciones en sentido del valor de las isolíneas No. de Vectores registrados: 30 Distancia Promedio: 9.94 m. Desviación Estandar: 5.23 m. NOTA: Vectores exagerados 10 veces su tamaño Real</p>	<table border="0"> <tr> <td>Origen en Segmento</td> <td>Destino en Imagen</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Desplazamiento en metros</td> </tr> </table>	Origen en Segmento	Destino en Imagen					Desplazamiento en metros		 <p>ESC. 1 : 30 000</p>
Origen en Segmento	Destino en Imagen									
										
Desplazamiento en metros										
Por: David Romero Hernández.										

Figura 4.4 Modelo de deformación de la fotografía 26 de la línea 27 del año 1970.
Se observan las máximas deformaciones en las cuatro esquinas del modelo
con menor magnitud en las esquinas inferior izquierda y superior derecha.

PTO.	ESTE (X)	NORTE (Y)	DELTA "x"	DELTA "y"	DIST (m)	TETA
1A	510869.520	2159780.000	-10.50	-15.75	18.93	33.69
1B	510880.020	2159795.750				
2A	511666.582	2159412.688	3.75	-1.12	3.91	-73.31
2B	511662.832	2159413.812				
3A	512347.957	2159917.812	-1.13	-6.75	6.84	9.46
3B	512349.082	2159924.562				
4A	513141.832	2159838.312	-1.88	1.50	2.40	-51.36
4B	513143.708	2159836.812				
5A	513620.520	2159783.750	-2.25	-6.75	7.12	18.43
5B	513622.770	2159790.500				
6A	514221.270	2159669.750	7.50	-1.50	7.65	-78.69
6B	514213.770	2159671.250				
7A	515102.520	2159957.000	4.50	8.25	9.40	28.61
7B	515098.020	2159948.750				
8A	511243.770	2158685.750	15.00	-4.50	15.66	-73.30
8B	511228.770	2158690.250				
9A	512461.770	2158988.750	-4.31	6.56	7.85	-33.31
9B	512466.082	2158982.188				
10A	514002.270	2158943.750	-6.00	-2.25	6.41	69.44
10B	514008.270	2158946.000				
11A	514918.770	2158905.500	12.00	1.50	12.09	82.87
11B	514906.770	2158904.000				
12A	511532.520	2157716.000	-0.75	7.50	7.54	-5.71
12B	511533.270	2157708.500				
13A	512645.520	2157950.000	3.75	4.50	5.86	39.81
13B	512641.770	2157945.500				
14A	513262.770	2158079.750	-13.50	-4.50	14.23	71.57
14B	513276.270	2158084.250				
15A	514015.770	2158181.750	-6.00	1.50	6.18	-75.96
15B	514021.770	2158180.250				
16A	515135.520	2158013.000	20.25	-6.00	21.12	-73.50
16B	515115.270	2158019.000				
17A	512853.082	2157227.938	-0.38	-3.00	3.02	7.14
17B	512853.458	2157230.938				
18A	514807.020	2157518.000	6.00	-4.50	7.50	-53.13
18B	514801.020	2157522.500				
19A	511150.770	2156489.750	-10.50	1.50	10.61	-81.87
19B	511161.270	2156488.250				
20A	512153.520	2156956.250	-6.75	0.75	6.79	-83.66
20B	512160.270	2156955.500				
21A	512956.770	2156354.000	-3.75	-10.50	11.15	19.65
21B	512960.520	2156364.500				
22A	514036.020	2157161.750	3.00	-3.75	4.80	-38.66
22B	514033.020	2157165.500				
23A	514569.270	2156438.750	-3.00	-1.50	3.35	63.43
23B	514572.270	2156440.250				
24A	511357.020	2155541.750	-2.25	-10.50	10.74	12.09
24B	511359.270	2155552.250				
25A	512586.270	2155942.250	1.50	-9.00	9.12	-9.46
25B	512584.770	2155951.250				
26A	513918.270	2156033.000	6.00	-6.00	8.49	-45.00
26B	513912.270	2156039.000				
27A	515035.770	2155832.750	12.00	1.50	12.09	82.87
27B	515023.770	2155831.250				
28A	513276.270	2158442.750	-4.50	3.00	5.41	-56.31
28B	513280.770	2158439.750				
29A	512410.957	2158334.188	-1.50	-6.00	6.18	14.05
29B	512412.458	2158340.188				
30A	513307.770	2158956.500	4.50	0.75	4.56	80.54
30B	513303.270	2158955.750				

MODELO DE DEFORMACIÓN DE LA FOTOTOGRAFÍA 28
DE LA LINEA 05 DEL AÑO DE 1970.



Método de Interpolación: "Mínima Curvatura"
 Equidistancia entre Isolíneas: 2 m de desplazamiento.
 Acotaciones en sentido del valor de las isolíneas
 No. de Vectores registrados: 30
 Distancia Promedio: 8.71 m.
 Desviación Estandar: 4.12 m.

NOTA: Vectores exagerados 10 veces su tamaño Real



ESC. 1 : 30 000

Por: David Romero Hernández.

Coordenadas de los pares de puntos de la fotografía 26 de la línea 27 del año 1970

PTO.	ESTE (X)	NORTE (Y)	DELTA "x"	DELTA "y"	DIST (m)	Azímüt
1A	510860.980	2152271.000	4.50	9.00	10.06	26.57
1B	510856.480	2152262.000				
2A	511703.230	2152544.750	7.50	9.00	11.72	39.81
2B	511695.730	2152535.750				
3A	512836.480	2152757.750	6.00	1.50	6.18	75.96
3B	512830.480	2152756.250				
4A	513790.480	2152411.250	-7.50	-7.50	10.61	45.00
4B	513797.980	2152418.750				
5A	514498.293	2152847.562	-4.50	-0.75	4.56	80.54
5B	514502.793	2152848.312				
6A	510417.918	2151473.562	2.25	-1.50	2.70	-56.31
6B	510415.668	2151475.062				
7A	511568.230	2151623.750	-3.75	9.75	10.45	-21.04
7B	511571.980	2151614.000				
8A	512936.418	2151554.562	-4.50	-7.50	8.75	30.96
8B	512940.918	2151562.062				
9A	513824.980	2151473.000	-7.50	-9.00	11.72	39.81
9B	513832.480	2151482.000				
10A	510512.793	2150633.188	10.88	-0.37	10.88	-88.03
10B	510501.918	2150633.562				
11A	511784.230	2150699.000	-13.50	9.75	16.65	-54.16
11B	511797.730	2150689.250				
12A	512647.949	2150619.594	0.38	-1.50	1.55	-14.04
12B	512647.574	2150621.094				
13A	514004.230	2150502.500	-9.00	-8.25	12.21	47.49
13B	514013.230	2150510.750				
14A	514847.230	2150942.750	-6.00	-7.50	9.60	38.66
14B	514853.230	2150950.250				
15A	510494.980	2149406.000	0.00	9.00	9.00	0.00
15B	510494.980	2149397.000				
16A	511861.199	2149303.719	-6.19	2.81	6.80	-65.55
16B	511867.386	2149300.906				
17A	513225.730	2149034.750	-9.00	7.50	11.72	-50.19
17B	513234.730	2149027.250				
18A	514632.730	2149328.750	-25.50	3.00	25.68	-83.29
18B	514658.230	2149325.750				
19A	510212.980	2148269.000	-6.75	12.00	13.77	-29.36
19B	510219.730	2148257.000				
20A	511258.480	2148400.250	-14.25	2.25	14.43	-81.03
20B	511272.730	2148398.000				
21A	513265.480	2148457.250	-10.50	6.00	12.09	-60.26
21B	513275.980	2148451.250				
22A	511682.980	2150080.250	-6.00	13.50	14.77	-23.96
22B	511688.980	2150066.750				
23A	513248.230	2149736.000	-5.25	-3.00	6.05	60.26
23B	513253.480	2149739.000				
24A	510488.230	2152602.500	-2.25	-1.50	2.70	56.31
24B	510490.480	2152604.000				
25A	512777.980	2152203.500	-2.25	3.00	3.75	-36.87
25B	512780.230	2152200.500				

ANEXO "D".

RESULTADOS DE LA GEORREFERENCIA
POR FOTOGRAFÍA.

*(Archivos *.CTP)*

NOTA PRELIMINAR.

Se presentan a continuación tres de los archivos *.CTP (Control Tie Points), cada uno representa el valor de el sigma registrado para cada uno de los puntos de georreferencia de la fotografía. Se muestran dos archivos para cada año, uno de ellos es aquel que muestra los resultados del error medio cuadrático en el momento de ser georreferenciada la fotografía, el segundo de los estos muestra el mismo archivo una vez que se asignó el tipo de corrección a realizar (*proyectiva*).

ARCHIVO 404W.CTP					
LINEA	COLUMNA	X	Y	DELTA "L"	DELTA "C"
593	116	510009	2161028	7.389	7.082
616	1093	511445	2161005	-2.090	-7.601
874	2186	513009	2160640	-13.869	8.507
1880	875	511159	2159171	0.632	-10.858
1561	1717	512365	2159660	4.851	-6.471
1808	2443	513401	2159312	-0.095	7.187
2691	1363	511871	2158010	2.853	-3.780
2783	2707	513799	2157915	7.033	9.369
2937	63	509969	2157610	-4.943	13.752
2952	1829	512551	2157641	1.548	-4.022
2203	1755	512439	2158724	0.599	-10.812
1800	274	510270	2159275	2.632	1.232
3442	644	510845	2156890	-8.540	-3.584

ARCHIVO 404C.CTP					
LINEA	COLUMNA	X	Y	DELTA "L"	DELTA "C"
593	116	510009	2161028	-2.819	4.024
616	1093	511445	2161005	1.097	-2.251
874	2186	513009	2160640	-0.357	4.180
1880	875	511159	2159171	-1.873	-6.045
1561	1717	512365	2159660	6.641	-2.730
1808	2443	513401	2159312	1.990	1.092
2691	1363	511871	2158010	0.649	3.238
2783	2707	513799	2157915	-2.576	1.720
2937	63	509969	2157610	2.481	4.278
2952	1829	512551	2157641	-3.520	1.953
2203	1755	512439	2158724	-1.728	-6.041
1800	274	510270	2159275	-1.810	-1.332
3442	644	510845	2156890	1.824	-2.085

ARCHIVO 2726W.CTP					
LINEA	COLUMNA	X	Y	DELTA "L"	DELTA "C"
393	288	511485	2162095	-4.42748	1.139771
532	1147	512812	2161880	1.599304	-3.384766
1107	272	511445	2161005	-7.367432	7.435669
1337	1290	513009	2160640	-7.468628	7.307007
1112	2606	515065	2160981	4.744385	-12.30782
2316	71	511159	2159171	-6.05127	-13.8568
1992	870	512365	2159660	-0.801978	2.687805
2213	1550	513401	2159312	-2.164307	7.913574
3087	548	511871	2158031	19.88667	-3.666579
3129	1814	513799	2157911	-4.820557	8.370483
3324	993	512551	2157640	4.102051	-2.124207
378	1859	513902	2162125	15.58246	0.750244
1232	2020	514142	2160800	-0.101929	1.194702
2404	2530	514921	2158991	-12.61328	-1.457275

ARCHIVO 2726C.CTP					
LINEA	COLUMNA	X	Y	DELTA "L"	DELTA "C"
393	288	511485	2162095	0.16806	-2.151154
532	1147	512812	2161880	-1.593994	-9.234497
1107	272	511445	2161005	0.572021	8.409454
1337	1290	513009	2160640	-3.30603	1.923706
1112	2606	515065	2160981	-3.91E-03	0.189209
2316	71	511159	2159171	-6.97876	-1.808037
1992	870	512365	2159660	4.07251	-0.258423
2213	1550	513401	2159312	4.086914	1.951416
3087	548	511871	2158031	9.733643	1.626587
3129	1814	513799	2157911	-1.658936	0.25
3324	993	512551	2157640	-5.474121	-4.190613
378	1859	513902	2162125	1.762238	1.999756
1232	2020	514142	2160800	9.86E-02	1.548143
2404	2530	514921	2158991	-1.478027	-0.253662

ARCHIVO 0815W.CTP					
LINEA	COLUMNA	X	Y	DELTA "L"	DELTA "C"
129	336	511580	2152801	6.433113	1.09494
18	1447	514945	2152970	-0.896139	-0.905518
906	185	511030	2150459	-3.346802	1.39595
876	1333	514490	2150422	3.141602	2.185303
212	537	512190	2152510	1.240021	-3.92218
307	1067	513765	2152139	-4.954376	-0.820068
862	928	513289	2150515	3.138855	-3.546265
585	168	511011	2151410	-8.282043	3.273331
631	739	512745	2151221	-0.695129	-2.913147
337	176	511065	2152190	3.93222	3.694794
484	1327	514500	2151590	-0.203613	8.322021
830	540	512129	2150660	3.011169	-5.178223
89	1148	514041	2152790	-2.518791	-2.680908

ARCHIVO 0815C.CTP					
LINEA	COLUMNA	X	Y	DELTA "L"	DELTA "C"
129	336	511580	2152801	1.880508	-0.642578
18	1447	514945	2152970	2.584601	-2.112671
906	185	511030	2150459	0.570007	1.701767
876	1333	514490	2150422	-1.825378	-3.571167
212	537	512190	2152510	-0.610382	-1.860229
307	1067	513765	2152139	-3.800293	1.834351
862	928	513289	2150515	1.44458	-1.28717
585	168	511011	2151410	-6.232849	0.873703
631	739	512745	2151221	0.108582	0.837891
337	176	511065	2152190	2.40033	-0.457962
484	1327	514500	2151590	0.609375	5.926636
830	540	512129	2150660	4.279602	-1.457092
89	1148	514041	2152790	-1.408737	0.213989

ANEXO "E".

COORDENADAS EXTREMAS DE LAS
FOTOGRAFÍAS GEORREFERIDAS.
PARA EL PROCESO DE
CORRECCIÓN GEOMÉTRICA.

NOTA PRELIMINAR

Se presentan a continuación las tablas en donde se registraron las coordenadas extremas para cada una de las fotografías. Las coordenadas aquí presentadas se obtuvieron dentro del SIG con la instrucción RdPix (Read Pixel) en la versión 1.41 de ILWIS.

Los valores de las coordenadas extremas obtenidas se redondearon a la decena mas cercana para de esta manera definir el área real de la corrección de cada una de las fotografías de los tres periodos de análisis.

Archivos de coordenadas extremas de las fotografías del año 1970

IMAGEN L24F01				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	511054	2162697	X-MIN	511020
2	516235	2162647	X-MAX	516230
3	511025	2157245	Y-MIN	2157220
4	516207	2157219	Y-MAX	2162700

IMAGEN L25F29				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	512139	2160507	X-MIN	512070
2	516902	2160417	X-MAX	516900
3	512075	2155476	Y-MIN	2155350
4	516837	2155354	Y-MAX	2160500

IMAGEN L24F02				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	509024	2162774	X-MIN	508970
2	514113	2162713	X-MAX	514070
3	508968	2157292	Y-MIN	2157220
4	514069	2157219	Y-MAX	2162770

IMAGEN L26F08				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	510264	2157083	X-MIN	510040
2	515422	2156916	X-MAX	515420
3	510043	2151631	Y-MIN	2151460
4	515200	2151465	Y-MAX	2157080

IMAGEN L24F03				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	506916	2162804	X-MIN	506910
2	512053	2162779	X-MAX	512080
3	506945	2157363	Y-MIN	2157350
4	512083	2157349	Y-MAX	2162800

IMAGEN L26F07				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	508517	2157244	X-MIN	508290
2	513699	2157032	X-MAX	513700
3	508289	2151799	Y-MIN	2151800
4	513472	2151598	Y-MAX	2157240

IMAGEN L25F27				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	509020	2160650	X-MIN	508790
2	513875	2160509	X-MAX	513870
3	508789	2155448	Y-MIN	2155300
4	513644	2155306	Y-MAX	2160650

IMAGEN L27F24				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	506723	2153071	X-MIN	506460
2	511878	2152842	X-MAX	511880
3	506464	2147562	Y-MIN	2147300
4	511618	2147297	Y-MAX	2152840

IMAGEN L25F28				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	510644	2160486	X-MIN	510430
2	515438	2160361	X-MAX	515440
3	510430	2155351	Y-MIN	2155220
4	515269	2155225	Y-MAX	2160361

IMAGEN L27F26				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	509989	2153051	X-MIN	509850
2	515182	2152906	X-MAX	515180
3	509853	2147532	Y-MIN	2147390
4	515046	2147386	Y-MAX	2153050

Archivos de coordenadas extremas de las fotografías del año 1989

IMAGEN L04F04				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	509841	2161873	X-MIN	509840
2	514756	2161950	X-MAX	514830
3	509918	2156570	Y-MIN	2E+06
4	514828	2156653	Y-MAX	2E+06

IMAGEN L05F03				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	511808	2162530	X-MIN	511810
2	516620	2162815	X-MAX	516950
3	512139	2157320	Y-MIN	2157320
4	516951	2157606	Y-MAX	2162810

IMAGEN L04F05				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	509865	2160164	X-MIN	509860
2	514744	2160174	X-MAX	514760
3	509881	2154858	Y-MIN	2E+06
4	514759	2154923	Y-MAX	2E+06

IMAGEN L05F04				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	511825	2160501	X-MIN	511820
2	516647	2160810	X-MAX	516970
3	512151	2155362	Y-MIN	2155360
4	156974	2155660	Y-MAX	2160810

IMAGEN L04F07				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	514934	2156837	X-MIN	510000
2	510086	2156892	X-MAX	514930
3	509999	2151621	Y-MIN	2E+06
4	514847	2156890	Y-MAX	2E+06

IMAGEN L05F05				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	512157	2158715	X-MIN	512160
2	516972	2158894	X-MAX	517140
3	517145	2153778	Y-MIN	2153540
4	512331	2153544	Y-MAX	2158890

IMAGEN L04F09				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	510021	2153265	X-MIN	510020
2	514836	2153493	X-MAX	515050
3	510241	2148106	Y-MIN	2E+06
4	515055	2148356	Y-MAX	2E+06

IMAGEN L05F07				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	511830	2155016	X-MIN	511830
2	516803	2155174	X-MAX	517080
3	512110	2149897	Y-MIN	2149900
4	517083	2150053	Y-MAX	2155170

IMAGEN L04F10				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	509780	2151764	X-MIN	509780
2	514611	2151810	X-MAX	514720
3	509889	2146496	Y-MIN	2E+06
4	514720	2146542	Y-MAX	2E+06

Archivos de coordenadas extremas de las fotografías del año 1997.

IMAGEN L07F26				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	513531	2162471	X-MIN	513530
2	518098	2162825	X-MAX	518320
3	513756	2159458	Y-MIN	2159460
4	518322	2159812	Y-MAX	2162820

IMAGEN L08F19				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	510521	2157964	X-MIN	510430
2	515109	2157847	X-MAX	515110
3	510428	2154928	Y-MIN	2154810
4	515016	2154811	Y-MAX	2157970

IMAGEN L09F31				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	507531	2158454	X-MIN	507530
2	512149	2158433	X-MAX	512160
3	507546	2155387	Y-MIN	2155360
4	512164	2155366	Y-MAX	2158450

IMAGEN L07F28				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	513707	2160211	X-MIN	513910
2	518227	2160458	X-MAX	518430
3	513909	2157231	Y-MIN	2157230
4	518429	2157478	Y-MAX	2160460

IMAGEN L08F20				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	510544	2159314	X-MIN	510510
2	515151	2159255	X-MAX	515150
3	510513	2156263	Y-MIN	2156200
4	515120	2156205	Y-MAX	2159320

IMAGEN L09F33				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	507516	2156103	X-MIN	507510
2	512114	2156305	X-MAX	512270
3	507672	2153059	Y-MIN	2153060
4	512270	2153261	Y-MAX	2156300

IMAGEN L08F14				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	510544	2151904	X-MIN	510380
2	515118	2151645	X-MAX	515950
3	510382	2148897	Y-MIN	2148640
4	514956	2148637	Y-MAX	2151900

IMAGEN L08F22				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	510765	261789	X-MIN	510550
2	515376	2161398	X-MAX	515380
3	510550	2158763	Y-MIN	2158370
4	513160	2158372	Y-MAX	2161790

IMAGEN L09F34				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	507607	2155009	X-MIN	507610
2	512198	2155263	X-MAX	512340
3	507755	2151967	Y-MIN	2151220
4	512344	2152221	Y-MAX	2155260

IMAGEN L08F15				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	510590	2153197	X-MIN	510470
2	515167	2153011	X-MAX	515170
3	510472	2150180	Y-MIN	2149990
4	515048	2149993	Y-MAX	2153200

IMAGEN L09F28				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	508087	2161646	X-MIN	508020
2	512726	2161462	X-MAX	512730
3	508017	2158579	Y-MIN	2158390
4	512656	2158395	Y-MAX	2161650

IMAGEN L09F36				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	507715	2152691	X-MIN	507710
2	512322	2152949	X-MAX	512510
3	507901	2149649	Y-MIN	2149650
4	512508	2149906	Y-MAX	2152950

IMAGEN L08F16				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	510596	2155615	X-MIN	510350
2	515190	2155412	X-MAX	515940
3	510352	2156603	Y-MIN	2152400
4	514946	2152400	Y-MAX	2155610

IMAGEN L09F30				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	507872	2159629	X-MIN	507690
2	512501	2159344	X-MAX	512500
3	507689	2156578	Y-MIN	2156290
4	512319	2156293	Y-MAX	2159630

IMAGEN L09F38				
ESQ.	E	N	EXTREMAS	
1	508171	2150861	X-MIN	507960
2	512767	2150548	X-MAX	512770
3	507964	2147804	Y-MIN	2147490
4	512559	2147491	Y-MAX	2150860

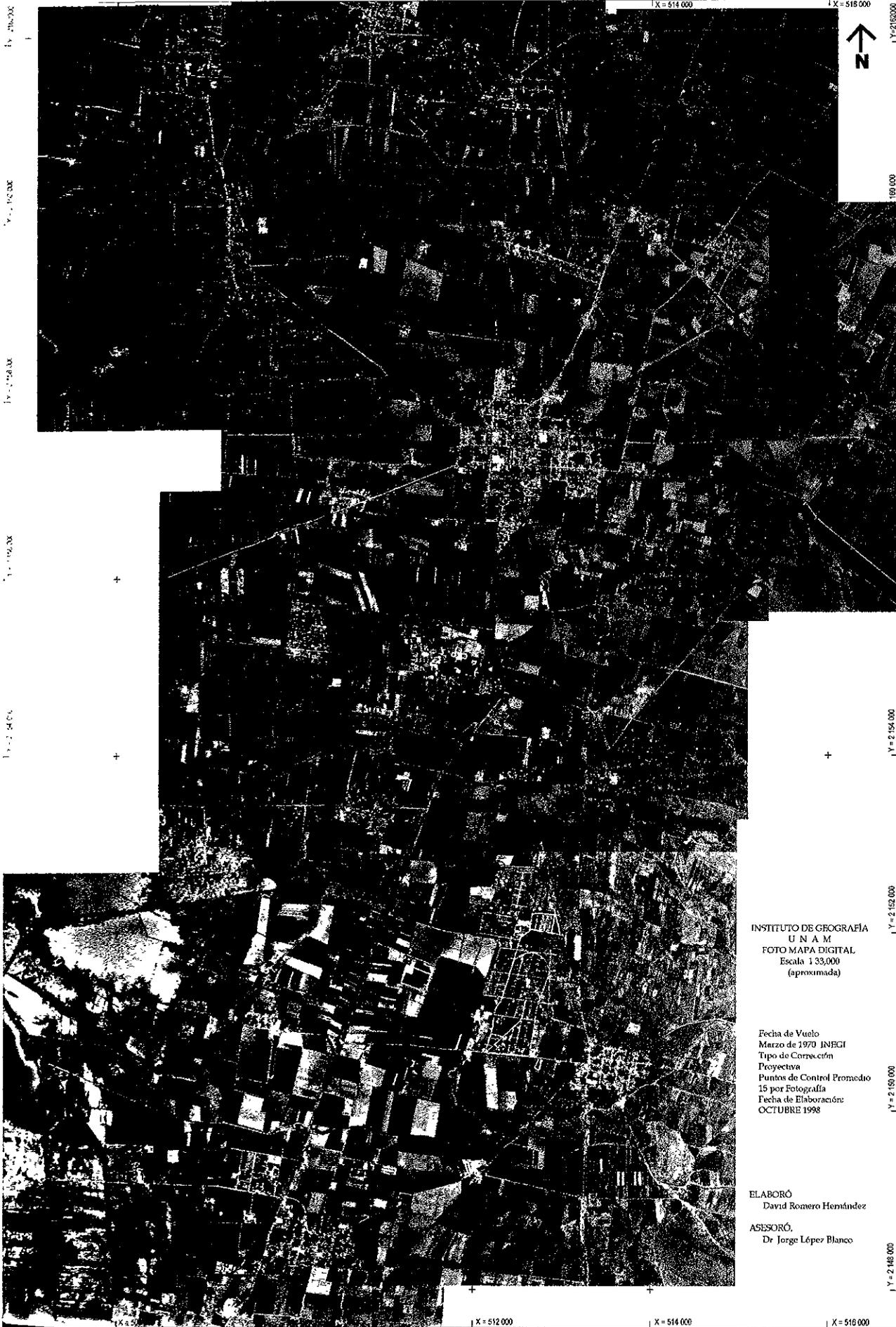
ANEXO CARTOGRÁFICO.

LOS FOTOMAPAS FUERON IMPRESOS A TAMAÑO CARTA DEBIDO A LOS COSTOS DE IMPRESIÓN. POR LO QUE LA ESCALA QUE INDICAN ES MAYOR A LA QUE REPRESENTAN, ESTA ES IGUAL A 1:60,000 (aproximadamente).

PARA CONSULTAR LOS FOTOMAPAS ORIGINALES A LA ESCALA 1:20,000 DIRIGIRSE CON EL AUTOR A LA BIBLIOTECA DEL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM.



· DEPARTAMENTO DE FILOSOFÍA Y LETRAS
CURSO DE GEOGRAFÍA



X = 514 000

X = 516 000



160 000

Y = 2 154 000

Y = 2 152 000

Y = 2 150 000

Y = 2 148 000

Y = 216 000

Y = 192 000

Y = 168 000

Y = 144 000

Y = 120 000

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA
U N A M
FOTO MAPA DIGITAL
Escala 1 33,000
(aproximada)

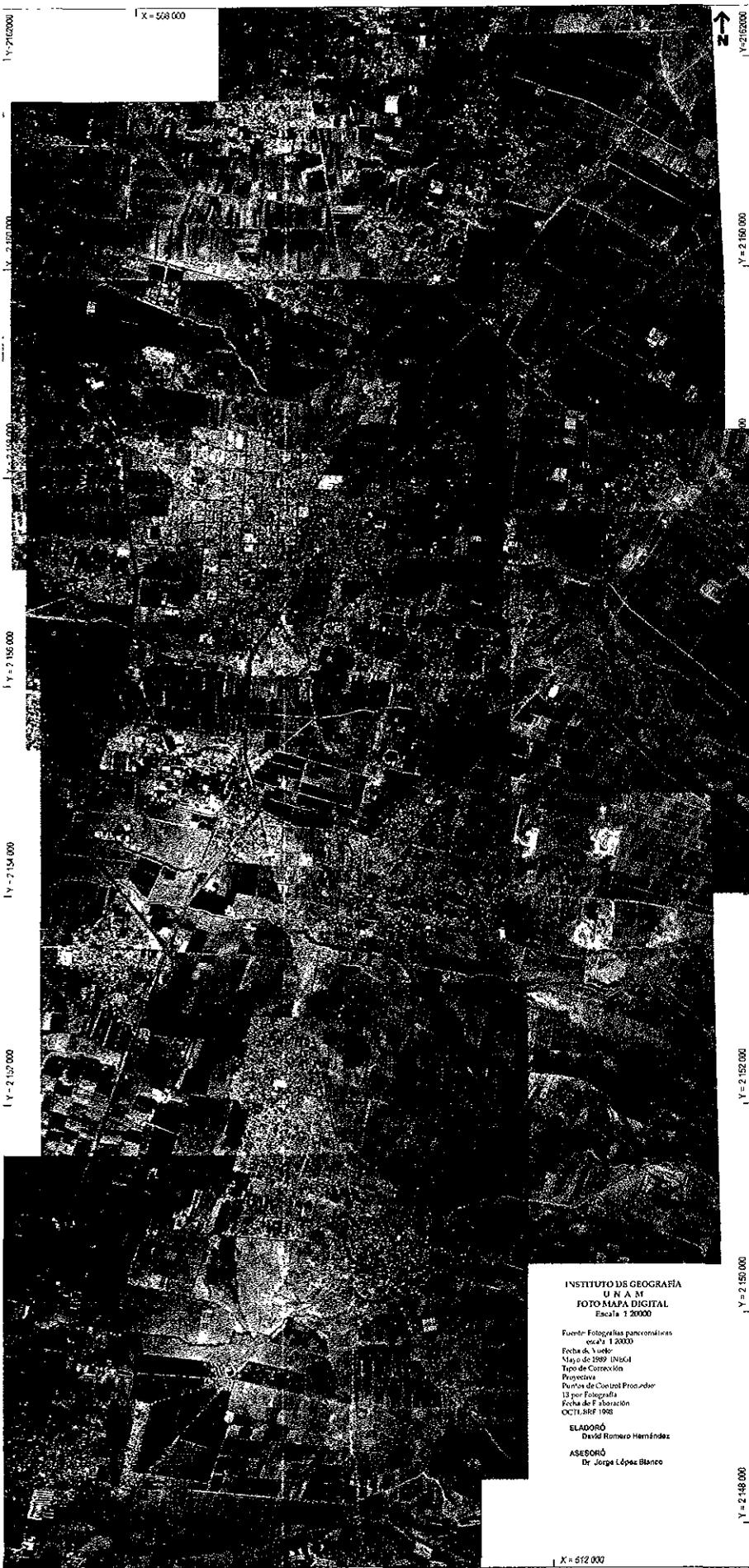
Fecha de Vuelo
Marzo de 1970 INEGI
Tipo de Corrección
Proyectiva
Puntos de Control Promedio
15 por Fotografía
Fecha de Elaboración:
OCTUBRE 1998

ELABORÓ
David Romero Hernández
ASESORÓ.
Dr. Jorge López Blanco

X = 512 000

X = 514 000

X = 516 000



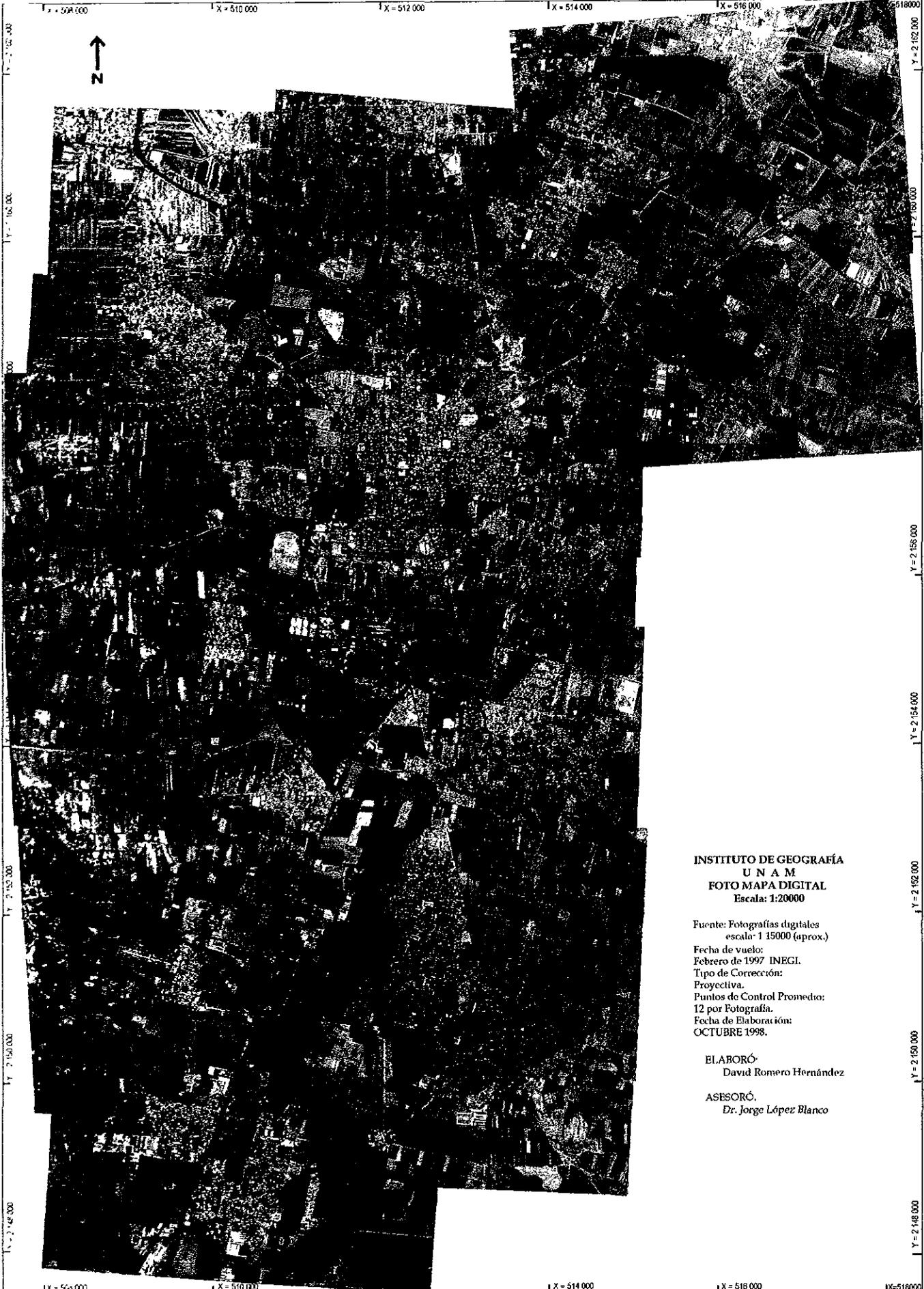
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
U. N. A. S. I.
FOTO MAPA DIGITAL
Escala 1:20000

Fuente: Fotografías panorámicas
escala 1:2000
Fecha de vuelo:
Mayo de 1989 INEGI
Tipo de Corrección
Proyector
Puntos de Control Producho
13 por Fotografía
Fecha de Fabricación
OCTUBRE 1989

ELABORÓ
David Romero Hernández

ASESORÓ
Dr. Jorge López Blanco

X = 612,000



**INSTITUTO DE GEOGRAFÍA
U N A M
FOTO MAPA DIGITAL
Escala: 1:20000**

Fuente: Fotografías digitales
escala: 1:15000 (aprox.)

Fecha de vuelo:
Febrero de 1997 INEGI.
Tipo de Corrección:
Proyectiva.
Puntos de Control Promedio:
12 por Fotografía.
Fecha de Elaboración:
OCTUBRE 1998.

ELABORÓ:
David Romero Hernández

ASESORÓ:
Dr. Jorge López Blanco