



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Postgrado Especialización en Catastro**

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN LEVANTAMIENTO CATASTRAL EN ÁREA RURAL POR EL MÉTODO DIRECTO E INDIRECTO

Asesorado por: Ing. Elder Benjamín Vásquez Rubio

**Ing. Álvaro Iván Posadas López
Ing. Johnny Roberto Kestler Soto
Arq. Estuardo Josué Mendoza Guzmán
Ing. Marvin Enrique Canales Portillo
Arq. Eulalio Matías García Raxjal
Ing. Harry Efraín Ochaeta Galindo**

Guatemala, abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN LEVANTAMIENTO
CATASTRAL EN ÁREA RURAL POR EL MÉTODO
DIRECTO E INDIRECTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

Ing. Alvaro Iván Posadas López

Ing. Johnny Roberto Kestler Soto

Arq. Estuardo Josué Mendoza Guzmán

Ing. Marvin Enrique Canales Portillo

Arq. Eulalio Matías García Raxjal

Ing. Harry Efraín Ochaeta Galindo

ASEORADO POR ING. ELDER BENJAMÍN VÁSQUEZ RUBIO

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

Universidad de San Carlos
de Guatemala



EPFI-108-2012

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Guatemala, 18 de abril de 2012.

Profesionales

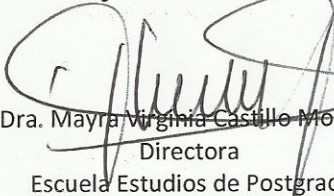
Ing. Álvaro Iván Posadas López
Ing. Johnny Roberto Kestler Soto
Arq. Estuardo Josué Mendoza Guzmán
Ing. Marvin Enrique Canales Portillo
Arq. Eulalio Matías García Raxjal
Ing. Harry Efraín Ochaeta Galindo
Presentes.

Estimados Profesionales:

Reciban un cordial y atento saludo, a la vez aprovecho la oportunidad para comunicarles que la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería ha Aprobado su Trabajo de Graduación titulado **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN LEVANTAMIENTO CATASTRAL EN ÁREA RURAL POR EL MÉTODO DIRECTO E INDIRECTO”** de la Especialización de: **Catastro.**

Sin otro particular, atentamente

“Id y enseñad a todos”


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la

AGRADECIMIENTO

A Dios **Por las bendiciones, sabiduría e inteligencia para poder alcanzar un éxito más en nuestra vida profesional.**

**A la Universidad
de San Carlos de
Guatemala**

Por habernos dado la oportunidad de estar en tan prestigiosa casa de estudios.

**A la Facultad de
Ingeniería**

Por darnos la facilidad de tener adecuadas instalaciones y Profesionales adecuados para el Postgrado

**Al Ing. Elder
Vásquez Rubio**

Por el tiempo brindado, conocimientos y guía para la elaboración de este trabajo de graduación.

**A nuestras
Familias**

Por su comprensión y ayuda incondicional en el esfuerzo realizado para obtener este Postgrado.

**Compañeros
de Postgrado**

Que indirecta o directamente nos brindaron su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
GLOSARIO.....	III
RESUMEN.....	IX
JUSTIFICACIÓN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV

1. GENERALIDADES

1.1. Definición de Catastro.....	1
1.2. Ciencias y disciplinas auxiliares al Catastro.....	2
1.3. Métodos utilizados para un levantamiento catastral.....	4
1.3.1. Método directo.....	5
1.3.1.1. Métodos de medición topográfica.....	6
1.3.2. Método indirecto.....	10
1.3.2.1. Especificaciones de las fotografías aéreas.....	12
1.3.2.2. Escalas cartográficas.....	14

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.1. Localización y delimitación.....	17
2.2. Topografía del área.....	18
2.3. Cantidad de predios por catastrar.....	18
2.4. Vías de acceso principales.....	18

3. LEVANTAMIENTO CATASTRAL POR MÉTODO DIRECTO

3.1. Sistema de Proyección utilizado.....	19
3.2. Método de levantamiento topográfico utilizado.....	19
3.3. Equipo y Material de apoyo.....	20
3.4. Precisión del equipo.....	21

3.5.	Tiempo para la ejecución, del proyecto.	22
3.6.	Descripción del trabajo de campo.	22
3.7.	Post-proceso de datos.	22
3.8.	Incorporación a un Sistema de Información Geográfica.	25
3.9.	Mapa catastral final.	30
4.	LEVANTAMIENTO CATASTRAL POR MÉTODO INDIRECTO	
4.1.	Sistema de Proyección de la Cartografía utilizada.	31
4.2.	Especificaciones de la ortofoto utilizada.	31
4.2.1.	Tamaño de Pixel.	31
4.3.	Digitalización de los linderos.	32
4.3.1.	Tiempo para la ejecución del proyecto.	33
4.4.	Mapa Catastral final.	34
5.	PRESICIONES ESTABLECIDAS SEGÚN EL MANUAL DE NORMAS TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS CATASTRALES DEL REGISTRO DE INFORMACIÓN CATASTRAL.	35
6.	CÁLCULO DE COSTOS	
6.1.	Costo de levantamiento catastral utilizando el método directo.	41
6.2.	Costo de levantamiento catastral utilizando el método indirecto.	41
7.	COMPARACIÓN DE PRESICION, COSTO Y TIEMPO EN CADA MÉTODO.	43
	CONCLUSIONES.	47
	RECOMENDACIONES.	49
	BIBLIOGRAFÍA.	51
	ANEXOS.	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de Relieve en un terreno.	5
2.	Instrumento conocido como Estación Total.	8
3.	Relación entre escala de la fotografía y escala cartográfica.	13
4.	Relación de cobertura de escalas cartográficas.	15
5.	Ubicación del Área de Estudio.	16
6.	Mapa de vías de acceso departamento de Escuintla.	18
7.	Esquema de levantamiento topográfico utilizado.	20
8.	Imagen que muestra el proceso de descarga de puntos.	23
9.	Imagen que muestra el proceso de unión de puntos.	24
10.	Imagen que muestra el proceso de unión de puntos y creación de <i>layer</i> por cada elemento.	26
11.	Imagen que muestra el proceso de creación de topología.	29
12.	Imagen que muestra el proceso de exportación de shapes.	29
13.	Mapa catastral obtenido por levantamiento directo.	30
14.	Visualización de predios a escala 1:1 000.	33
15.	Visualización de predios a escala 1:650.	33
16.	Mapa catastral obtenido por levantamiento indirecto.	34

GRÁFICAS

I.	Comparación de Costos entre el método indirecto y el método directo para levantamiento catastral.	42
II.	Comparación de precisión entre el método indirecto y el método directo para levantamiento catastral.	43
III.	Comparación de Costos entre el método indirecto y el método directo para levantamiento catastral.	44
IV.	Comparación Tiempo entre el método indirecto y el método directo para levantamiento catastral.	45

GLOSARIO

- Alfanumérico:** Es un término colectivo para identificar letras del alfabeto latino y de números arábigos. Un set de caracteres alfanuméricos consiste de los números 0 al 9; y letras de la A a la Z.
- Altimetría:** (También llamada **hipsometría**) es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.).
- Catastro:** Es un inventario de la totalidad de los bienes inmuebles de un país o región de éste, permanente y metódicamente actualizado mediante cartografiado de los límites de las parcelas y de los datos asociados a ésta en todos sus ámbitos. Inmobiliario es un registro administrativo dependiente del Estado en el que se describen los bienes inmuebles rústicos, urbanos y de características especiales.
- Elipsoide:** Es una superficie curva cerrada cuyas tres secciones ortogonales principales son elípticas, es decir, son

originadas por planos que contienen dos ejes cartesianos.

Falso Norte: Es una distancia arbitraria que se le suma a las distancias en dirección Sur-Norte. Tiene por objeto eliminar los valores negativos para puntos al Sur del Ecuador cuando se toma ese paralelo como paralelo de origen.

Formato DWG: Es un formato de archivo informático de dibujo computarizado, utilizado principalmente por el programa AutoCAD.

Formato DXF: (acrónimo del inglés *Drawing Exchange Format*) es un formato de archivo informático para dibujos de diseño asistido por computadora, creado fundamentalmente para posibilitar la interoperabilidad entre los archivos con extensión *.dwg* (Archivo informático que significa: drawing), es utilizado por el programa AutoCAD, y el resto de programas del mercado.

Geoposicionamiento: Por posicionamiento entiende la determinación en el espacio de objetos móviles o estacionarios. Estos objetos pueden ser determinados de las formas siguientes: 1.- En relación a un sistema de coordenadas, generalmente tridimensional. 2.- En relación a otro punto, tomando uno como origen de un sistema de coordenadas locales.

- Isocentro Longitudinal:** Es el punto de intersección de la bisectriz al ángulo formado por el punto principal, centro de proyección y punto nadiral, con el plano del negativo. Se denota con la letra "i". El desplazamiento debido a la inclinación es radial a este punto.
- Latitud:** Es la distancia angular entre el ecuador y un punto determinado del planeta, medida a lo largo del meridiano en el que se encuentra dicho punto angular. Se abrevia con **lat**. La latitud se discrimina en latitud Norte y latitud Sur según el hemisferio.
- Levantamiento:** Conjunto de operaciones ejecutadas sobre el terreno, con los instrumentos adecuados, el levantamiento topográfico necesita una serie de mediciones y triangulaciones, que luego nos permitirá la elaboración del Plano de ese lugar, terreno o solar.
- Ortofoto:** Fotografía aérea modificada geométricamente para ajustarla a un sistema de proyección geográfica en una Ortofoto (grafía) se han eliminado las distorsiones debidas a la perspectiva, al movimiento de la cámara y al relieve de forma que posee las mismas propiedades métricas que un mapa.
- Parámetro:** Término que a veces se refiere vagamente a un elemento individual medido. Este uso no es consistente, ya que a veces el *canal* se refiere a un elemento individual medido, con el *parámetro* de

referencia para la información de configuración de ese canal.

Polígono: Figura geométrica plana formada por, una línea poligonal cerrada.

Precisión: Calidad del proceso de medida de una magnitud el método GPS es muy preciso pero las medidas utilizadas sin corrección están afectadas por un error importante derivado de una degradación inducida en la señal de los satélites.

Predio: Es el polígono que sirve de unidad territorial del proceso catastral, que se identifica con un código de identificación que lo hace único.

Proyección: Conjunto de transformaciones métricas definidas para representar la superficie de la Tierra sobre un plano Existe un gran número de proyecciones, cada una de las cuales posee propiedades diferentes en cuanto a las métricas del objeto real y de su representación plana; por ejemplo, en una proyección conforme se conservan los ángulos (los paralelos y meridianos se cortan en ángulo recto) y en una equivalente se conservan las superficies.

Raster: Modelo de datos en el que la realidad se representa mediante incrustaciones elementales que forman un mosaico regular cada tesela del mosaico es una unidad de superficie que recoge el valor medio de la

variable representada (altitud, reflectancia...); las teselas pueden ser cuadradas (celdas) o no (triangulares, hexagonales...) un modelo de datos *raster* está basado en localizaciones.

Rural: Son las áreas que no están urbanizados, aunque cuando grandes áreas se describen, poblaciones rurales y ciudades pequeñas se incluirán.

Tolerancia: El límite permitido (s) de la variación de un objeto.

Urbano: Es un área caracterizada por una mayor densidad poblacional y gran rostro humano en comparación con las áreas que lo rodean

Vector: Entidad geométrica definida por una magnitud y un sentido un vector está formado por un par de puntos ordenados; el orden define el sentido del vector y la distancia entre origen y final su magnitud; si la magnitud es nula, el vector se reduce a un punto y el sentido queda indefinido

Vértice: El punto de intersección de las líneas o el punto opuesto a la base de una figura.

RESUMEN

Este trabajo del "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN LEVANTAMIENTO CATASTRAL EN ÁREA RURAL POR EL MÉTODO DIRECTO E INDIRECTO", cuenta dentro del mismo siete partes integrales que dan al final una visual del que hacer Catastral, principalmente en el área rural.

Tenemos en la primera parte de Generalidades como se define que es Catastro, así como de las ciencias y disciplinas auxiliares que utiliza el mismo, se verá también en qué consiste y qué equipo se utiliza tanto en el método Directo como Indirecto.

La segunda parte muestra los datos generales sobre el área sujeta de análisis y estudio catastral en un área rural.

La tercera parte se ve el trabajo realizado por el Método Directo desde el uso de equipo hasta los resultados obtenidos de un trabajo de campo y en la cuarta parte haciendo uso del Método Indirecto, como desde el uso de un Sistema de Proyección Cartográfico, se obtienen resultados del área sujeta a análisis y comparación.

La quinta y sexta parte se ve en forma sucinta, sobre las precisiones según el Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC, se tienen los costos que tiene tanto el uso de un Método Directo como Indirecto.

Por último se tienen gráficas de comparación sobre precisión, costos y tiempo del Método Directo con respecto al Método Indirecto, así como un análisis de lo realizado.

JUSTIFICACIÓN

Dentro de los diferentes cursos, laboratorios y prácticas que con lleva la Especialización en Catastro se van adquiriendo conocimientos nuevos los cuales conforme el tiempo avanza; los problemas territoriales se van complicando así como la tecnología en sus diferentes campos es innovadora.

Es por lo anterior y teniendo que aportar a los nuevos técnicos y profesionales en el campo del Catastro, un poco del aprendizaje obtenido, el título de **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN LEVANTAMIENTO CATASTRAL EN ÁREA RURAL POR EL MÉTODO DIRECTO E INDIRECTO”**, dará como resultado información actualizada y métodos del que hacer Catastral.

Cabe agregar que siendo un campo relativamente nuevo en Guatemala, este tipo de trabajos hará que se tengan referencias o guías para nuevos retos en el campo del Catastro.

OBJETIVOS

General

- Realizar un análisis comparativo entre un Método Directo e Indirecto de un Levantamiento Catastral.

Específicos

- Conocer los parámetros técnicos necesarios para la selección del método de levantamiento catastral óptimo de acuerdo a las características del proyecto.
- Obtener al final de este trabajo una comparación de la Precisión en el uso de un Método Directo y un Método Indirecto para determinar cual de los métodos resulta más exacto.
- Obtener una comparación de los costos en la utilización de un Método Directo y un Método Indirecto y definir el método más económico.
- Obtener una comparación del tiempo necesario para realizar un proyecto a través de un Método Directo y un Método Indirecto y definir el método más rentable.

INTRODUCCIÓN

La Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Facultad de Ingeniería, ha establecido el Postgrado de Catastro, con el objeto de promover y desarrollar el que hacer de un Catastro a nivel nacional.

En función de lo anterior surge el presente trabajo denominado "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN LEVANTAMIENTO CATASTRAL EN ÁREA RURAL POR EL MÉTODO DIRECTO E INDIRECTO.

El objeto de este trabajo es dejar una pequeña contribución a los diferentes profesionales y técnicos que busquen información sobre lo que es el buen uso del que hacer del Catastro así como también como se utiliza alguna metodología para hacer un catastro rural.

Se describirá el área Rural de estudio, la información del sector, municipio y departamento, donde se realizó el levantamiento Catastral. Los términos relacionados con las precisiones, se redactarán en base a lo establecido en el manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC: que nos indicará este tipo de documentos legales para hacer un levantamiento Catastral.

Se tendrá como resultado de la práctica en campo, el cálculo de los Costos por el Método Directo e Indirecto, así como también las precisiones y tiempos obtenidos en ambos Métodos; con el propósito de poder estimar que a través de la práctica el mejor método a utilizar.

1. GENERALIDADES

1.1 Definición de catastro

La etimología de la palabra catastro se origina del griego “*katastikhon*”, que significa lista o registro, está a su vez se compone de dos raíces, “*kata*” que significa hacia abajo y de “*stikhos*” que significa línea. De esta raíz se origina la palabra latina “*capitastrum*” que es la raíz latina de la palabra Catastro.

No existe una única definición de la palabra catastro y cada país o institución puede tener una de acuerdo al objetivo que pretende alcanzar, por ejemplo si es un catastro con finalidad fiscal, hará énfasis en la relación predio y valor del mismo con fines impositivos; si la finalidad es la jurídica, hará énfasis en la relación predio, el titular catastral y el tipo de propiedad de la finca.

De acuerdo a la Ley del Registro de Información Catastral (Decreto 41-2005 del Congreso de la República de Guatemala) en el Artículo 23, inciso “c” define Catastro de la siguiente: “Es el inventario técnico para la obtención y mantenimiento de la información territorial y legal, representada en forma gráfica y descriptiva, de todos los predios del territorio nacional. Dicha información, que es susceptible de ser complementada con otra de diversa índole, conformará el Centro Nacional de Información Registro-Catastral, disponible para usos multifinalitarios.”

La definición anterior se debe a que la finalidad del catastro nacional es con fin múltiple, pero pueden resaltarse los elementos comunes a otras definiciones que puedan existir de la palabra catastro, todo catastro es un inventario de predios que debe ser actualizado para que cumpla sus objetivos, debido a la dinámica del mercado inmobiliario. Se representa en forma gráfica y descriptiva, no solo cartográficamente si no también asignándole un código o una nomenclatura para poder asociarla a los datos que describen el predio de manera única con respecto al resto de predios, sus aspectos jurídicos, geométricos y económicos.

1.2 Ciencias y disciplinas auxiliares del catastro

El catastro se apoya en ciencias tan diversas, entre las más importantes se pueden mencionar las siguientes:

Geodesia, ciencia que estudia los procedimientos matemáticos a través de los cuales se representará una fracción terrestre pasando de una superficie esférica en 3 dimensiones a su representación en un mapa de 2 dimensiones, utilizada en la definición de redes de apoyo catastral.

Topografía, conjunto de métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales o artificiales en superficies de extensión limitada, de manera que sea posible prescindir de la esfericidad terrestre sin cometer errores apreciables.

Geografía, etimológicamente Geografía quiere decir: Descripción de la Tierra. La Geografía es la ciencia que estudia los hechos y los fenómenos físicos, biológicos y humanos, considerados en su distribución sobre la superficie de la Tierra, así como la investigación de las causas que los producen y sus relaciones mutuas.

Cartografía, ciencia que se encarga de representar en un mapa una parte o la totalidad de la superficie terrestre; a través del sistema de proyección más adecuado.

Fotogrametría arte, ciencia y tecnología de obtener información fidedigna y precisa de objetos físicos y su entorno por medio de procesos de registro, medida e interpretación de imágenes y modelos fotográficos, aporta una solución para el levantamiento de predios catastrales de forma indirecta.

Sistemas de Información Geográfica (GIS): Es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. Debido al avance de la tecnología se ha tenido un gran aporte de la **Geomática** disciplina que agrupa las ciencias de la tierra y las tecnologías empleadas para la captura, difusión e integración de los datos a los Sistemas de Información Geográfica.

Así mismo es importante mencionar el aporte de las ciencias del **Derecho** en el ordenamiento jurídico; las ciencias **Económicas** en lo relativo a la imposición tributaria. De la fusión de estas dos ciencias y utilizando criterios técnicos de ingeniería y arquitectura nace la **Valuación** que aporta los principios para determinar el valor de cada uno de los predios.

1.3 Métodos utilizados para un levantamiento catastral

Los métodos de levantamiento catastral tienen como finalidad obtener por medio de procedimientos técnicos los datos numéricos para definir los linderos de los predios y establecer las áreas que comprende cada uno de ellos.

El proceso de generación cartográfica catastral puede ser efectuado mediante la aplicación de dos métodos; el método de restitución fotogramétrica, también conocido como método indirecto; o bien por el método de levantamiento topográfico o método directo. Así mismo puede ser realizado por una combinación de ambos.

La restricción principal en cuanto a la elección del método de levantamiento catastral dependerá de las condiciones topográficas y del tipo de cobertura vegetal predominante en las tierras a levantar, así como a las posibilidades de identificación de los linderos y vértices de los polígonos topográficos que se pretende medir y geoposicionar para delimitar los predios que conforman el área de estudio.

La selección de la combinación de métodos en las actividades de levantamiento catastral es dependiente de la categorización que la municipalidad defina en función de la superficie Urbana o Rural en el municipio, de acuerdo a su plan de ordenamiento territorial. En cuanto a tierras urbanas podría influir además la densidad predial y el valor de la tierra, para aumentar en determinado sitio la precisión aceptable. En función de las tierras consideradas rurales es determinante la densidad de los predios así como el tipo de vegetación o elementos que definan los mojones y linderos.

El levantamiento catastral consiste en medir ya sea de forma directa o indirecta la cantidad de distancias y ángulos necesarios para describir la forma del predio y determinar ya sea gráfica o analíticamente la superficie del mismo.

El método topográfico que consiste en tomar directamente las medidas del predio a escala 1:1; el método fotogramétrico, o indirecto, consiste en tomar las medidas dentro de un modelo fotográfico del objeto a una escala reducida.

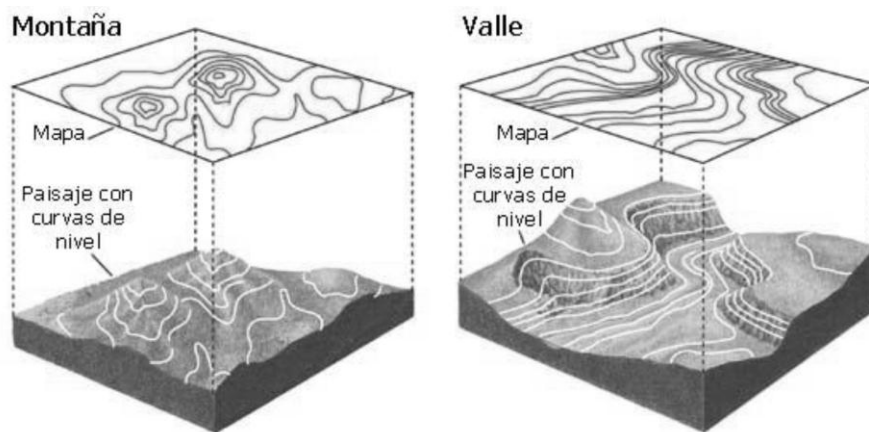


Figura 01. **Esquema de Relieve en un terreno, Fuente de la Imagen: Portal en Internet de La Técnica Topografía, Relieves.**

1.3.1 Métodos de levantamiento catastral directo

Consiste en el levantamiento geodésico y/o topográfico por medio de una serie de medidas efectuadas en campo a escala real, cuyo propósito final es determinar las coordenadas geodésicas de puntos situados sobre la superficie terrestre, así como describir los mojones y linderos que delimitan los predios, infraestructura existente y accidentes geográficos de interés.

Esta actividad implica la medición con apoyo de satélites, mediante el sistema de Posicionamiento Global (GPS) y procedimientos tradicionales tales como: Poligonación, triangulación, trilateración, radiación o la combinación de éstos con equipos de medición topográfica de alta precisión. Éstos últimos para propagar las coordenadas, una vez transformadas.

En los núcleos en cuya área o zonas colindantes, existan vértices construidos, observados y calculados a partir de la Red Geodésica Nacional Activa, se establecerá una densificación de ésta mediante la formación de una red de vértices definidos (por al menos tres vértices comunes con ésta, adecuadamente distribuidos) por los métodos de poligonación de precisión en malla u observaciones GPS.

En caso de no existir geodesia cercana, se definirá la red local referenciándola mediante observación astronómica previendo que la colocación y señalización de tal red garantice la posibilidad de observación y recálculo posterior, una vez que se construya la red geodésica en la zona. En el caso del catastro nacional en las zonas en proceso de levantamiento catastral la red de apoyo catastral es establecida por el Registro de Información Catastral, misma que está referida a la red geodésica nacional establecida por el Instituto Geográfico Nacional.

1.3.1.1 Método Topográfico

Poligonación de precisión (Redes locales). Las poligonales se realizarán, midiendo ángulos y distancias en las dos direcciones (por tramo) utilizando para ello distanciómetros, electroópticos y teodolitos.

La longitud máxima de cada poligonal no podrá exceder de 10 Km. Y la longitud máxima de cada tramo no excederá de 3 Km.

Poligonales de apoyo.- Cuando las circunstancias topográficas exigiesen densificar la red local establecida, se formará entonces una malla de vértices por el método de poligonación, que servirá de base para definir los puntos de apoyo que se levanten en campo y facilitar trabajos de campo complementarios.

Las características de esta malla de poligonales de apoyo son: que la longitud total máxima de desarrollo será de 5 Km., y la longitud entre ejes estará entre los 500 y 1000 m.

Las observaciones angulares se realizarán por el método de recíprocas y simultáneas entre extremos de eje, utilizando distanciómetros electroópticos o teodolitos, así como estación total de precisión angular de $\pm 2''$, lineal de 5mm + 3ppm.

Vértices prediales.- Para el levantamiento de éstos, se podrán medir mediante cualquiera de los siguientes métodos; a) Radiación, b) Intersección directa y c) Trisección inversa.

El cálculo y compensación de estas poligonales de precisión y apoyo se efectuarán con programas informáticos que consideren:

- Corrección por parámetros meteorológicos
- Reducción al elipsoide
- Compensación de los errores angulares y lineales
- Realizar el ajuste por mínimos cuadrados

Vértices complementarios.- Una vez superada la fase de restitución fotogramétrica (cuando el levantamiento haya sido por método indirecto) de la información numérica, las áreas de fotografías ocultas por sombras, vegetación, proyección de edificios u otras causas serán levantadas y diferenciadas en trabajos topográficos a partir de las poligonales de precisión o de apoyo. Se delimitarán las separaciones de predios y construcciones que no hubieran quedado convenientemente definidas en la fase de restitución.

Con lo anteriormente descrito podemos realizar las mediciones y cálculos con diferentes equipos de trabajo como, **La Estación Total**, se conoce con este nombre (Figura 01), al instrumento que integra en un sólo equipo las funciones realizadas por el teodolito electrónico, un medidor electrónico de distancias y un microprocesador para realizar los cálculos que sean necesarios para determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno.



Figura 02. Instrumento conocido como Estación Total

Fuente de la Imagen: Portal en Internet de La Técnica Topografía

<http://www.latecnica.com/Catalogo/Catalogo.HTM>

Entre las operaciones que realiza una Estación Total puede mencionarse: obtención de promedios de mediciones múltiples angulares y de distancias, corrección electrónica de distancias por constantes de prisma, presión atmosférica y temperatura, correcciones por curvatura y refracción terrestre, reducción de la distancia inclinada a sus componentes horizontal y vertical así como el cálculo de coordenadas de los puntos levantados.

El manejo y control de las funciones de la Estación Total se realiza por medio de la pantalla y del teclado, las funciones principales se ejecutan pulsando una tecla, como la introducción de caracteres alfanuméricos, medir una distancia.

Otras funciones que se emplean poco o que se utilizan sólo una vez, son activadas desde el menú principal, funciones como la introducción de constantes para la corrección atmosférica, constantes de prisma, revisión de un archivo, búsqueda de un elemento de un archivo, borrado de un archivo, configuración de la Estación, puertos de salida, unidades de medición, la puesta en cero o en un valor predeterminado del círculo horizontal se realizan también desde el menú principal.

La pantalla es también conocida como panel de control, en ella se presentan las lecturas angulares en el sistema sexagesimal, es decir los círculos son divididos en 360° , de igual manera se puede seleccionar para el círculo vertical, ángulos de elevación o ángulos cenitales (el cero en el horizonte o en el zenit respectivamente).

La Estación Total es utilizada tanto en levantamientos planimétricos como altimétricos, independientemente del tamaño del proyecto. Los levantamientos realizados con este instrumento son rápidos y precisos, el

vaciado de los datos de campo está libre de error, el cálculo se hace a través del software y el dibujo es asistido por computadora, lo cual garantiza una presentación final, el plano topográfico, en un formato claro, pulcro y que cumple con las especificaciones técnicas requeridas.

1.3.2 Métodos de levantamiento catastral indirecto

Levantamientos en área Urbana, al aplicar los métodos fotogramétricos en áreas urbanas, se preferirá el mapa de línea o levantamiento vectorial, es decir de las imágenes obtenidas (*raster*) se obtiene información delimitando predios (vectores); **Levantamientos en área Rural**, como ha quedado expreso anteriormente, se considera válido el uso de métodos fotogramétricos para el levantamiento catastral en general y particularmente para la determinación del geoposicionamiento de vértices y lados de los predios catastrales. La utilización de orto fotografías digitales con resolución de píxel de 0.50m., se recomienda para zonas rurales con baja densidad predial.

Para la realización de levantamiento catastrales se puede trabajar con fotografía aérea o bien con imágenes satelitales, sin embargo estas solamente proporcionan la información que pueda ser reconocida dentro de la fotografía o imagen, cualquier otra información que sea necesaria debe obtenerse en campo. A pesar que se puede tener información con cierta limitación este tipo de levantamiento tiene la ventaja que se pueden cubrir grandes extensiones de terreno en un tiempo menor comparado con los métodos topográficos.

La fotografía aérea es una proyección central del terreno a escala reducida. Si las condiciones bajo las cuales se toma la fotografía fuesen óptimas es decir el terreno es plano, el eje de la toma es completamente vertical y la altura de vuelo es conocida con precisión entonces la diferencia entre un

plano y una fotografía es solamente en el detalle de los elementos más pequeños que puedan ser identificables. Debido a que estos factores es imposible que sean ideales, por tal motivo ha surgido las teorías y tecnologías fotogramétricas que permiten corregir cualquier error o desplazamiento.

Para transformar una fotografía a un plano se deben realizar correcciones a los desplazamientos en los ejes X y Y que pueda sufrir la cámara, así como el giro del eje vertical de la cámara, distorsiones del lente, distorsiones por refracción.

Se puede emplear el uso de la fotogrametría empleando el método de una sola fotografía, se puede considerar, a) la amplificación de una fotografía es un producto cartográfico de precisión limitada; b) la rectificación, esta consiste en eliminar todo tipo de distorsión causada por desplazamientos o giros de la cámara o bien por variaciones en la altura de vuelo, este producto ofrece un producto cartográfico con escala aproximada y precisión controlada; c) monocomparador que es un instrumento óptico mecánico de alta precisión para medir coordenadas locales en una fotografía, por medio de programas de computación se transforma estas fotocoordenas terrestres para poder medir distancias y superficies en un plano.

Así mismo se puede utilizar el método de utilizar dos fotografías consecutivas con lo que se logra un modelo estereoscópico para eliminar todo tipo de distorsiones de la fotografía. Para lograr eliminar este tipo de distorsiones se utilizar estereorestituidores cuya precisión influye en la precisión del levantamiento.

1.3.2.1 Especificaciones de las fotografías aéreas

La toma de fotografías aéreas se logra por medio de aviones de ala alta o bien por medio de aviones acondicionados especialmente para este fin con una abertura en la parte inferior del fuselaje para asegurar de esta manera el control de la deriva del rumbo, alabeo y tiempo de exposición.

El tipo de cámara si este es análogo se utiliza generalmente cámaras con chasis de formato medio de 60x60 milímetros película ancha T-120, generando material fotográfico en formato de 20x20 o bien de 40x40 centímetros. Existe también la posibilidad de utilizar cámaras digitales cuya precisión dependerá del formato de la cámara y del tamaño mínimo de pixel.

La realización de los vuelos se realiza previa planificación considerando los siguientes factores, a) escala final de la fotografía aérea; b) traslape longitudinal, para una visión plana en fotografía el traslape debe estar entre el 30 y 40%, para una visión estereoscópica el traslape mínimo es del 60%; c) velocidad de vuelo; d) distancia focal y formato del chasis de la cámara; e) líneas de vuelo; f) longitud media de las líneas de vuelo.

La determinación de los factores anteriores permitirá conocer los requerimientos de película, la cobertura efectiva de terreno por toma, la distancia del isocentro longitudinal y lateral de cada fotografía tiempos mínimos de vuelo y números de reabastecimiento. Así se calcula la altura de vuelo, con lo que se diseña la escala de la fotografía y el tiempo de obturación de la cámara.

La altura de vuelo (H) se determina por la expresión:

$$H = f_c * m$$

Donde: f_c = distancia focal de la cámara

m = escala de la fotografía

Por lo que se puede concluir que de las características internas de la cámara que servirá para obtener las fotografías y determinando la escala a la cual se desea obtener la fotografía dependerá la determinación de la altura de vuelo. Es importante mencionar que la determinación de la escala de la fotografía se determina considerando la escala a la que se desea obtener la cartografía, la relación entre una y otra se resume en la siguiente gráfica.

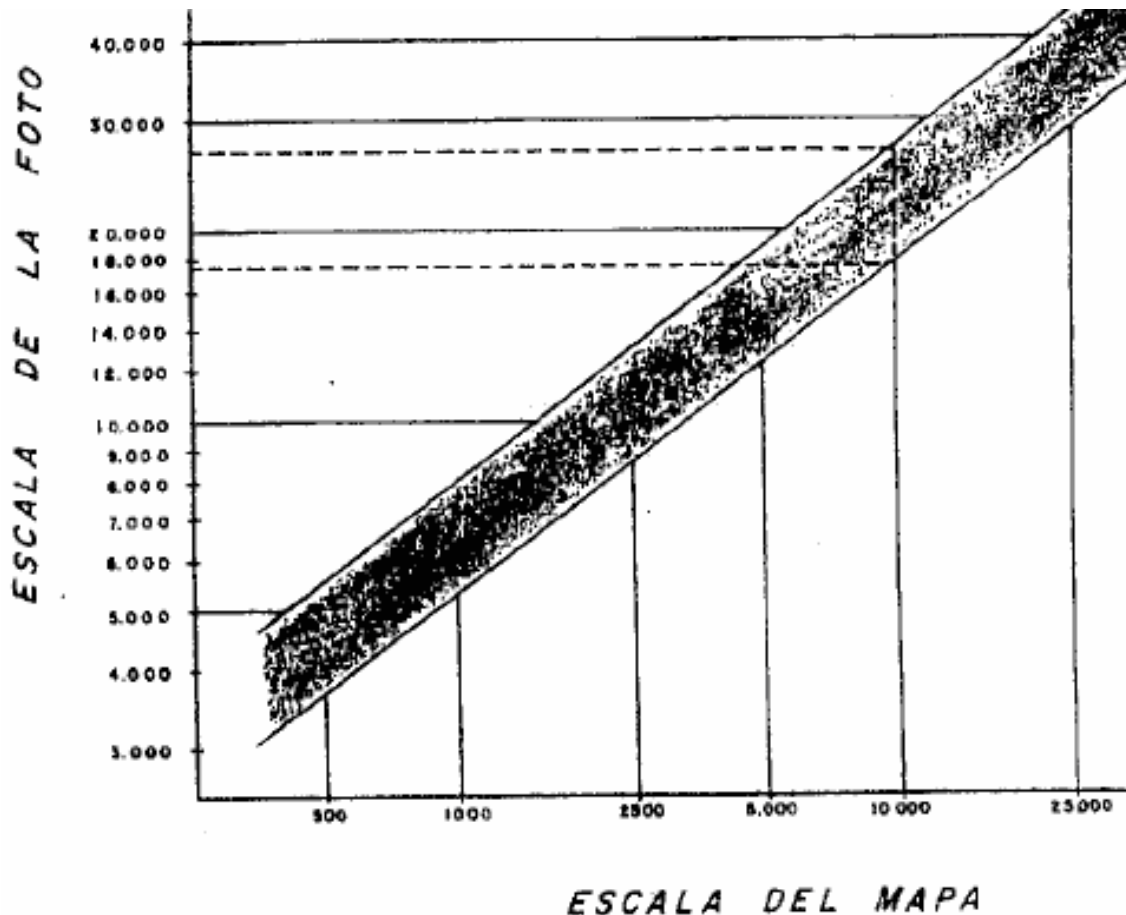


Figura 03. Relación entre escala de la fotografía y escala cartográfica

Fuente de la Imagen: Msc. Macarena Corlazzoli, Curso de Fotogrametría, Especialización en Catastro, USAC, Guatemala

1.3.2.2 Escalas cartográficas

La escala cartográfica es una relación matemática existente entre una dimensión real y las del dibujo que representa la realidad sobre un mapa o un plano. Se escriben en forma de razón, por ejemplo 1:200, esto significa que un centímetro en el plano equivale a 200 centímetros o bien 2 metros en la realidad.

Existen tres tipos de escalas cartográficas; a) escala natural, en esta las medidas del plano corresponden a las medidas reales del objeto; b) escala de reducción, es cuando el tamaño físico del plano es menor que las dimensiones de la realidad; c) escala de ampliación, es cuando el tamaño físico del plano es mayor que las dimensiones de la realidad.

Según la norma UNE EN ISO 5455:1996 “Dibujos Técnicos. Escalas” se recomienda utilizar las siguientes escalas normalizadas; a) escalas de ampliación 100:1, 50:1, 20:1, 10:1, 5:1, 2:1; b) escala natural 1:1; c) escalas de reducción 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:20000.

En cartografía se hace una clasificación diferente pues en la práctica se clasifican en escalas pequeñas y escalas grandes. Se conoce como escala pequeña la representación mayor o igual a 1:100,000 y escala grande la que sea menor a esta escala. Es importante mencionar que de acuerdo a esta clasificación, entre más pequeña es la escala se cubre mayor cantidad de terreno; mientras que entre mayor es la escala se reduce la cobertura de terreno pero se logra calidad de detalle. En la figura 04 se puede visualizar de mejor forma esta explicación.

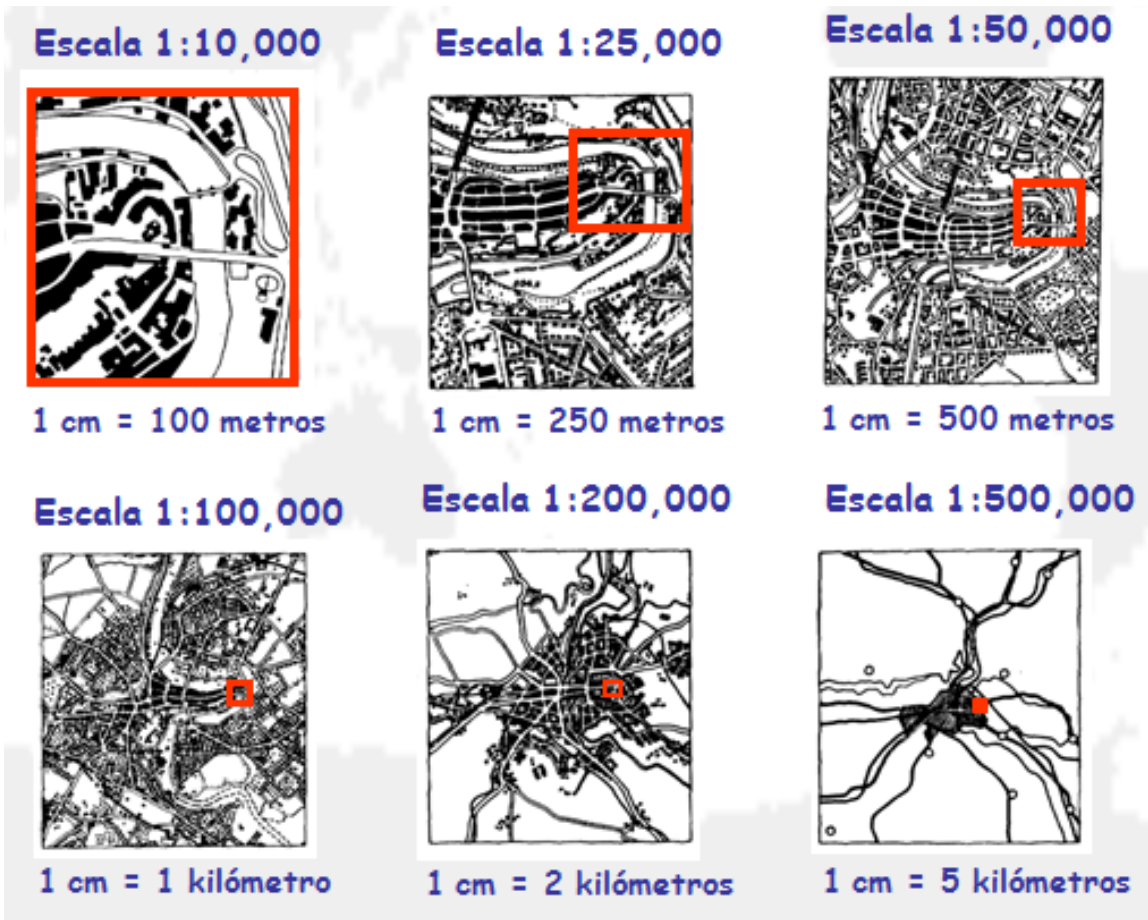


Figura 04. Relación de cobertura de escalas cartográficas
Fuente de la Imagen: Msc. Macarena Corlazzoli, Curso de
Fotogrametría, Especialización en Catastro, USAC, Guatemala

2. DESCRIPCIÓN DEL AREA EN ESTUDIO

2.1. Localización y delimitación

El área de estudio se ubica en Microparcelamiento El Pilar, del municipio de La Democracia, Escuintla, ubicado aproximadamente a 5 kilómetros de la carretera asfaltada que de esta cabecera municipal conduce al municipio de La Gomera de la misma jurisdicción municipal a la altura del kilómetro 99.

Se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas, Latitud $14^{\circ} 05' 37''$ y Longitud $90^{\circ} 55' 50''$; hoja cartográfica 1:50 000 OBERO 2058 III IGN.

Se eligió un área aproximada de 200,000 metros cuadrados, ubicada cerca del centro del Microparcelamiento, el trazo de las parcelas es de lados generalmente rectos y las calles están bien trazadas.

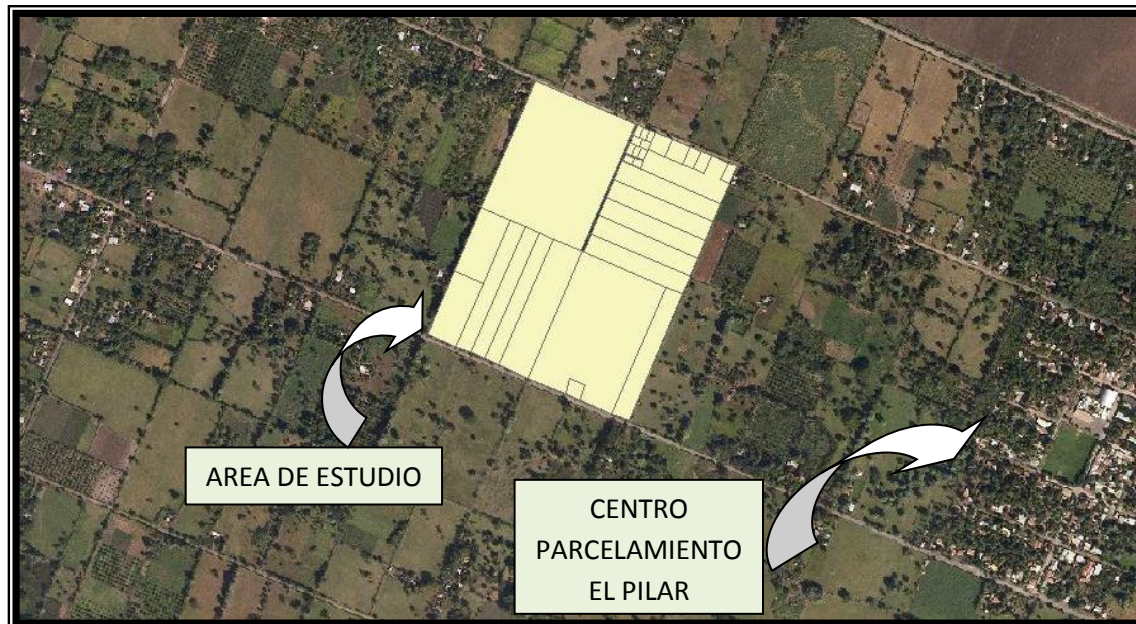


Figura 05. **Ubicación del Área de Estudio**
Fuente de la Imagen: Ortofoto IGN 2006

2.2. Topografía del área

La topografía predominante en la región es semiplana, la hidrografía de la región se compone de varios riachuelos de los cuales algunos son permanentes y otros estacionarios, pero predomina la cuenca del río Achíguate.

El área está clasificada como TIERRAS DE LA LLANURA COSTERA DEL PACIFICO, su zona de vida es Bosque muy Húmedo Subtropical (Cálido), la clasificación del suelo es del tipo SUELOS TIQUISATE. La precipitación anual es de alrededor de los 1600 mm anuales. Los cultivos predominantes son caña de azúcar, maíz y frijol, así como la crianza de ganado vacuno.

2.3. Cantidad de predios por catastrar

En el área sujeto de estudio se ubica 31 predios con linderos conformados por líneas rectas, de forma regular, el área de cada uno de ellos es variable. La mayoría de predios se encuentran en posesión ya que no existen registros de dichos predios en el Registro General de la Propiedad de Inmuebles.

2.4. Vías de acceso principales

Saliendo de la Ciudad de Guatemala por la ruta CA-9 – Sur al Pacífico, se llega al municipio de Escuintla, donde luego se toma la carretera Internacional del Pacífico CA-2 de Occidente y se llega al municipio de Siquinalá, del parque hacia el Sur rumbo al municipio de La Gomera y pasando el área urbana del municipio de La Democracia se llega al Km. 99, luego se dobla a la izquierda por camino de terracería y aproximadamente a 5 kilómetros se encuentra el Micro parcelamiento El Pilar, donde se encuentra el área sujeta del presente trabajo.

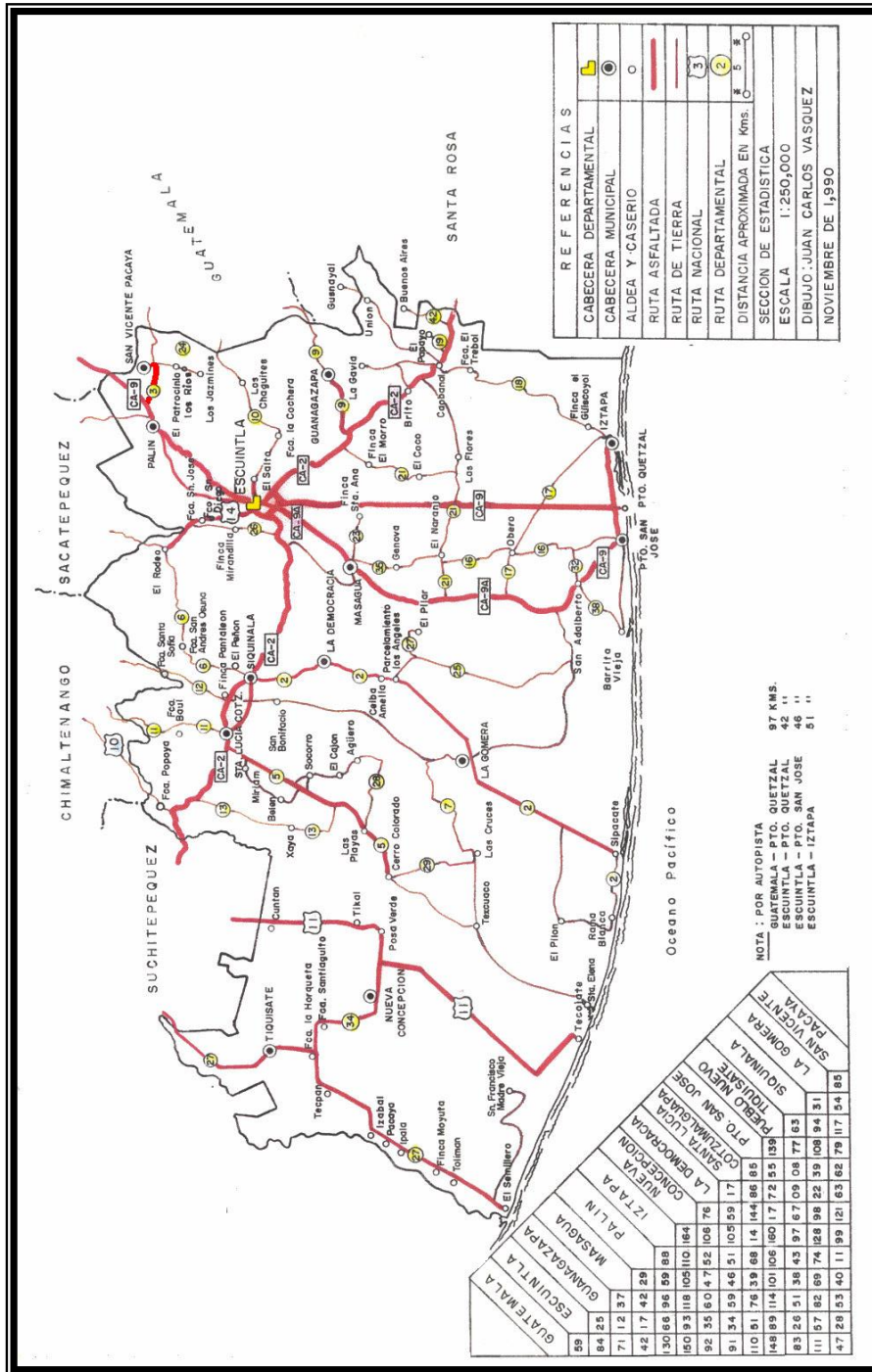


Figura 06. Mapa de vías de acceso departamento de Escuintla
 Fuente: Dirección General de Caminos, Mapa de la Republica con Distancias a las Fronteras y Cabeceras Municipales

3. LEVANTAMIENTO CATASTRAL POR MÉTODO DIRECTO

3.1. Sistema de proyección utilizado

GTM

Parámetros de Proyección GTM

Tipo de proyección: Transversa de Mercator

Esferoide: WGS 84, datum: world geodetic system 1 984

Longitud de origen: 90 grados 30 minutos (meridiano central de la proyección).

Latitud de origen: 0 grados el ecuador

Unidades: metros

Falso norte: 0 metros

Falso este: 500 000 metros meridiano central

Factor de meridiano central: 0.9998

3.2. Método de levantamiento topográfico utilizado

El método de levantamiento topográfico utilizado es el de poligonal de apoyo cerrada, en este las líneas regresan al punto de partida, formándose así un polígono geométrico y analíticamente cerrado. Las tolerancias permitidas en el levantamiento topográfico son las siguientes.

Tolerancia Angular en segundos. (T_a)

$$T_a = \sqrt{400 \times n}$$

Donde:

n = número de lados de poligonal

400 = constante

Tolerancia Planimétrica en Distancia (T_{pd})

$$Tpd \text{ (cm.)} = \sqrt{9x n+ 300 x L}$$

Donde:

n = numero de lados de poligonal

L = Longitud de la Poligonal Km.

9 = Constante

300 = Constante

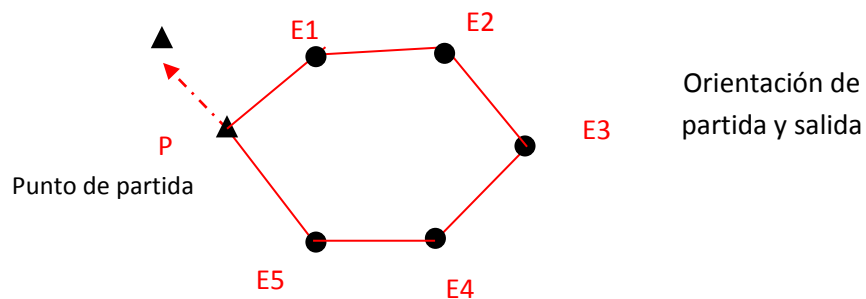


Figura 07. Esquema de levantamiento topográfico utilizado
Fuente: Elaboración Propia

3.3. Equipo y Material de apoyo

- Estación total
- Prisma
- Cinta métrica
- Trípode
- Libreta de campo
- Ficha de campo
- Ortofoto
- Coordenadas de los puntos de partida

3.4. Precisión del equipo

Estación total Leica Flexline ts02

Medición angular

Tipo ts02

Precisión Hz, V 2" (0.6 mgon) (desviación estándar, ISO 17123-3)

Resolución de pantalla: 0,1" (0.1 mgon)

Método compensado absoluto, continuo, diametral

Rango de trabajo: 4' (0,07 gon)

Precisión de calado: 0,5" (0,2 mgon)

Método: compensador de doble eje centrado

Medición de distancia (IR)

Alcance prisma circular (GPR1): 3000m (condiciones atmosféricas medias)

Prisma 360° (GRZ4): 1500m

Mini prisma (GMP101): 1200m

Diana reflectante (60 mm x 60mm) 250m

Mínima distancia medible: 1.5m

Precisión / Tiempo de medición modo estándar: 2 mm + 2 ppm / tip.1.5s

(desviación estándar, ISO 17123-4) Modo rápido: 5 mm + 2 ppm / tip. 0,8s

Modo tracking: 5 mm + 2 ppm / tip. < 0,15 s

Resolución de pantalla: 0.1mm

Método medición de fase (láser coaxial, infrarrojo invisible)

3.5. Tiempo para la ejecución del proyecto

El tiempo total para el desarrollo del levantamiento fue de 16 horas combinando trabajo de campo y de gabinete.

3.6. Descripción del trabajo de campo

- Orientación punto de partida
- Nivelación
- Replanteo de puntos
- Lectura de estaciones de predios
- Punto de cierre
- Orientación de punto de cierre
- Croquis de predios
- Colocación de códigos catastrales
- Entrevista
- Llenado de ficha de campo
- Verificación de mojones y linderos

3.7. Post-proceso de datos

Es la fase del levantamiento catastral, en la cual se procesa de manera digital los datos obtenidos en la medición de esquineros, con el objetivo de transformarlos en información útil para las subsiguientes fases del proceso catastral.

- Descarga de datos, consiste en trasladar toda la información guardada en la memoria de la estación total hacia un equipo de computo en formato dwg y en formato dxf. Lo que generará un grupo de puntos que

representan los distintos vértices de los linderos de predios así como otros puntos de interés.

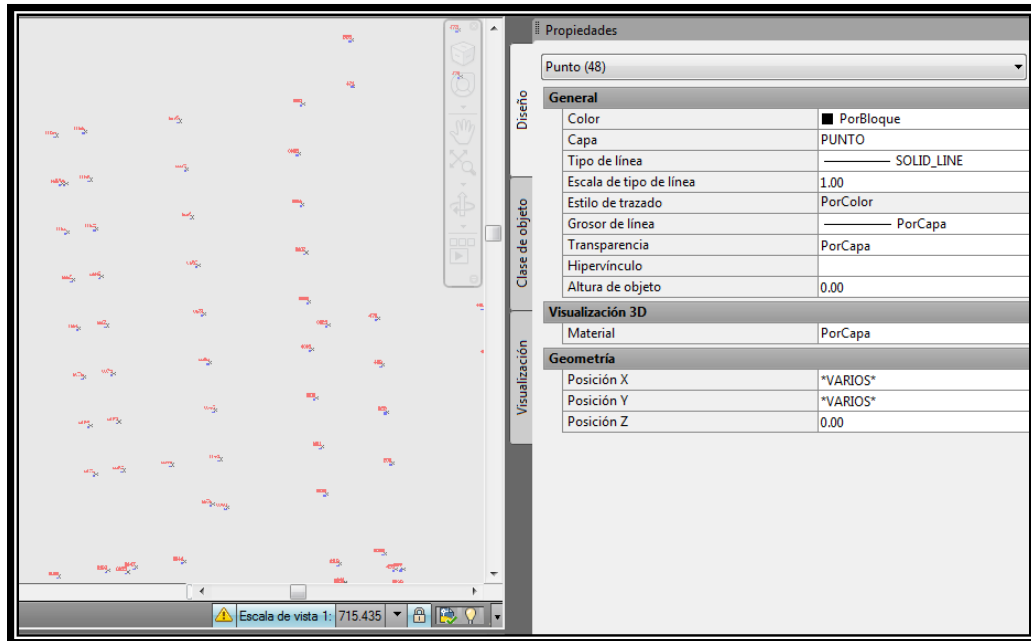


Figura 08. Imagen que muestra el proceso de descarga de puntos

Fuente de la Imagen: Elaboración propia

- Unión de puntos, los puntos exportados en la fase anterior se une uno a uno de acuerdo a lo indicado en la libreta de campo, con lo que se van definiendo cada uno de los predios para la determinación de su perímetro y áreas. Cada uno de los elementos deben ser clasificados en “*layer*” de acuerdo a su característica (líneas en linderos, puntos en puntos, códigos en código). En esta fase deben definirse linderos, calles, ríos, servidumbres, accidentes geográficos de interés, obras de infraestructura. Debe tenerse especial cuidado de que todos los puntos estén debidamente unidos.

- Limpieza, esta fase consiste en realizar revisiones para eliminar puntos, líneas y las intersecciones repetidas. Para esta fase del proceso deben utilizarse herramientas del programa de computo elegido. Una vez finalizada esta operación, es decir que el dibujo se encuentre limpio de errores las líneas deben convertirse en polilínea.

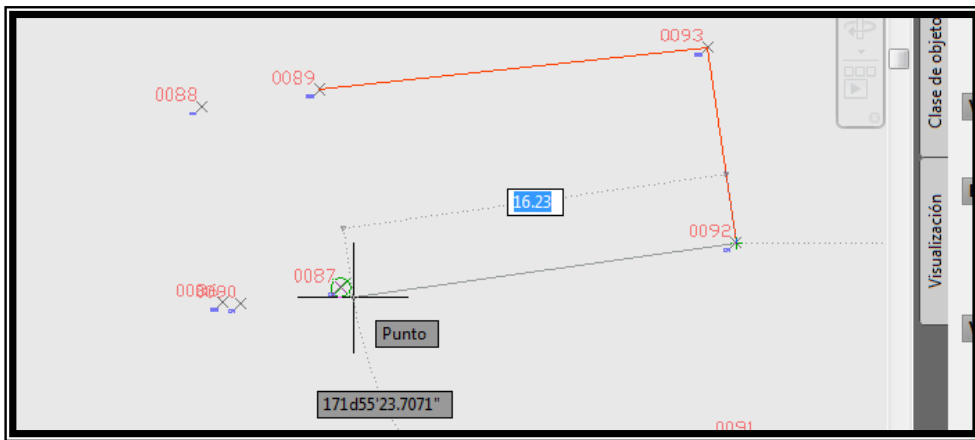


Figura 09. Imagen que muestra el proceso de unión de puntos

Fuente de la Imagen: Elaboración propia

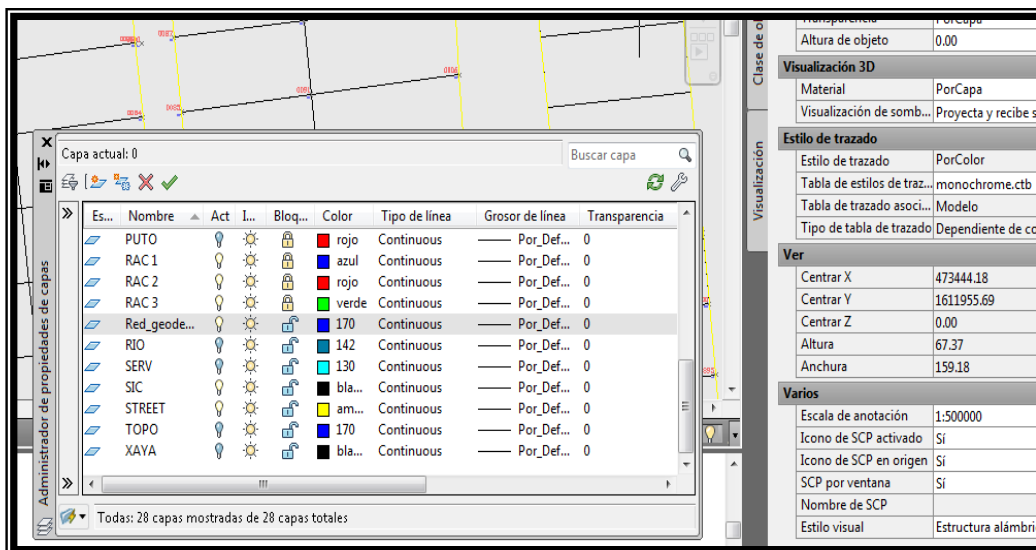


Figura 10. Imagen que muestra el proceso de unión de puntos

y creación de layer por cada elemento

Fuente de la Imagen: Elaboración propia

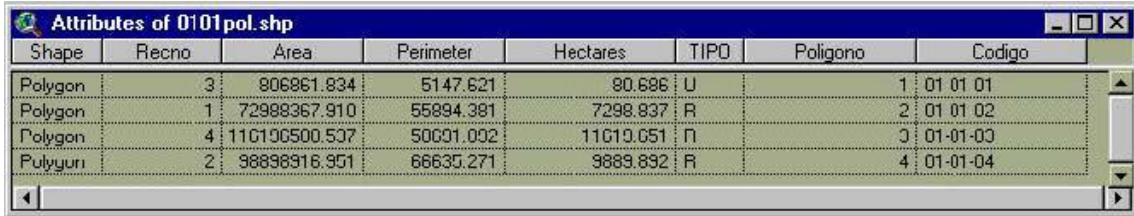
3.8. Incorporación a un Sistema de Información Geográfica

Dentro del SIG los archivos de datos espaciales (tipo vector y raster), relacionan a la vez los datos tabulares y los datos gráficos. El ordenamiento de la información se hace en capas o *layer* (de líneas o arcos), la cantidad de estas capas depende del requerimiento de la entidad contratante, para efectos de este estudio se utilizará lo especificado en el Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del Registro de Información Catastral (RIC), haciendo la salvedad que debido a lo reducido del área de estudio solo se consideran los siguientes: a) puntos de esquineros de predios, b) linderos de predios, c) predios y d) polígonos.

Los archivos para la base cartográfica de acuerdo a los requerimientos del RIC deben generarse en forma *shape* (*.shp) para el catastro nacional y de acuerdo a las necesidades del presente estudio se consideraron los siguientes.

CAPA ó <i>LAYER</i>	DESCRIPCIÓN	NOMBRE DEL ARCHIVO <i>SHAPE</i> SUGERIDO
POLÍGONOS	Define sectores o subzonas dentro del municipio	Deberá llevar el número de código del departamento + municipio + "POL" como indicador de polígonos del municipio: 0101POL

La tabla consistirá de los siguientes atributos:



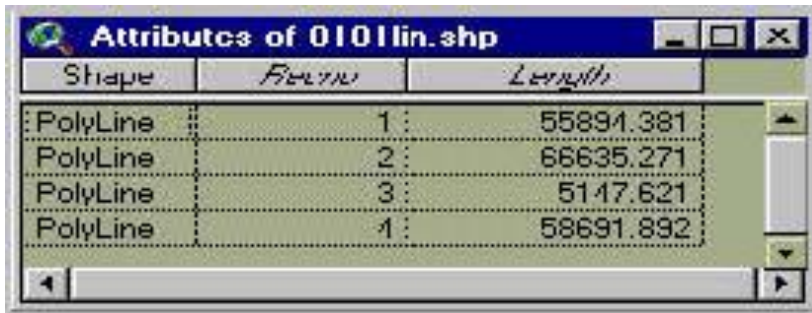
Shape	Recno	Area	Perimeter	Hectares	TIPO	Poligono	Codigo
Polygon	3	806961.834	5147.621	80.686	U	1	01-01-01
Polygon	1	72988367.910	55894.381	7298.837	R	2	01-01-02
Polygon	4	110100500.537	50001.002	11010.651	R	3	01-01-03
Polygon	2	98836916.951	66635.271	9883.892	R	4	01-01-04

Polygon: Polígono

NOTA: El Atributo **tipo** se refiere a: **U**: Urbano **R**: Rural

LINDEROS DE POLÍGONOS	Líneas o vectores de colindancia entre sectores o subzonas del municipio	Deberá llevar el número de código del departamento + municipio + "LIN" como indicador de lindero: 0101LIN
------------------------------	--	---

La tabla consistirá de los siguientes atributos:



Shape	Recno	Length
PolyLine	1	55894.381
PolyLine	2	66635.271
PolyLine	3	5147.621
PolyLine	4	58691.892

PolyLine: Multilineal

Predios	Define las propiedades individuales en la zona catastral	Deberá llevar el número de código del departamento + municipio + "PRED" como indicador de polígonos de propiedades individuales en la zona catastral: 0503PRED
----------------	--	--

La tabla consistirá de los siguientes atributos:

Shape	Recno	CCC	Area	Hectares	Perimeter
Polygon	115	05-03-01-00113	175.688	0.018	66.278
Polygon	116	05-03-01-00114	446.159	0.045	96.238
Polygon	117	05-03-01-00115	239.256	0.024	64.861
Polygon	118	05-03-01-00116	188.580	0.019	61.042
Polygon	119	05-03-01-00117	200.723	0.020	63.594
Polygon	120	05-03-01-00118	224.032	0.022	68.497
Polygon	121	05-03-01-00119	521.261	0.052	96.961

Polygon: Polígono

LINDEROS DE PREDIOS	Líneas que definen las colindancias entre dos ó más propiedades individuales en la zona catastral	Deberá llevar el número de código del departamento + municipio + "PREL" como indicador de polígonos: 0105PREL
----------------------------	---	---

La tabla consistirá de los siguientes atributos

Shape	Recno	Tipo	Length
PolyLine	28	1	739.805
PolyLine	29	4	38.571
PolyLine	30	1	1234.228
PolyLine	31	1	396.649
PolyLine	32	1	184.658
PolyLine	33	4	1366.277
PolyLine	34	4	661.720
PolyLine	35	4	202.944
PolyLine	36	10	10.782
PolyLine	37	10	197.414
PolyLine	38	10	267.429
PolyLine	39	10	483.881
PolyLine	40	1	132.468
PolyLine	41	10	250.700
PolyLine	42	8	482.163
PolyLine	43	8	971.729
PolyLine	44	8	489.542
PolyLine	45		1256.944
PolyLine	46		6.258
PolyLine	47		1662.295
PolyLine	48		41.928
PolyLine	49		6.672
PolyLine	50		23.761
PolyLine	51		209.019
PolyLine	52		1028.088
PolyLine	53		463.155
PolyLine	54		480.459

PolyLine: Multilineal

PUNTOS DE COORDENADAS DE ESQUINEROS DE PREDIOS	Coordenadas de puntos donde concurren mojones o esquineros de planos de predios individuales. Tienen un identificador único	1. Deberá llevar el número de código del departamento + municipio + "PREC" como indicador de coordenadas de vértices o esquineros de predios: 0105PREC
---	---	---

La tabla consistirá de los siguientes atributos



Shape	Recno	X-coord	Y-coord	CODIGO
Point	1	451029.51700	1562526.86200	
Point	2	452263.17200	1578222.37200	
Point	3	450055.51000	1573157.22900	
Point	4	451780.29200	1573226.30300	
Point	5	451777.26800	1573224.37900	
Point	6	451686.02100	1573254.61200	
Point	7	449634.83500	1577732.56800	

Point: Punto

El proceso para la elaboración del mapa catastral se completa con los siguientes pasos.

- Topología, se creara una topología para cada "layer" o capa de datos (linderos, calles, ríos, etc.) de la topología se crean centroides para contabilizar los predios o entidades, se revisar errores, si los hay se realiza una nueva limpieza, si no los hay se cierras las polilíneas convirtiéndolas en polígonos.
- Likear datos, en esta fase se une o correlacionan los dibujos con tablas que contienen los datos que definen los atributos de cada polígono ya sean numéricas o de texto.

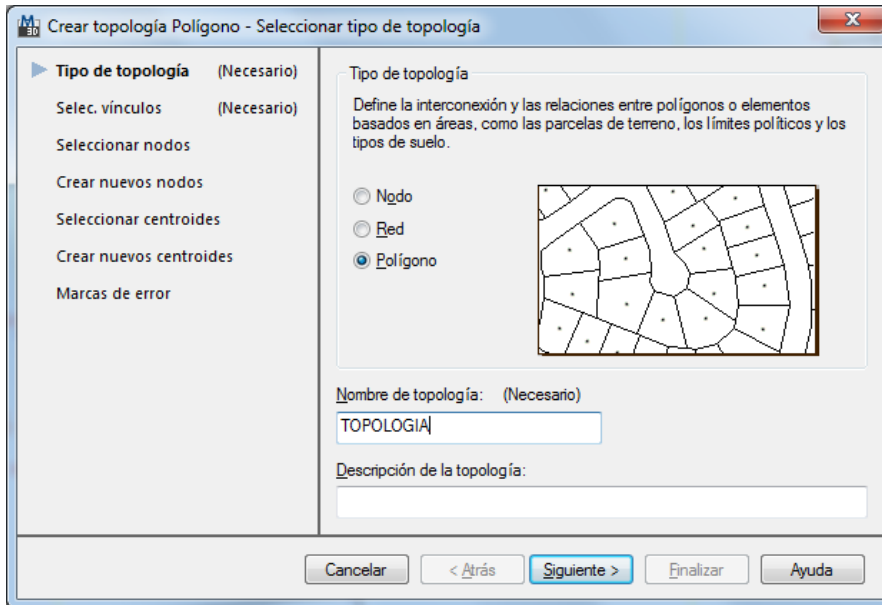


Figura 11. Imagen que muestra el proceso de creación de topología
Fuente de la imagen: Elaboración propia

- Exportación de Shapes, se exportan con la finalidad de crear la cartografía catastral y mapas temáticos que puedan producirse en base a la información contenida en las tablas.

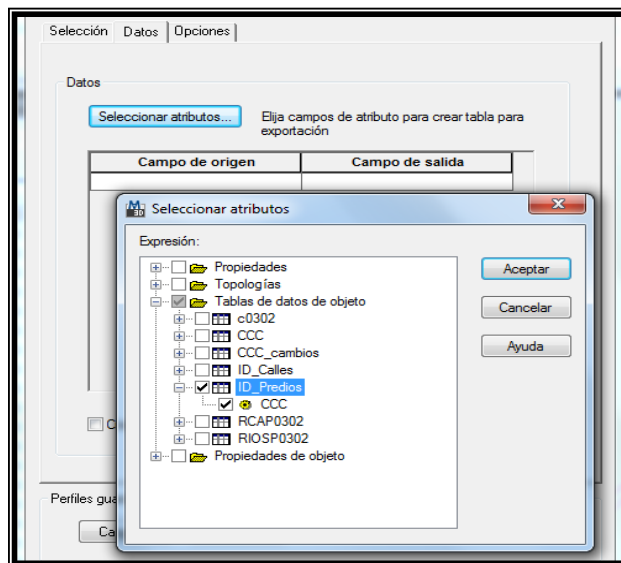


Figura 12. Imagen que muestra el proceso de exportación de shapes
Fuente de la imagen: Elaboración propia

3.9. Mapa catastral final.



Figura 13. Mapa Catastral Método Directo
Fuente de la Imagen: Elaboración propia.

4. LEVANTAMIENTO CATASTRAL POR MÉTODO INDIRECTO

Es importante mencionar que este método es muy específico por lo que la bibliografía es muy escasa y el desarrollo del método se realizó según la información necesaria.

4.1. Sistema de Proyección de la Cartografía utilizada

La información cartográfica utilizada para este análisis fue generada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en el año 2006. Quienes utilizaron el sistema de proyección Transversa de Mercator (tipo Gauss Kruger) en una zona única local 15,5 esferoide geodésico WGS84. El sistema de referencia geodésico oficial para de la república de Guatemala será definido por el IGN, de conformidad con el inciso a) del artículo 49 de la ley del RIC, por lo que todo levantamiento debe quedar referido a este sistema geodésico.

4.2. Especificaciones de la ortofoto utilizada

En la parte experimental de este trabajo se utilizará ortofoto digital obtenida del IGN, la escala de ésta es 1:10 000 (uno diez mil), *pixel* de 50 centímetros, del año 2 006 cubriendo un área de veinte kilómetros cuadrados cada una.

4.2.1. Especificaciones de la ortofoto utilizada

Las ortofotos digitales utilizadas están en un formato tipo TIF (tagged Image File Format Image). Cada una de las ortofotos pesa 255,273 Kb).

4.2.2. Tamaño de Pixel

La resolución geométrica de la ortofoto es de 0.50 metros el tamaño de pixel.

4.3. Digitalización de los linderos

Cuando se trabaja la captura de linderos, esta viene afectada principalmente por dos factores: por un lado, la resolución de la propia ortofotografía digital y, por otro, el contraste entre los niveles digitales existente en las zonas que delimitan las fincas rusticas, por lo tanto a mayor resolución de la ortofotografía mayor definición de linderos y por tanto la precisión en la digitalización es mayor.

En el caso del área sujeto de estudio los cultivos predominantes en el área no ofrecen mayor contraste entre un predio y otro, sin embargo se tiene como característica que los linderos están definido por árboles debidamente alineados que contrastan con los cultivos. Se trabajo con ortofoto de 0.50 de pixel, lo que permite digitalizar los predios a una escala límite de 1:750



Figura 14. Visualización de predios a Escala 1:1000
Fuente de la Imagen: Elaboración propia.



Figura 15. Visualización de predios a Escala 1:750
Fuente de la Imagen: Elaboración propia.

4.3.1. Tiempo para la ejecución del proyecto.

El tiempo utilizado para la digitalización de datos en el computador fue de 6 horas para un total de 31 predios que conforma el área sujeto de estudio, en un área de 200 000 metros cuadrados.

4.4. Mapa Catastral final



Figura 16. Mapa Catastral Método Indirecto
Fuente de la Imagen: Elaboración propia.

5. PRECISIONES ESTABLECIDAS SEGÚN EL MANUAL DE NORMAS TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS CATASTRALES DEL REGISTRO DE INFORMACION CATASTRAL (RIC).

El Registro de Información Catastral (RIC) ha elaborado el documento denominado “Norma Técnica Catastral”, que forma parte del Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales.

La Norma Técnica Catastral tiene como objetivo estandarizar el proceso de levantamiento catastral y que a la vez sirva como una herramienta de control de calidad.

En el inciso 2 establece los parámetros de precisión del levantamiento catastral, estableciendo en el numeral 2.1.1, las unidades de medida de la siguiente forma, “Todos los resultados de las medidas, en el marco de las actividades catastrales, utilizarán el sistema métrico decimal. En lo relativo a los valores angulares se expresarán en unidades sexagesimales. Para las coordenadas de posición se adoptarán las consideraciones y recomendaciones del IGN”.

En numeral 2.1.2, establece: El sistema de referencia geodésico oficial de la república de Guatemala, adoptado por el Instituto Geográfico Nacional. Será definido por el IGN, de conformidad con el inciso a) de el artículo 49 de la Ley del Registro de Información Catastral. Debiendo quedar todos los levantamientos catastrales referidos a este sistema geodésico.

Conforme a la normativa del IGN se define de la manera siguiente:

SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO:

WGS84 aumentado, basado en ITRF94 época 1997.5

Parámetros del elipsoide:

Semieje mayor 6378137.0 metros,

Semieje menor 6356752.3142 metros,

1/f= 298.257223563.

En lo que respecta a la proyección cartográfica el numeral 2.2.1 dice: La cartografía catastral del RIC, en su totalidad y las fracciones que se utilicen en cualquier medio impreso o almacenamiento digital serán representadas utilizando la proyección GTM, conforme a lo definido por el Instituto Geográfico Nacional con las siguientes características:

GTM (GUATEMALA TRANSVERSA DE MERCATOR)

PROYECCIÓN: Transversa de Mercator (tipo Gauss Kruger) en una zona única local.

ESFEROIDE: WGS84.

LONGITUD DE ORIGEN: -90°30' (meridiano central de la proyección).

LATITUD DE ORIGEN: 0° (el Ecuador).

UNIDADES: Metros.

FALSO NORTE: 0 metros.

FALSO ESTE: 500,000 metros en el meridiano central.

FACTOR DE ESCALA EN EL MERIDIANO CENTRAL: 0.9998

NUMERACION DE LAS ZONAS: No está dentro de la numeración normal de zonas UTM. Se le llama zona 15.5.

LÍMITES DE LATITUD DEL SISTEMA: No es aplicable en el Territorio Nacional.

LÍMITES DE LAS ZONAS: No es aplicable en el Territorio Nacional.

NUEVO SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO: WGS84 aumentado, basado en ITRF94 época 1997.5

Parámetros del elipsoide:

Semieje mayor 6378137.0 metros;

Semieje menor 6356752.3142;

1/f= 298.257223563.

La precisión de las Redes de Apoyo Catastral (RAC) son definidas en el numeral 2.3; "La ubicación espacial o geográfica de todos los predios deberá estar referida a la red geodésica nacional, cuyo establecimiento y mantenimiento es responsabilidad del Instituto Geográfico Nacional.

Para el efecto las Redes de Apoyo Catastral serán referenciadas a estaciones oficializadas por el IGN y luego entre sí. Aunque se han clasificado como Tipo 1, 2 y 3 los órdenes de precisión que corresponden a la clasificación del IGN son de la siguiente manera:

RAC 1, Redes de Apoyo Catastral Tipo 1: establecidas por el Registro de Información Catastral y referenciadas a la Red Geodésica Nacional. Las mismas tendrán una **distancia entre sí de 7 a 15 kilómetros y una precisión de 5 mm + 1 ppm.**

RAC 2, Redes de Apoyo Catastral Tipo 2: establecidas por el Registro de Información Catastral y referenciadas a la RAC1. Las mismas tendrán una **distancia entre sí de 0.5 a 7 km. y precisión de 10 mm + 2 ppm.**

RAC 3, Redes de Apoyo Catastral Tipo 3: usualmente poligonales referenciadas a la RAC2, materializadas en el campo como poligonales de apoyo para el levantamiento de áreas urbanas, centros poblados o áreas de alta densidad predial. **Tolerancia de cierre unitario de la poligonal de 0.001.**

Para las tolerancias de precisión de los levantamientos catastrales deberá observarse la tolerancia de posición, la tolerancia angular o de dirección, la tolerancia de distancias y la tolerancia de cierre de las poligonales de la siguiente manera:

Numeral 2.4.1.1, tolerancia de los geoposicionamientos en terrenos de carácter rural: El geoposicionamiento final de los predios se considera efectivo si la coordenada determinada **está dentro de 1m** de su valor más probable.

Numeral 2.4.1.2, tolerancia de los geoposicionamientos en terrenos urbanos: El geoposicionamiento final de los predios se considera efectivo si la coordenada determinada **está dentro de 0.30 m** de su valor más probable.

Numeral 2.4.2, tolerancia angular o de dirección; **Ta"** = Tolerancia angular en segundos para poligonales enlazadas en sus extremos.

$$\mathbf{Ta'' = \sqrt{(6000 + 400 * (n + 1))}}$$

Donde:

n = número de lados de poligonal

400 = constante

6000 = constante

Numeral 2.4.3, tolerancia de distancias de levantamientos en terrenos de carácter rural y urbano.

$$\mathbf{Tpd}_{\text{cm.}} = \sqrt{100 + 9 * n + 300 * L}$$

Donde:

Tpd = Tolerancia Planimétrica en Distancia.

n = Numero de lados de poligonal

L = Longitud de la Poligonal en Km.

100 = Constante

9 = Constante

300 = Constante

Numeral 2.4, Tolerancia de cierre de las poligonales, el cierre unitario de la poligonal de 0.001. Por las diferencias en los métodos de levantamiento, se establece como límite de tolerancia para la determinación del área de un predio una variación máxima de hasta el $\pm 5\%$ del área superficial.

6. CÁLCULO DE COSTOS

6.1. Costo de levantamiento catastral utilizando el método directo

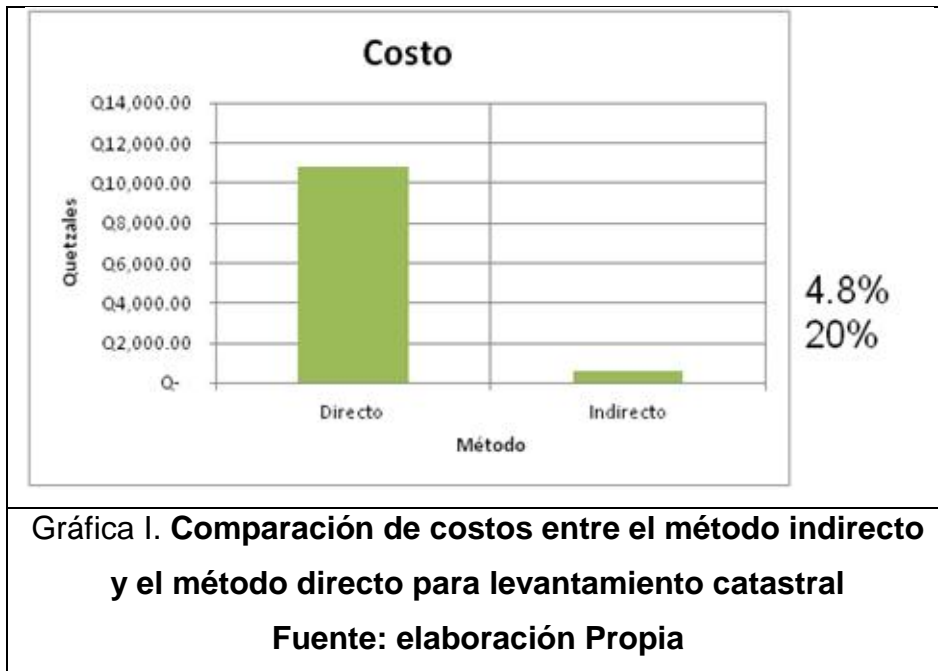
Se puede cobrar desde Q350.00 en adelante por predio, pero se tiene que tener más información sobre el área a medir pues si no están bien delimitados los linderos sería un problema, si existe maleza que quitar para poder trabajar, el tipo de terreno: escarpado, plano, etc. es una condicionante también, así como el lugar o la lejanía del área respecto de donde se partirá con todos los instrumentos de medición pues esto dará un parámetro de cuánto tiempo se llevarán para realizar el mencionado trabajo.

En el presente trabajo son 31 predios a Q350.00 por predio: $31 \times 350 =$ Q.10,850.00 sería el costo para el caso en mención.

6.2 Costo de levantamiento catastral utilizando el método indirecto

No se pudo obtener un dato confiable del valor del vuelo para la obtención de la ortofoto del IGN del año 2006, sin embargo como dato comparativo se toman los valores del vuelo realizado por la Municipalidad de Guatemala en el año 2010. Para la obtención de una foto a escala 1:1 500 para obtener una ortofoto a escala 1:1 000 con pixel 0.10 su valor es de 250 dólares.

Para la realización de este trabajo se utilizó una ortofoto con precisión de pixel de 0.50 metros, adquirida en el IGN a un costo de Q.150.00 quetzales.

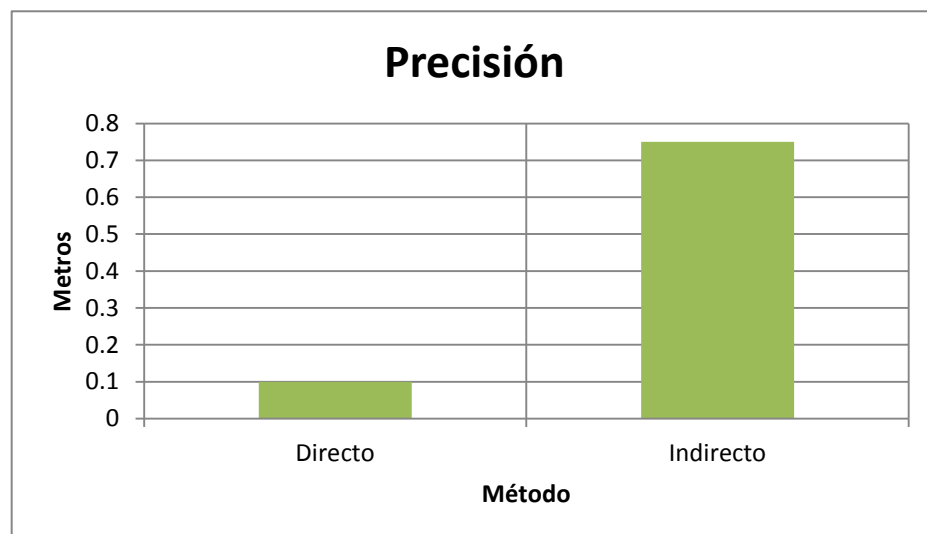


7. COMPARACIÓN DE PRECISIÓN, COSTO Y TIEMPO EN CADA MÉTODO

De acuerdo al procedimiento descrito en el capítulo 3, se realizó la revisión de un punto con coordenada conocida, obteniendo como resultado una precisión inferior a los 10 centímetros de su valor más probable.

Se realizó el análisis para el mismo punto, por el método indirecto obteniendo como resultado una precisión aproximada de 75 centímetros de su valor más probable.

Del análisis anterior se obtiene la gráfica II, concluyendo que se considera efectivo si la coordenada determinada está dentro de 1 m. de su valor más probable para levantamiento catastral en área rural requerida en el Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC.



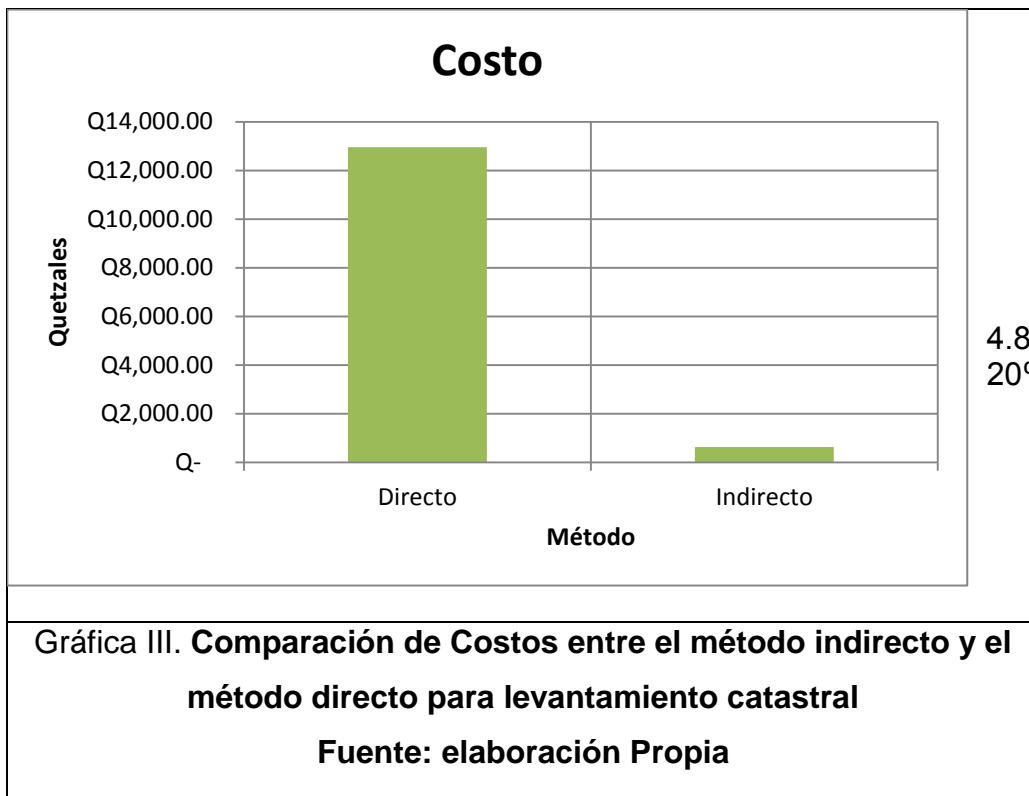
Gráfica II. **Comparación de precisión entre el método indirecto y el método directo para levantamiento catastral**

Fuente: elaboración Propia

En el capítulo 3 se describe el equipo utilizado para el levantamiento por método directo, tanto en campo como en gabinete y su incorporación a un Sistema de Información Geográfica, para lo cual se estima en el área de estudio un valor estimado de Q.13,850.00 quetzales.

Así mismo en el capítulo 4 se describe el equipo utilizado para digitalizar los predios, considerando el costo de la ortofoto y el pago del digitalizador se tiene un valor estimado de Q.500.00 quetzales.

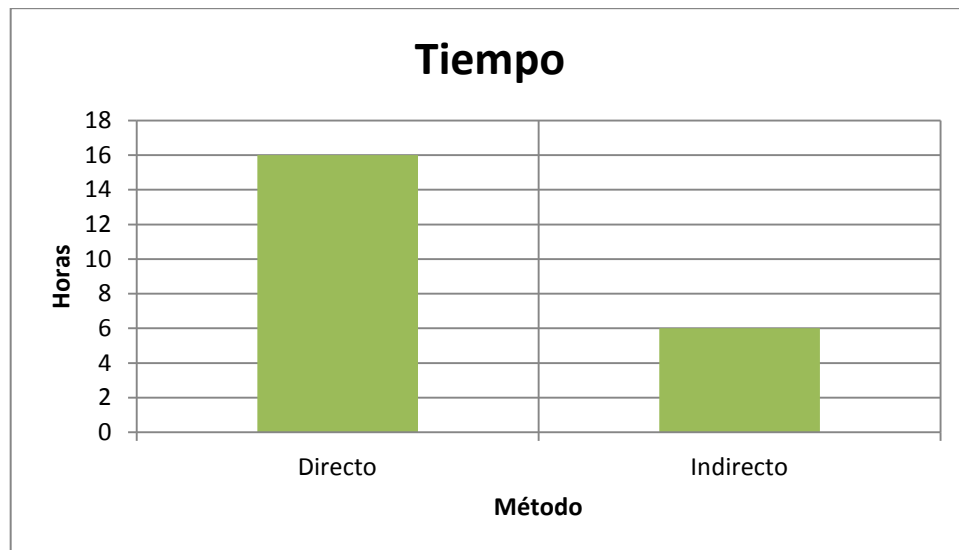
Del análisis anterior se genera la gráfica III concluyendo para el área de estudio que el levantamiento por método directo es 27 veces más caro que el método indirecto.



Del capítulo 3 se obtiene el dato del tiempo utilizado para la realización del levantamiento catastral por método directo, tanto para las actividades de campo como de gabinete, es de 16 horas efectivas de trabajo.

En el capítulo 4, se obtiene el dato del tiempo utilizado para la realización de levantamiento catastral por método indirecto es de 6 horas.

Del análisis anterior se genera la gráfica IV, concluyendo que el tiempo que se utiliza con el método indirecto es en un 65% menor respecto al método directo.



Gráfica IV. Comparación Tiempo entre el método indirecto y el método directo para levantamiento catastral
Fuente: elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. Hay aspectos muy importantes a considerar al momento de seleccionar el método de levantamiento pues aunque el método indirecto ofrece una reducción considerable en cuanto a tiempo, se sacrifica la precisión, no solo por estar limitada por la resolución fotográfica, sino también por los puntos de control que puedan ser reconocidos en campo. Así mismo aunque se tenga la ventaja de poder tener acceso a reconocer los linderos sin necesidad del permiso del propietario esta puede estar limitada por la vegetación predominante en la región.
2. Aunque el método directo presenta más garantía en lo que respecta a precisión pues los errores pueden ser chequeados en campo y de ser detectados en gabinete pueden ser replanteados en base a las estaciones de control existentes en campo, sin embargo el costo es más elevado, debiendo ser considerado también el riesgo que pueden correr tanto el personal de campo como el equipo de medición, así mismo la cobertura de este método estará limitado por la disposición de los propietarios a permitir el ingreso a su propiedad para la medición del mismo.
3. Debido a que es un levantamiento rural se utilizo una ortofoto del Instituto Geográfico Nacional ya que esta cumple con la precisión requerida por el Registro de Información Catastral lo que permite una reducción en costo hasta de un 95% con relación al método directo.
4. En lo que respecta al tiempo, el método indirecto permite reducir hasta en un 65% el tiempo comparado con el tiempo utilizado por el método directo

este porcentaje se reflejo en el área y lugar sujeta a estudio ya que la visión en pantalla fue clara y sin problemas de vegetación que cubriera los linderos.

5. La Precisión obtenida por el método directo es 7 veces más precisa que la obtenida por el método indirecto. Al comparar las coordenadas de resultantes de un vértice de un predio, realizado mediante los dos métodos se determino que la precisión obtenida por el método directo es de 0.10 m. pero para este caso en particular ya que se trata de un área rural la precisión de ambos métodos esta dentro de los parámetros que se han establecido en la Ley del RIC.
6. La selección entre utilizar un método indirecto o un indirecto va a depender de la finalidad del catastro y de la precisión requerida para el efecto.

RECOMENDACIONES

1. No necesariamente se debe trabajar con un método exclusivamente, es decir puede optarse por realizar un procedimiento mixto en el cual se cuente con el material necesario para la realización de medidas por el método indirecto apoyadas en mediciones de campo que aporten la información que no pueda ser identificada en campo así como la información que sirva como puntos de control para establecer la precisión de las ortofotos.
2. Para la realización de levantamiento catastral por método indirecto se puede realizar utilizando la ortofoto del Instituto Geográfico Nacional pero hay que tener en cuenta que debe realizarse trabajo de campo para observar cambios que puedan haber ocurrido en el área de levantamiento pues es importante considerar que la información contenida en la ortofoto corresponde a lo existente en el momento de la toma y que el año en que fue tomada la misma corresponde al 2006 sin que a la fecha exista una actualización de la misma.
3. Si se quisiera utilizar el producto del Instituto Geográfico Nacional para el levantamiento de un catastro Rural, siempre y cuando sea por ejemplo para una municipalidad, se podrá apoyar en material con mayor resolución y la misma para la obtención de información interior de los predios combinada con la medición de frentes y manzanas.

BIBLIOGRAFIA

Dobner, H. (1969) Mecanización y automatización de la restitución fotogramétrica, I seminario de fotogrametría y fotointerpretación aplicado del estudio de proyectos de riego y control de ríos. México.

Guatemala, Registro de Información Catastral. (2008). Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC, Norma Técnica Catastral. Guatemala.

Santamaría, J. (2001) Integración de ortofotografía digital en sistemas de información geográfica y su aplicación a la revisión de la superficie catastral rústica. Tesis de Doctorado, Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Pública de Navarra, España

Guatemala, Ley del Registro de Información Catastral. (2005).

ANEXOS

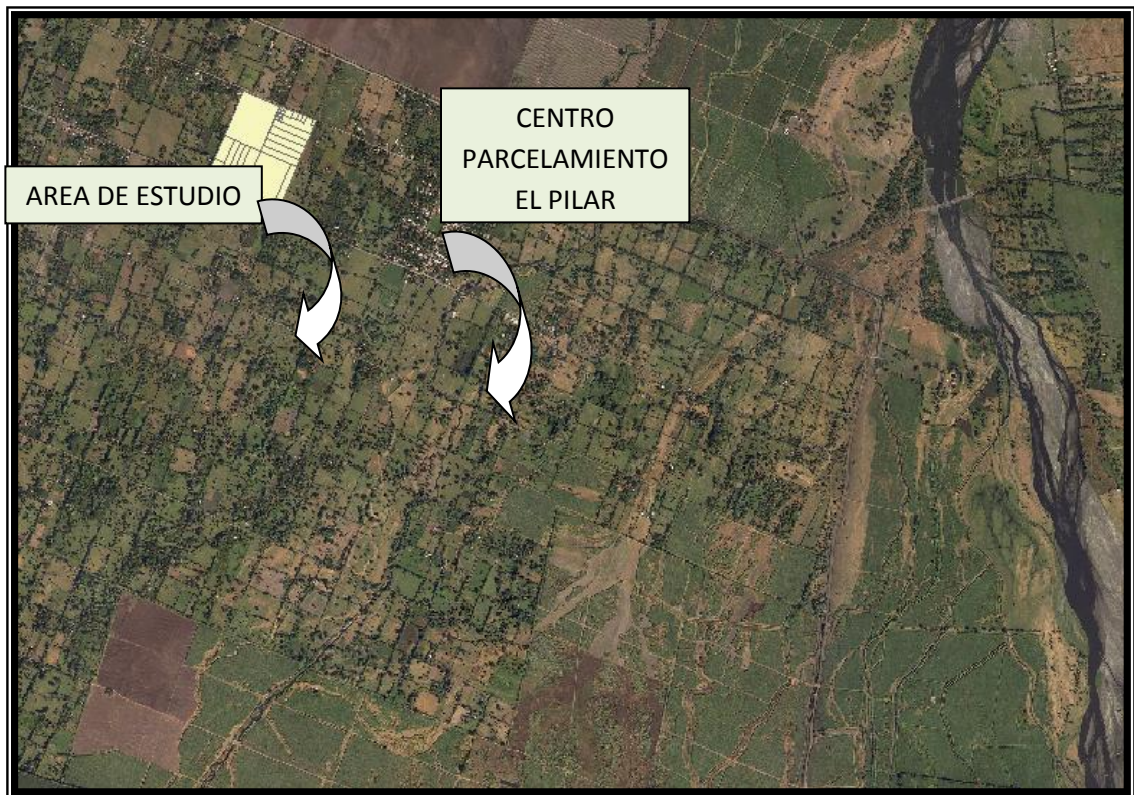


Figura 13. Localización del Área de Estudio
Fuente de la Imagen: Ortofoto IGN 2006

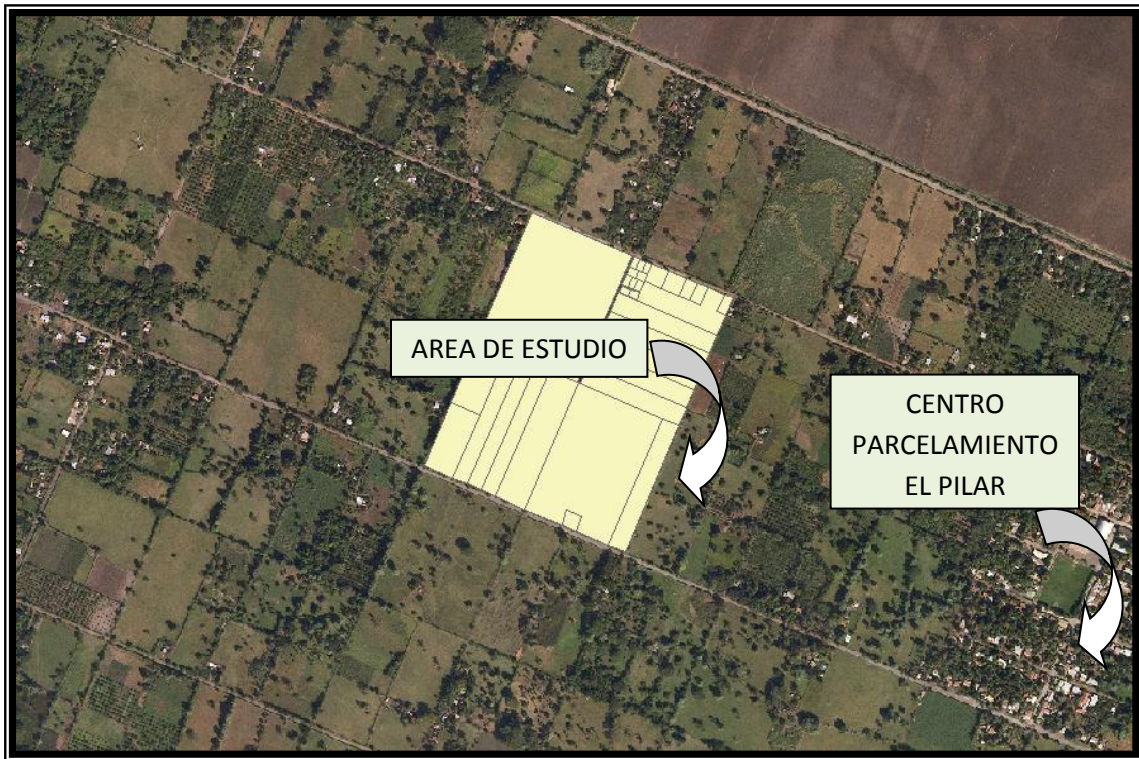


Figura 04. Ubicación del Área de Estudio
Fuente de la Imagen: Ortofoto IGN 2006

MAPAS

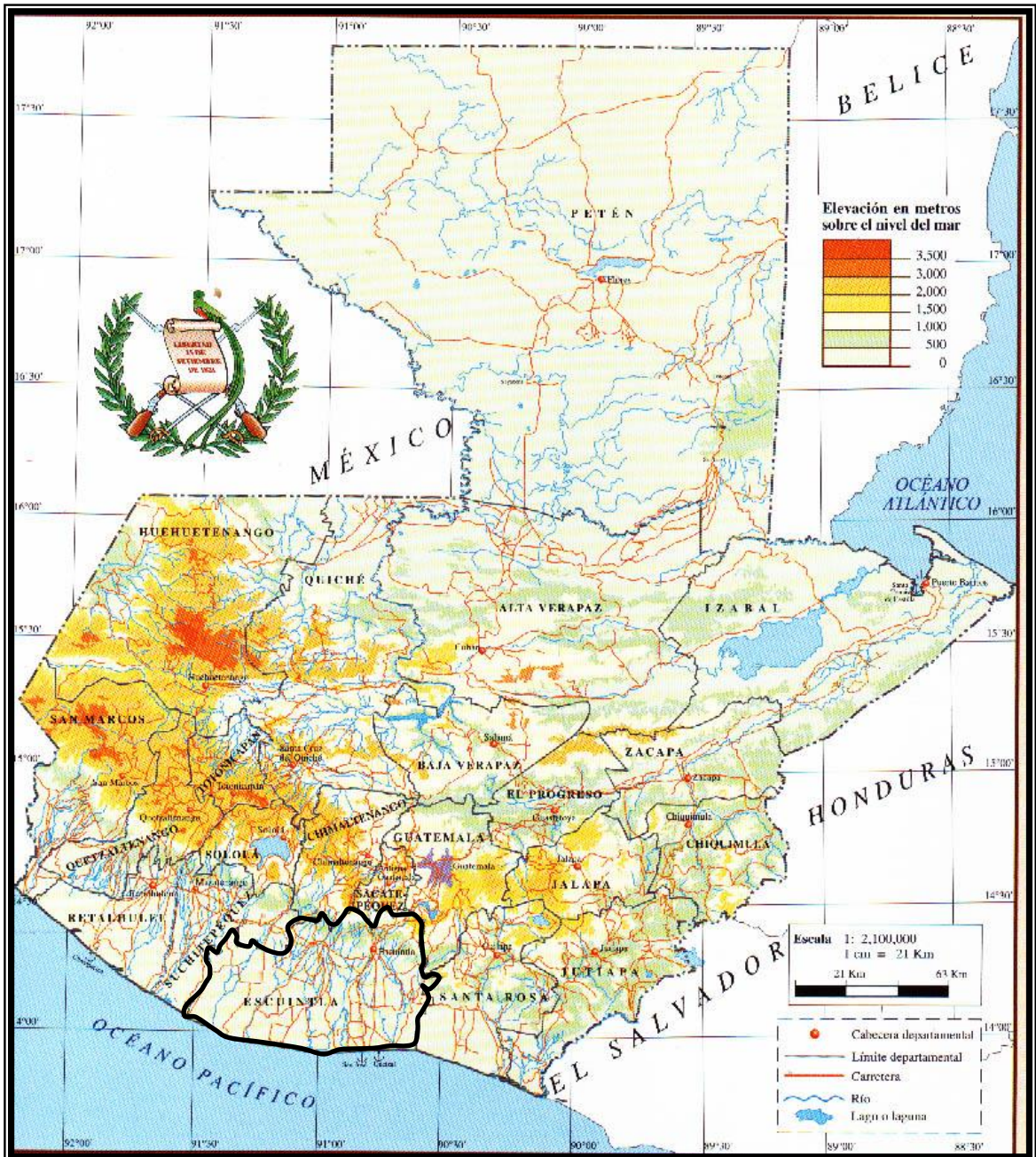


Figura 15. Localización Departamento de Escuintla
Fuente de la Imagen: IGN, Mapa Político de la República de Guatemala

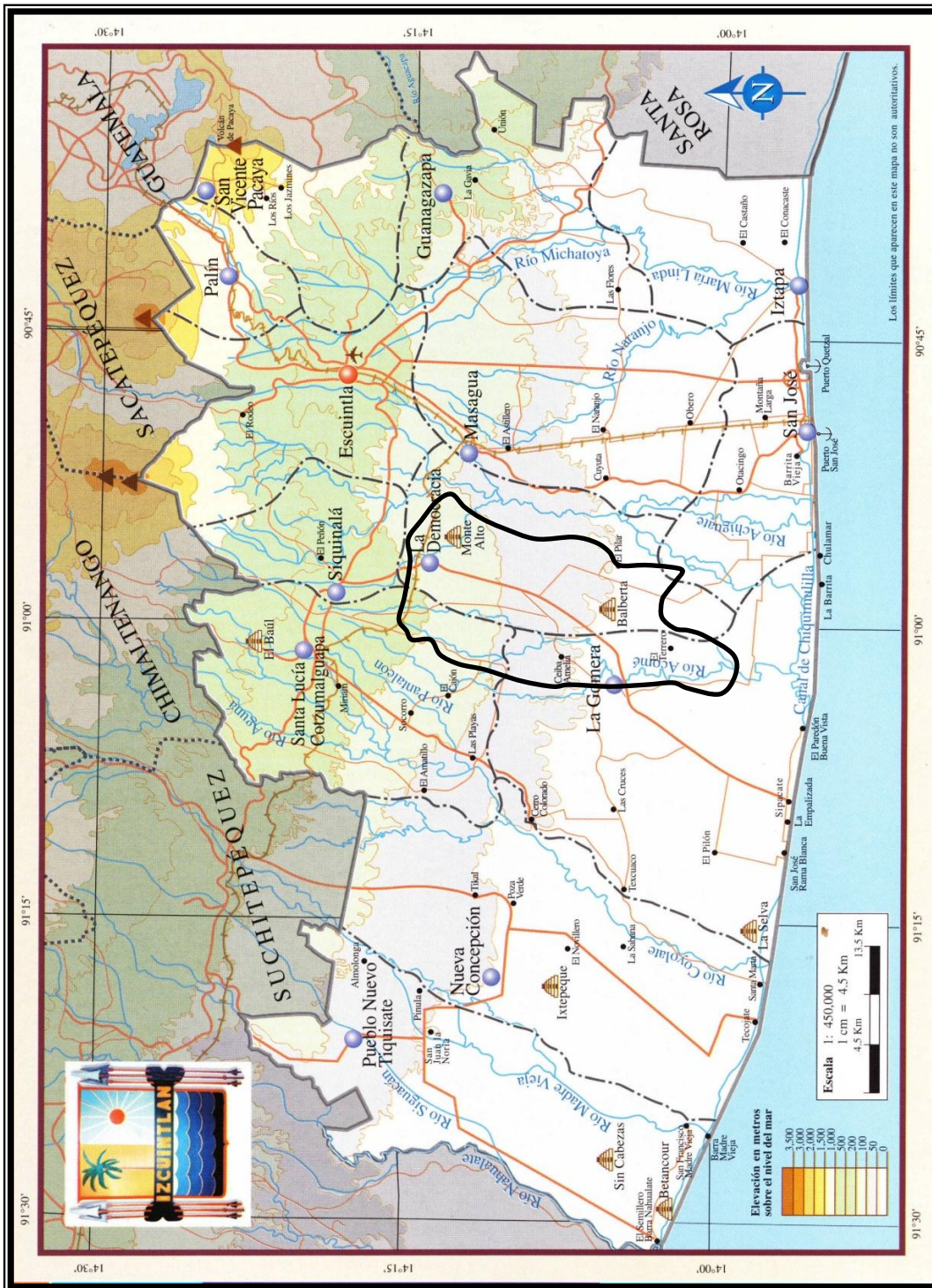


Figura 16. Localización Municipio de la Democracia Escuintla
Fuente de la Imagen: IGN, Mapa Político del Departamento de Escuintla

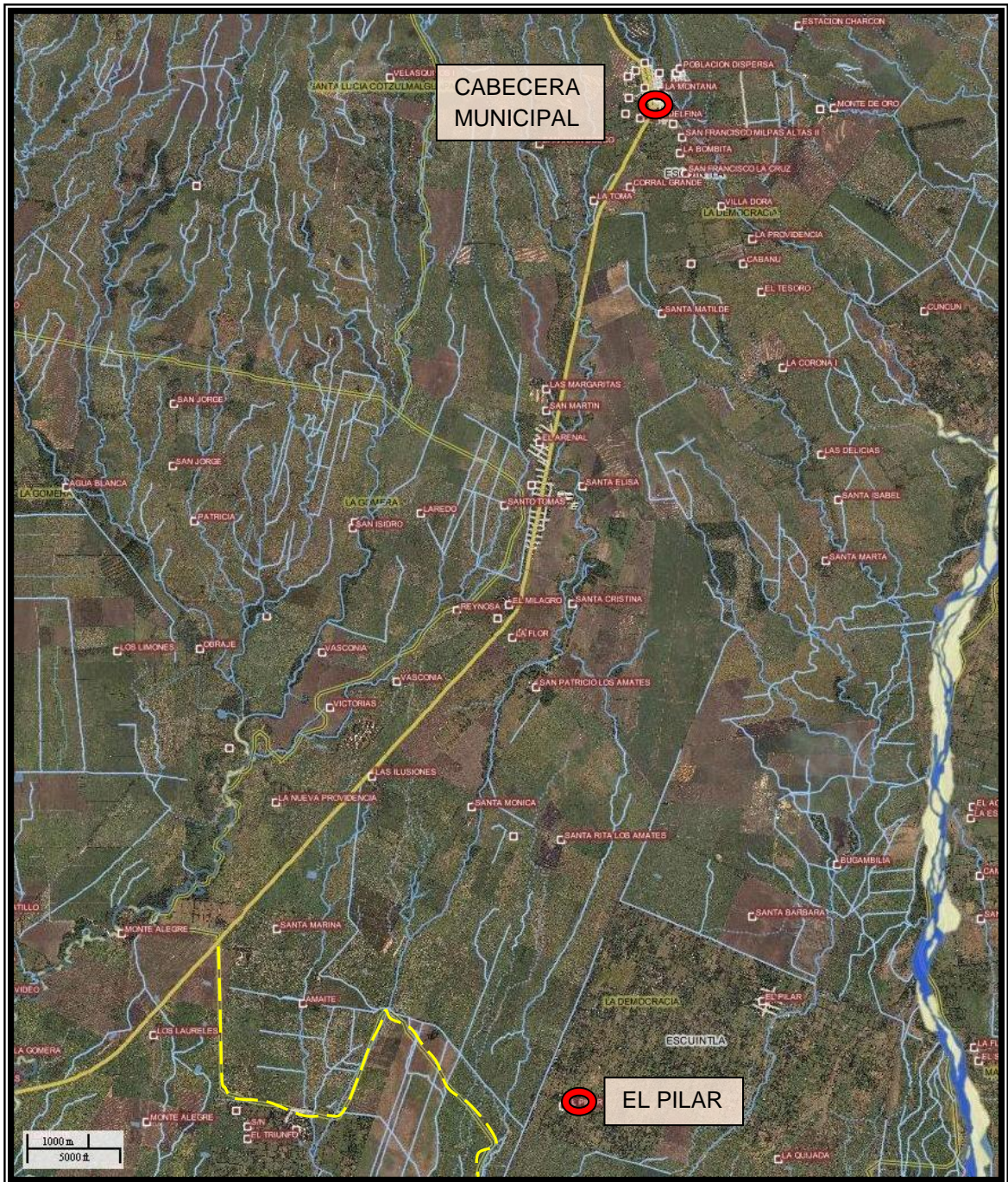


Figura 17. LOCALIZACIÓN DE CASERIO EL PILAR
 FUENTE: SEGEPLAN, (SINIT), www.segeplan.gob.gt