



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEXCOCO



ACTUALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE DATOS ESPACIALES PARA
LA ADMINISTRACIÓN DEL CATASTRO, MEDIANTE LA
MANIPULACIÓN EN UN ENTORNO GRÁFICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

PRESENTA

L. en I. A. ANGEL RAFAEL QUINTOS RAMÍREZ

TUTOR ACADÉMICO

Dr. ADRIAN TRUEBA ESPINOSA

TUTORES ADJUNTOS

M. en C. JOSÉ SERGIO RUÍZ CASTILLO

M. en I. S. C. ALEJANDRA MORALES RAMÍREZ

Dr. en C. JAIR CERVANTES CANALES

TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

DICIEMBRE DE 2010.

Dedicatorias

A dios por acompañarme siempre en todo momento de dificultad, permitiendo cumplir esta meta además de cuidar a mi familia en las horas de ausencia.

A mis padres Guillermina Ramírez Cruz y Rafael Quintos Flores por su determinación, entrega y humildad que me han enseñado para lograr cada meta que me proponga y ser mejor cada día.

A mi hijo Yazid, porque su presencia ha sido y será siempre el motivo más grande que ha impulsado para lograr esta meta, **a mi esposa Rosario** por motivarme a emprender este proyecto además de su comprensión y tolerancia.

A mis hermanos Erikas y Lalin por su cariño y apoyo.

A mi familia por creer en cada proyecto que emprendo.

Agradecimientos

A mi tutor académico Dr. Adrian Trueba Espinosa por su asesoramiento científico y estímulo para seguir creciendo intelectualmente.

A mi tutor adjunto M. en C. Sergio Ruiz Castilla por todo el apoyo, por todas esas horas dedicadas para que pudiera cumplir este logro.

A mi tutor adjunto M. en I. S. C. Alejandra Morales Ramírez por el apoyo y el tiempo dedicado para la revisión de mi proyecto y contribuir a este logro.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado para que pudiera llevar a cabo mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma del Estado de México por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

A mis amigos, Gama, Zucas, IvT, Pedro, Colex, Sagui, Bonachon y todo aquel que me apoyo durante este proceso.

Resumen

Se desarrolló una metodología para la actualización de datos temáticos y espaciales en un SIGC (Sistema de Información Geográfico Catastral). Mediante una interfaz gráfica, donde se representan los predios del catastro que se desean dividir.

Los predios son representados gráficamente por polígonos, mismos que son generados aplicando la topología llamada **“Nodos por Polígono”**, desarrollada en este trabajo. Con esto se facilita calcular el área y determinar colindancias con los predios vecinos, además de asegurar independencia del predio para la manipulación. La construcción del predio se basa en la unión de nodos en sentido contrario a las manecillas del reloj. Los predios están georeferenciados con coordenadas UTM (Universal Transversal Mecator). Representados en la PC a nivel de pixel con una escala apropiada para ser visualizados proporcionalmente.

Los resultados permiten generar registros confiables de forma automática en cuestión de minutos. Con esta propuesta, se tiene impacto social mejorando la rapidez, la atención al público generando ahorros económicos al disminuir la contratación de personal y cuenta con una evolución histórica de cada predio. Es conveniente mencionar que no se depende de ningún SIG (Sistema de Información Geográfico) comercial. Todo el desarrollo se generó con JAVA, ajustándose al patrón MVC (Modelo – Vista - Controlador).

Índice

1	INTRODUCCIÓN	1
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3	JUSTIFICACIÓN	3
4	OBJETIVO GENERAL	4
4.1	Objetivos específicos	4
5	HIPÓTESIS	5
6	MARCO TEÓRICO	6
6.1	CATASTRO	6
6.1.1	Clasificación del catastro	8
6.1.2	Importancia	9
6.1.3	Tipos de Catastro	9
6.1.4	Bases jurídicas del catastro municipal en México	11
6.2	BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS	13
6.2.1	Datos espaciales	16
6.2.2	Fases de diseño de las bases de datos espaciales	17
6.2.3	Construcción de bases de datos geográficos	21
6.2.4	Métodos de acceso espacial	23
6.2.5	Lenguajes de consulta espacial	23
6.2.6	Aplicaciones	25
6.3	Sistemas de información geográficos	26
6.3.1	Aplicaciones de los sistemas de información geográfica	29
6.3.2	Datos Geográficos	30
6.4	TRABAJOS RELACIONADOS	37

7	METODOLOGÍA.....	44
7.1	Diseño De La Topología Nodos Por Polígonos	45
7.2	Reingeniería De Bases De Datos.....	49
7.3	Georeferenciación en coordenadas UTM:.....	51
7.4	Ajuste de coordenadas UTM a pixeles.	52
7.5	Cálculo del valor de pixeles en metros	58
7.6	Delimitación del área para la graficación de predios.....	58
7.6.1	Cálculo del área del polígono	58
7.7	División del Polígono.....	60
8	RESULTADOS	92
9	DISCUSIÓN.....	110
10	CONCLUSIONES.....	113
11	RECOMENDACIONES.	114
12	BIBLIOGRAFÍA.....	115

Índice de Figuras

Figura 1.- <i>Guía Metodológica para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Urbano. Fuente: (IGAC, 2010).</i>	18
Figura 2.- <i>Guía Metodológica para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Urbano. Fuente: (IGAC, 2010).</i>	19
Figura 3.- <i>Guía Metodológica para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Urbano. Fuente: (IGAC, 2010).</i>	20
Figura 4.- <i>Fases de Diseño. Fuente: (IGAC ,2010).</i>	21
Figura 5.- <i>Estructura de Capas Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).</i>	22
Figura 6.- <i>Procesamiento de Datos Geográficos Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).</i>	28
Figura 7.- <i>Modelos Raster vs. Vectorial Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).</i>	32
Figura 8.- <i>Topología arco-nodo Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).</i>	33
Figura 9.- <i>Topología arco-nodo 2 Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).</i>	34
Figura 10.- <i>Identificación de las alteraciones detectadas en el modelo anaglifo Fuente: Barros Guilherme Henrique Departamento de Cartografía. UNESP (2007)</i>	42
Figura 11.- <i>Representación gráfica del polígono. (Elaboración Propia)</i>	45
Figura 12.- <i>Método Anti horario. (Elaboración Propia)</i>	46
Figura 13.- <i>Polígonos Independientes. (Elaboración Propia)</i>	47
Figura 14.- <i>Representación de datos espaciales. (Elaboración Propia)</i>	48
Figura 15.- <i>Representación de datos temáticos. (Elaboración Propia)</i>	48
Figura 16.- <i>Tabla “Nodos por Polígono”. (Elaboración Propia)</i>	50
Figura 17.- <i>Mapa de municipio de San Vicente Chicoloapan. (Elaboración Propia)</i>	51
Figura 18.- <i>Representación de la manzana 10 del Municipio de San Vicente Chicoloapan. (Elaboración Propia)</i>	52
Figura 19.- <i>Representación de coordenadas UTM. (Elaboración Propia)</i>	53

Figura 20.- Construcción de los predios representado en un plano cartesiano. (Elaboración Propia)	54
Figura 21.- Comparación de la representación de un predio en el plano cartesiano y en una pantalla de una PC. (Elaboración Propia)	54
Figura 22.- Aproximación del polígono con coordenadas UTM al eje central del plano cartesiano. (Elaboración Propia)	55
Figura 23.- Manejo de medidas en el plano cartesiano y pixeles en la PC. (Elaboración Propia)	56
Figura 24.- Cambio de cuadrante evitando el cambio de posición del polígono. (Elaboración Propia)	57
Figura 25.- Regulación de dimensiones. (Elaboración Propia)	57
Figura 26.- Datos que componen al polígono 16 "Producto Cruz". (Elaboración propia)	59
Figura 27.- Resultados del cálculo del área técnica "Producto Cruz" (Elaboración Propia)	60
Figura 28.- Arco alterado por la disección del polígono 16. (Elaboración Propia)	61
Figura 29.- Recta formada por el nodo origen 41 y el nodo destino 24. (Elaboración propia)	61
Figura 30.- Pendiente de la recta. (Elaboración Propia)	63
Figura 31.- Nodo "C" entre "A" y "B" (Elaboración Propia)	65
Figura 32.- Vector \overrightarrow{AB} . (Elaboración Propia)	67
Figura 33.- Componentes del Vector \overrightarrow{AB} . (Elaboración propia)	68
Figura 34.- Valores de los componentes. (Elaboración propia)	69
Figura 35.- Catetos de los componentes. (Elaboración propia)	70
Figura 36.- Cálculo de distancia del vector AB, AC, CB . (Elaboración propia)	71
Figura 37.- División de un polígono. (Elaboración propia)	73
Figura 38.- Predios colindantes del predio 16. (Elaboración propia)	74

Figura 39.- <i>División del predio 16. (Elaboración propia)</i>	75
Figura 40.- <i>Esquema de la base de datos. (Elaboración propia)</i>	76
Figura 41.- <i>Relación de tablas para la formación del predio 16. (Elaboración propia)</i> ...	77
Figura 42.- <i>Polígonos colindantes del predio 16. (Elaboración propia)</i>	78
Figura 43.- <i>Relación de tablas para la formación del predio 9 y nodos colindantes con respecto al predio 16. (Elaboración propia)</i>	79
Figura 44.- <i>Relación de tablas para la formación del predio 11 y nodos colindantes con respecto al predio 16. (Elaboración propia)</i>	80
Figura 45.- <i>Relación de tablas para la formación del predio 12 y nodos colindantes con respecto al predio 16. (Elaboración propia)</i>	81
Figura 46.- <i>Relación de tablas para la formación del predio 11 y nodos colindantes con respecto al predio 16. (Elaboración propia)</i>	82
Figura 47.- <i>Relación de tablas para la formación del polígono 25.y nodos colindantes con respecto al predio 16. (Elaboración propia)</i>	83
Figura 48.- <i>Relación de tablas para la formación del polígono 26 y nodos colindantes con respecto al predio 16. (Elaboración propia)</i>	84
Figura 49.- <i>Relación de tablas para la formación del polígono 27 y nodos colindantes con respecto al predio 16. (Elaboración propia)</i>	85
Figura 50.- <i>Relación de tablas para la formación del polígono 10.y nodos colindantes con respecto al predio 16. (Elaboración propia)</i>	86
Figura 51.- <i>Inserción de nodos y arco para la división del polígono 16. (Elaboración propia)</i>	87
Figura 52.- <i>Cambios que sufre la base de datos con la división del polígono 16. (Elaboración Propia)</i>	90
Figura 53.- <i>Selección del predio 25. (Elaboración propia)</i>	92
Figura 54.- <i>Predio 25 y colindancias. (Elaboración propia)</i>	93
Figura 55.- <i>Predios colindantes al predio 25. (Elaboración propia)</i>	94
Figura 56.- <i>Datos del predio a partir 25 (Elaboración propia)</i>	95

Figura 57.- <i>Inserción de nodos. (Elaboración propia)</i>	96
Figura 58.- <i>Presentación del predio 25 ya dividido y convertido en 25 y 45. (Elaboración propia)</i>	97
Figura 59.- <i>Formulario de registro de datos espaciales. (Elaboración propia)</i>	98
Figura 60.- <i>Registro de datos temáticos. (Elaboración propia)</i>	99
Figura 61.- <i>Registro de datos temáticos del nuevo predio. (Elaboración propia)</i>	100
Figura 62.- <i>Predio 25 partido convertido en predio 25 y 45. (Elaboración propia)</i>	101
Figura 63.- <i>Datos temáticos del nuevo predio 25. (Elaboración propia)</i>	102
Figura 64.- <i>Cambios del predio 25 modificado. (Elaboración propia)</i>	103
Figura 65.- <i>Colindancia del predio 25 dividido. (Elaboración propia)</i>	104
Figura 66.- <i>Datos del predio 25 modificado. (Elaboración propia)</i>	105
Figura 67.- <i>Nuevo predio 45. (Elaboración propia)</i>	106
Figura 68.- <i>Datos temáticos del predio 45. (Elaboración propia)</i>	107
Figura 69.- <i>Colindancias del predio 45. (Elaboración propia)</i>	108
Figura 70.- <i>Datos del predio 45. (Elaboración propia)</i>	109

Índice de Cuadros

Cuadro 1.- <i>Comparativo de características de la versión digital de los datos sobre la analógica: Fuente: (NCGIA, 1999)</i>	31
Cuadro 2.- <i>Ventajas e inconvenientes de los modelos de datos raster y vectorial Fuente: (Aronoff, Gutiérrez, Gould, Bosque, Moldes, 1995)</i>	36
Cuadro 3.- <i>Tablas del sistema SICCAT</i>	49
Cuadro 4.- <i>Reingeniería de la base de datos</i>	49
Cuadro 5.- <i>Tablas que se incrementaron para la topología nodos por polígono.</i>	50

1 INTRODUCCIÓN

El inventario catastral en México ha sido sistematizado en bases de datos, donde se han registrado los datos que permiten identificar el nombre del dueño y datos que identifican el predio, e incluso calcular los impuestos anuales. Sin embargo los registros espaciales se siguen manejando en papel, lo cual trae como consecuencia un almacenamiento de grandes cantidades de archivo en papel y por ende traspapélelo e incluso pérdida de documentos ocasionando un mal servicio a los contribuyentes.

Con el desarrollo de la informática es posible contar con un sistema de información geográfica que permita administrar el catastro desde una computadora en ambiente gráfico con ubicación de predios georeferenciados, obteniendo así control y acceso a datos de forma rápida eficaz y eficiente.

Este trabajo plantea el desarrollo de un ambiente gráfico que permita la administración del catastro, con actualización de datos catastrales en la base de datos espaciales de forma automática. Para lo cual se planteo el algoritmo "puntos por polígono" que permita hacer la división de predios, asimismo se contempla la actualización de datos temáticos y permite guardar un histórico de las modificaciones del predio.

Se probó la herramienta con los predios de la manzana 10 del municipio de San Vicente Chicoloapan del Estado de México, con resultados adecuados en la actualización de datos temáticos y espaciales.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para el manejo de datos catastrales en el municipio de San Vicente Chicoloapan se desarrolló el Sistema de Consulta de datos Catastrales (SICCAT), realizado en la Universidad Autónoma del Estado de México, dicho sistema solo tiene la funcionalidad de consulta. Si se requiere hacer la actualización de la base de datos tendrá que ser de forma manual en cada uno de los tramites que se hayan realizado considerando su temporalidad, para no realizar un registro que provoque inconsistencia en la base de datos por una incorrecta actualización, si lo realizara personal especializado ocasionaría gastos extras y la dependencia de una persona para realizar estas actividades, situación que no es deseable por el riesgo de que a futuro el sistema deje de ser operable, ya sea por la inconsistencia de la base de datos o por la falta de capital humano capacitado. Estas situaciones ocasionan pérdidas económicas y representación de datos poco confiables. Que tendrían un impacto negativo en la planeación y conocimiento de la distribución uso del suelo del territorio nacional.

3 JUSTIFICACIÓN

La modernización de los SIG (Sistema de Información Geográficos) catastral ha sido una inquietud imperante, esto con el fin de tener una herramienta que sirva de apoyo en diferentes rubros, uno de ellos, basado en la distribución de extensión territorial y modificar los datos de manera automática mediante la manipulación de la interfaz gráfica, obteniendo beneficios, tales como:

- Actualización automática de datos espaciales de registros catastrales al trazar las colindancias mediante una interfaz gráfica.
- Contar con información territorial de forma histórica y actual.
- Agilizar la respuesta de peticiones de servicios (cambio de propietario, ubicación, venta y cálculo de áreas de los predios).
- Optimizar tareas de elaboración de mapas.
- Evitar la dependencia de personal especializado.
- Base de datos confiable y actualizada.
- Reducción en tiempo y costo.

4 OBJETIVO GENERAL

Actualización automática de datos espaciales en registros catastrales, mediante la manipulación de un entorno gráfico.

4.1 Objetivos específicos

Reingeniería de la base de datos

Desarrollar un algoritmo para la actualización de la base de datos espaciales de forma automatizada.

Implementación de los algoritmos para la actualización de la base de datos.

Desarrollar un algoritmo con interfaz gráfica para deslinde de propiedades.

Implementación de los algoritmos de la interfaz gráfica

Actualización de contenidos temáticos.

5 HIPÓTESIS

Es posible desarrollar una metodología para la actualización automática de datos espaciales en una base de datos catastrales.

6 MARCO TEÓRICO

A continuación se abordan conceptos generales del catastro y tendencias de algunas tecnologías que sustentan el desarrollo de los SIG además el desarrollo de bases de datos marcando la diferencia entre una base de datos de los sistemas comunes y el de un SIG debido a que la base de datos a crear es una base de datos espaciales y temáticos.

Además se abordan otros temas relacionados, como los tipos de arquitectura de aplicaciones que existen en trabajos relacionados en diferentes países, con el objetivo de brindar un panorama general de las tecnologías necesarias para el desarrollo del sistema.

6.1 CATASTRO

El significado del catastro está ligado a la propiedad del suelo, las formas de ocupación y su contribución a la economía de los pueblos. Desde el origen de las sociedades, el territorio juega un rol importante en base de la riqueza individual y colectiva de los pueblos, sin embargo es necesario hacer un registro descriptivo y evaluativo de los suelos para conocer la superficie, la naturaleza y el valor de los bienes inmuebles, necesarios para la transacción de impuestos prediales.

A partir de diferentes fuentes de información se mostrarán algunas definiciones del catastro que dará la oportunidad de proponer un concepto. Con la intención de unificar un criterio del análisis partiendo desde un sentido general hacia un sentido más particular en una adaptación y contextualización de la aplicación a la investigación.

Una definición epistemológica se entiende que catastro vienen del griego *katástixov*, "registro" inmobiliario dependiente del Estado en el que se describen los bienes inmuebles rústico, urbano y de características especiales **(Iñiguez, 2008)**.

El catastro históricamente se ha conceptualizado como el inventario, censo o registro de los bienes inmuebles, llegando a una concepción más común como un registro de fincas, de sus valores y sus propietarios. Estableciéndose en sus primeros inicios con fines exclusivamente fiscales y sin representación alguna **(INEGI ,2010)**. En otro contexto se conoce como la contribución real que pagaban nobles y plebeyos, y se imponían sobre todas las rentas fijas y posesiones que producían frutos anuales, fijos o eventuales, como los censos, las hierbas, las bellotas, los molinos, las casas, los granos, etc. **(Diccionario de la lengua española, 2010)**.

Más preciso se considera que el catastro es definido como una herramienta para procurar y garantizar la ordenación del espacio geográfico con fines de desarrollo, a través de la adecuada, precisa y oportuna definición de los tres aspectos más relevantes de la propiedad inmobiliaria: descripción física, situación jurídica y valor económico **(Berné, 2005)**. Otro más completo, el catastro es normalmente un sistema de información territorial, basado sobre la parcela y actualizado, que contiene un registro de los intereses territoriales (derechos restricciones y responsabilidades). Comprende generalmente una descripción geométrica de las parcelas, relacionadas a los registros que describen la naturaleza de los intereses, la propiedad o el control de esos intereses y frecuentemente el valor de la parcela y sus mejoras. Pueden ser estableciendo para fines fiscales (valuación y tasación proporcional), legales (traslaciones de dominio), para apoyar la gestión del territorio y el uso del suelo (planificación y otros fines administrativos), y poner en marcha el desarrollo durable y la protección del medio ambiente. **(UNIMEC, 1996)**.

En México la administración del uso y distribución del suelo está a cargo de los gobiernos municipales. A este inventario se le conoce como catastro **(Gómez, 2006)**, mismo que se define como un sistema primario de información donde se reflejan de forma gráfica y literal los bienes inmuebles del país y las personas naturales y jurídicas

que lo utilizan con independencia del título o legitimidad de su posesión, a fin de tener un conocimiento real del territorio nacional.

De entre los conceptos teóricos tratados, se puede definir al catastro como un inventario, una fuente de información sobre los bienes inmuebles, con sus características descriptivas físicas, la titularidad de los mismos, sus usos, su valor y siendo la base sobre la cual se fundamenta el sistema fiscal que se proyecta sobre la propiedad inmobiliaria.

Disponer de un buen catastro es una necesidad y llega a ser un instrumento de gran utilidad para las Administraciones Públicas y la sociedad en general, además de complementar el marco de seguridad jurídica necesaria para el tráfico inmobiliario y para el desarrollo económico de los países.

6.1.1 Clasificación del catastro.

El catastro puede tradicionalmente tener tres misiones que dan lugar a la clasificación siguiente: **(Ettarid, 2003)**.

Catastro fiscal: que es un inventario general de las propiedades, donde el objetivo es recoger la información ligada a las parcelas de predio (propiedad aparente, superficie y consistencia), a fin de evaluar de manera objetiva, el valor de propiedad que servirá de base a una imposición equitativa.

Catastro Jurídico: que tiene por objetivo la definición de los derechos sobre los predios y la seguridad de la ocupación legal. Este catastro puede ser en general o esporádico. Los países desarrollados que han tenido los medios han generalizado sus catastros (aproximadamente 75% de los países de Europa y América del “**Norte**”).

Catastro Multifinalitario: esta es un tipo de catastro donde el objetivo es llenar las dos funciones, fiscal y jurídico, constituye una tendencia moderna adoptada en los catastros recientemente fundados o en curso de reforma.

6.1.2 Importancia.

Para el municipio, el catastro permite censar y conocer los bienes inmuebles asentados en su territorio, registran los datos exactos relativos a su característica, determinar su valor y conocer la situación jurídica de los mismos respecto a sus propietarios, todo ello encaminados principalmente a la captación de recursos a través del cobro de diferentes impuestos a la propiedad inmobiliaria, como son el predial y el de traslación de dominio entre otros.

La elaboración del catastro comprende dos aspectos:

El inventario de los inmuebles ubicados en el municipio y de sus propietarios, realizado a través de un estudio que implica su localización y registro.

La determinación del valor de los inmuebles con el fin de obtener el valor catastral que es la base para el cobro del impuesto predial.

6.1.3 Tipos de Catastro

La creciente complejidad de la vida municipal, ha ido estableciendo una técnica conceptualmente, una distinción de las actividades catastrales, reconociéndose el urbano y el rural.

6.1.3.1 El catastro rural y el catastro urbano.

En cuanto a la clasificación de la propiedad inmobiliaria para efectos catastrales existen diversos criterios plasmados en las Leyes de Catastro de las entidades federativas

que integran el territorio mexicano, prevaleciendo por lo general la división en dos tipos de predios: Rural y Urbano. Sin embargo, algunas leyes proveen un tercer tipo de clasificación intermedia de los inmuebles, al que denominan Suburbano. **(Ley del catastro de Morelos, 2003).**

Las características o definiciones de cada uno de las tres clasificaciones de bienes catastrales, son las siguientes:

Propiedad urbana: son los bienes inmuebles que están ubicados dentro de los perímetros de las poblaciones urbanas destinados para habitación, comercio e industrias y prestaciones de servicio común. **(Ley del catastro de Morelos, 2003).**

Propiedad suburbana: son bienes inmuebles ubicados fuera de los perímetros de las poblaciones, con valores de mercado intermedios entre los periodos urbanos y de los rústicos, determinados por su proximidad a las poblaciones en proceso de crecimiento, aún cuando estén destinados a la explotación agrícola, pecuaria, forestal, frutícola o industrial rural. Quedarán también comprendidos dentro esta clasificación, los predios destinados a fraccionamientos denominados "campestres", "granjas" o cualesquiera otros que sean fraccionados o lotificados y en general todas aquellas zonas fuera de los perímetros poblacionales en las que se presenten servicios municipales básicos.

Propiedad rústica o rural: son bienes inmuebles que estuvieren destinados en forma permanente a la explotación agrícola, pecuaria, forestal, frutícola o actividades equivalentes en predios ubicados fuera de las zonas clasificadas como suburbanas, de acuerdo con las delimitaciones previas establecidas en los planos reguladores o en los parciales y que además conserven valores en la plaza contemplados en enajenaciones u operaciones contractuales, generadores de producción o explotación económica.

6.1.4 Bases jurídicas del catastro municipal en México.

6.1.4.1 Nivel Federal

La Constitución Política General en su artículo 27, se ocupa de la propiedad de tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, así como de las modalidades que pueden imponerse a la propiedad privada por el interés público. El artículo 31 fracción IV, establece como obligación de los mexicanos el contribuir para los gastos públicos municipales.

Especial atención merece el artículo 36 fracción I, que señala como otra obligación del ciudadano de la República inscribirse en el catastro de la municipalidad manifestando la propiedad que el mismo cuidado tenga.

El artículo 115 Constitucional, en su fracción IV, especifica que los municipios administrarán libremente su hacienda, pudiendo obtener contribuciones a través de impuestos tales como los aplicados a la propiedad inmobiliaria, a su fraccionamiento, división, consolidación, traslación y mejora así como las que tengan por base el cambio de valor de los inmuebles.

Por último, el artículo 121 fracción II de la Carta Magna dispone que los bienes muebles e inmuebles se registrarán por la ley del lugar de su ubicación.

La Ley de Información y Estadística y Geográfica, de competencia federal, establece las normas de funcionamiento de los servicios nacionales de información geográfica y estadística y coordina la participación en la materia de instancias federales, estatales y municipales. La ley considera como parte de estos servicios todo tipo de censos realizados en el territorio nacional, donde se incluye tanto el catastro urbano como el rural.

6.1.4.2 Nivel Estatal

De acuerdo con la Constitución Política General. Es competencia de las legislaturas de los estados, legislar en materia de bienes muebles e inmuebles del territorio de la entidad. Así, la constitución Política Local establece los elementos generales que regulan el comportamiento de la propiedad inmobiliaria, su registro y las competencias que les corresponde a los municipios.

La Ley de Hacienda Municipal, de carácter estatal, se refiere a las contribuciones que los municipios recibirán, entre las que se encuentran las provenientes de los impuestos a la propiedad y sus modificaciones.

La Ley de Catastro estipula el objeto del mismo, su concepción general aplicable, las autoridades competentes, las operaciones que para su realización tendrá que efectuarse y las obligaciones de los propietarios o poseedores de bienes inmuebles ubicados en el territorio del estado. Asimismo, esta ley suele hacer alusión a los mecanismos de colaboración ente estado y municipios para el cobro de los impuestos a la propiedad raíz.

Los convenios de colaboración administrativa municipal, celebrados entre estados y municipios, contienen los términos con base en los cuales se llevará a efecto el cobro del impuesto predial, así como las instancias que servirán de medio de administración de estos impuestos.

6.1.4.3 Nivel Municipal

El Bando de Policía y Buen Gobierno hace alusión expresa como reglamento municipal, al catastro en el caso en que exista un área u oficina encargada de la ejecución de actividades censales.

La Ley de Ingresos y el Presupuesto de Egresos Municipales, se refiere a los montos presupuestales que regirán en los municipios y la manera en que éstos se allegarán de recursos para financiar tales presupuestos; aquí mismo se hace referencia a las contribuciones por impuesto a la propiedad raíz.

El Reglamento Interior del Ayuntamiento: otorga facultades al área u oficina de catastro para realizar determinadas funciones de este tipo y para establecer las relaciones necesarias con la instancia estatal e inclusive federal, por ejemplo para presentar ayuda en la elaboración de los castros rurales que en la actualidad está llevando a cabo la Secretaría de la Reforma Agraria y la Secretaria de Desarrollo Social. De igual modo, el Reglamento Interior establece la forma e instancia encargada del cobro de los impuestos prediales así como otros impuestos relacionados con la propiedad raíz **(INAFED, 2010)**.

6.2 BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS

Las bases de datos geográfica o espacial son la parte medular de la descripción territorial del mundo es por ello que se denotan un conjunto de definiciones:

Las bases de datos espaciales son extensiones que dan soporte de objetos geográficos permitiendo el almacenamiento, indexación, consulta y manipulación de información geográfica y datos espaciales. Si bien algunas de estas bases de datos geográficas están implementadas para permitir también el uso de funciones de geoprocésamiento, el principal beneficio de estas se centra en la capacidad que ofrecen para el almacenamiento de datos especialmente georeferenciados.

Algunas de estas capacidades incluyen un fácil acceso a este tipo de información mediante el uso de estándares de acceso a bases de datos como los controladores ODBC,

la capacidad de unir o vincular fácilmente tablas de datos o la posibilidad de generar una indexación y agrupación de datos espaciales.

Otra definición que se puede conceptualizar es una colección de datos referenciados espacialmente, que actúan como un modelo de la realidad; en el sentido de que ella representa una serie o aproximación de fenómenos. Esos fenómenos seleccionados son considerados suficientemente importantes para ser representados en forma digital. La representación digital puede ser para el pasado, presente o futuro (Haithcoat, 2002).

“Una Base de Datos Geográfica es una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base de datos comprende la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y datos no espaciales” **(ESRI, 2002)**.

La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración. La eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras.

Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un SIG. Los objetos geográficos son organizados por temas de información, o capas de información, llamadas también niveles.

Las reglas según las cuales se modela el mundo real por medio de objetos discretos constituyen el modelo de datos.

Los sistemas de referencia espacial pueden ser de dos tipos:

- **Georeferenciados:** Aquellos que se establecen sobre la superficie terrestre. Son los que normalmente se utilizan, por ser un dominio manipulable, perceptible y que sirve de referencia.

- **No georeferenciados** Son sistemas que tienen valor físico, pero que pueden ser útiles en determinadas situaciones.

La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada que pueda ser procesada por el lenguaje de las computadoras actuales.

Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.

La estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas, conlleva cierto nivel de dificultad. En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las computadoras implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos. En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; la topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos puede llegar a ser muy compleja, por ser muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad.

6.2.1 Datos espaciales.

Un modelo de datos geográfico es una abstracción del mundo real que emplea un conjunto de objetos, datos para soportar el despliegue de mapas, consultas, edición y análisis. Los datos geográficos, presentan la información en representaciones subjetivas a través de mapas y símbolos, que representan la geografía como formas geométricas, redes, superficies, ubicaciones e imágenes, a los cuales se les asignan sus respectivos atributos que los definen y describen.

Un dato espacial es una variable asociada a una localización del espacio. Normalmente se utilizan datos vectoriales, los cuales pueden ser expresados mediante tres tipos de objetos espaciales:

Puntos: Se encuentran determinados por las coordenadas terrestres medidas por latitud y longitud. Por ejemplo, ciudades, accidentes geográficos puntuales, hitos.

Líneas: Objetos abiertos que cubren una distancia dada y comunican varios puntos o nodos, aunque debido a la forma esférica de la tierra también se le consideran como arcos. Líneas telefónicas, carreteras y vías de trenes son ejemplos de líneas geográficas.

Polígonos: Figuras planas conectadas por distintas líneas u objetos cerrados que cubren un área determinada, como por ejemplo países, regiones o lagos.

De esta forma la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas (x, y). La ubicación de una característica puntual, pueden describirse con un sólo punto (x, y). Las características lineales, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas (x, y). Las características poligonales, pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. La otra forma de expresar datos espaciales es mediante rasterización, la cual, a través de una malla que permite

asociar datos a una imagen; es decir, se pueden relacionar paquetes de información a los píxeles de una imagen digitalizada.

Los datos espaciales además se caracterizan por su naturaleza georeferenciada y multidireccional. La primera se refiere que la posición relativa o absoluta de cualquier elemento sobre el espacio contiene información valiosa, pues la localización debe considerarse explícitamente en cualquier análisis. Por multidireccional se entiende a que existen relaciones complejas no lineales, es decir que un elemento cualquiera se relaciona con su vecino y además con regiones lejanas, por lo que la relación entre todos los elementos no es unidireccional. Es decir, todos los elementos se relacionan entre sí, pero existe una relación profunda entre los elementos más cercanos.

6.2.2 Fases de diseño de las bases de datos espaciales.

Para el diseño de la base de datos se tiene en cuenta: el desarrollo de la estructura, la definición de contenidos y la determinación de los datos.

La cual se clasifica en:

6.2.2.1 Diseño de modelo conceptual.

El modelo conceptual para una base de datos espacial se refiere a la forma como están caracterizados los elementos del mundo real cuando se almacenan en la base de datos; existen varios diagramas para representar el modelos conceptual Entidad- Relación (E-R), Lenguaje Unificado de Modelado (UML), Object Modeling Technique (OMT).

Un ejemplo del modelo lógico basado en el diagrama E-R, del modelo conceptual

es:

PROYECTO		PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL URBANO APLICABLE A CIUDADES MODELO LOGICO DE DATOS						
FECHA:	Mes: 09	Día: 05	Año: 1996	No. Páginas:	01	No. Hojas:	01	
ESTRUCTURA GENERAL DE LA TABLA								
Nombre de la Entidad: ODMIA				Nombre de la Tabla: T_COMUNA				
CODO	CODUR	NOMBRE	AREA	PERIM	NRLEY	FECHA		
LLAVE	LLAVE							
FOREA	FRANEA							
OBTEND								
NRCD	NRCD	CDTR	NRCD	NRCD	NRCD	CDTR		
2	2	18	16	18	4	11		
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD DESCRIPCION DE ATRIBUTOS								
ATRIBUTOS		DESCRIPCION						
1	CODO	código de identificación de la comuna						
2	CODUR	código de identificación del núcleo urbano						
3	NOMBRE	nombre de la comuna						
4	AREA	área de la comuna en metros cuadrados						
5	PERIM	perímetro de la comuna en metros						
6	NRLEY	número de la ley						
7	FECHA	fecha de aprobación de la ley						
REFERENCIAS Y OBSERVACIONES								

Figura 2.- Guía Metodológica para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Urbano. Fuente: (IGAC, 2010).

El modelo conceptual y el modelo lógico, son independientes de los programas y equipos que se vayan a utilizar y de su correcta concepción depende el éxito del SIG.

6.2.2.3 Diseño del Modelo Físico:

Corresponde a la implementación de la base de datos espacial en un programa o software específico. Las especificaciones dependen del tipo de software utilizado.

Diccionario de Datos. Los software de gestión de bases de datos convencionales y de bases de datos espaciales, tienen la funcionalidad de generar el diccionario de datos en forma automática. Este contiene la denominación técnica de las entidades, su definición, geometría, criterio de registro, fuente de los datos, atributos, dominio (posibles valores del campo), relaciones y restricciones, entre otros.

Un esquema general se puede observar en el siguiente ejemplo.

CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS			
CODCO	código de identificación de la comuna	Númerico	de 01 hasta 99
CODUR	código de identificación del núcleo urbano	Númerico	de 01 hasta 99
NOMBRE	nombre de la comuna	Carácter	Arzayanes,.....
AREA	área del elemento	Númerico	de 10000 m2 hasta.....
PERI	perímetro del elemento	Númerico	de 350 m hasta.....
NRLEY	número de la ley (acuerdo) que reglamenta a la comuna	Númerico	56.....
FECHA	fecha de la ley	Carácter	26-Nov-1993.....

Figura 3.-Guía Metodológica para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Urbano. Fuente: (IGAC, 2010).

El modelo físico incluye la base de datos:

- Espacial

- Imágenes (Ej. Imágenes fotográficas, de satélite, aerofotografías, esquemas)
- Complementarias a las imágenes (Ej. Archivos de texto)
- Información descriptiva de los objetos (Ej. Diccionario de Datos, Metadatos)

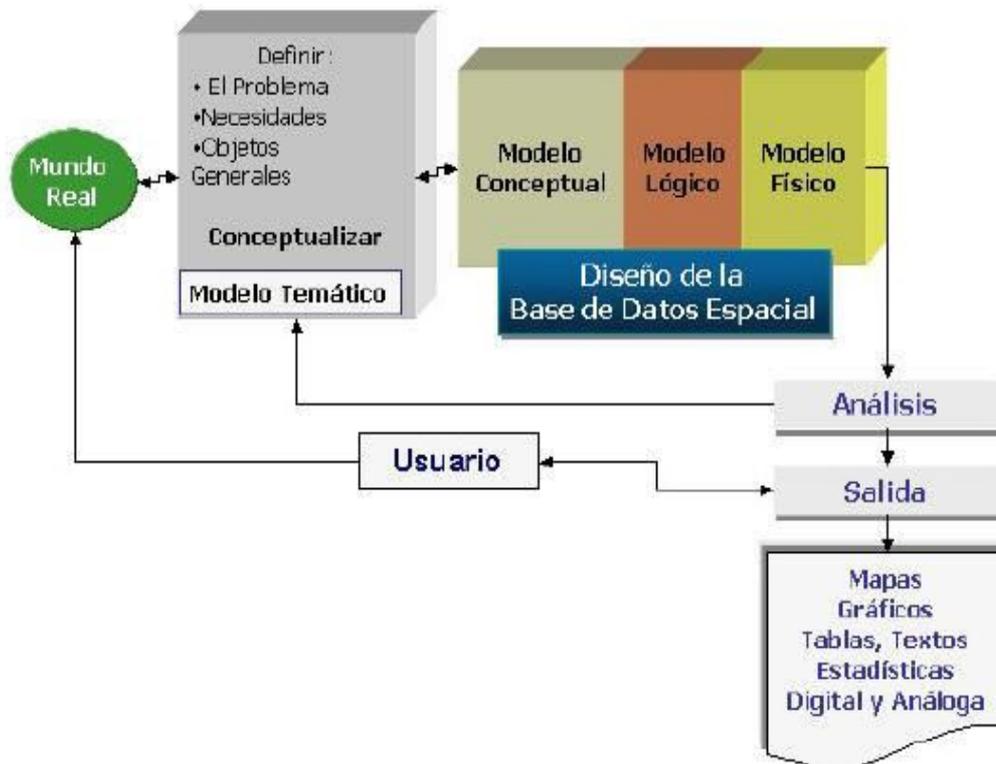


Figura 4.-Fases de Diseño. Fuente: (IGAC ,2010).

6.2.3 Construcción de bases de datos geográficos.

Esto implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada asequible para el lenguaje de las computadoras actuales. Dicho proceso tiene diversos niveles y, por lo general, inicia con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.

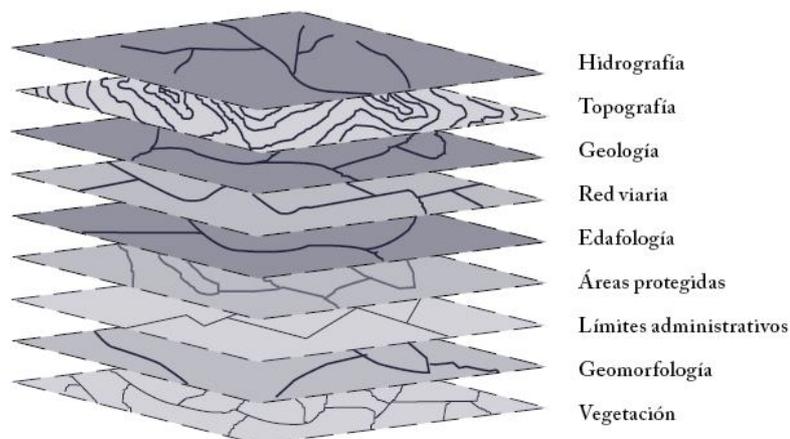


Figura 5.-Estructura de Capas **Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).**

Sin embargo, la estructuración de los datos espaciales procedentes del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad: en primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las máquinas implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos; y en segundo término, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; es lo que se denomina topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos.

Aunque a nivel geográfico las relaciones entre los objetos son muy complejas, siendo muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad, la topología de un SIG reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, por ejemplo, conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien, saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

6.2.4 Métodos de acceso espacial.

Para evitar la revisión exhaustiva de los datos en una base de datos, se crean índices que reducen el número de elementos a visitar en la base de datos en un procesamiento de consulta. La clásica indexación por B-tree no es aplicable en el caso espacial donde no existe un orden único de los valores de claves. Es por este motivo que existen tres categorías de métodos de acceso espacial, las PAM (Point Access Method), R-Tree, las SAM (Spatial Access Method), los cuales se utilizan de acuerdo al tipo de dato en el que está la base de datos espacial ya sea raster o vectorial.

Aunque se han creado los benchmarks que comparan diferentes métodos, los resultados no son concluyentes, pero se recomienda utilizar cualquiera de ellos. Un índice R-tree aproxima cada geometría en un único rectángulo que la acota minimizando los espacios llamado MBR (Minimal Bounding Rectangle) y organiza una colección de objetos espaciales en una jerárquica donde las hojas contienen punteros a los datos y los nodos intermedios contienen el rectángulo mínimo que contiene a sus sub-hojas. Todas las hojas aparecen al mismo nivel. Cada entrada a una hoja es una tupla (R,O), donde R es el MBR y O es el objeto. Cada nodo intermedio es una tupla (R,P), donde R es el MBR que contiene los rectángulos hijos apuntados por P.

6.2.5 Lenguajes de consulta espacial.

Las bases de datos espaciales no tienen un conjunto de operadores que sirvan como elementos básicos para la evaluación de consultas y estas manejan un volumen extremadamente grande de objetos complejos no ordenados en una dimensión. Es por esto que existen algoritmos complejos para evaluar predicados espaciales. Las consultas son realizadas generalmente en SSQL (Spatial SQL), el cual introduce, mediante extensiones, los distintos conceptos del álgebra ROSE dentro del lenguaje SQL estándar,

es decir, utiliza las cláusulas SELECT-FROM-WHERE para las tres operaciones en el álgebra relacional (proyección algebraica, producto cartesiano y selección).

Las tres categorías fundamentales de consultas en un sistema de información espacial son:

- **Consultas exclusivamente de propiedades espaciales.** Ejemplo: "Traer todos los pueblos que son cruzados por un río".
- **Consultas sobre propiedades no espaciales.** Ejemplo: "Cuantas personas viven en Valdivia".
- **Consultas que combinan propiedades espaciales con no espaciales.** Ej: "Traer todos los vecinos de un cuadra localizada en Los Ángeles"

En el lenguaje SQL, el ejemplo del segundo punto se escribiría de la siguiente forma.

```
SELECT población FROM ciudades WHERE nombre= "Valdivia"
```

El otro tipo de consultas, para los datos obtenidos mediante rasterización, es llamado PSQL (Pictoral SQL) donde cada objeto espacial se extiende mediante un atributo loc (localización) el cual es referenciado en la cláusula SELECT para una salida gráfica y una cláusula específica para tratar relaciones espaciales. También se destaca en los lenguajes de modelado de la información espacial a (GML) que es una estructura para almacenar y compartir datos geográficos. Es una codificación del modelo geométrico de rasgo simple del OGC (Open Geospatial Consortium simple feature) usando XML. Un rasgo geográfico (geographic feature) es definido por el OGC como "una abstracción del fenómeno del mundo real, si éste está asociado con una posición relativa a la Tierra". Por tanto, es posible hacer una representación del mundo real con un conjunto de rasgos.

La especificación de un rasgo viene dada por sus propiedades, las que pueden pensarse definidas como un triple (nombre, tipo, valor). Si este rasgo es geográfico entonces la propiedad tendrá un valor geométrico.

Por tanto, un rasgo simple del OGC es aquel cuya propiedad geométrica está restringida a una geometría simple en la que sus coordenadas estén definidas en dos dimensiones y en el caso de existir una curva, ésta es sujeta a una interpolación lineal.

6.2.6 Aplicaciones.

Normalmente las bases de datos espaciales están asociadas a sistemas SIS (Sistemas de Información Estratégicos) o SIG. La información geográfica contiene una referencia territorial explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como domicilio o código postal. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas mediante geocodificación. La información geográfica es a su vez el elemento diferenciador de un Sistema de Información Geográfica frente a otro tipo de Sistemas de Información; así, la particular naturaleza de este tipo de información contiene dos vertientes diferentes: por un lado está la vertiente espacial y por otro la vertiente temática de los datos. Mientras otros Sistemas de Información contienen sólo datos alfanuméricos (nombres, direcciones, números de cuenta, estado civil, edad, etc.), las bases de datos de un SIG integran además la delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos.

Las implementaciones de bases de datos espaciales se dividen en tres campos.

6.2.6.1 SIG Puros

Son bases de datos espaciales sin ninguna capa intermedia, realizan las operaciones de selección espacial de manera nativa. Son modulares, extensibles y normalmente con una interfaz amigable. Aunque también son capaces de generar una

interfaz gráfica amigable para las bases de datos comunes, de tal manera que utilizan datos espaciales ya almacenados en estas tecnologías.

6.2.6.2 Ad-hoc

Son sistemas desarrollados para alguna aplicación determinada, que utilizan un sistema de manejo de archivos propio y por ende un sistema de administración de datos propio. Es por eso que no son modulares, ni reutilizables. La ventaja es que son muy eficientes.

6.2.6.3 Bases de datos con extensiones para bases de datos espaciales

Son sistemas de bases de datos normales a los cuales se les agrega una capa para el manejo de la geometría y hacer el "traspaso" desde datos comunes a datos espaciales transparente al usuario final.

6.3 Sistemas de información geográficos.

Al igual que la propia geografía, es difícil definir el término Sistema de Información Geográfica (SIG) porque engloba la integración de áreas muy diversas. Por esto no existe una única definición de SIG totalmente consensuada (**deMers, 2000**). Una definición de SIG bastante aceptada es la redactada por el NCGIA (National Centre of Geographic Information and Analysis), que lo definen como:

Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (**NCGIA,1999**).

Los SIG se han convertido en la última década en herramientas de trabajo esenciales en el planeación urbana y en la gestión de recursos. Su capacidad para

almacenar, recuperar, analizar, modelar y representar amplias extensiones de predio con enormes volúmenes de datos espaciales les han situado a la cabeza de una gran cantidad de aplicaciones.

Los SIG se utilizan actualmente en la planificación de los usos del suelo, gestión de servicios, modelado de ecosistemas, valoración y planificación del paisaje, transporte y de las infraestructuras, marketing, análisis de impactos visuales, gestión de infraestructuras, asignación de impuestos, análisis de inmuebles y otras muchas.

Técnicamente, se pueden definir como una tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos (hardware) programados adecuadamente (software) que permiten manejar una serie de datos espaciales (datos geográficos) y realizar análisis complejos con éstos siguiendo los criterios impuestos por el personal científico (equipo humano): éstos son, por tanto, sus cuatro elementos constitutivos.

Aunque todos ellos han de cumplir con su cometido para que el sistema sea funcional, existen diferencias en cuanto a su importancia relativa. A lo largo del tiempo, el peso de cada uno de los elementos dentro de un proyecto SIG ha cambiado, mostrando una clara tendencia: mientras los equipos informáticos condicionan cada vez menos los proyectos SIG por el abaratamiento de la tecnología, los datos geográficos se hacen cada vez más necesarios y son los que consumen, hoy en día, la mayor parte de las inversiones en términos económicos y de tiempo.

Así, en la actualidad, la exigencia principal a la hora de enfrentar cualquier proyecto basado en SIG lo constituye la disponibilidad de datos geográficos del territorio a estudiar, mientras que hace una o dos décadas era la disponibilidad de ordenadores potentes que permitieran afrontar los procesos de cálculo involucrados en el análisis de datos territoriales.



Figura 6.-Procesamiento de Datos Geográficos **Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).**

La información geográfica, además de ser un factor limitante, es a su vez el elemento diferenciador de un sistema de información geográfica frente a otras modalidades de sistemas; de esta manera, la particular naturaleza de este tipo de información contiene dos vertientes: la espacial y la temática de los datos.

Mientras otros sistemas de información (como puede ser el de un banco) contienen sólo datos alfanuméricos (nombres, direcciones, números de cuenta, estado civil, edad etc.), las bases de datos de un SIG han de contener, además, la delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos.

Por ejemplo, un lago que tiene su forma geométrica plasmada en un plano, también cuenta con otros datos asociados, como niveles de contaminación.

Pongamos un caso diferente, para que esto se entienda mejor: supongamos que tenemos un suelo definido en los planos de clasificación de un planeamiento urbanístico como urbanizable; dicho suelo tiene una serie de atributos, como su uso y edificabilidad, entre otros, y una delimitación espacial concreta correspondiente con su propia geometría definida en el plano.

Por lo tanto, el SIG debe funcionar a la vez con su forma perfectamente definida en plano y sus atributos temáticos asociados, es decir, tiene que trabajar con cartografía y bases de datos al mismo tiempo, uniendo ambas partes y constituyendo con todo ello una sola base de datos geográficos.

Esta capacidad de asociación de bases de datos temáticas junto con la descripción espacial precisa de objetos geográficos y las relaciones entre los mismos (topología) es lo que diferencia a un SIG de otros sistemas informáticos de gestión de información.

6.3.1 Aplicaciones de los sistemas de información geográfica.

Cartografía de localizaciones: Los SIG se pueden utilizar en la cartografía de localizaciones. Los SIG permiten la creación de mapas por medio de cartografía automatizada, captura de datos, y herramientas de análisis. Los tipos de mapas son:

6.3.1.1 Mapas cuantitativos:

Mapas de población, que se utilizan para localizar lugares que reúnen ciertos criterios demográficos y tomar decisiones, o para ver las relaciones existentes entre diferentes lugares. Esto proporciona un nivel de información adicional más allá de los simples mapas de localizaciones de entidades.

6.3.1.2 Mapas de densidades

Aunque las concentraciones se pueden ver simplemente en un mapa de localización de entidades, en aquellas áreas donde existen muchas de ellas se hace complicado ver qué áreas tienen mayores concentraciones que otras. Un mapa de densidad permite medir el número de entidades en una unidad de área uniforme, tal como el metro o el kilómetro cuadrado, de forma que se puede ver claramente la distribución.

El cálculo de unidades es de vital importancia considerando algunas alternativas de solución; las cuales se describen a continuación.

Cálculo de distancias: Los SIG se pueden utilizar para saber qué está pasando en un radio determinado alrededor de una entidad.

Cartografía y detección del cambio: Los SIG se pueden utilizar para cartografiar el cambio en una zona para predecir condiciones futuras, tomar decisiones, o evaluar los resultados de una acción o una política concreta.

6.3.2 Datos Geográficos

Los datos espaciales constan de dos componentes espacial y temática.

Conceptualmente, los datos geográficos se pueden dividir en dos elementos: observación o entidad y atributo o variable. Los SIG son capaces de gestionar ambos elementos.

Componente espacial: Las observaciones tienen dos aspectos en referencia a su localización: la localización absoluta, basada en un sistema de coordenadas y las relaciones topológicas con respecto a otras entidades. Ejemplo:

El Departamento de Geografía se encuentra en las coordenadas X, Y o el Departamento se encuentra localizado entre la pieza de Cervantes y el Colegio de Trinitarios. Los SIG son capaces de manejar ambos conceptos mientras que los programas de diseño asistido por ordenador (CAD) solo utilizan la localización absoluta.

Componente temática: Las variables o atributos de las entidades se pueden estudiar considerando el aspecto temático (estadística), su localización (análisis espacial) o ambos (SIG).

6.3.2.1 Datos para aplicaciones de los SIG.

Los datos para aplicaciones SIG incluyen: datos digitalizados y escaneados bases de datos muestreo de campo con GPS imágenes de satélite y fotografía aérea.

6.3.2.2 Representación digital de datos geográficos.

El siguiente cuadro 1 se destaca las ventajas de la versión digital de los datos analógicos:

Cuadro 1.- Comparativo de características de la versión digital de los datos sobre la analógica: **Fuente: (NCGIA, 1999)**

Digital	Analógica
Fácil de actualizar	Difícil de actualizar, implica rehacer el mapa completo
Transferencia sencilla y rápida (p.ej.: vía internet)	Transferencia lenta(p.ej.: vía correo)
Espacio de almacenamiento relativamente pequeño (dispositivos digitales)	Requiere espacios de almacenamiento grandes (p.ej.: cartotecas tradicionales)
Fácil de mantener	Los mapas en papel se estropean con el tiempo
Análisis automático y fácil	Análisis difícil e inexacto (p.ej.: medición de áreas y distancias)

6.3.2.3 Topologías, modelos de datos y tipos de SIG.

Hay diversas formas de modelar estas relaciones entre los objetos geográficos o topología. Dependiendo de la forma en que se lleve a cabo, se tiene uno u otro tipo de sistema de información geográfica dentro de una estructura de tres grupos principales: vectoriales, raster y orientados a objetos.

No existe un modelo de datos que sea superior a otro, sino que, cada uno tiene una utilidad específica, como veremos a continuación, pero en realidad, la mayor parte de los sistemas existentes en la actualidad pertenecen a los anteriores.

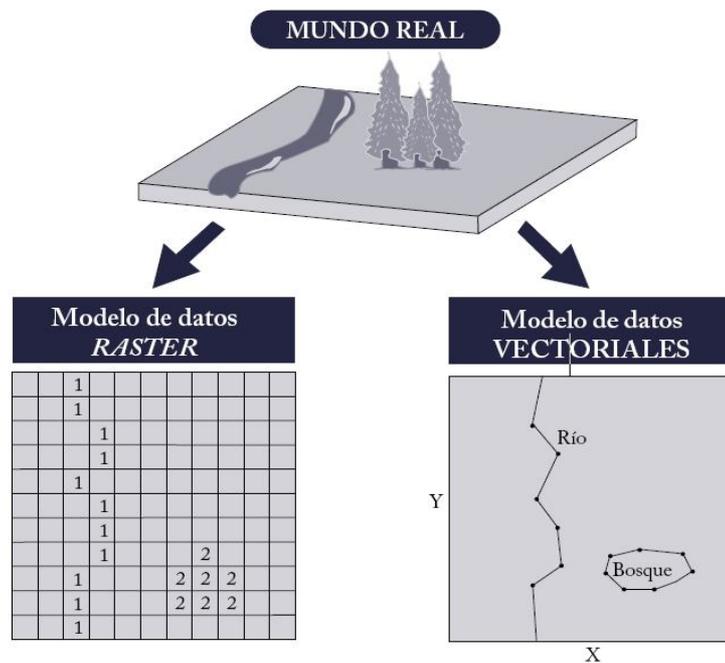


Figura 7.-Modelos Raster vs. Vectorial **Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).**

6.3.2.3.1 Sistemas de información geográfica vectoriales.

Son aquellos que para la descripción de los objetos geográficos utilizan vectores definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico.

Con un par de coordenadas y su altitud gestionan un punto (como un vértice geodésico), con dos puntos generan una línea y con una agrupación de líneas forman polígonos. De entre todos los métodos para formar topología vectorial, el modo más robusto es la topología arco-nodo, cuya lógica de funcionamiento se detalla en la Figura 20.

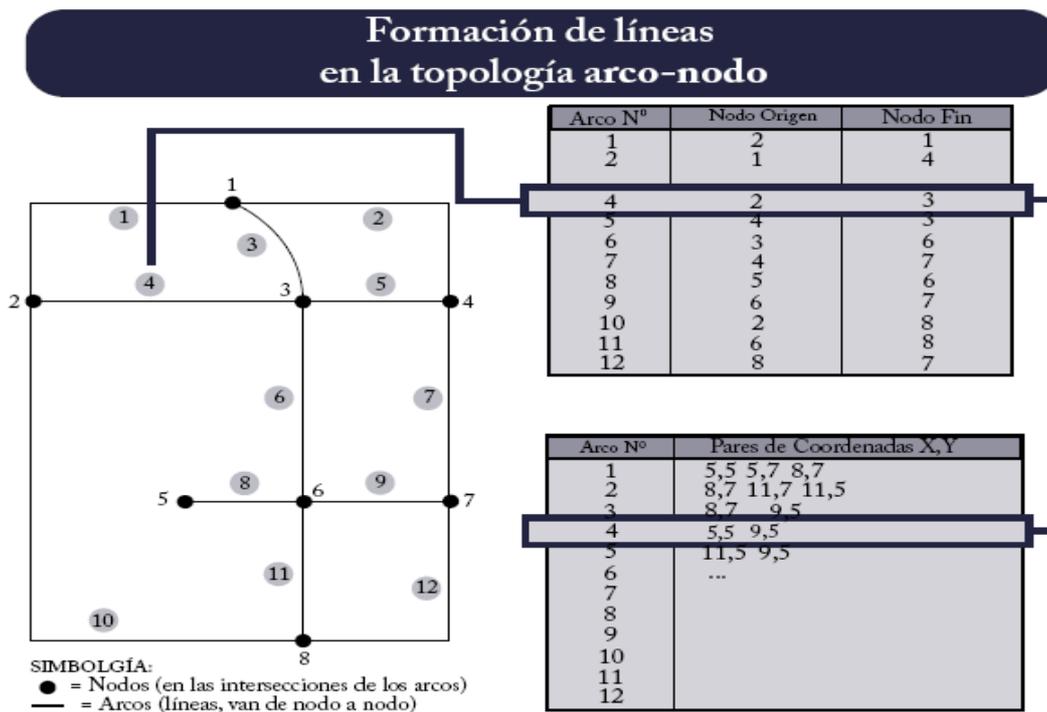


Figura 8.- Topología arco-nodo Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).

La topología arco-nodo basa la estructuración de toda la información geográfica en pares de coordenadas, que son la entidad básica de información para este modelo de datos. Con pares de coordenadas (puntos) forma vértices y nodos, y con agrupaciones de estos puntos genera líneas, con las cuales, a su vez, puede crear polígonos.

Para poder implementarla en un ordenador, se requiere la interconexión de varias bases de datos a través de identificadores comunes. Estas bases de datos, que podemos imaginarlas como tablas con datos ordenados de manera tabular, contienen columnas comunes a partir de las cuales se pueden relacionar datos no comunes entre una y otra tabla. En la Figura 21 se observa cómo se forman las líneas con puntos (pares de coordenadas). Véase ahora cómo se hacen los polígonos a partir de la agrupación de líneas:

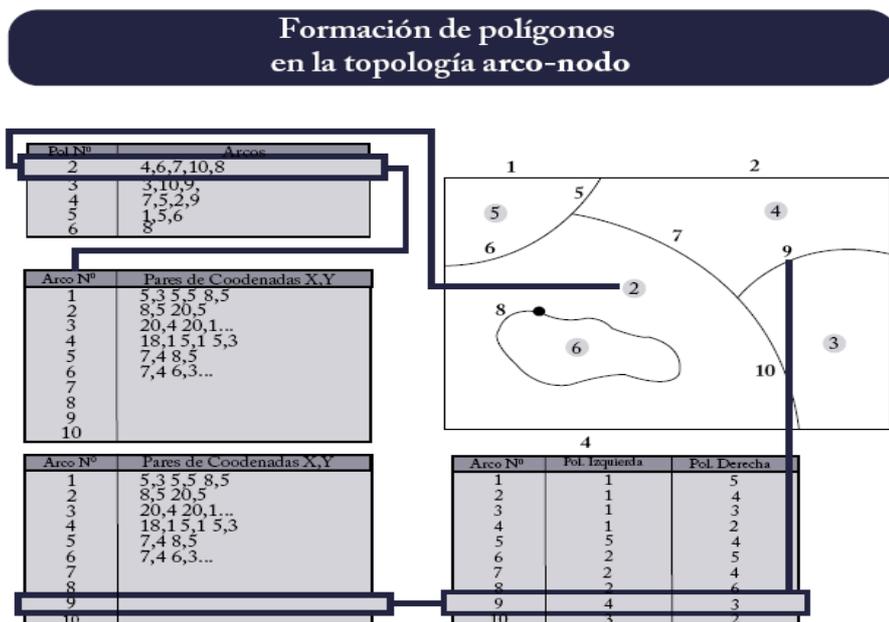


Figura 9.- Topología arco-nodo 2 Fuente: (Gabriel Ortiz Rico, 2005).

En general, el modelo de datos vectorial es adecuado cuando trabajamos con objetos geográficos con límites bien establecidos, como pueden ser fincas, carreteras y edificaciones.

6.3.2.3.2 Sistemas de información geográfica raster.

Éstos basan su funcionalidad en una concepción implícita de las relaciones de vecindad entre los objetos geográficos. Su modo de proceder es dividir la zona de afección de la base de datos en una retícula o malla regular de pequeñas celdas (a las que se denomina píxeles) y atribuir un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático. Dado que la malla es regular (el tamaño del píxel es constante) y que se conoce la posición en coordenadas del centro de una de las celdas, se puede decir que todos los píxeles están georeferenciados.

Lógicamente, para tener una descripción precisa de los objetos geográficos contenidos en la base de datos, el tamaño del píxel ha de ser reducido (en función de la escala), lo cual dotará a la malla de una resolución alta. Sin embargo, a mayor número de filas y columnas en la malla (más resolución), mayor esfuerzo en el proceso de captura de la información y mayor costo computacional a la hora de procesar la misma.

No obstante que, el modelo de datos raster es de gran utilidad cuando hay que describir objetos geográficos con límites difusos, como puede ser la dispersión de una nube de contaminantes o los niveles de contaminación de un acuífero subterráneo, donde los contornos no son absolutamente nítidos; en esos casos, el modelo raster es más apropiado que el vectorial.

Cuadro 2.- Ventajas e inconvenientes de los modelos de datos raster y vectorial **Fuente: (Aronoff, Gutiérrez, Gould, Bosque, Moldes, 1995).**

Modelo Vectorial		Modelo Raster	
Volumen de almacenamiento más compacto. Necesita menos espacio de almacenamiento.	+	Gran volumen de almacenamiento, si es necesario una representación muy precisa. En algunos casos las técnicas de compresión de datos pueden solucionar el problema.	-
Genera una codificación eficiente de la topología, por lo tanto una implementación eficiente de las operaciones que requieren información topológica, como el análisis de redes.	+	Determinadas relaciones topológicas son más difíciles de representar.	-
Es la representación más adecuada para la realización de gráficos y mapas precisos.	+	La representación en celdas es poco adecuada para representar entidades lineales (Ej. vías, redes de servicios, etc.)	-
Permite medir distancias, superficies y volúmenes en forma más precisa	+	Tiene en general poca precisión en los cálculos de superficie, distancias, etc. ya que suele ser imposible utilizar celdas muy pequeñas, por lo que el modelo raster es válido para análisis globales a pequeñas escalas (grandes áreas)	-
Reconoce explícitamente la existencia de objetos geográficos. Permite la gestión individualizada de las entidades geográficas, es decir permite punteros precisos a la base datos.	+	No reconoce explícitamente la existencia de objetos geográficos, y por tanto en aplicaciones en que sea esencial su empleo, este modelo tiene pocas posibilidades de ser utilizado.	-
Estructura de Datos más compleja	-	Representación simple de los datos, que permite realizar con facilidad procesos de análisis	+
Las operaciones de superposición de mapas son más difíciles de implementar	-	Las operaciones de superposición de mapas se implementa de forma rápida y eficiente	+
El tratamiento y realce de las imágenes digitales no puede realizarse de manera eficiente	-	Este modelo es el requerido para un eficiente tratamiento y realce de las imágenes digitales	+
No permite representar en forma satisfactoria entidades complejas, tales como fotografías, paisajes, árboles, fachadas, etc.	-	Permite con facilidad la representación de entidades complejas.	+

 Ventaja

 Desventaja

6.4 TRABAJOS RELACIONADOS.

En los años 1960 y 1970 emergieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la valoración de recursos naturales para su planificación. Considerando que las diferentes coberturas sobre la superficie de la tierra no eran independientes entre sí y que guardaban algún tipo de relación. Por lo que se hizo latente la necesidad de evaluarlas de una forma integrada y multidisciplinaria. Una manera sencilla de hacerlo era superponiendo copias transparentes de mapas de coberturas sobre mesas iluminadas y encontrar puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos.

Esta técnica se aplicó a la emergente tecnología de la informática con el procedimiento de trazar mapas sencillos sobre una cuadrícula de papel ordinario, superponiendo los valores de esa cuadrícula y utilizando la sobreimpresión de los caracteres de la impresora por renglones para producir tonalidades de grises adecuadas a la representación de valores estadísticos, en lo que se conocía como sistema de cuadrícula (trama). Pero, estos métodos no se encontraban desarrollados lo suficiente y no eran aceptados por profesionales que manejaban, producían o usaban información cartográfica. A finales de los años 70`s la tecnología del uso de ordenadores progresó rápidamente en el manejo de información cartográfica, y se afinaron muchos de los sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas.

De la misma manera, se estaba avanzando en una serie de sectores ligados, entre ellos la edafología, la topografía, la fotogrametría y la percepción remota. En un principio, este rápido ritmo de desarrollo provocó duplicidad de esfuerzos en las distintas disciplinas relacionadas con la cartografía, pero a medida que aumentaban los sistemas y se adquiría experiencia, surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de información espacial, reuniéndolos en los SIG para fines

generales. A principios de los años 80's, los SIG se habían convertido en un sistema plenamente operativo, a medida que la tecnología de los ordenadores se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor aceptación. Actualmente se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, los laboratorios o institutos de investigación, las instituciones académicas, la industria privada y las instalaciones militares y públicas. Cerca del 80% de la información tratada por instituciones y empresas públicas o privadas tienen en alguna medida relación con datos espaciales, lo que demuestra que la toma de decisiones depende en gran medida de la calidad, exactitud y actualidad de esta información espacial.

Los SIG se han constituido durante los últimos veinte años en una de las más importantes herramientas de trabajo para investigadores, analistas y planificadores, en todas sus actividades que tienen como insumo el manejo de la información relacionada con diversos niveles de agregación espacial o territorial, lo cual está creando la necesidad de tener información espacial. Aunque los SIG tienen gran capacidad de análisis, estos no pueden existir por sí mismos, deben tener una organización adecuada, equipamiento y personal para la implementación y sostenimiento. Adicionalmente este debe cumplir un objetivo y garantizar los recursos para su mantenimiento.

El método para actualizar la navegación de conjunto de datos, comprende uno o varios pasos para aplicarlos a un conjunto de objetos para completar la transacción de actualización, en el que cada paso, hace referencia a un objeto, con una referencia descriptiva de características que lo definen, este método descriptivo se usa para identificar a un objeto entre varios objetos, en este método se pueden cambiar los atributos del objeto, la transacción de actualización muestra si ha surtido efecto o no, la transacción de actualización incluye la identificación de navegación de conjunto de datos.

El método de actualización de bases de datos geográfica comprende los siguientes pasos:

- Suministro de una transacción con un identificador que solo se identifica.
- Incluye una fecha en la cual la transacción es eficaz.

El proceso de actualización de estos datos se puede dividir en tres pasos:

- Los cambios del paisaje deben de ser detectados. Esto puede hacerse a través de una comparación de datos de los SIG o por medio de la inspección sobre el predio.
- Se usan más fuentes de datos con el fin de añadir más atributos que no se pudieran detectar en el paso uno. Esta optimización depende en gran medida de la organización de los datos.
- En el último paso, se dan los cambios con toda la información adicional que se ha almacenado en una base de datos geográfica. Esta operación puede ser automatizada por medio de programas de control que aseguran la calidad de los datos.

La detección de cambios que se generan de la tele observación se clasifican en píxeles. El problema de este enfoque es la parte de la supervisión del algoritmo de clasificación de imágenes. Cuanta más alta es la calidad de las áreas de clasificación, mejor será el resultado en la digitalización. Después de la clasificación se debe decidir cuál de los objetos de los SIG no coinciden con los de la tele observación.

Para la clasificación de los resultados se pueden dividir en homogéneas como los bosques que son fáciles de detectar y por el contrario las zonas heterogéneas como las

zonas agrícolas y habitacionales en donde es difícil detectar las estructuras que conforman cada objeto, los problemas pueden surgir en el proceso de correspondencia, la razón de esto es que los sistemas de bases de datos geográficos, no solo emplea imágenes digitalizadas sino mapas catastrales, por lo tanto, la adquisición de las fronteras se hace de acuerdo a las estructuras de propiedad y no a las estructuras de la imagen.

Una solución para este problema sería la de almacenar el resultado de clasificación para todos los objetos en una base de datos. Si un objeto no puede ser verificado, el programa puede buscar en la base de datos y comparar la información. **(Us I, 2001)**

En México, el trabajo "Sistema para la consulta de datos catastrales en la WEB (SICCAT)" desarrollada por **(RIVERA, 2007)**, se considera el manejo de datos geográficos, utilizando métodos de acceso a datos de los cuales algunos de ellos no contaban con las soluciones que el sistema exigía para su funcionamiento, donde se eligió en este caso el modelo de base de datos relacional, porque argumenta que es el modelo que más se utiliza para acceder a datos relacionados con otras entidades, en donde se comparte información necesaria para su funcionamiento además de tener la ventaja de presentar un nivel mínimo de inconsistencia de datos, por su estructura lógica. De igual manera se utiliza para esta investigación la topología "Modelo de datos orientado a objetos para el sistema de información geográfica", la cual es nombrada arco-nodo, donde menciona que en algunas de sus ventajas reside en permitir consultas de líneas, nodos, zonas vecinales con una cantidad mínima de información, además de ser funcionales en el diseño de sistemas geográficos.

En cuanto al diseño se generó una interfaz mediante la elaboración de una página web, donde pueden ser apoyados los contribuyentes, por medio de dicha interfaz pueden adquirir información de una forma transparente en cuanto al catastro, dichos datos son extraídos de una base de datos que fue diseñada con MySQL, contemplando que este

sistema contiene las ventajas para programación orientada a eventos utilizando el lenguaje Visual Basic, donde la función principal es la limitación predial de cada contribuyente.

En Brasil el Departamento de Catastro, (**Barros, 2007**). Desarrollo un sistema que consiste en el uso de imágenes para optimizar la actualización catastral, basada en un programa informático desarrollado en C++ Builder que permite detectar posibles alteraciones utilizando modelos estereoscópicos híbridos a partir de fotografías aéreas, se utiliza el método anaglifo. El cual consiste en la creación de una imagen a partir de dos fotografías convencionales de tamaño 23*23 cm. Cuando las dos fotografías digitales son de geometría distintas a las imágenes convencionales se aplica el modelo anaglifo para que pueda detectar las alteraciones, basándose en las dos fotografías tomadas en dos momentos, una de una fecha pasada y la otra de una actual, las cuales deben ser rectificadas en escalas compatibles donde utiliza una ecuación de colinealidad inversa a fin de obtener la posición de la nueva fotografía, para posteriormente utilizar nuevamente la misma ecuación pero de forma directa para transformar la fotografía respecto de la posición rectificada de los píxeles utilizando el método de interpolación bilineal y un algoritmo de levantamiento con el fin de calcular un nuevo valor de brillo correspondiente a cada píxel de esa imagen.

Una vez que se obtienen las imágenes rectificadas, es necesaria la fusión de estas a fin de crear el referido modelo estereoscópico. Esta rutina crea el modelo de tal forma que la imagen antigua, presentara solamente los valores de los componentes verdes y azul, mientras que la imagen nueva presentara únicamente el valor del componente rojo. Una vez que se indica un punto en común en las dos imágenes, el sistema las fusiona creando una nueva imagen en tonos grises. Sin embargo, siendo las dos imágenes de épocas diferentes los valores correspondientes de algunos aspectos presentes en la nueva imagen

(rojo), no se encontraran en la otra imagen (azul), y quedaran en rojo, caracterizando así los nuevos aspectos detectados



Figura 10.- *Identificación de las alteraciones detectadas en el modelo anaglifo* Fuente: **Barros Guilherme Henrique** Departamento de Cartografía. UNESP (2007)

Otro es el “Modelo de datos orientado a objetos para el sistema de información geográfica” elaborada por **Posada (1999)**, presentan el diseño y la implementación de objetos geográficos que permiten el manejo de datos en un sistema de información geográfica, mediante el manejo y creación de tipos abstractos de datos (puntos, líneas, poli línea y polígonos). Utilizando una base de datos objeto relacional (Infromix Universal Server IUS), es posible manejar la persistencia de los objetos geográficos. El modelo describe objetos geográficos del mundo real, así como los conceptos de enfoque orientado a objetos tales como herencia, asociación y clasificación.

Anexan un visualizador de objetos geográficos que apoya en la administración del almacenamiento y la recuperación de objetos geográficos, permitiendo así el manejo de la persistencia. De esta manera los objetos geográficos no necesitan ser armados y desarmados para su utilización.

Solo que existe un inconveniente o limitación por parte de los investigadores la cual consiste en implementar la tecnología adecuada, restringiendo el manejo de listas en

las bases de datos para guardar una colección de líneas y poder utilizarlas para la generación de capa, poli línea o polígono, para el manejo de IUS se necesita programar en ESOL/C que utiliza librerías de lenguaje C y el data Blade. Como el lenguaje de programación que se utilizo en el desarrollo de su modelo fue basado en el lenguaje java lo cual no fue una idea inadecuada porque no existe interoperabilidad entre los lenguajes utilizados.

7 METODOLOGÍA

Los pasos metodológicos se describen a continuación:

1. **Diseño de la Topología de los polígonos:** Creación de una topología llamada “**Nodos por Polígono**” (propuesta propia), la cual define la topología de polígonos (que representan a los predios), basada en áreas y límites, generando la creación polígonos dinámicos que permiten ser modificados, además de ser independientes, su construcción se hace en sentido en contra de las manecillas del reloj, con lo que se permite la flexibilidad de modificar su estructura.
2. **Reingeniería de Base de Datos:** Modificación de la base de datos, elaborada por Rivera Ponce (2007), para la aplicación de la topología “**Nodos por Polígono**”.
3. **Georeferenciación en coordenadas UTM:** Identificar las coordenadas en las que se encuentran los predios, dentro del espacio territorial, tomando como base de referencia la manzana 10 del municipio de San Vicente Chicoloapan.
4. **Ajuste de coordenadas UTM a pixeles:** Se encarga de ajustar el polígono para ser representado en pixeles en la pantalla de una PC, sin perder las características originales de este.
5. **Cálculo del valor de pixeles en metros:** Calcular la distancia que existe en cada uno de los límites del polígono (arcos), para definir el número de metros a considerar para la partición de predios

6. **Delimitación del área de la pantalla para la graficación de los predios:**

Definición del área georeferenciada para la representación de la interfaz gráfica.

7. **Gráficar Polígono:** Armado de los polígonos con la nueva metodología, graficando los predios georeferenciados

8. **División del Polígono:** Trazo de línea en interfaz gráfica, para la división del predio seleccionado.

7.1 Diseño De La Topología Nodos Por Polígonos

Se propone una topología para construir polígonos, utilizada para representar predios empleando la unión de nodos. Los polígonos cuentan con límites definidos, cumpliendo con las propiedades de los predios, mismos que son utilizados en el sistema para la visualización y administración del catastro.

Un par de coordenadas representa un nodo, la unión de nodos forma un polígono. Estos elementos son necesarios para describir la Topología "Nodos por Polígono". (Figura 11)

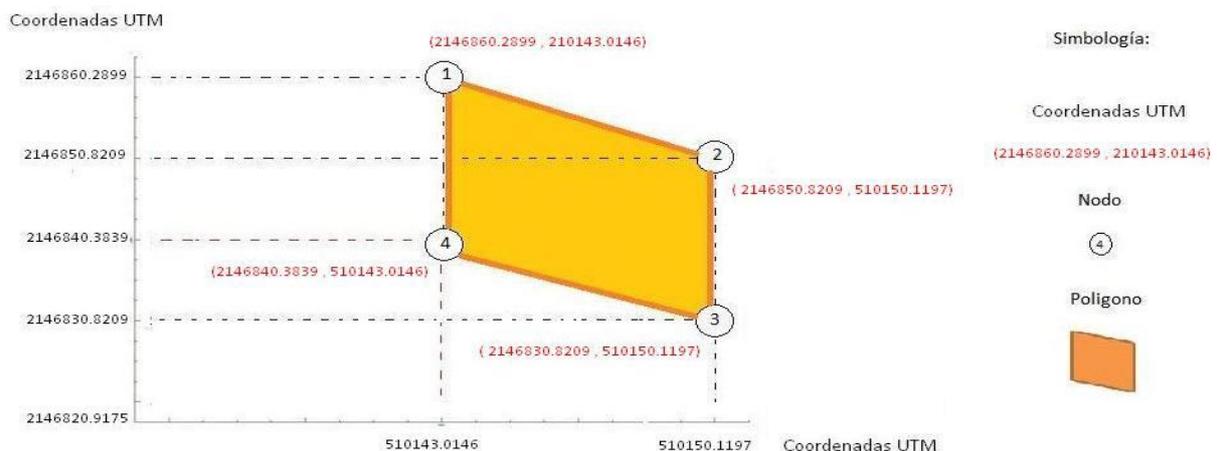


Figura 11.- Representación gráfica del polígono. (Elaboración Propia)

Considerando esta topología los nodos que conforman el polígono tiene una regla, la cual consiste en iniciar con el nodo que se encuentra en la esquina inferior izquierda siempre utilizando un método anti horario (en contra a las manecillas del reloj), mismo que funge como nodo de inicio y nodo final, este método de unión de nodos permite realizar la delimitación del área del polígono, quedando de la siguiente forma. (Figura 12)

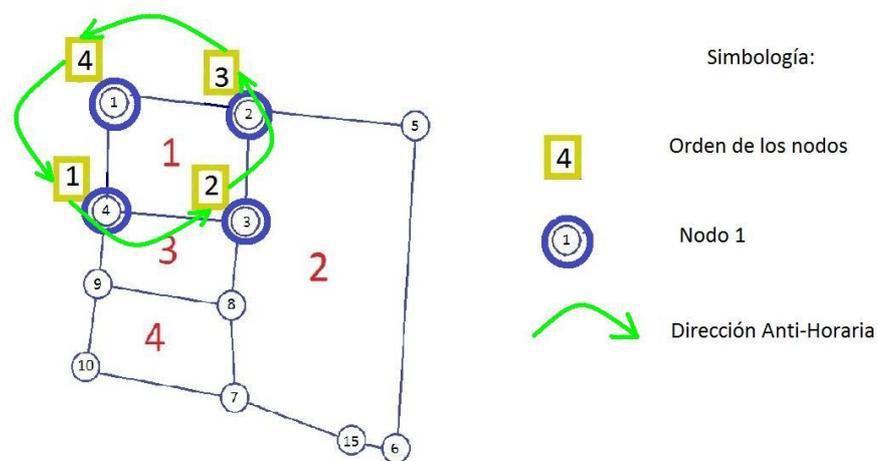


Figura 12.- Método Anti horario. **(Elaboración Propia)**

El armado del polígono 1 que se muestra en la Figura 12, consta de cuatro nodos;

, , , y , donde el es considerado como nodo inicial, mediante el orden , el con el orden , el con el orden , el con el orden y finalizamos con la unión del con el completando la delimitación del área del polígono.

La Topología **"Nodos por Polígono"**, considera importante la delimitación del área de cada polígono, porque ellos poseen sus propios límites y por ende es independiente de los polígonos colindantes (Figura 13), esto facilita la división del polígono en dos, al ser divididos se modifica el área y se asignan nuevos nodos con sus respectivas coordenadas. Este proceso permitirá representar la división del predio para realizar el trámite de venta de predio en las oficinas de catastro del Municipio de San Vicente Chicoloapan.

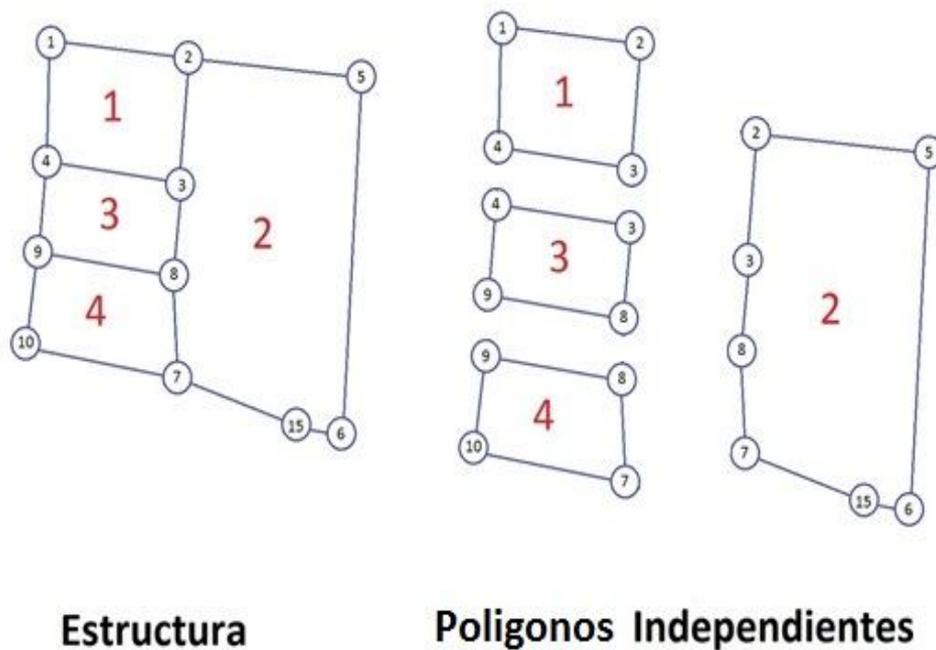


Figura 13.- Polígonos Independientes. (Elaboración Propia)

Para cumplir con la caracterización de la similitud de un polígono con un predio, se asignan datos espaciales que permiten la georeferenciación (Figura 14) y datos temáticos para el etiquetado del polígono (Figura 15).

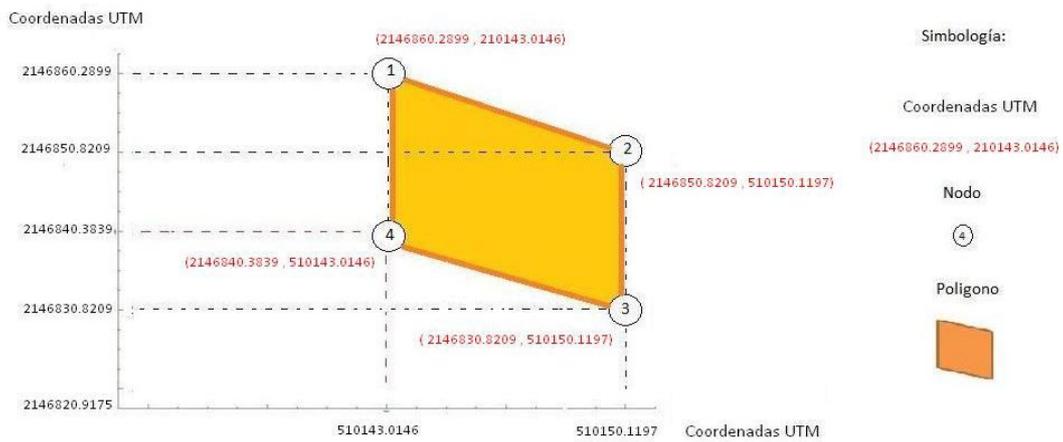


Figura 14.- Representación de datos espaciales. **(Elaboración Propia)**

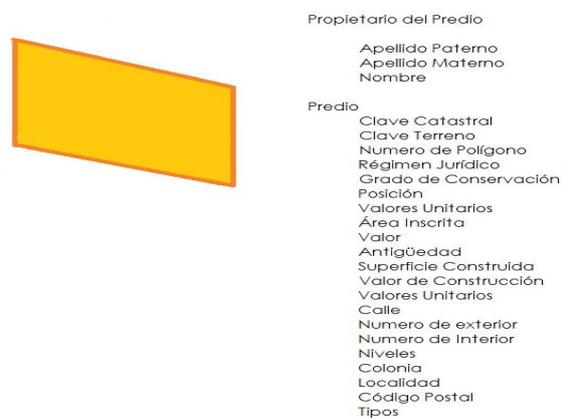


Figura 15.- Representación de datos temáticos. **(Elaboración Propia)**

7.2 Reingeniería De Bases De Datos

Se analizaron las tablas del sistema de la base de datos de SICCAT, dicha base es de tipo relacional y está compuesta por 12 tablas. (Cuadro 3)

Cuadro 3.- *Tablas del sistema SICCAT.*

1. Tabla_Contribuyente*	6. Tabla_nodos*
2. Tabla_predios*	7. Tabla_Arcos*
3. Grado_Conservación*	8. Tabla_Poligonos*
4. Valores_Unitarios*	9. Calles*
5. Regimen_Juridico*	10. Posicion*
	11. Niveles*
	12. Tabla_de_Clicks*

Derivado del análisis para programar el módulo de actualización automática de datos espaciales mediante la manipulación de un entorno gráfico, se llegó a la determinación de reutilizar las tablas siguientes. (Cuadro 4)

Cuadro 4.- *Reingeniería de la base de datos.*

1. Tablas_arcos	6. Tablas_Poligonos
2. Tablas_Nodos	7. Rejimen_Juridico
3. Calles	8. Tabla_Predios
4. Tabla_Contribuyente	9. Valores_Unitarios
5. Grado_Conservación	10. Posicion

Se eliminaron las tablas niveles y Tabla_de_Clicks que no son necesarias para la implementación de la interfaz de la topología **“Nodos por Polígono”**. También fue

necesaria la implementación de más tablas que permiten la aplicación de la topología propuesta de acuerdo al cuadro 5.

Cuadro 5.- Tablas que se incrementaron para la topología nodos por polígono.

1. Arcospoligono	5. Prediosasignados
2. Colonia	6. Predios historial
3. Manzana	7. Tiposdepoligonos
4. Nodospoligono	8. Usuario

La decisión de agregar estas tablas es porque se deben almacenar datos espaciales y temáticos que permiten el armado de los polígonos para modificar los datos, así mismo, guardar datos que permitan proporcionar información histórica de los predios. Con esto se hace posible la inclusión de otras áreas geográficas.

Es conveniente puntualizar que la tabla **“Nodos por Polígono”** contiene los datos para la construcción de los polígonos usando el método **“Nodos por Polígono”** en la **Figura 16**, el atributo Poligonos_NoPoligono, sirve para almacenar el número de polígono; Nodos_NoNodo para el número de los nodos que forman el polígono y estos se organizan en el orden anti horario en el atributo Orden.

Nodos_NoNodo	Poligonos_NoPoligono	Orden
1	1	4
1	37	26
2	1	3
2	2	5
2	37	25
3	1	2
3	2	6
3	3	3
4	1	1
4	3	4

Figura 16.- Tabla **“Nodos por Polígono”**. (Elaboración Propia)

7.3 Georeferenciación en coordenadas UTM:

Para aplicar la metodología “**Nodos por Polígono**” se recopilaron datos del municipio de San Vicente Chicoloapan.



Figura 17.- Mapa de municipio de San Vicente Chicoloapan. **(Elaboración Propia)**

La cabecera municipal está comprendida entre los paralelos 19° 25' 54" de latitud – “**Norte**” y 98° 53' 5" longitud oeste del meridiano de Greenwich. La altura de nuestro municipio alcanza los 2,280 msnm (metros sobre el nivel del mar) y la cabecera municipal está a 2,230 msnm. **(INEGI, 2005)**

Chicoloapan se localiza en la región III al oriente del Estado de México, región central del país, el único municipio que lo separa de la ciudad de México, es el de Los Reyes La Paz, colinda al “**Norte**” con el municipio de Texcoco, al sur con Ixtapaluca, y la Paz, y al “**Oeste**” con Chimalhuacán y la Paz. **(INEGI, 2005)**



Figura 18.- Representación de la **manzana 10** del Municipio de San Vicente Chicoloapan. **(Elaboración Propia)**

La cabecera municipal está constituida por 10 manzanas que en promedio cuenta con 30 predios cada una, pero de “Este” conjunto se elige la manzana 10 como muestra para la aplicación de la topología propuesta dentro del sistema catastral.

Los datos que georeferencian a esta manzana ya habían sido recopilados y procesados, dichos datos corresponden a coordenadas UTM, los cuales referencian la posición de cada extremo del predio, siendo estos reconocidos como nodos dentro de la topología, dichos datos se agregan a la base de datos.

7.4 Ajuste de coordenadas UTM a pixeles.

Para georeferenciar un predio se emplea coordenadas UTM que permiten identificar la ubicación exacta en el globo terráqueo como se muestra en la Figura 19.

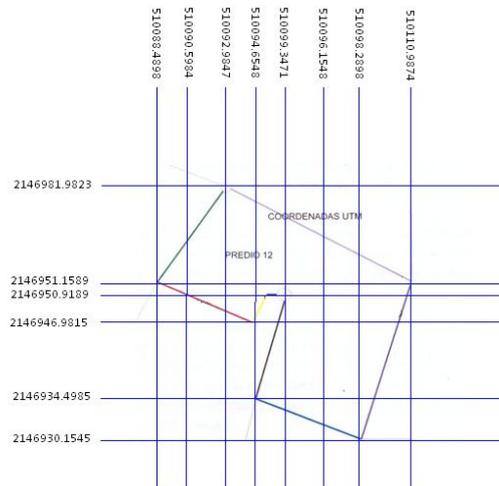


Figura 19.- Representación de coordenadas UTM. (Elaboración Propia)

La graficación de predios se representa igual que un plano cartesiano, por lo que se puede considerar ejes "x", "y" donde son formados por coordenadas UTM georeferenciando los nodos que componen al predio como se muestra en la Figura 20.

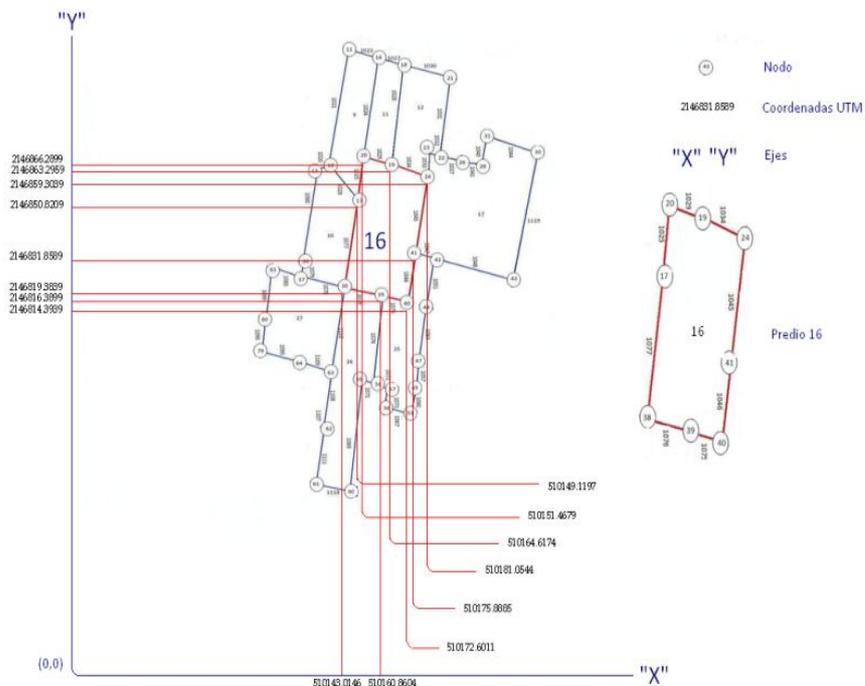


Figura 20.- Construcción de los predios representado en un plano cartesiano. **(Elaboración Propia)**

Una vez referenciados los predios en UTM, se procede hacer el ajuste para ser visualizado en la pantalla de una PC en pixeles. A demás el orden de graficación es diferente al plano cartesiano antes mencionado, el eje 0,0 comienza desde la parte superior izquierda, lo cual provoca un impacto en la representación gráfica del predio, modificando su posición vertical. (Figura 21)

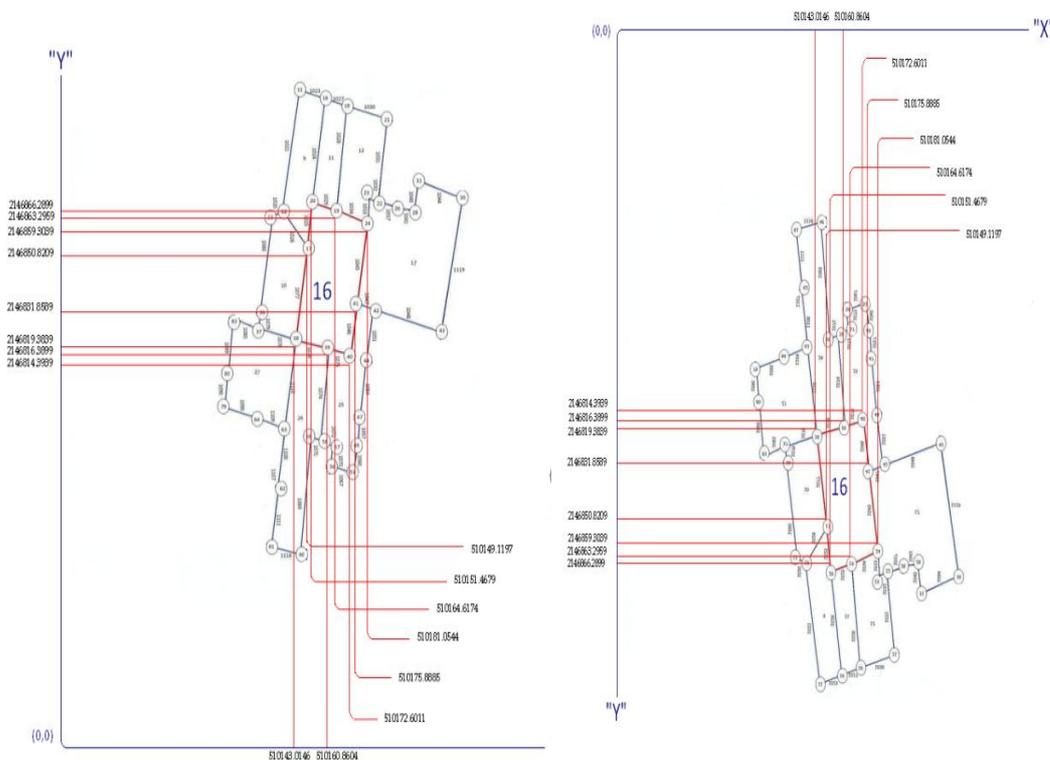


Figura 21.- Comparación de la representación de un predio en el plano cartesiano y en una pantalla de una PC. **(Elaboración Propia)**

Se puede notar que las coordenadas UTM en la Figura 21 tienen una denominación superior a la cantidad de pixeles que se manejan en una pantalla, en este sentido es imposible ingresar los predios con estas dimensiones es por ello que necesita reducir las coordenadas UTM ajustando el tamaño, sin perder de vista la relación que existe entre la

representación en coordenadas UTM y pixeles, ajustando la escala para la visualización en pantalla.

Se considera de referencia las coordenadas del eje de las "x" "y" del predio 12 de la manzana 10 en el caso de las $x=510092.7644$ y del eje de las $y=2146915.1919$. Se restan los miles en el caso de las "x" en caso de las "y" los millones, quedando en su gran mayoría en cientos.

Para la solución de este problema, se considera la reorientación al origen reincidiendo en que la distancia del plano cartesiano está muy alejada, generando la necesidad de aproximar las coordenadas de dicha zona lo mayor posible al eje inicial y tener la posibilidad de optimizar el espacio en pantalla de la PC y poder visualizar toda el área geográfica que se tomó como referencia para aplicar en el desarrollo de este sistema, calculando el valor mínimo de las coordenadas del eje de las "x" y el valor máximo de las coordenadas del eje de las "y". (ver Fig. 22)

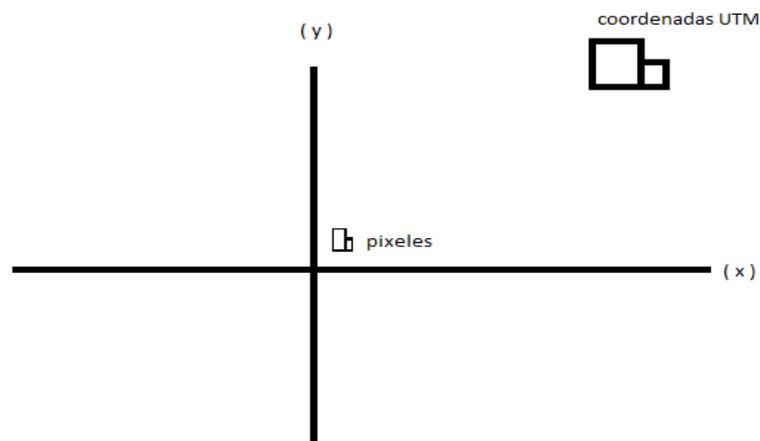


Figura 22.- Aproximación del polígono con coordenadas UTM al eje central del plano cartesiano. **(Elaboración Propia)**

Al tratar de manejar esta estructura en la pantalla de la PC se encuentra que el cálculo de medida de los pixeles se maneja de forma distinta que el plano cartesiano. Ver figura 23

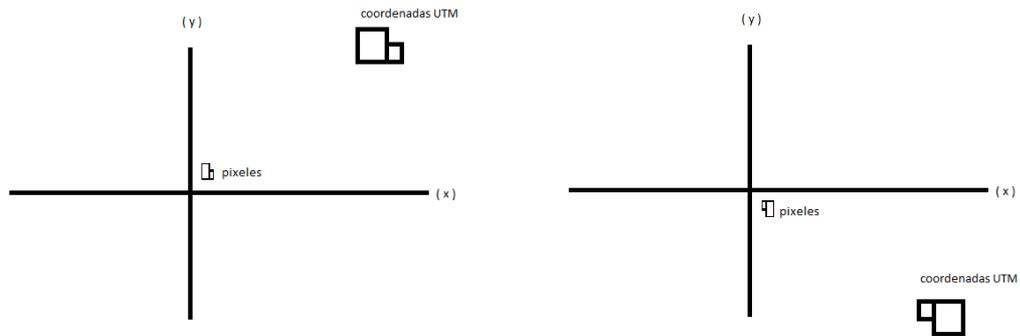


Figura 23.- Manejo de medidas en el plano cartesiano y pixeles en la PC. **(Elaboración Propia)**

En la **Figura 23** se observa que la posición de los polígonos no es la correcta, porque se invierte, es por ello que al realizar el proceso de aproximación al eje central se debe evitar este problema de posición del polígono de acuerdo al posicionamiento de la tierra, debido que al realizar estas modificaciones se cambia de cuadrante del plano cartesiano para representarlo de acuerdo a la representación en pantalla en una PC, para evitar esta alteración de visualización de los polígonos, al calcular el valor mínimo de las coordenadas de las "x" restándole la reducción que se obtuvo de la coordenada original y multiplicarlo por -1 en el caso de las "y" es el mismo caso pero con el valor máximo.

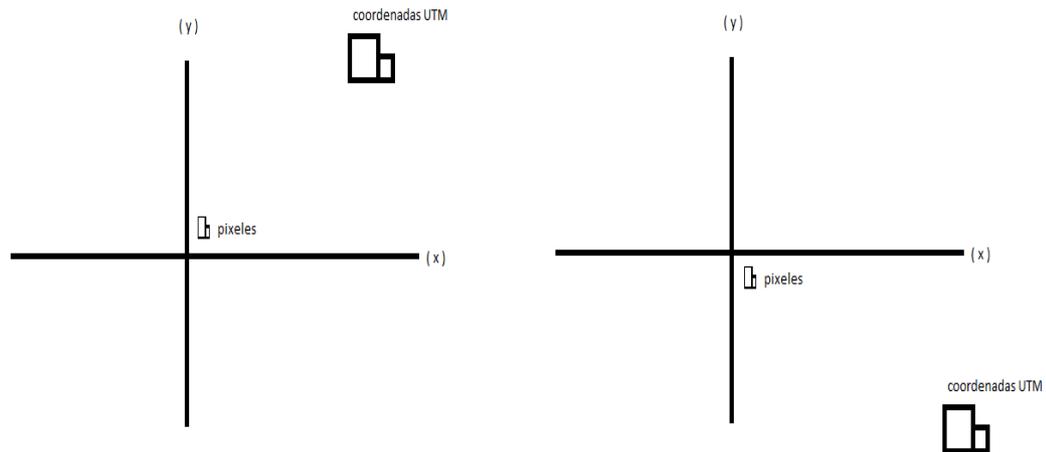


Figura 24.- Cambio de cuadrante evitando el cambio de posición del polígono. **(Elaboración Propia)**

El resultado fue una representación pequeña, por tal motivo se tuvo que aumentar de tamaño para que se percibiera de una forma adecuada, dicho tamaño fue de 3.5 el valor obtenido. Si no determinar la posición del cuadrante en el cual se encuentra el área del municipio de San Vicente Chicoloapan, para determinar la orientación correcta del espacio territorial.

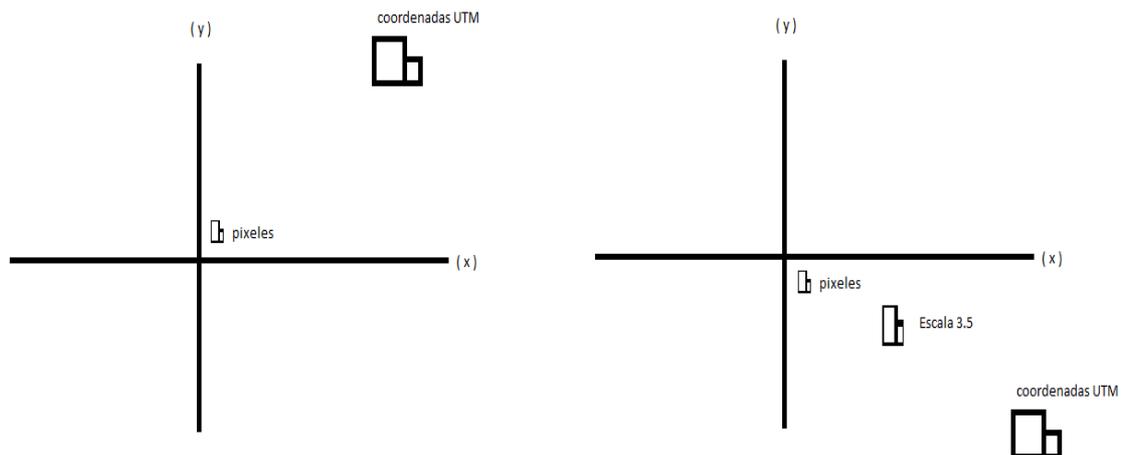


Figura 25.- Regulación de dimensiones. **(Elaboración Propia)**

7.5 Cálculo del valor de pixeles en metros

Es importante conocer la distancia que existe en cada uno de los límites del predio (polígono) o colindancias, para definir el número de metros a considerar para la partición de predios al momento de realizar una venta. Para esto se emplearon los nodos poligonales, que sirven para delimitar el área de los predios, estos datos fueron obtenidos mediante un estudio de campo, en donde se midió la cantidad de metros que comprenden los límites de los predios en comparación con las coordenadas UTM, con una regla de tres se obteniendo la distancia en metros en proporción a las coordenadas UTM, posteriormente se lleva el proceso de ajuste de coordenadas UTM a pixeles pero representadas en metros.

7.6 Delimitación del área para la graficación de predios

7.6.1 Cálculo del área del polígono

Se aplica la técnica de “**producto cruz**” para calcular el área de polígonos irregulares, para este cálculo se utilizan las coordenadas UTM “**Este**” y “**Norte**” del polígono 16 de donde se sacaran las determinantes (Figura 26)

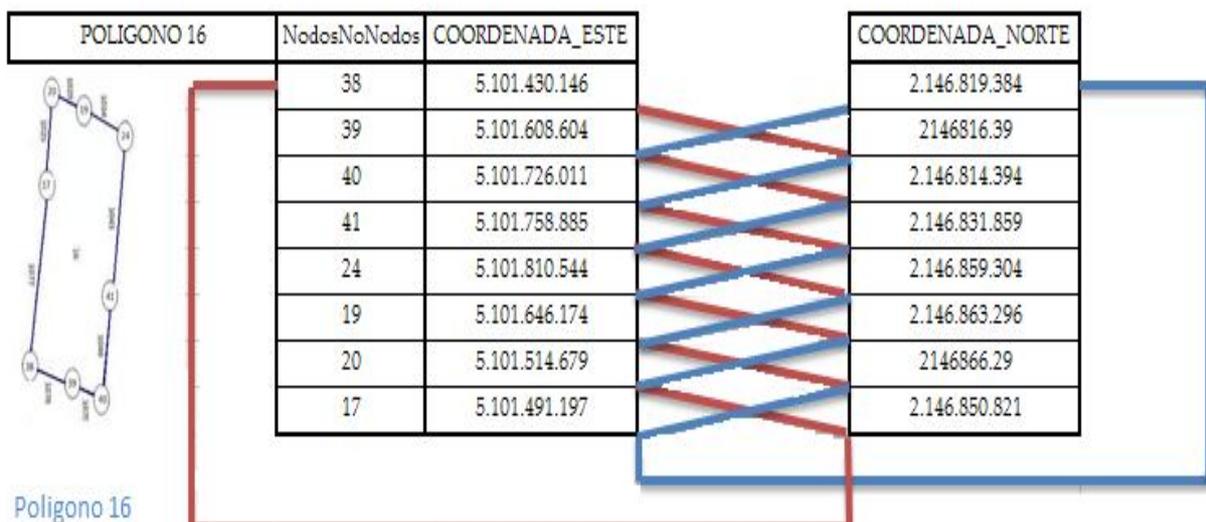


Figura 26.- Datos que componen al polígono 16 "Producto Cruz". (Elaboración propia)

El cálculo comienza en la fila del nodo 38, se multiplica la coordenada "Este" por la coordenada "Norte" de la fila del nodo 39, el resultado se resta de la multiplicación de la coordenada "Norte" de la fila del nodo 38 por la coordenada "Este" de la fila del nodo 39 y así sucesivamente hasta el último nodo. Con el nodo 17 se terminan las filas, lo que indica que hay que cerrar el polígono, por lo que se repite el proceso con la fila uno del nodo 38.

Este proceso se representa matemáticamente de la siguiente forma:

$$A(P) = \frac{1}{2} \left| \left(\sum_{i=1}^{i=n} (x_i \cdot y_{i+1} - y_i \cdot x_{i+1}) \right) \right|$$

Usando los datos del polígono 16 se tiene que:

$$A(P) = \frac{1}{2} ((510143, 0146 \cdot 2146816, 39 - 2146819, 384 \cdot 510160, 8604) + (510160, 8604 \cdot 2146814, 394 - 2146816, 39 \cdot 510172, 6011) \\ + (510172, 6011 \cdot 2146831, 859 - 2146814, 394 \cdot 510175, 8855) + (510175, 8855 \cdot 2146859, 304 - 2146831, 859 \cdot 510181, 0544) \\ + (510181, 0544 \cdot 2146863, 296 - 2146859, 304 \cdot 510164, 6174) + (510164, 6174 \cdot 2146866, 29 - 2146863, 296 \cdot 510151, 4679) \\ + (510151, 4679 \cdot 2146850, 82 - 2146866, 29 \cdot 510149, 1197) (510149, 1197 \cdot 2146819, 384 \cdot 2146850, 821 \cdot 510143, 0146)$$

$$A(P) = \frac{1}{2} ((1, 09518 - 1, 09522) + (1, 09518 - 1, 09522) + (1095254793630, 38 - 1095252934463, 10) + (1095275846462, 11 - 1095272941444, 13) + (1095288980005, 94 - 1095251655436, 79) + (1095255219446, 81 - 1095225461835, 03) + (1095219097695, 47 - 1095221947957, 10) + (1, 095 - 1, 0952))$$

$$A(P) = \frac{1}{2} (-39839077, 55) + (-26223408, 27) + (1859167, 28) + (2905017, 98) + (37324569, 15) + (29757611, 78) + (-2850261, 63) + (-2930818, 93))$$

$$A(P) = \frac{1}{2} 2799,81$$

$$A(P) = 1399,904419$$

Es conveniente transformar los datos a metros, esta unidad de medida es la que se maneja en la representación del sistema de información geográfico los resultados se presentan en la Figura 27.

POLIGONO16	Nodos No Nodos	COORDENADA_ESTE	COORDENADA_NORTE	UTM	MULTIPLICACION DEL 1/2	METROS
	38	1095183384987,29	1095223224064,84	-39839077,55	-19919538,77	-20749519,6
	39	1095220678362,14	1095246901770,41	-26223408,27	-13111704,13	-13658025,1
	40	1095254793630,38	1095252934463,10	1859167,28	929583,6414	968316,293
	41	1095275846462,11	1095272941444,13	2905017,98	1452508,991	1513030,2
	24	1095288980005,94	1095251655436,79	37324569,15	18662284,57	19439879,8
	19	1095255219446,81	1095225461835,03	29757611,78	14878805,89	15498756,1
	20	1095219097695,47	1095221947957,10	-2850261,63	-1425130,817	-1484511,27
	17	1095198018902,50	1095200949721,42	-2930818,93	-1465409,464	-1526468,19
		Sumatoria en UTM		2799,81		
		Perimetro			1399,904419	
		Area			699,9522095	
		Sumatoria en metros				1458,23377
		Area en Metros				729,116885

Figura 27.- Resultados del cálculo del área técnica “Producto Cruz” (Elaboración Propia)

7.7 División del Polígono

Primero se elige el arco a cortar, para calcular las distancias que hay entre nodo y nodo de una recta. Para lo cual se utiliza el método de la ecuación de la recta entre dos puntos.

Como ejemplo se considera el polígono 16 con los nodos 41 y 24, su ubicación está determinada por las coordenadas UTM “Este” y “Norte”. Para explicar el proceso del cálculo los nodos los renombramos como “A” y “B”. (Figura 28 y 29).

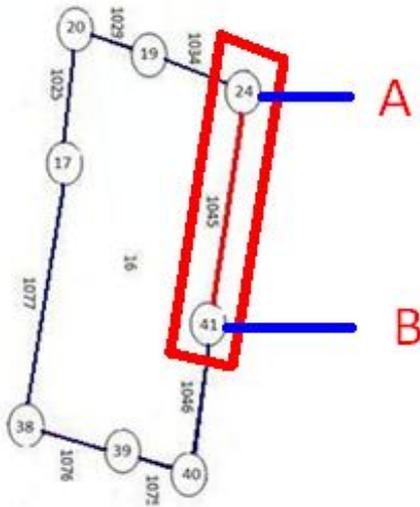


Figura 28.- Arco alterado por la disección del polígono 16. (Elaboración Propia)

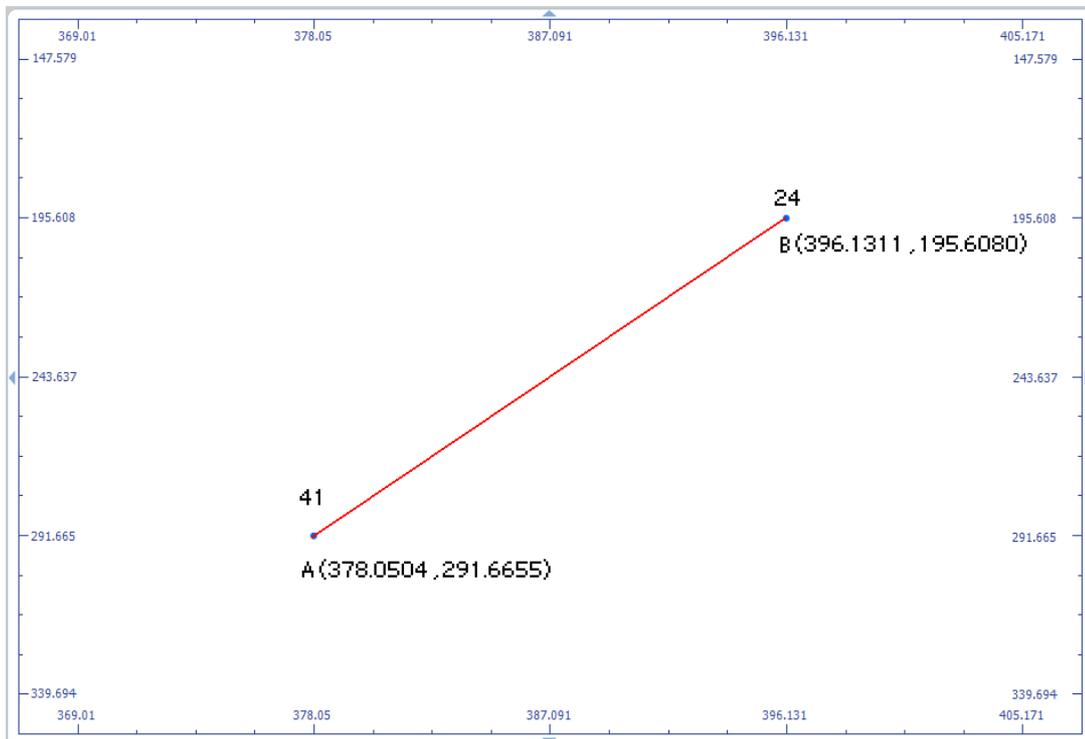


Figura 29.- Recta formada por el nodo origen 41 y el nodo destino 24. (Elaboración propia)

Para conocer la distancia entre los nodos "A" y "B" se calcula la **pendiente** aplicando la siguiente fórmula:

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad \text{donde :}$$

m=pendiente

X₁ = Coordenada "**Este**" del nodo A.

Y₁ = Coordenada "**Norte**" del nodo A.

X₂ = Coordenada "**Este**" del nodo B.

Y₂ = Coordenada "**Norte**" del nodo A.

Se resuelve la pendiente de los nodos A y B

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$m = \frac{195.6080 - 291.6655}{396.1311 - 378.0504}$$

$$m = \frac{-96.0575}{18.0807}$$

$$m = -5.312709132$$

El resultado de la pendiente indica una inclinación a la coordenada "**Este**". (Figura

30)

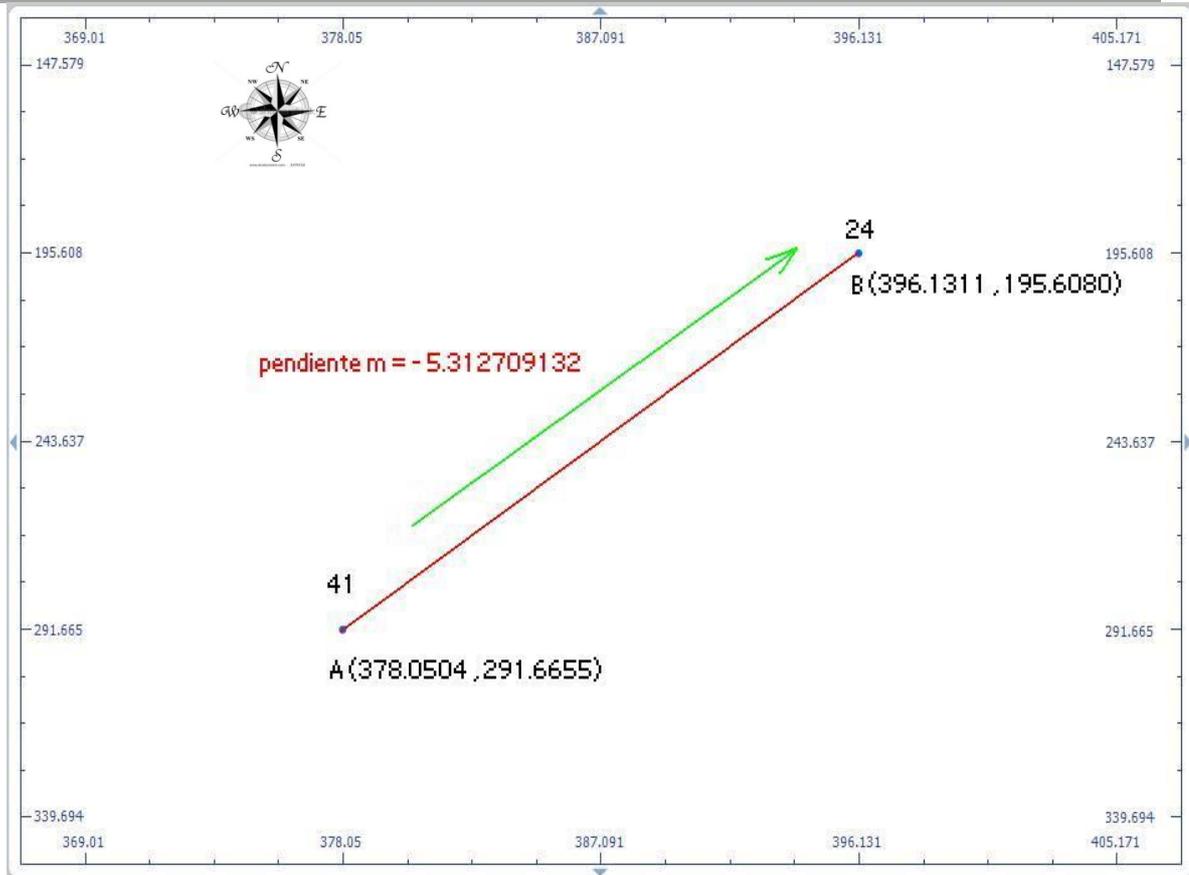


Figura 30.- Pendiente de la recta. **(Elaboración Propia)**

Ya calculada la pendiente se usa las coordenadas de los nodos A o B para dar solución a la **ecuación punto pendiente** expresada:

$$Y - y_1 = m (x - x_1)$$

Se calcula para el nodo A (378.0504 , 291.6655) donde:

m = pendiente.

$$X_1 = 378.0504$$

$$Y_1 = 291.6655$$

Se calcula la formula:

$$y - 291.6655 = -5.312709132 (x - 378.0504)$$

$$y - 291.6655 = -5.312709132x + 2008.471812$$

$$5.312709132x + y - 291.6655 - 2008.471812 = 0$$

$$5.312709132x + y - 2300.137312 = 0$$

Ya resuelta la **ecuación punto pendiente** se procede a obtener la **ecuación de la recta** en su forma general $a x + b y - c = 0$,

$$5.312709132x + y - 2300.137312 = 0$$

donde :

$$a = 5.312709132$$

$$x = 1$$

$$b = 1$$

$$y = 1$$

$$c = -2300.137312$$

Se despeja y convirtiendo a la forma $y = m x + b$

$$Y = - 5.312709132x + 2300.137312$$

Se sustituye la coordenada **"Este"** del nodo **"A"** para obtener la coordenada **"Norte"**:

$$Y = - 5.312709132 (378.0504) + 2300.137312$$

$$Y=291.6655$$

El resultado $Y = 291.6655$ es idéntico a la coordenada **"Norte"** del nodo **"A"** (378.0504 , 291.6655).

Lo mismo sucedería si comprobamos la ecuación de la recta para el nodo **"B"** (396.1311 , 195.6080), obteniendo como resultado $y_2= 195.6080$.

Una vez calculada la ecuación de la recta de los nodos **"A"** y **"B"** , se puede calcular la distancia de un nuevo nodo que se inserte en la recta de estos.

Suponiendo que se inserta un nuevo nodo **"C"** entre la recta **"A"** y **"B"** con las coordenadas **"Este"** y **"Norte"** (378.091, 243.6355).

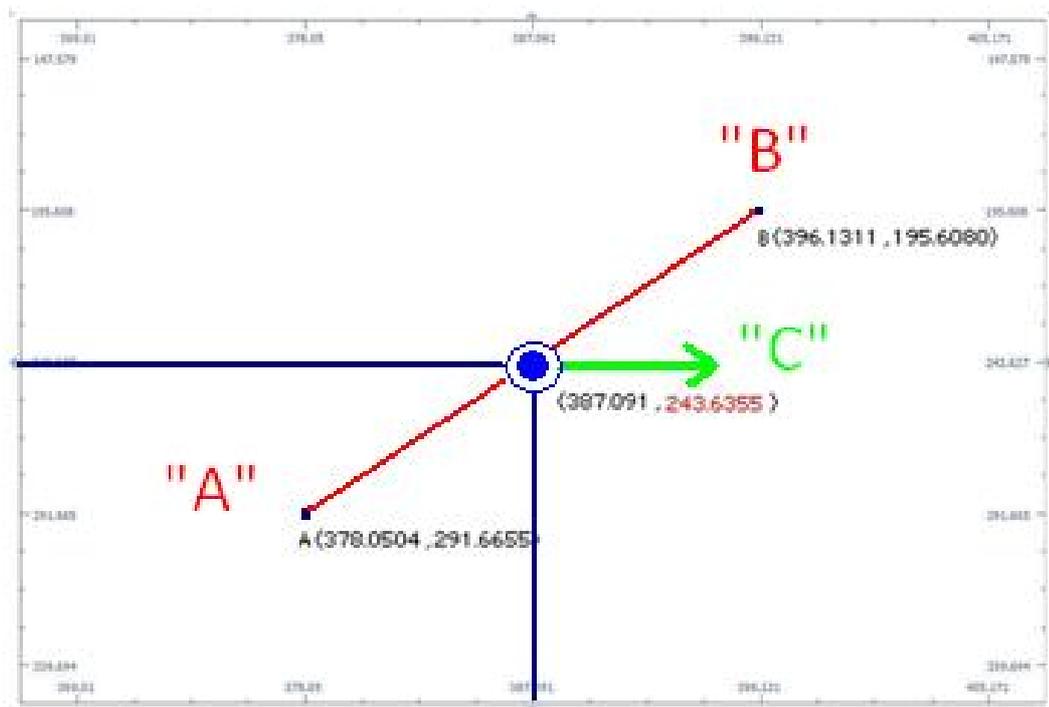


Figura 31.- Nodo **"C"** entre **"A"** y **"B"** (Elaboración Propia)

Para calcular el valor de la ecuación de la recta del nodo **"C"** se tiene que

$$5.312709132x+y-2300.137312=0$$

Se convierte a la forma $y = m x + b$

$$Y = - 5.312709132x + 2300.137312$$

$$Y = - 5.312709132 (387.091) + 2300.137312$$

$$Y = 243.6355$$

Una vez definido el resultado de la coordenada **"Norte"**, se pueden expresar las coordenadas del nuevo nodo dentro de la recta (arco del polígono), quedando de la siguiente forma: (387.091 , 243.6355).

Posteriormente se calcula la distancia que existe entre los nodos de la recta del nodo **"A"** al nodo **"C"** y del nodo **"C"** al nodo **"B"**.

Para calcular la distancia de la recta de **A-B** y considerando que la dirección de la recta es hacia la coordenada **"Este"** se considera como un vector fijo \overrightarrow{AB} , siendo este un segmento orientado. (Ver Figura 32)

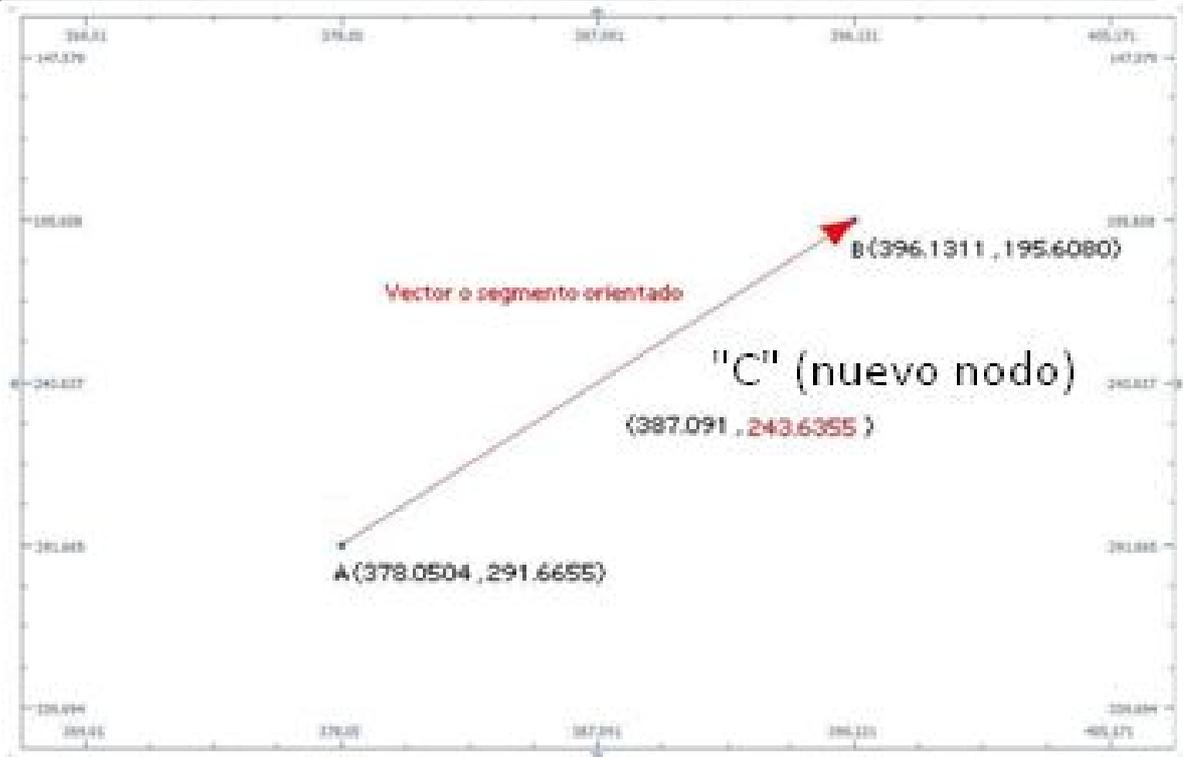


Figura 32.- Vector \overline{AB} . (Elaboración Propia)

Posteriormente se deben de localizar los componentes del vector, proyectándolos sobre las coordenadas "Este", delimitado sobre la sombra roja; también se proyecta el vector en las coordenadas "Norte" delimitada con la sombra azul.

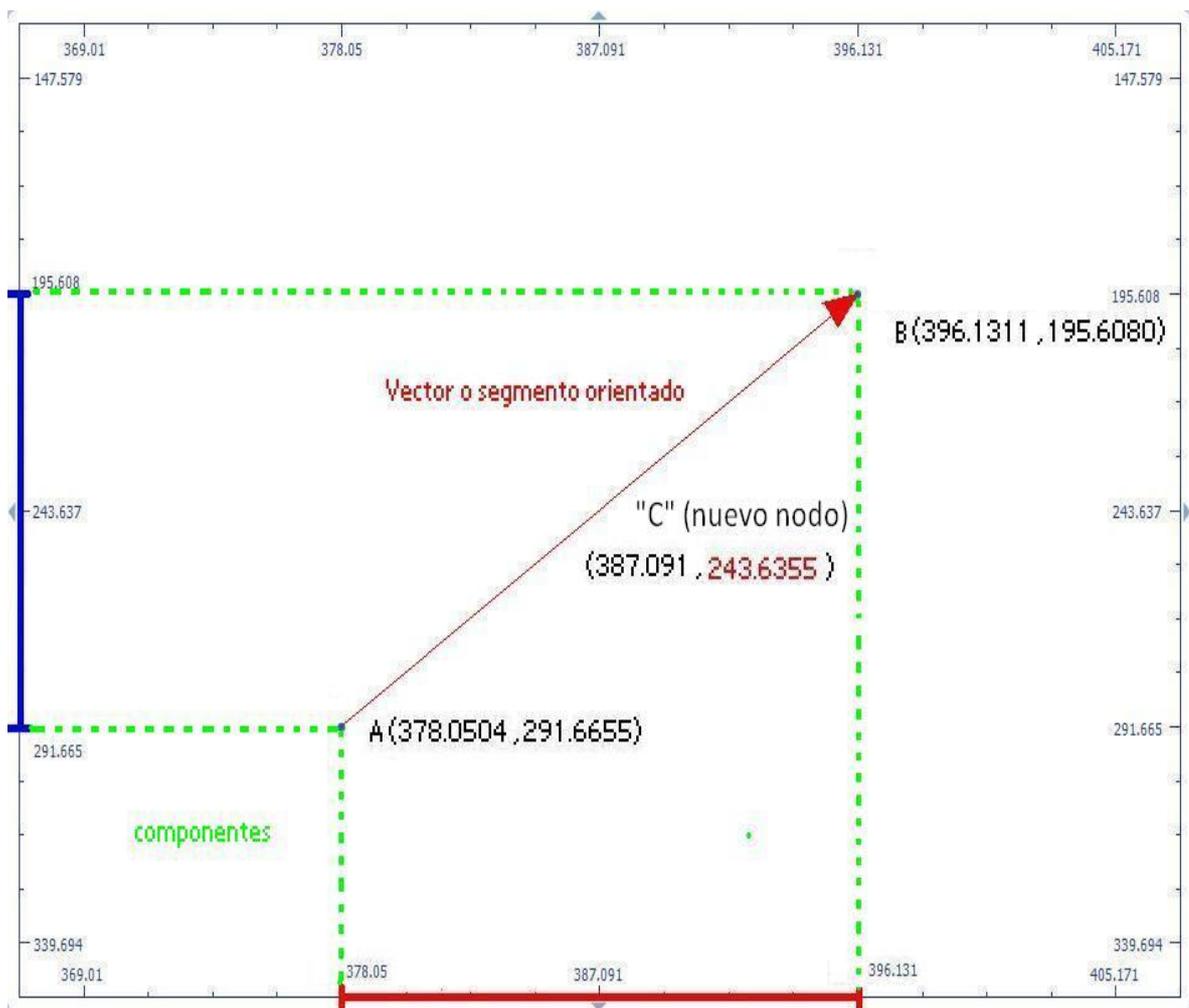


Figura 33.- Componentes del Vector \overline{AB} . (Elaboración propia)

Entonces se dice que los componentes del vector en las coordenadas “Este” = **18.0807** unidades en coordenadas UTM y en el caso de los componentes del vector de las coordenadas “Norte” = **96.0575** unidades en coordenadas UTM, concluyendo que los componentes del vector \overline{AB} son (18.0807, 96.0575), se trasladan los componentes a la posición dentro del vector tanto para el caso de las coordenadas “Este” y “Norte”.

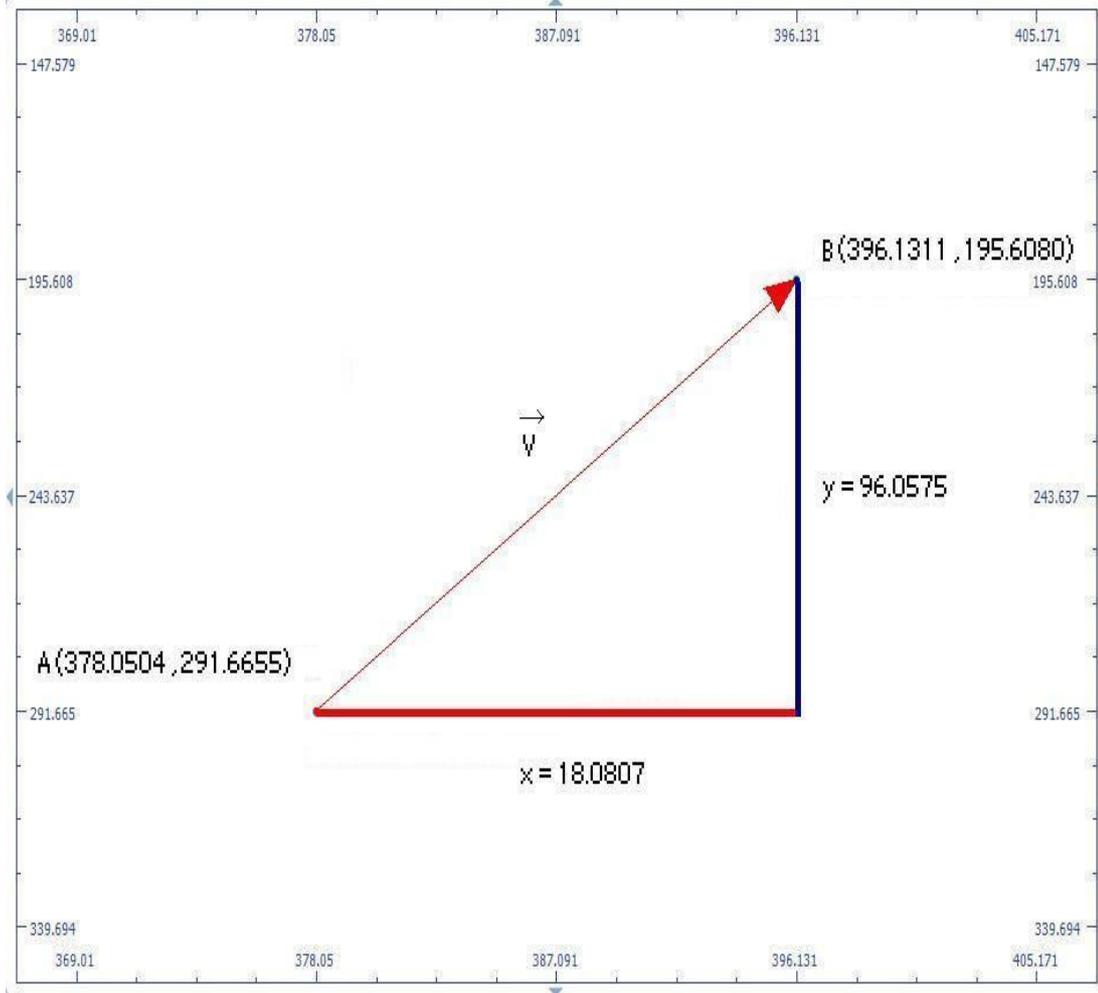


Figura 34.- Valores de los componentes. *(Elaboración propia)*

Se define la distancia entre los dos nodos **A**, **B** dando origen al modulo del vector obtenido de la unión de dichos nodos, posteriormente se utiliza el teorema de Pitágoras ($c^2 = a^2 + b^2$), para calcular la distancia del vector \overline{AB} , (se denomina vector V al segmento formado por los nodos A y B de la recta), y a los componentes se les denomina catetos.

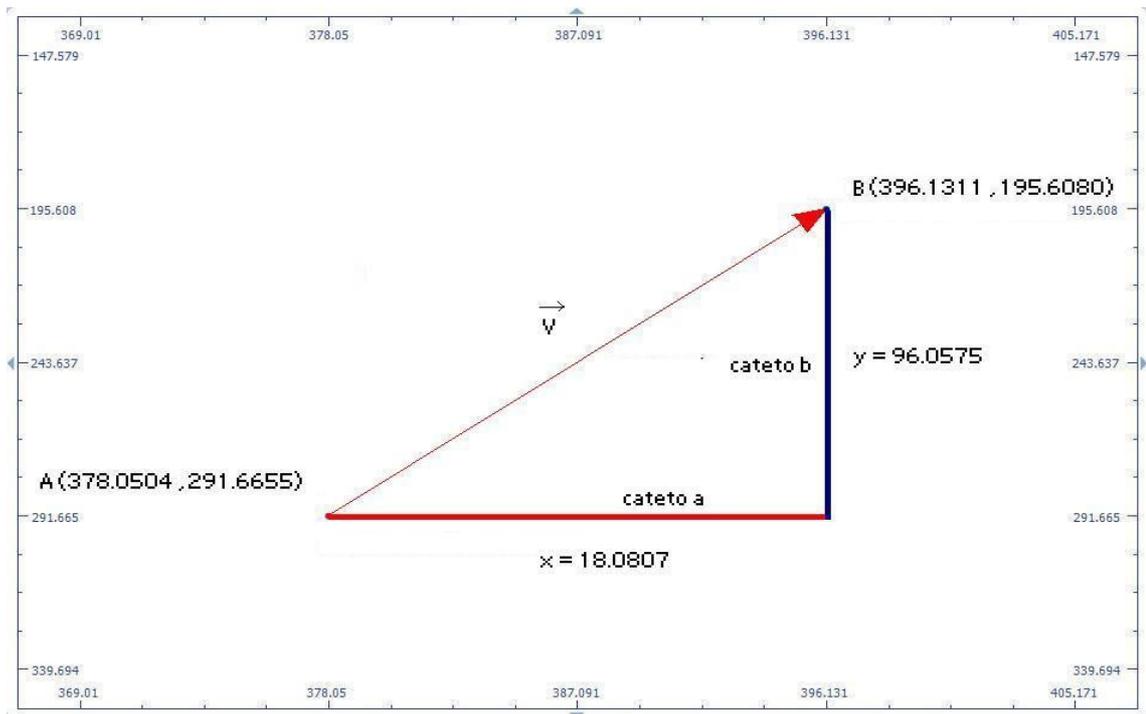


Figura 35.- Catetos de los componentes. **(Elaboración propia)**

El modulo de ese vector denominado \overline{AB} =

Se desarrolla:

$$|\overline{AB}|^2 = \text{cateto } a^2 + \text{cateto } b^2$$

$$|\overline{AB}|^2 = (18.0807)^2 + (96.0575)^2$$

$$|\overline{AB}|^2 = 326.9117125 + 92227.043306$$

$$|\overline{AB}|^2 = 9553.955019$$

$$|\overline{AB}| = \sqrt{9553.955019}$$

$$|\overline{AB}| = 97.74433497$$

La distancia total de la recta del nodo "A" al "B" es de 97.74433497, ahora con la inserción del nuevo nodo "C".

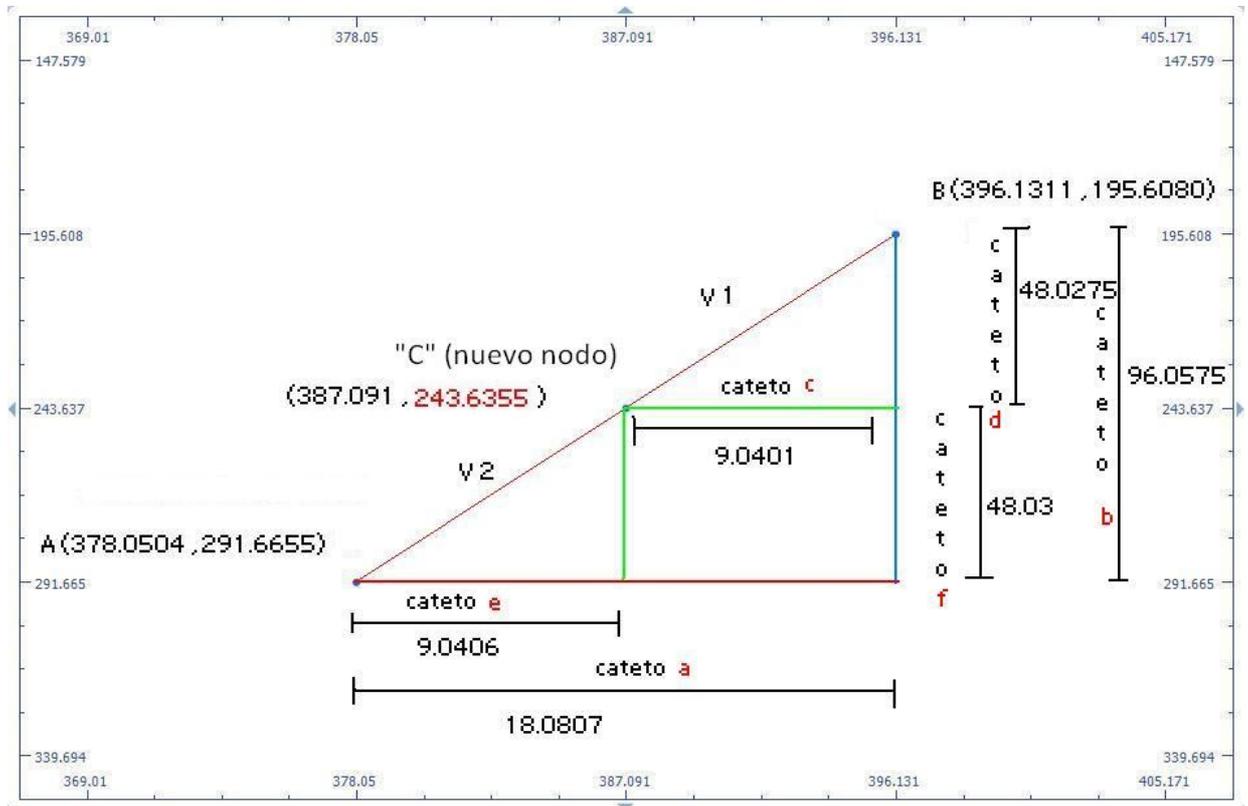


Figura 36.- Cálculo de distancia del vector **AB, AC, CB.** (Elaboración propia)

Se procede al cálculo de la distancia del vector 1 (V1) (la distancia del nodo "A" a la posición del nuevo nodo "C")

Se desarrolla

$$|\vec{AC}|^2 = \text{cateto } c^2 + \text{cateto } d^2$$

$$|\vec{AC}|^2 = 9.0401^2 + 48.0275^2$$

$$|\vec{AC}|^2 = 81.73244836 + 2306.8809$$

$$|\vec{AC}|^2 = 2388.613348$$

$$|\vec{AC}| = \sqrt{2388.613348}$$

$$|\vec{AC}| = 48.87344215$$

El resultado de la distancia del nodo "A" al nuevo nodo "C" es 48.87344215, pero a un falta el fragmento restante, del nuevo nodo "C" al nodo "B", lo cual solo se resta la cantidad total de la recta de "A" "B" y la cantidad del vector para \overrightarrow{AC} .

Valores

$$|\overrightarrow{AB}| = 97.74433497$$

$$|\overrightarrow{AC}| = 48.87344215$$

Desarrollo:

$$|\overrightarrow{CB}| = |\overrightarrow{AB}| - |\overrightarrow{AC}|$$

$$|\overrightarrow{CB}| = 97.74433497 - 48.87344215$$

$$|\overrightarrow{CB}| = 48.87089282$$

Concluyendo con estos cálculos, el resultado de la distancia del nodo "C" al nodo "B".

Este proceso se realiza cada vez que se inserta un nuevo nodo en una recta para delimitar la distancia de disección del arco que se desea modificar.

Después de conocer la distancia al insertar un nuevo nodo, se prosigue con la explicación de dividir un polígono; para esto se inserta otro nuevo nodo en otro vértice del polígono, permitiendo generar un nuevo arco, con lo cual el polígono se divide en dos, dando como resultado dos nuevos polígonos. **(Figura 37)**

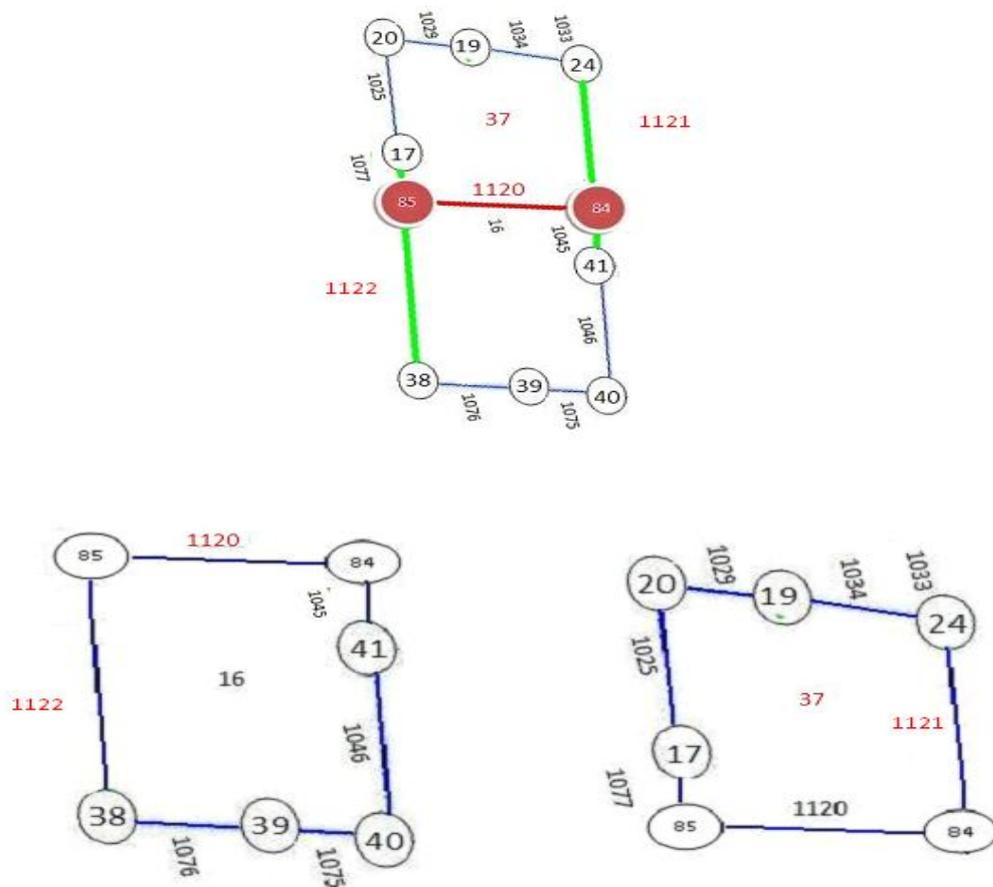


Figura 37.- División de un polígono. **(Elaboración propia)**

Hasta este momento se ha abordado la problemática con polígonos, sin embargo, es necesario comenzar a plantear la situación con predios, con el objetivo de manejar los datos catastrales. En este sentido, es conveniente aclarar que se manejarán dos tipos de datos, los temáticos que brindan la información de identificación relativa al predio y al propietario (clave catastral, nombre del propietario, número, colonia, localidad y código postal, etc.) es conveniente resaltar que también se consideran datos de colindancias con otros predios, para esta sección es importante porque, se utilizarán en este proceso que se explicará a continuación. En segundo lugar, están los datos espaciales que permiten

identificar la ubicación terrestre del predio. Cabe mencionar que estos datos están almacenados en una base de datos conocida como “BDGeográficos”.

Para explicar este proceso seleccionamos el predio 16 (antes conocido como polígono 16), en la figura 38 se observan las colindancias del predio 16 con otros predios y por ende con diferentes propietarios.

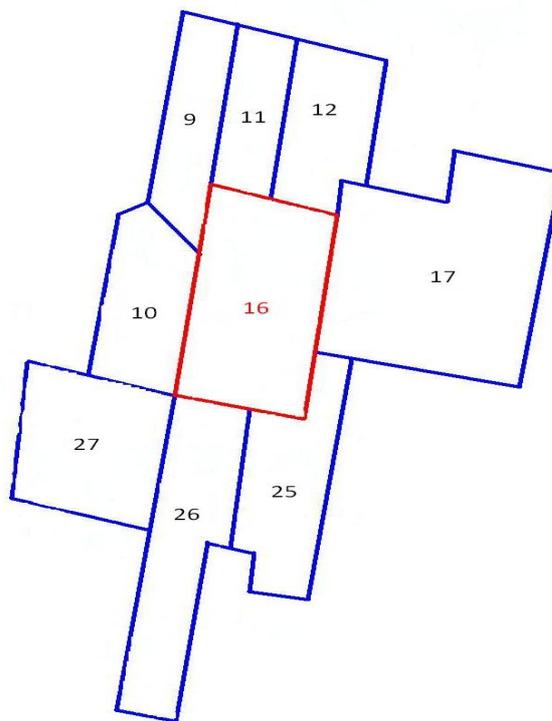


Figura 38.- *Predios colindantes del predio 16. (Elaboración propia)*

Nótese que el predio está rodeado del predio 9, 11, 12, 17, 25, 26, 27 y 10.

Entonces al dividir el predio 16, las colindancias cambian y aumenta un predio, cabe mencionar que el que era 16 se guarda para tener un histórico de su conformación inicial.

Al realizar la división del predio, la topología de las propiedades queda de la siguiente manera. (Figura 39)

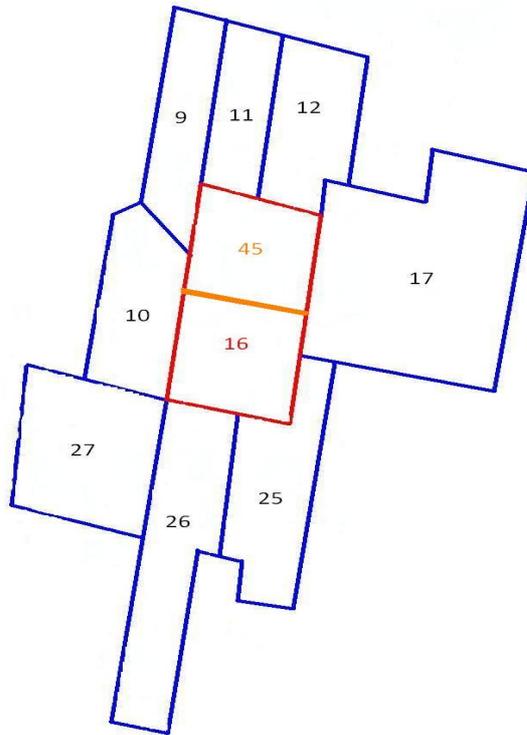


Figura 39.- División del predio 16. (Elaboración propia)

Ahora los predios colindantes han cambiado para el caso del predio 16 son: 17, 25, 26, 27, 10 y 45 es pertinente mencionar que este último es el nuevo predio mismo que tiene las siguientes colindancias 17,16,10,9,11 y 12

Con esta división, se puede observar que hay cambios significativos en las colindancias, mismos que se reflejan en los datos de la base de datos.

Para ello se describe el método de actualización de datos en la base de datos "BDGeográficos", en las tablas de la Figura 40.

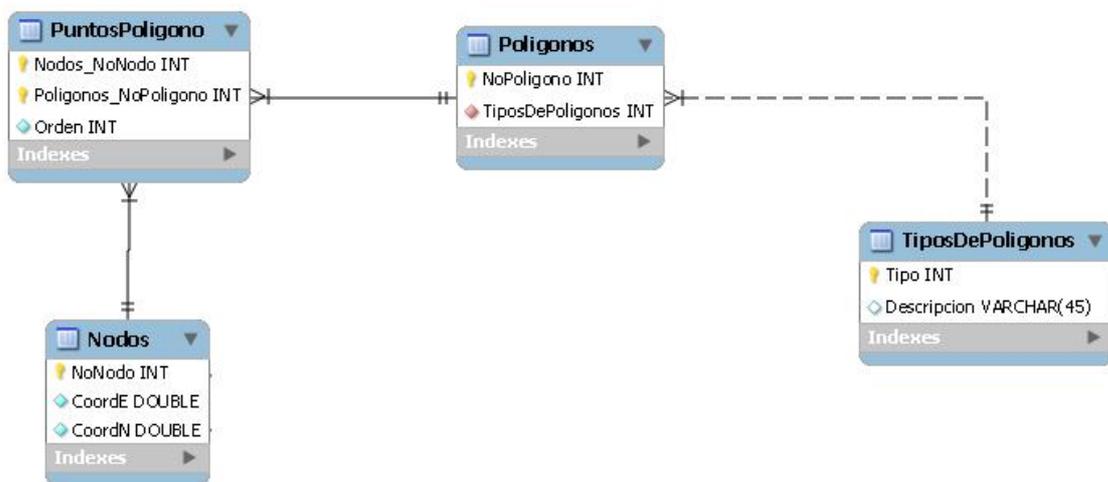


Figura 40.- Esquema de la base de datos. (Elaboración propia)

Para describir las tablas de la **Figura 40**, observe la **Figura 41** que muestra los datos que se almacenan, para la formación del predio “16”. El proceso inicia con la utilización de la tabla “**Poligonos**”, que almacena el número del polígono en el atributo “**NoPoligono**” siendo este el número “16”, en el atributo “**TiposDePoligonos**” es el número “1”, que se relaciona con la tabla “**TiposDePoligonos**” con el atributo “**Tipo**” en donde el atributo “**Descripción**” define el tipo de polígono que representa el número “1”, para este caso en particular el polígono representa un “**predio**”, (la justificación de crear dicha tabla consiste en tener un catalogo que permita agregar un sin fin de tipos de polígonos, debido a que este sistema tiene la finalidad de que a futuro se implemente calle, municipios, delegación, colonia, entidad, estado, república, país, nación y continente), Una vez definido el número del polígono y tipo se procede a extraer los datos que forma el polígono “16”, la tabla “**NodosporPoligonos**” lleva el nombre de la metodología que se desarrollo en esta investigación, la cual contiene el atributo “**Poligonos_NoPoligono**”, que permite referenciar el número del polígono correspondiente al predio “16”, este se referencia por cada nodo que lo componga los cuales son representados en el atributo “**Nodos_NoNodo**” siendo estos los números

17,19,20,24,38,39,40 y 41, cabe mencionar que en este atributo se relaciona con la tabla “**Nodos**” que permite georeferenciar la ubicación en el plano, especificando por un lado las coordenadas “**Este**” con el atributo “**CoordE**” y por el otro la coordenada “**Norte**” con el atributo **CoordN** , es importante recalcar que estos nodos son unidos con un orden antihorario con el dato del atributo “**Orden**” el cual se basa en iniciar con el nodo que se encuentra en la parte inferior izquierda del polígono siendo este el nodo 38 el cual se le asigna el número “**1**”, para el caso del **nodo 39** el **orden 2**, para el **nodo 40** el **orden 3**, para el **nodo 41** el **orden 4**, para el **nodo 24** el **orden 5**, para el **nodo 19** el **orden 6**, para el **nodo 20** el **orden 7** y para el **nodo 17** el **orden 8**.

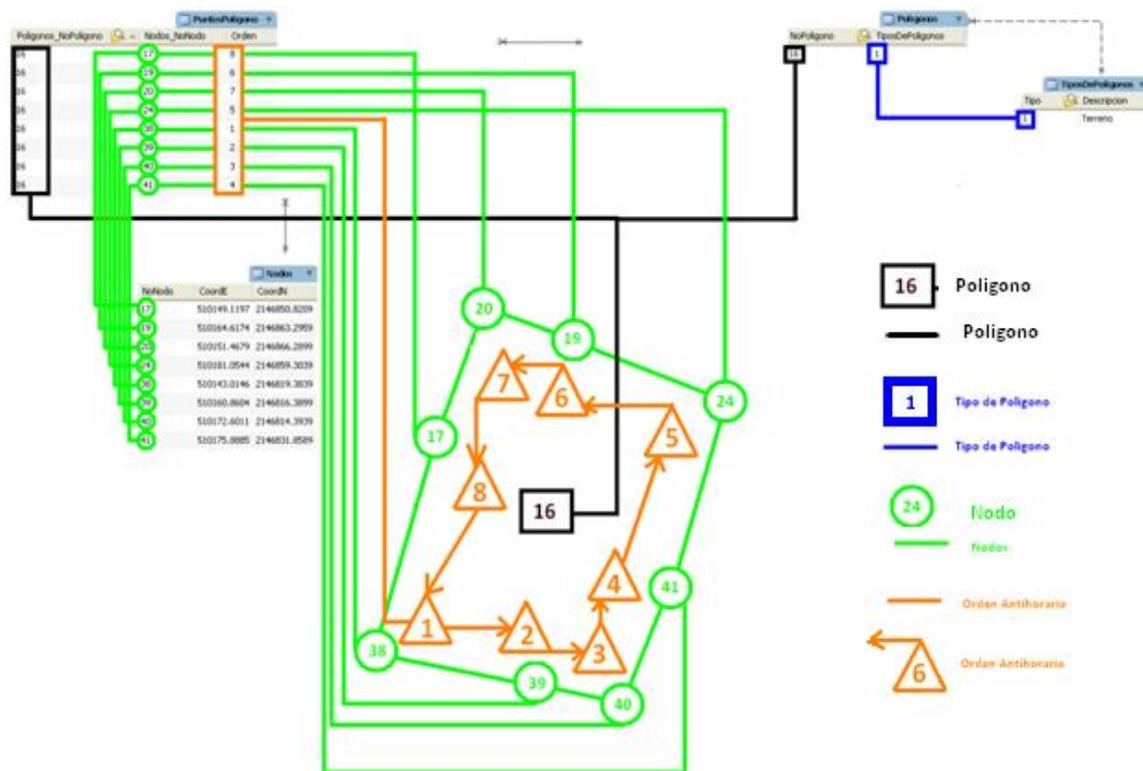


Figura 41.- Relación de tablas para la formación del predio 16. (Elaboración propia)

Este método de construcción de polígonos se aplica para cada uno de los polígonos que componen a la manzana 10 que se tomo como referencia para aplicar la metodología nodos por polígonos, es importante conocer los polígonos colindantes del predio 16 para que al realizar la división se identifique cuál de estos sufren la inserción del nodo y generar la reestructuración de cambios en la base de datos. **Figura 42.**

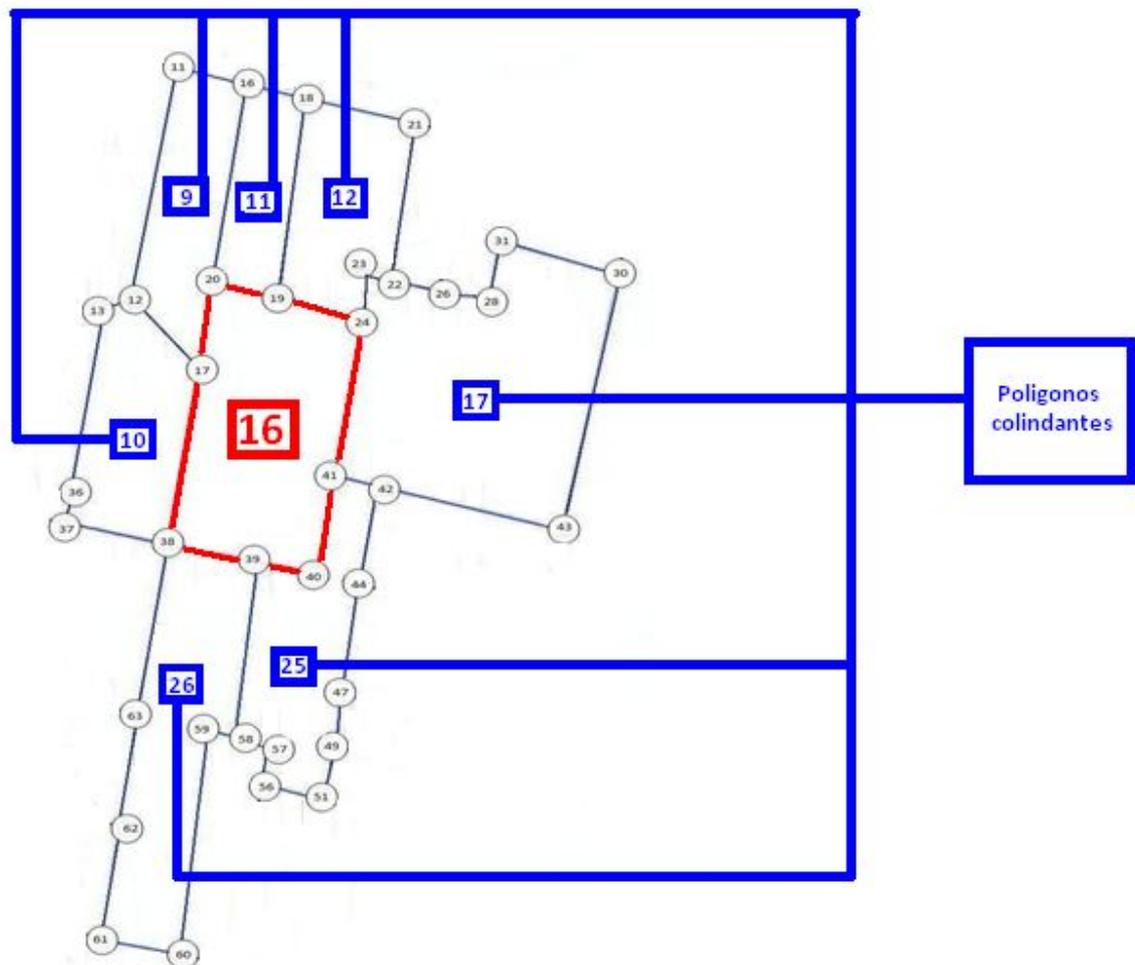


Figura 42.- Polígonos colindantes del predio 16. (Elaboración propia)

Una vez que se conoce los polígonos colindantes se representan los datos necesarios para que estos se puedan crear, en el caso del polígonos 9, 11, 12, 17, 25, 26 y 10 se muestran en la figura 43, 44, 45, 46, 47, 48 y 49 respectivamente.

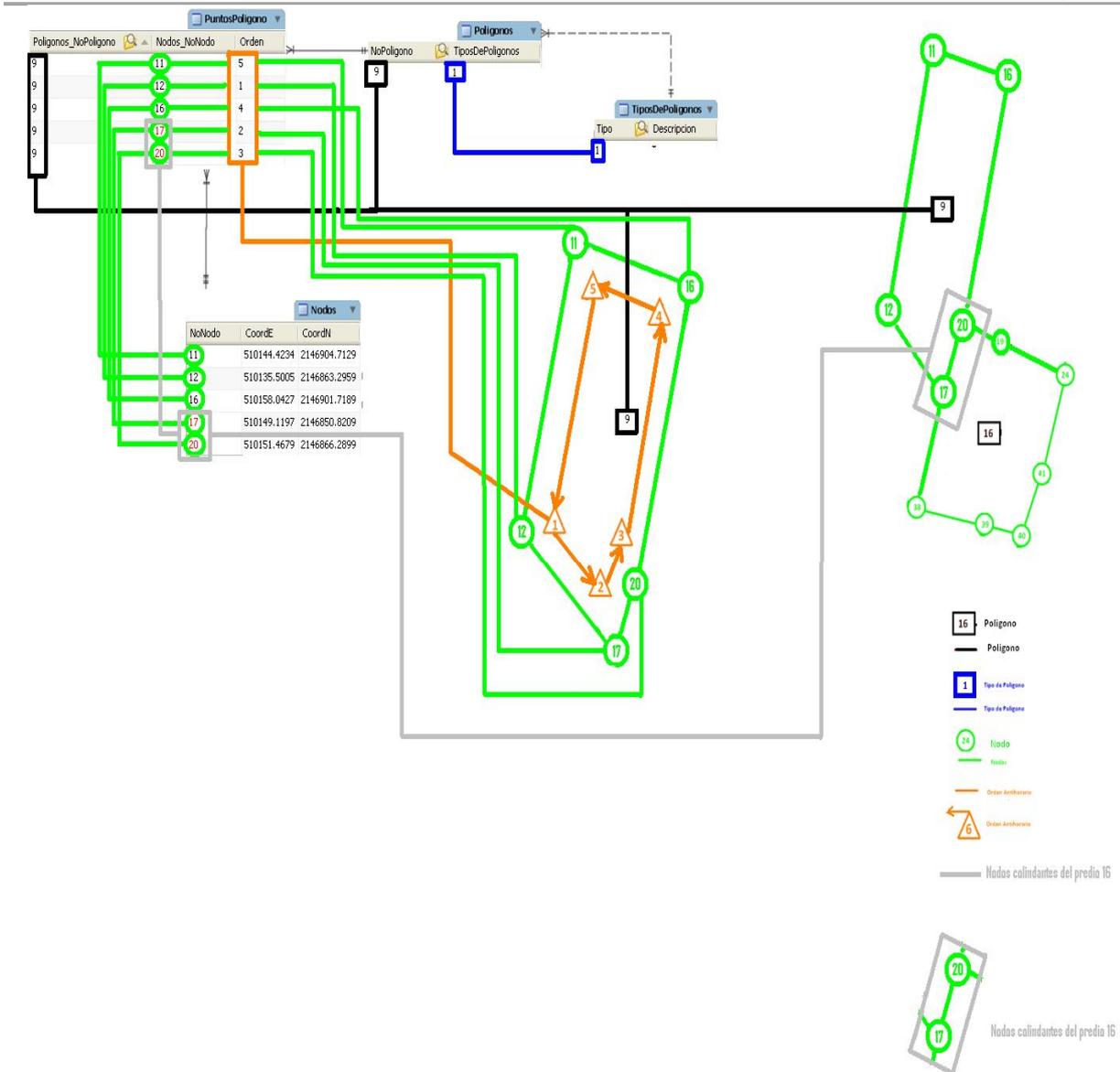


Figura 43.- Relación de tablas para la formación del predio 9 y nodos colindantes con respecto al predio 16.
 (Elaboración propia)

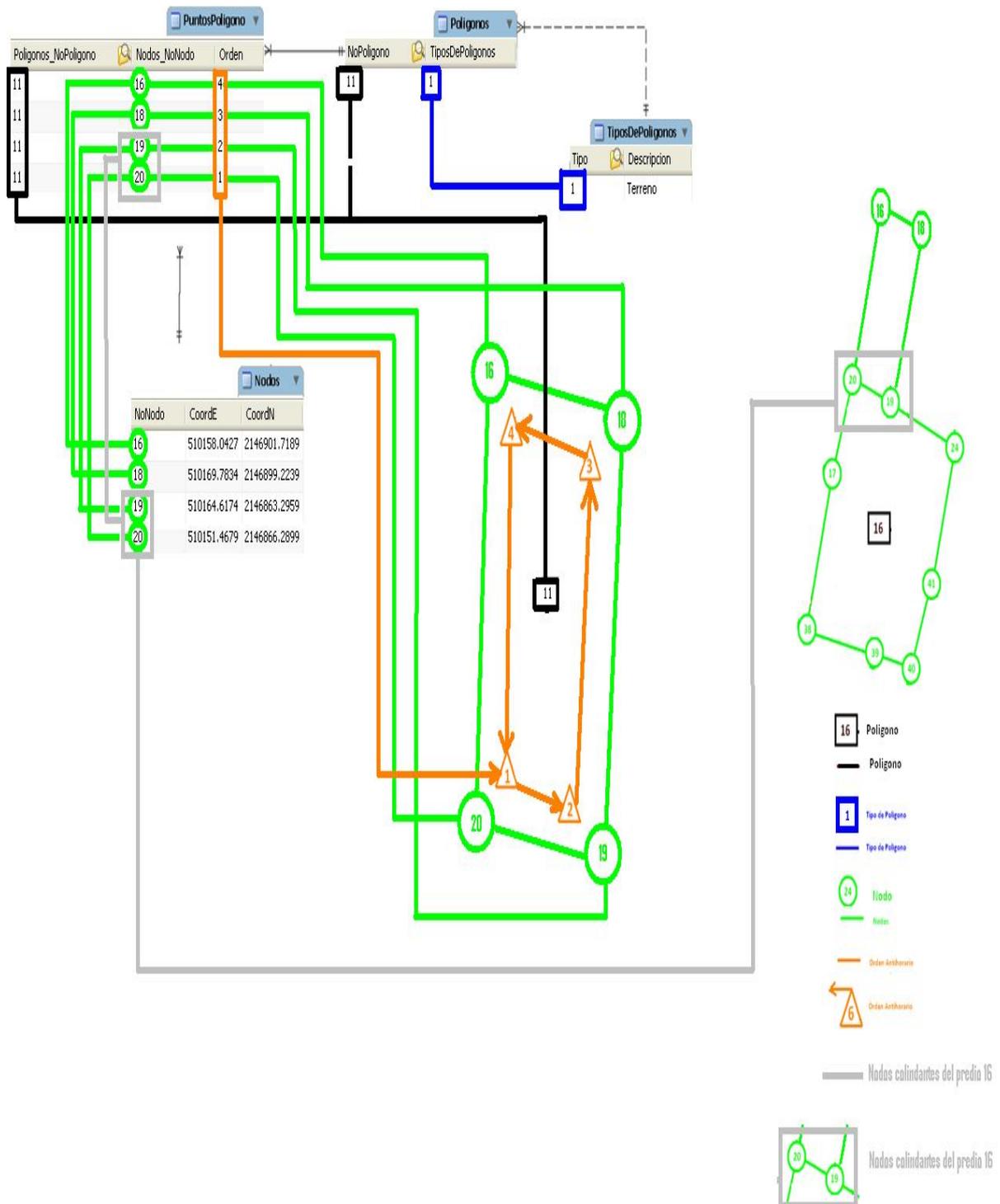


Figura 44.- Relación de tablas para la formación del predio 11 y nodos colindantes con respecto al predio 16.
(Elaboración propia)

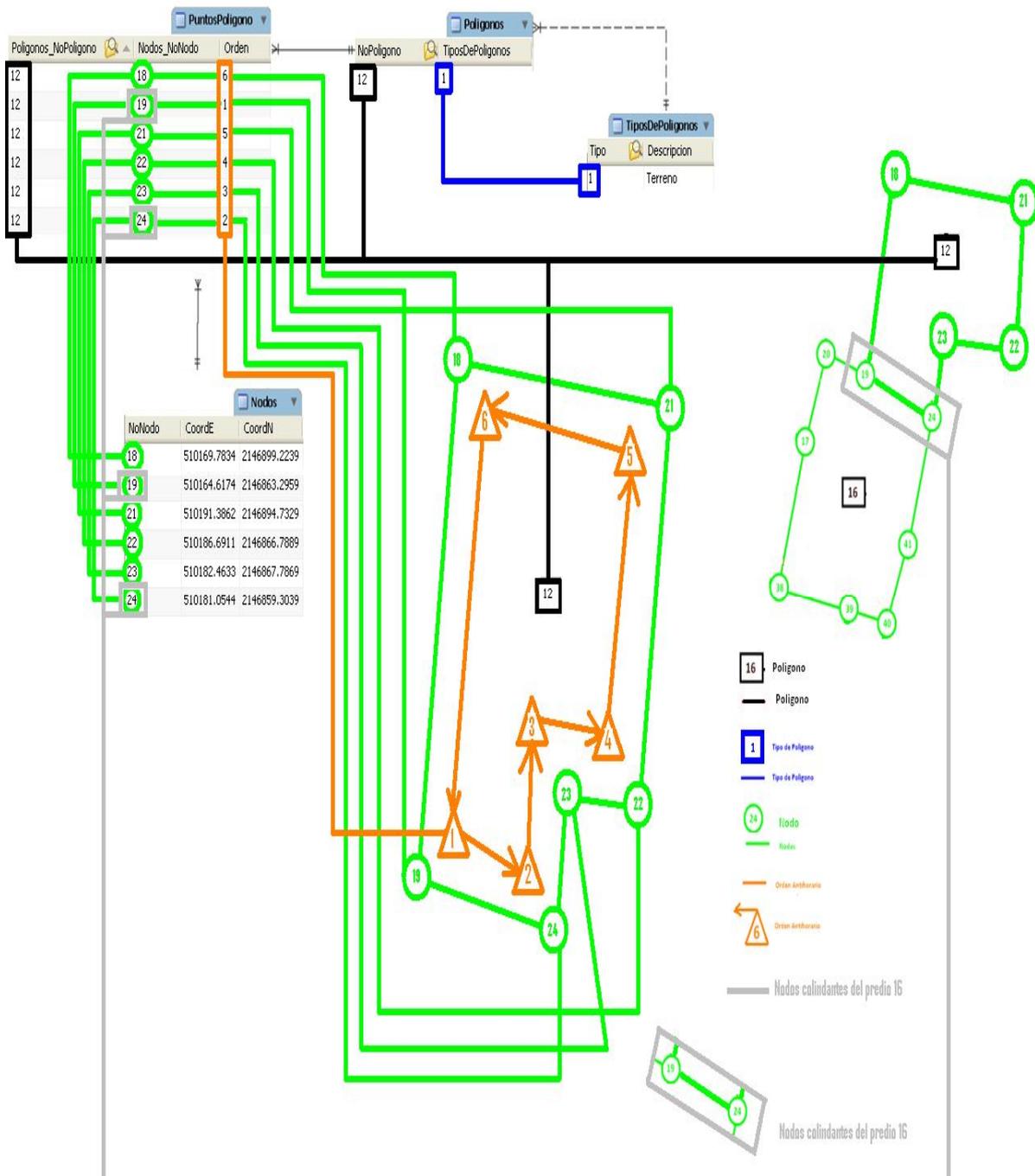


Figura 45.- Relación de tablas para la formación del predio 12 y nodos colindantes con respecto al predio 16.

(Elaboración propia)

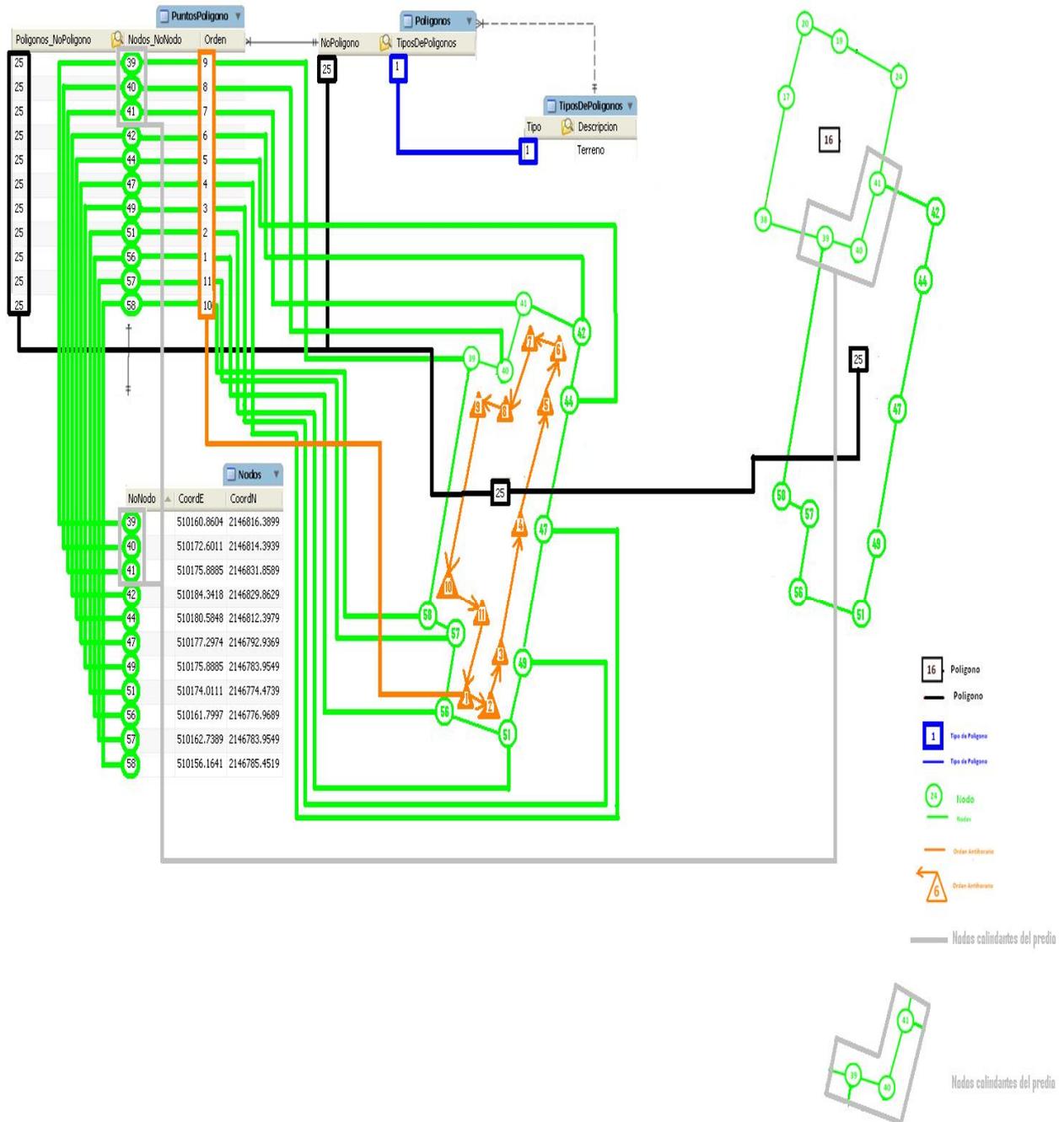


Figura 47.- Relación de tablas para la formación del polígono 25 y nodos colindantes con respecto al predio 16.

(Elaboración propia)

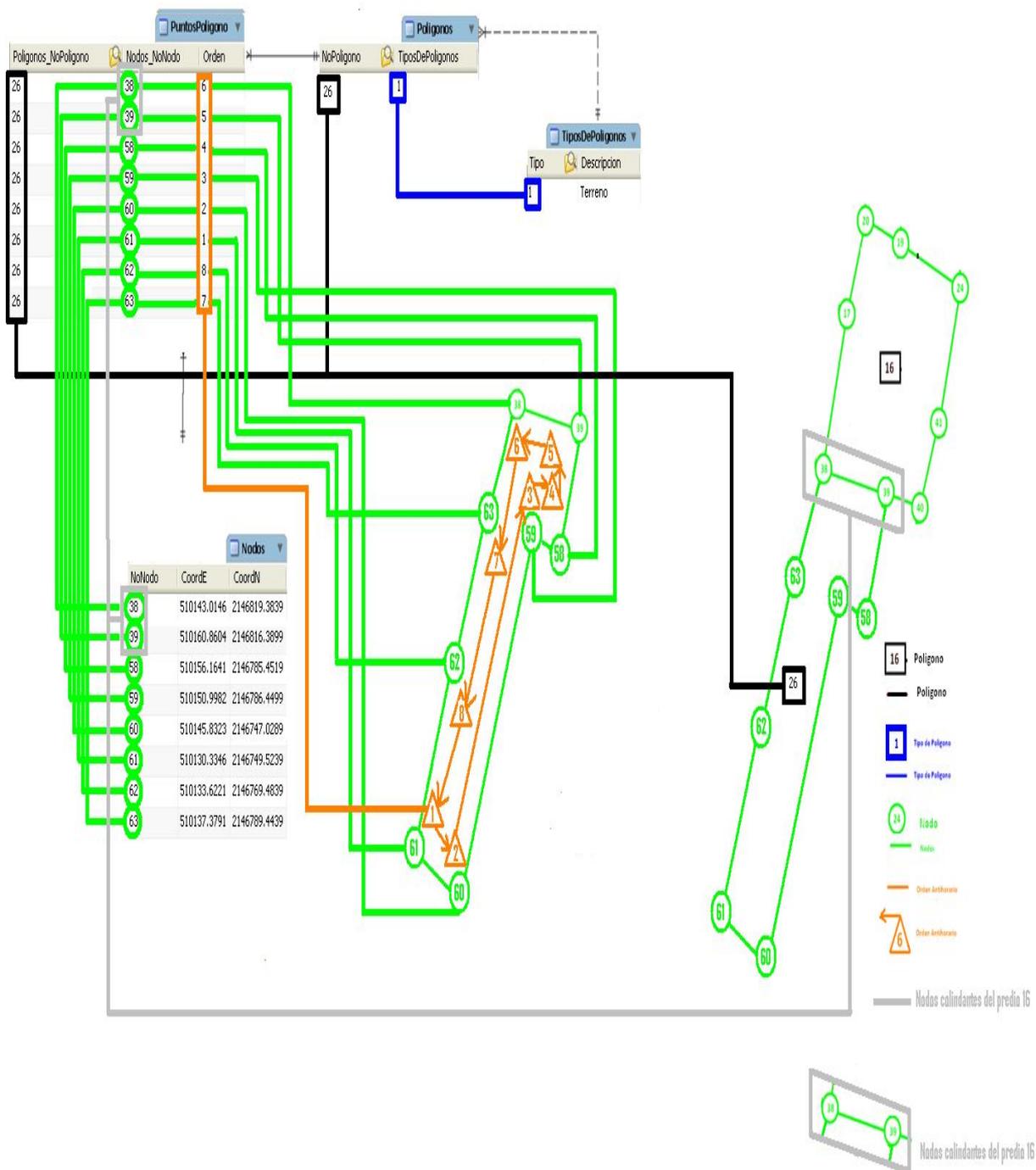


Figura 48.- Relación de tablas para la formación del polígono 26 y nodos colindantes con respecto al predio 16.

(Elaboración propia)

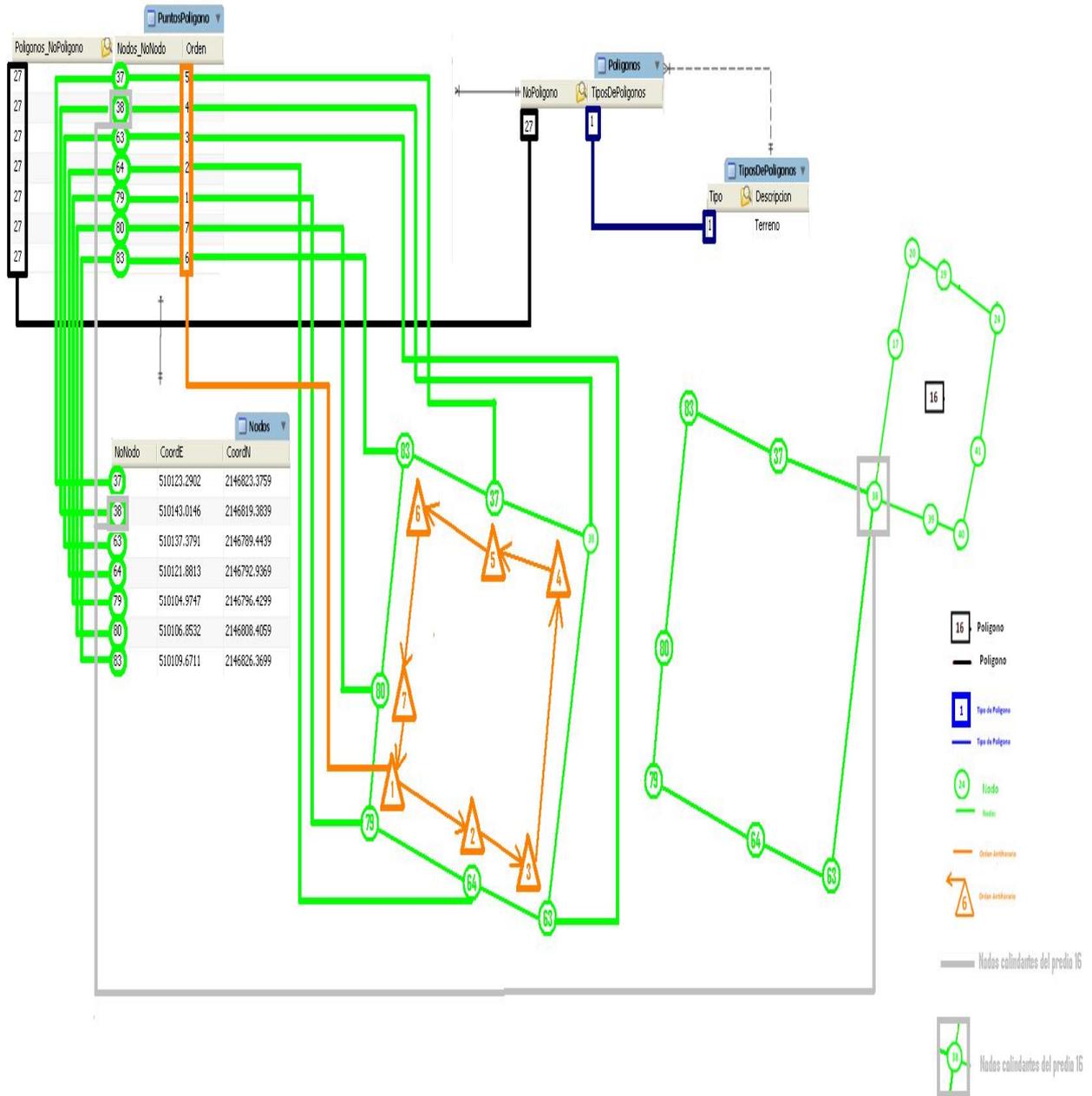


Figura 49.- Relación de tablas para la formación del polígono 27 y nodos colindantes con respecto al predio 16.

(Elaboración propia)

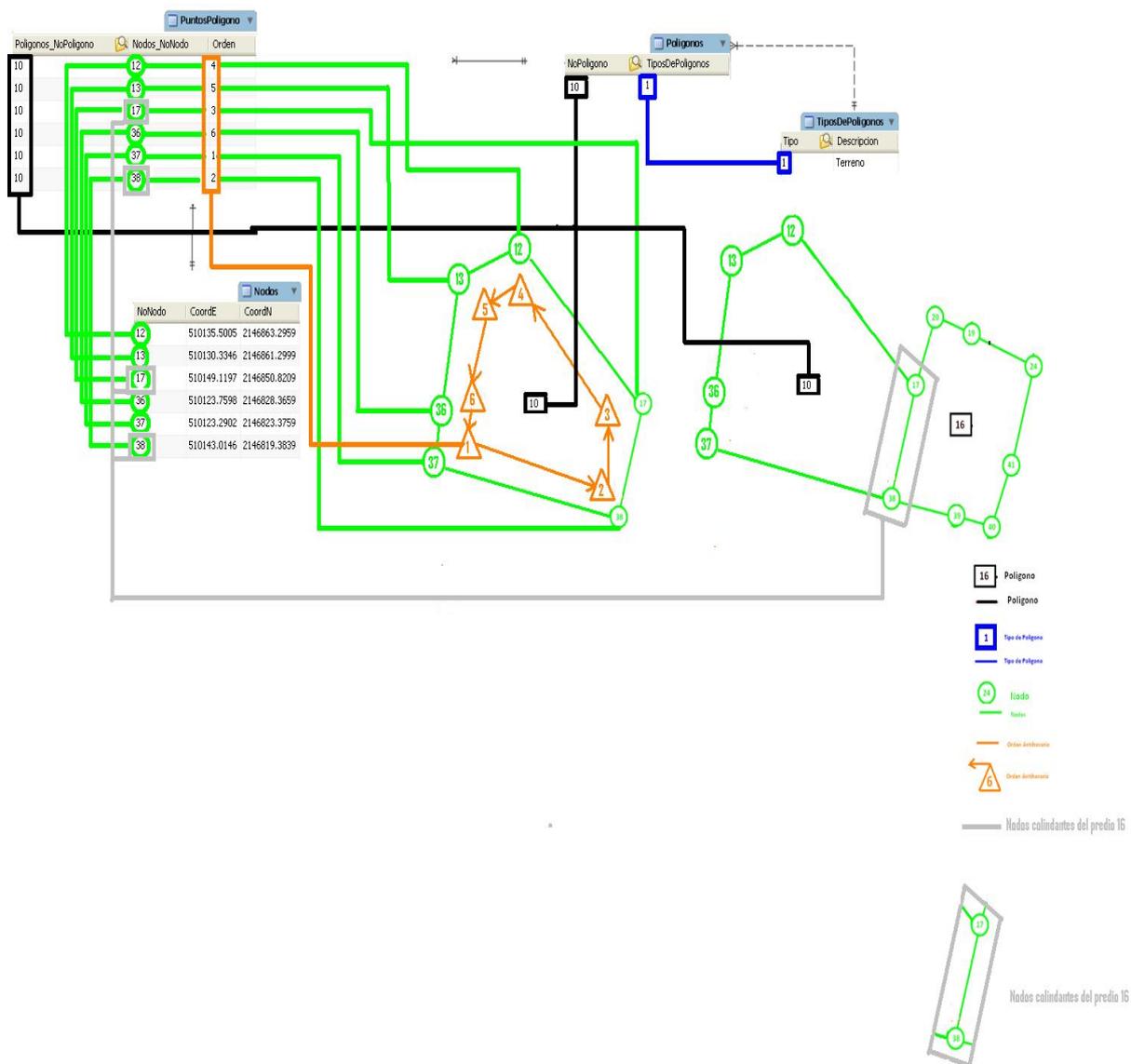


Figura 50.- Relación de tablas para la formación del polígono 10 y nodos colindantes con respecto al predio 16.

(Elaboración propia)

Una vez creado el polígono 16 y los polígonos colindantes se prosigue a realizar la inserción de los **nodos 147 y 148** para diseccionar el polígono "16" como se muestra la **Figura 51**.

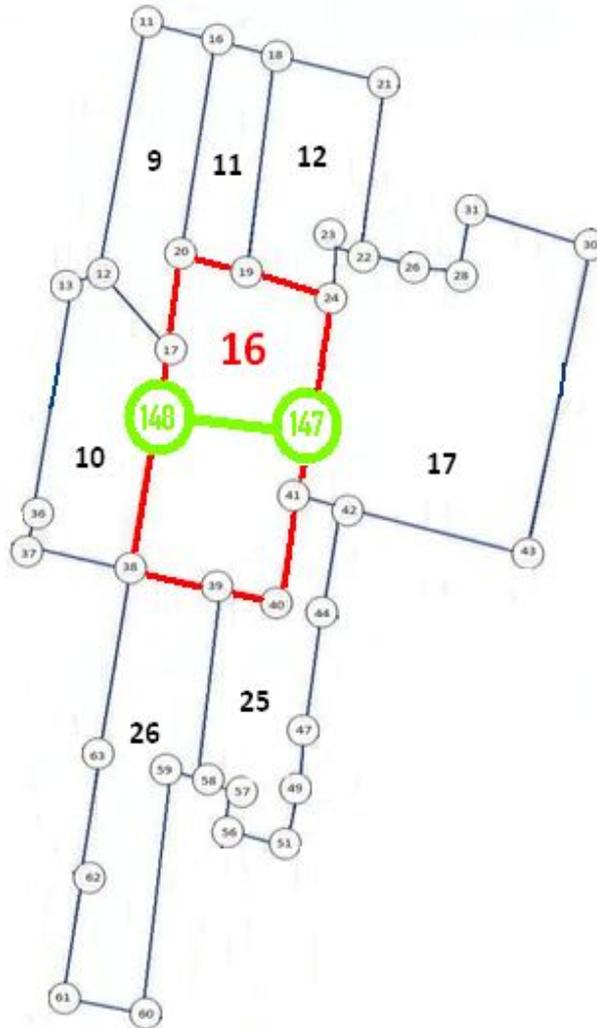


Figura 51.- Inserción de nodos y arco para la división del polígono 16. (Elaboración propia)

La inserción provoca una reestructuración de colindancias, cabe mencionar que el usuario podrá elegir en que polígono resultante de la partición será el "16" y el sistema automáticamente designará el número de polígono al otro, en este caso construirá el 47. Estos cambios impactan directamente en la base de datos, tal como se muestra en la **Figura 52.**

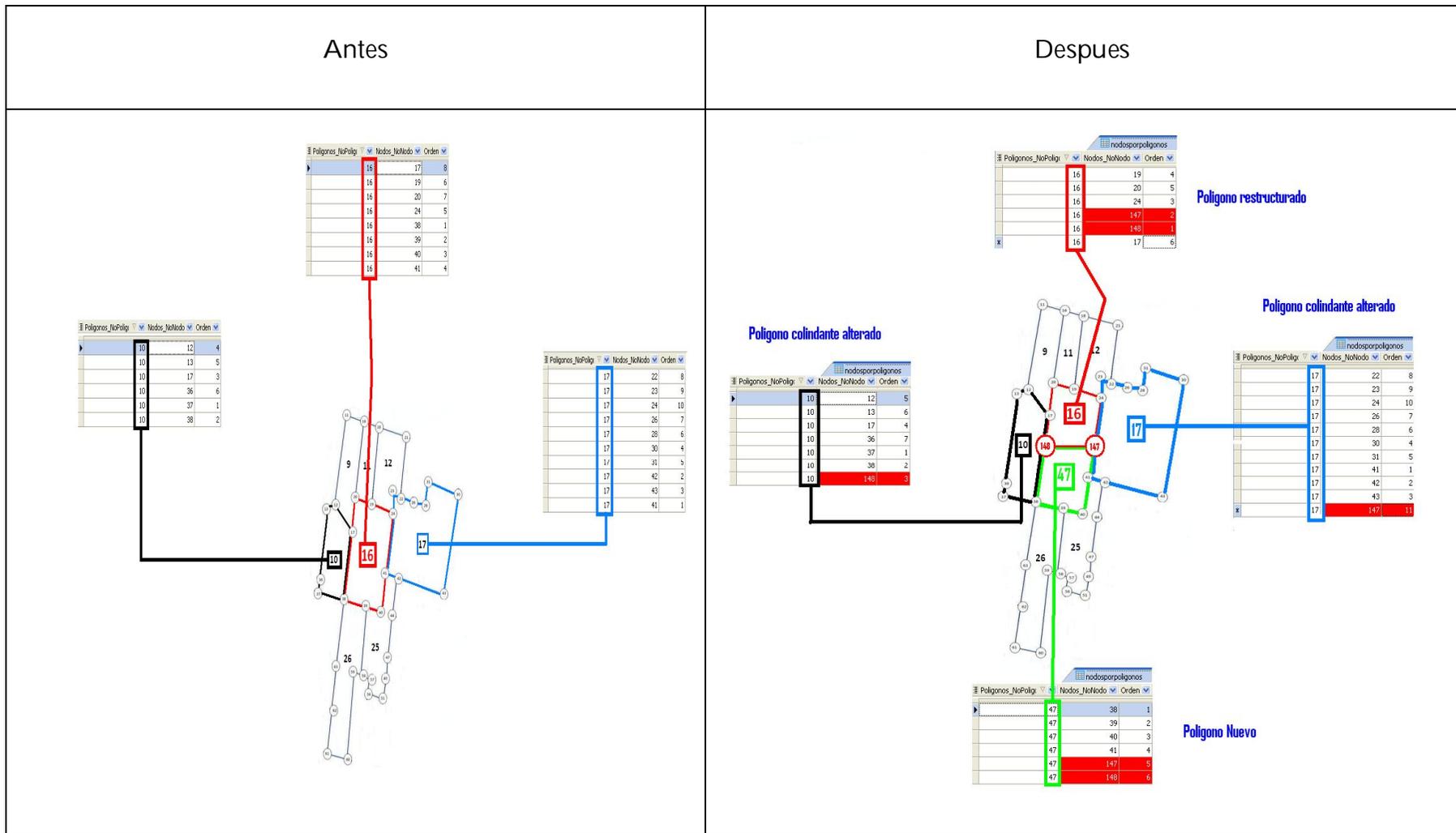


Figura 52.- Cambios que sufre la base de datos con la división del polígono 16. (Elaboración Propia)

La modificación de datos se hace automáticamente en el sistema a partir de algoritmos específicos desarrollados y programados en java.

Cabe mencionar que los datos temáticos también sufren cambios, mismos que se abordaran en los resultados.

Con esto se cumple con el objetivo del trabajo planteado.

8 RESULTADOS

Para la presentación de resultados se utilizara la interfaz que se implemento en esta investigación, mostrando la partición de un predio, tanto de manera gráfica como en la base de datos mostrando cambios en datos espaciales y temáticos.

Se inicia con la selección del predio, solo con señalar el predio con el cursor:

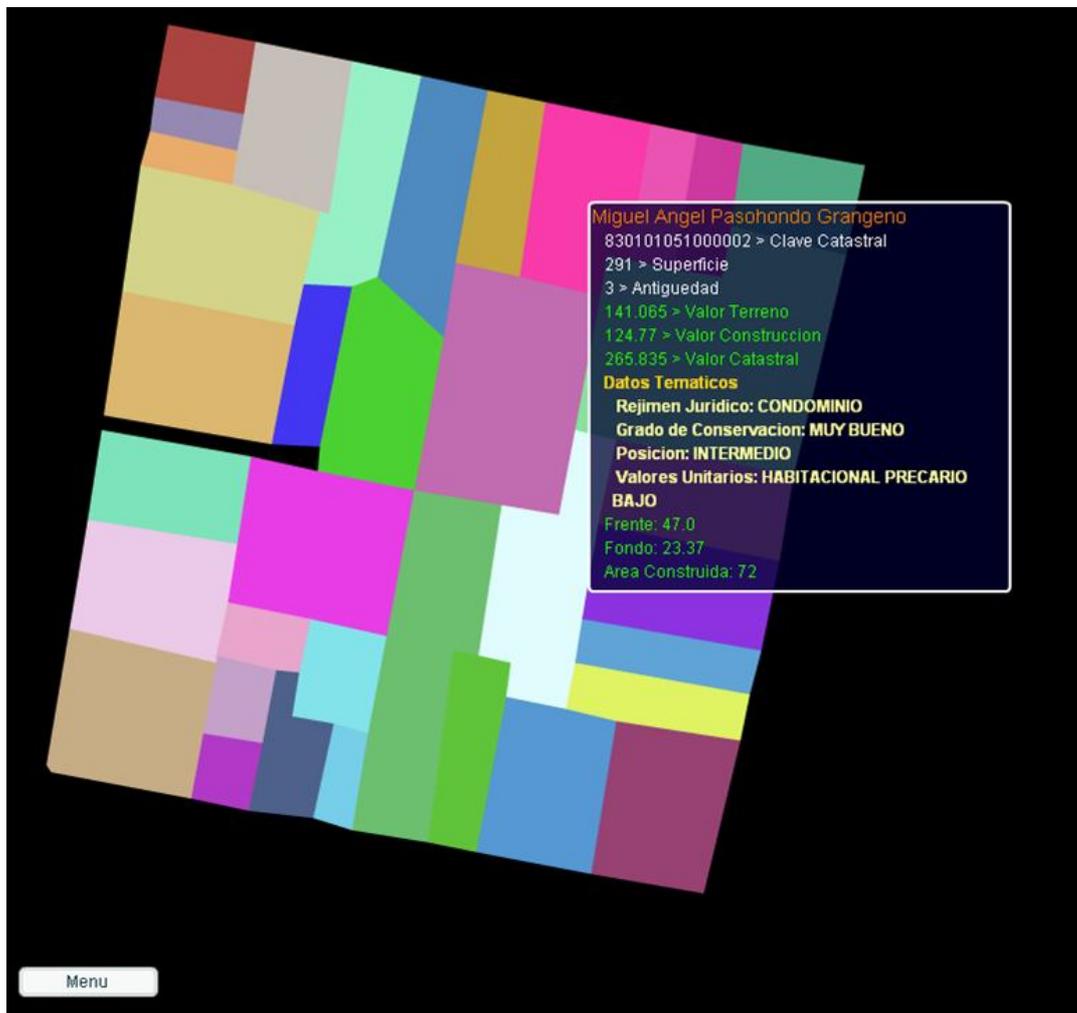


Figura 53.- Selección del predio 25. (Elaboración propia)

Inmediatamente se desplegará la pantalla que describen los datos temáticos que identifican el predio y al propietario. **(Figura 53)**. Al dar click en el predio deseado, en este caso el **"25"** resaltará él y los predios colindantes como se muestra en la **Figura 54**.

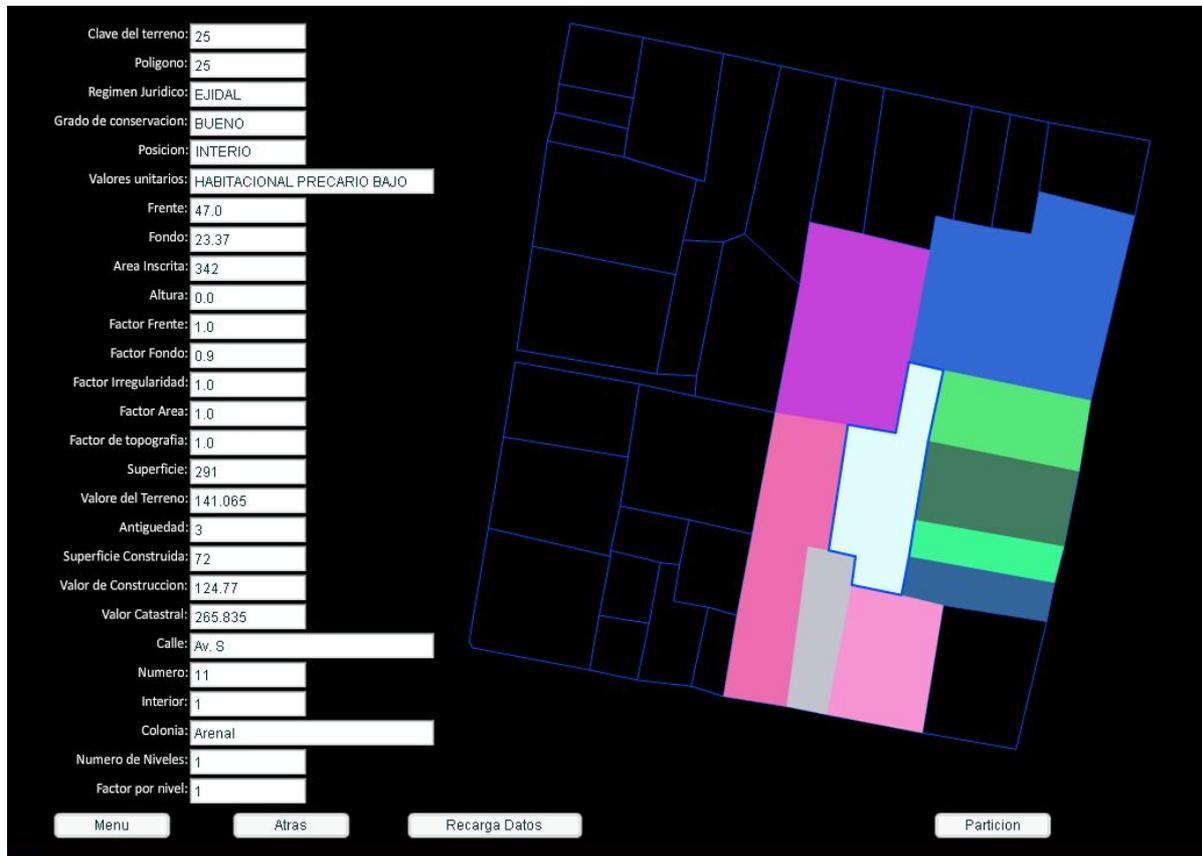


Figura 54. - Predio 25 y colindancias. **(Elaboración propia)**

En la Figura 55 se observan los datos temáticos de todos los predios que colindan con el predio **"25"**, se señalan todos o la mayoría se involucran en los cambios que se harán,

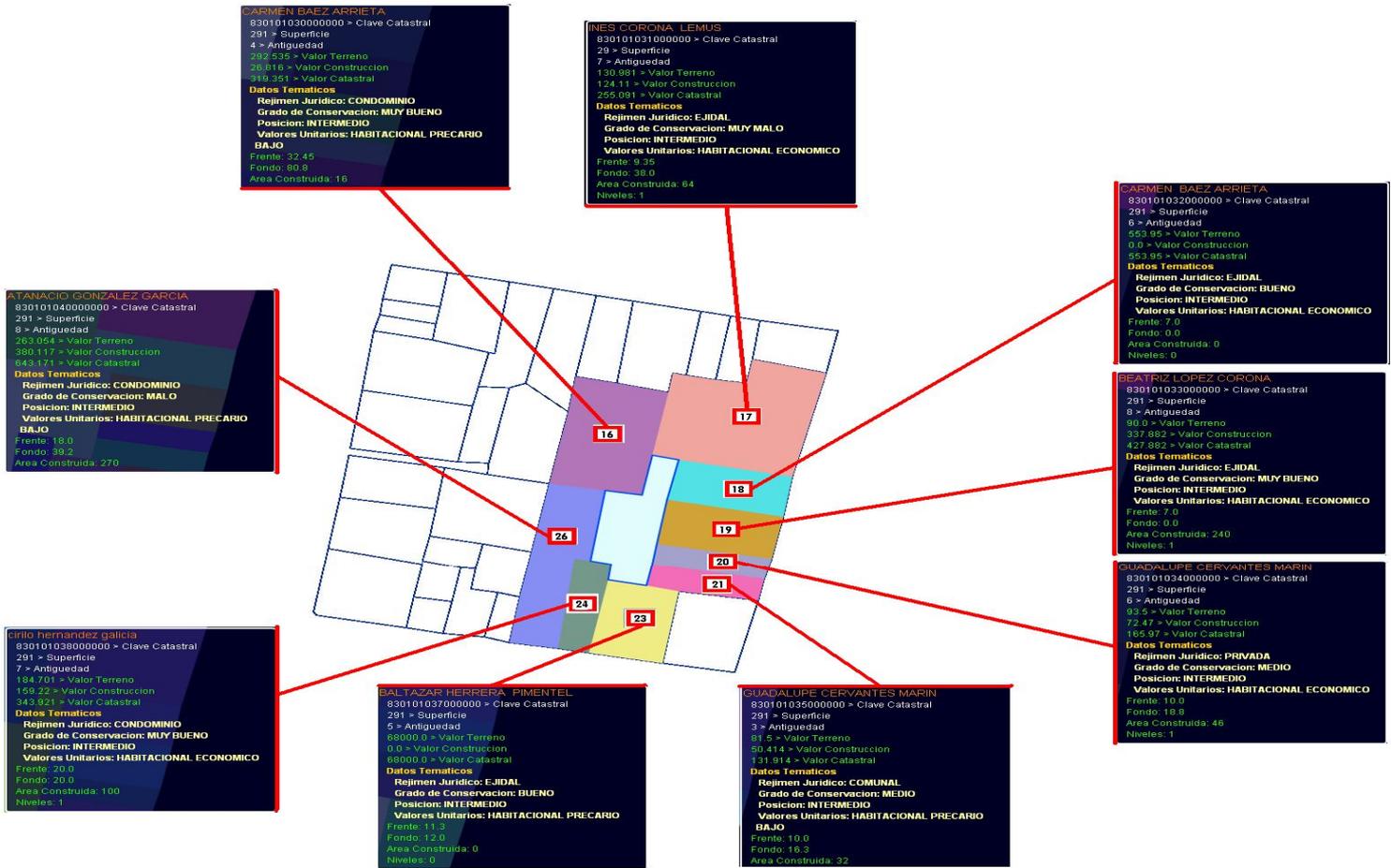


Figura 55.- Predios colindantes al predio 25. (Elaboración propia)

A continuación se presenta la **Figura 56** donde se relacionan los datos gráficos con relación con los datos almacenados de la base de datos.

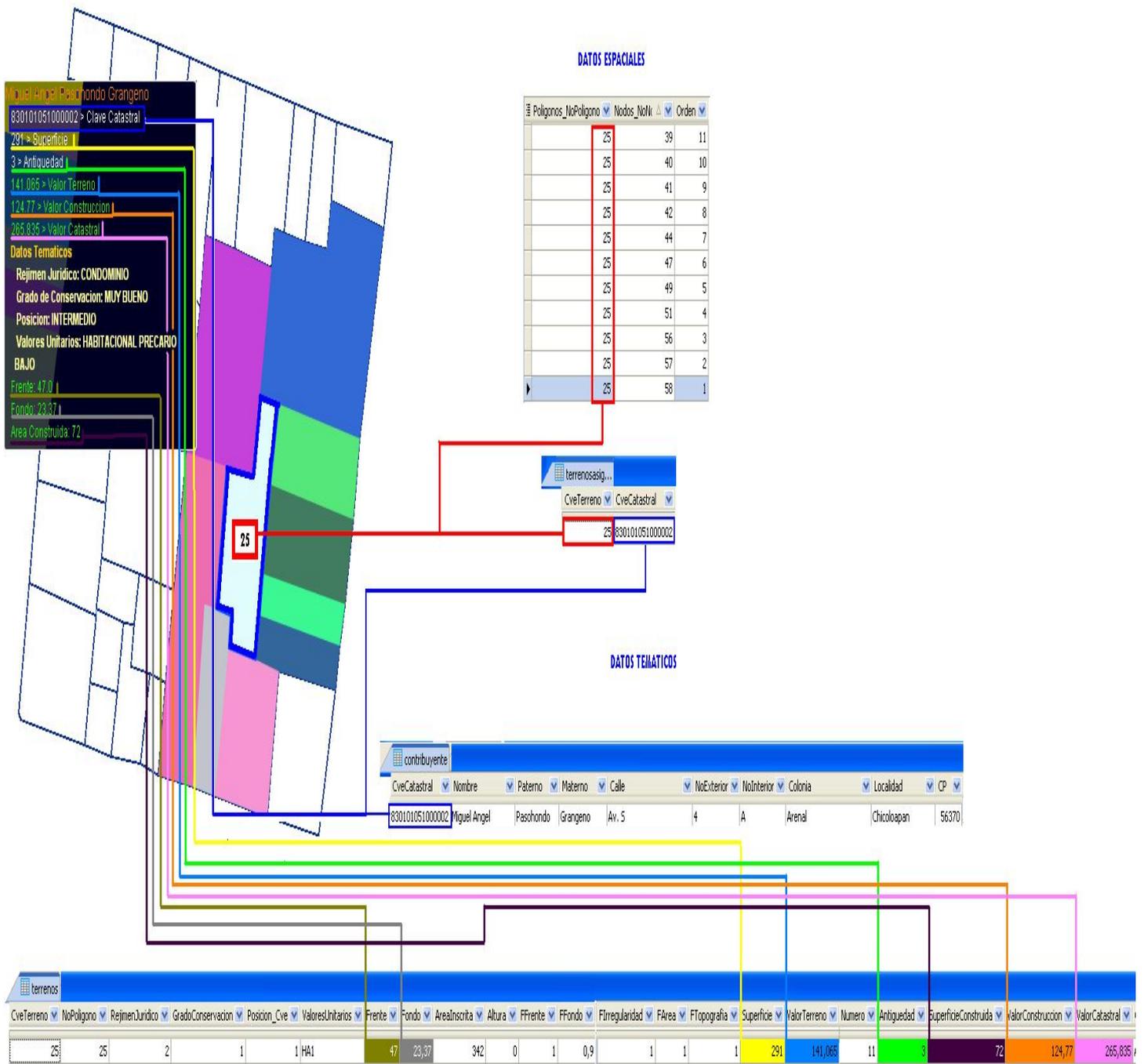


Figura 56.- Datos del predio a partir 25 (Elaboración propia)

El predio se identifica con una línea más oscura en el contorno, donde se insertan dos nodos, para proceder a la partición del predio (Figura 57).

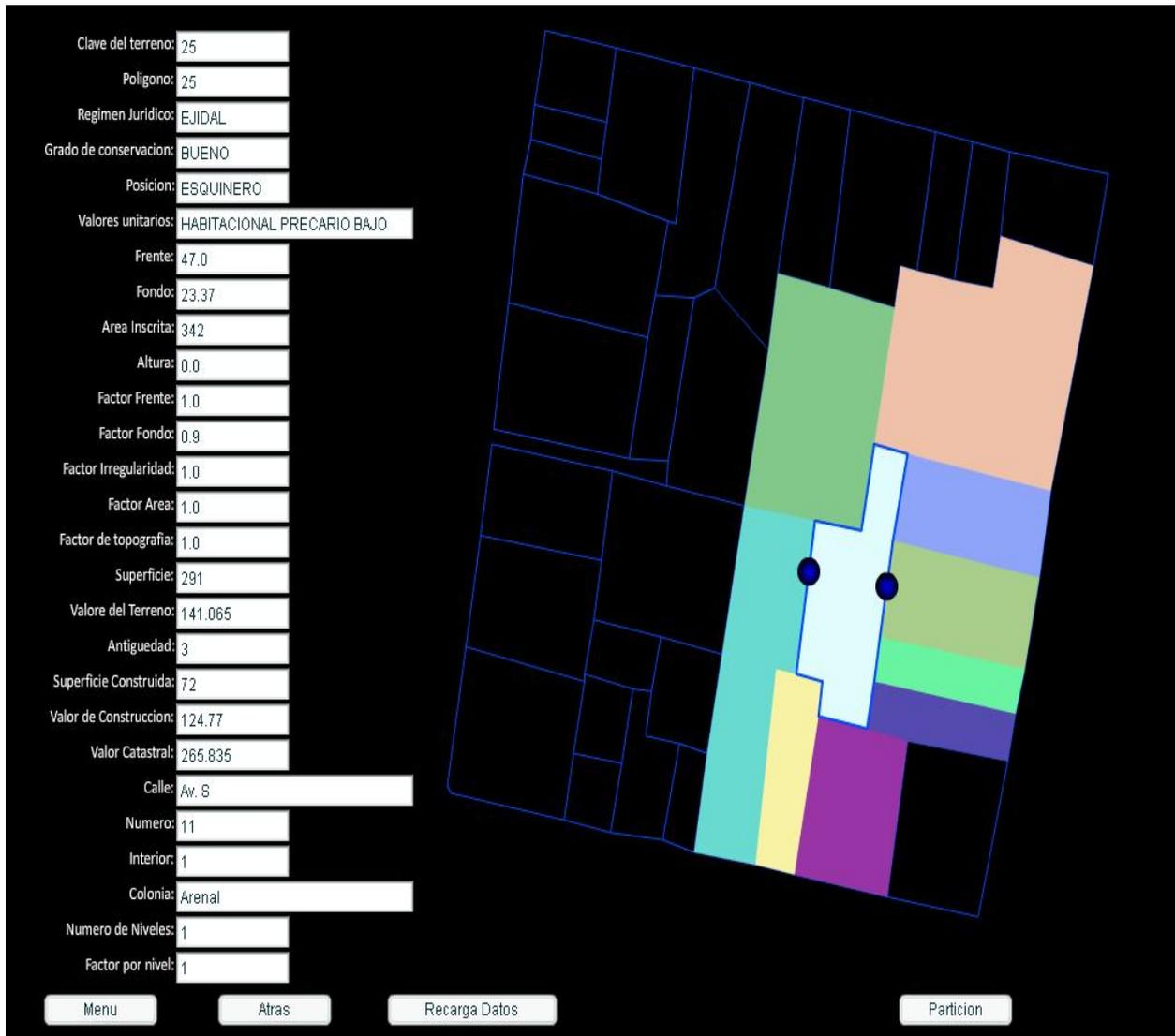


Figura 57.- Inserción de nodos. *(Elaboración propia)*

En la **Figura 58** se observa que ya se realizo la partición del predio, quedando el predio partido a la mitad quedando una parte con el predio **25** y el otro con el **45**, recuérdese que el **45** es asignado por el sistema.

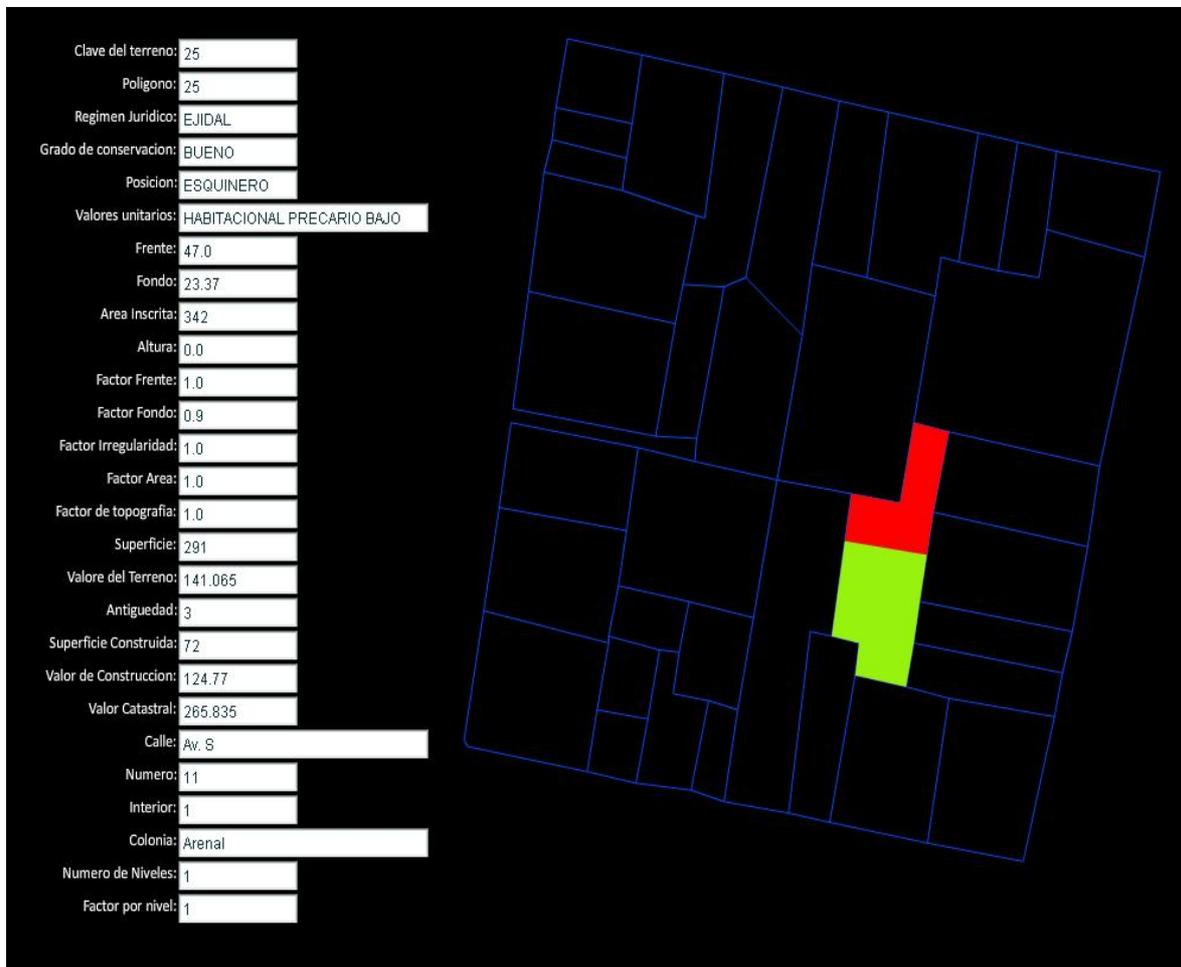


Figura 58.- Presentación del predio 25 ya dividido y convertido en 25 y 45. (Elaboración propia)

El predio 25 modifico su topología, por lo que hay que actualizar los datos temáticos, que se podrán hacer con la interfaz que se muestra en la **Figura 59**. Desde esta se pueden elegir dos opciones en primera instancia se encuentra **“partición de predio”** y en segunda **“venta de ambas partes”**, donde la venta se realiza a dos personas, para lo que el sistema tiene la capacidad de ingresar datos para dos propietarios nuevos por medio del botón **“venta de ambas partes”** que se muestra en la **Figura 59**. De acuerdo a la modificación que se desea hacer, esto lo decide el administrador del sistema.

RECOPIACION DE INFORMACION NUEVA

AJUSTAR LOS NUEVOS DATOS DE LOS TERRENOS Venta de ambas partes Partición del terreno

UBICACION DEL PREDIO (DOMICILIO)

Calle: Numero: Interior: Colonia: Clave del terreno: Poligono:

VALORES DEL TERRENO (SEGUN VALORES UNITARIOS DE SUELO APROBADOS POR LA LEGISLATURA)

Superficie: Valore del Terreno: Frente: Fondo: Area Inscrita:

Factor Frente: Factor Fondo: Factor Irregularidad: Factor Area: Factor de topografía: Posicion: Regimen Juridico:

VALORES DE CONSTRUCCIÓN (SEGUN LOS VALORES UNITARIOS DE CONSTRUCCION APROBADOS POR LA LEGISLATURA)

Valores unitarios: Antigüedad: Numero de Niveles: Superficie Construida: Altura: Valor de Construcción: Factor por nivel: Grado de conservación: Valor Catastral:

TERRENO 1

UBICACION DEL PREDIO (DOMICILIO)

Calle: Numero: Interior: Colonia: Clave del terreno: Poligono:

VALORES DEL TERRENO (SEGUN VALORES UNITARIOS DE SUELO APROBADOS POR LA LEGISLATURA)

Superficie: Valore del Terreno: Frente: Fondo: Area Inscrita:

Factor Frente: Factor Fondo: Factor Irregularidad: Factor Area: Factor de topografía: Posicion: Regimen Juridico:

VALORES DE CONSTRUCCIÓN (SEGUN LOS VALORES UNITARIOS DE CONSTRUCCION APROBADOS POR LA LEGISLATURA)

Valores unitarios: Antigüedad: Numero de Niveles: Superficie Construida: Altura: Valor de Construcción: Factor por nivel: Grado de conservación: Valor Catastral:

TERRENO 2

Figura 59.- Formulario de registro de datos espaciales. **(Elaboración propia)**

Para este caso se elije la opción de **“Partición de predio”**, por lo que se despliega la ventana de asignación de propietario **(Figura 60)** que permite la captura de los datos temáticos de los dos predios. Se muestran dos apartados en los cuales se refiere al **“predio 1 ”** con el color **naranja** y **dos** con el color **verde** mismos colores que se presentan en la **Figura 58**, es posible elegir cuál de estos dos conservara los datos originales del predio y cual es necesario alimentar con datos nuevos.

ASIGNACION DE PROPIETARIOS

TERRENO 1				TERRENO 2			
Clave:	<input type="text" value="830101051000002"/>			Clave:	<input type="text"/>		
Paterno:	Materno:	Nombre:		Paterno:	Materno:	Nombre:	
<input type="text" value="Pasohondo"/>	<input type="text" value="Grangeno"/>	<input type="text" value="Miguel Angel"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Calle:	No Exterior:	No Interior:		Calle:	No Exterior:	No Interior:	
<input type="text" value="Av. S"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="A"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Colonia:	Localidad:	C.P.:		Colonia:	Localidad:	C.P.:	
<input type="text" value="Arenal"/>	<input type="text" value="Chicoloapan"/>	<input type="text" value="56370"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Figura 60.- Registro de datos temáticos. **(Elaboración propia)**

Una vez elegido la opción de que área conserva los datos temáticos del predio original, se ingresa en el área de registro del predio 2 para ingresar los nuevos datos temáticos, para el caso del predio nuevo como se muestra en la **Figura 61**.

ASIGNACION DE PROPIETARIOS

TERRENO 1

Clave:

830101051000002

Paterno:

Pasohondo

Materno:

Grangeno

Nombre:

Miguel Angel

Calle:

Av. S

No Exterior:

4

No Interior:

A

Colonia:

Arenal

Localidad:

Chicoloapan

C.P.:

56370

TERRENO 2

Clave:

830101051000007

Paterno:

Quintos

Materno:

San Martin

Nombre:

Yazid

Calle:

serenata

No Exterior:

44

No Interior:

1

Colonia:

cabecera municipal

Localidad:

san vicente chicooapan

C.P.:

3000

Original >>

Guardar

Figura 61.- Registro de datos temáticos del nuevo predio. **(Elaboración propia)**

Ya terminado el registro se guarda y en ese momento el sistema de forma automática genera los cambios en la base de datos espaciales, reflejándose en la interfaz gráfica como se muestra en la **Figura 62**.

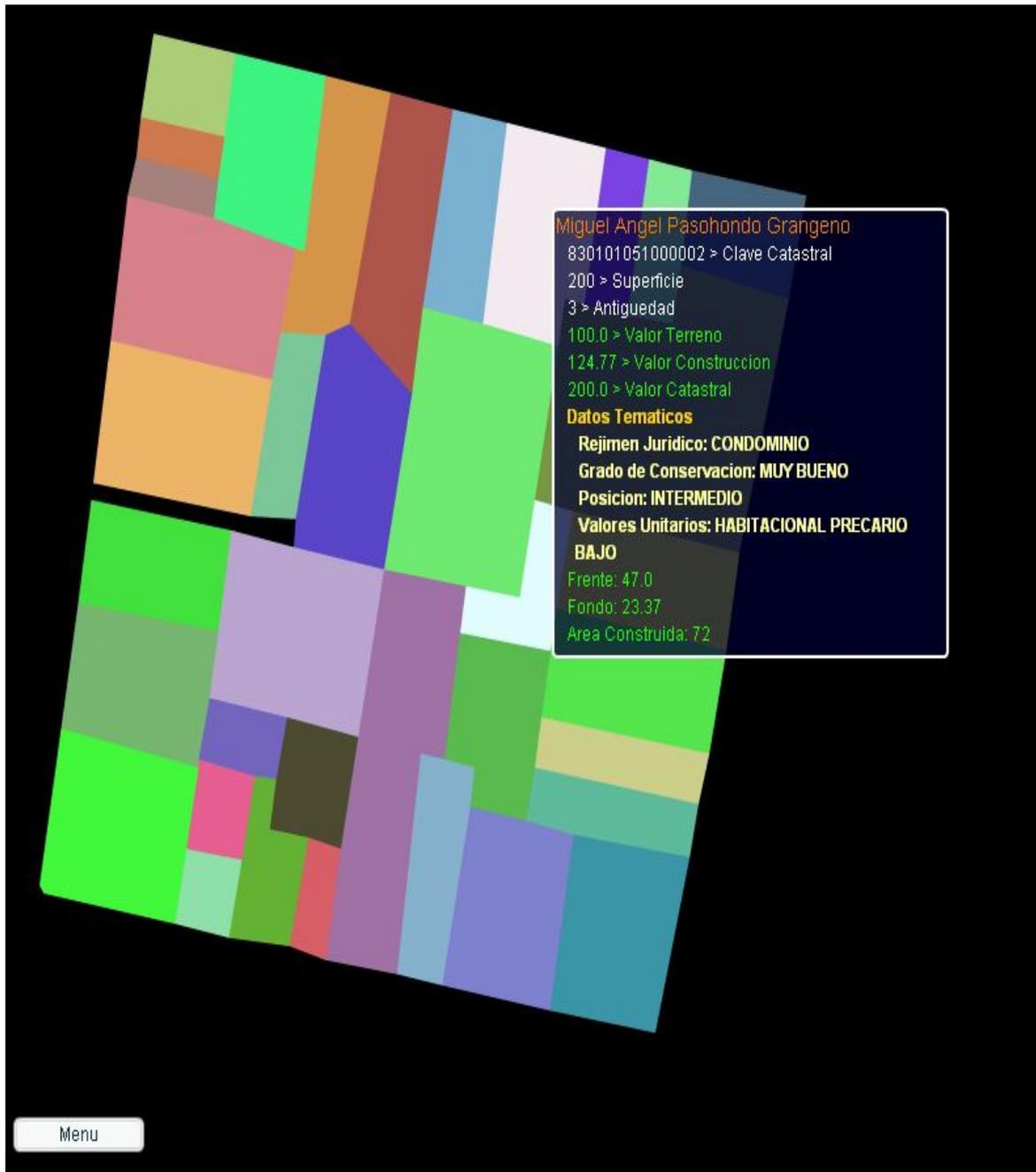


Figura 63.- Datos temáticos del nuevo predio 25. (Elaboración propia)

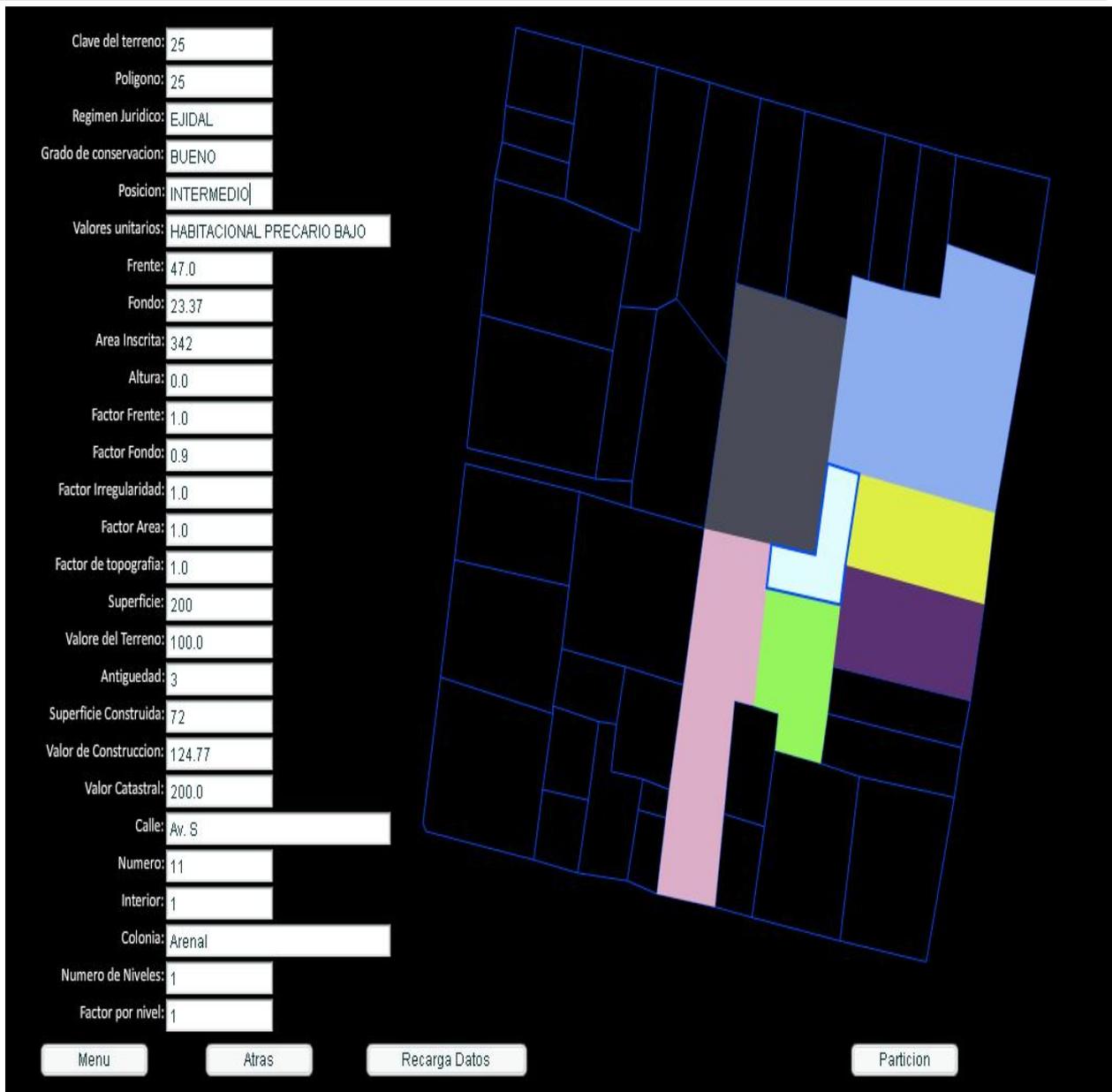


Figura 64.- Cambios del predio 25 modificado. **(Elaboración propia)**

Por los que las colindancias han cambiado, en la **Figura 65** se presentan las colindancias nuevas.



Figura 65.- Colindancia del predio 25 dividido. (Elaboración propia)

Los cambios sufridos en la base de datos por la división del predio se reflejan en la **Figura 66.**

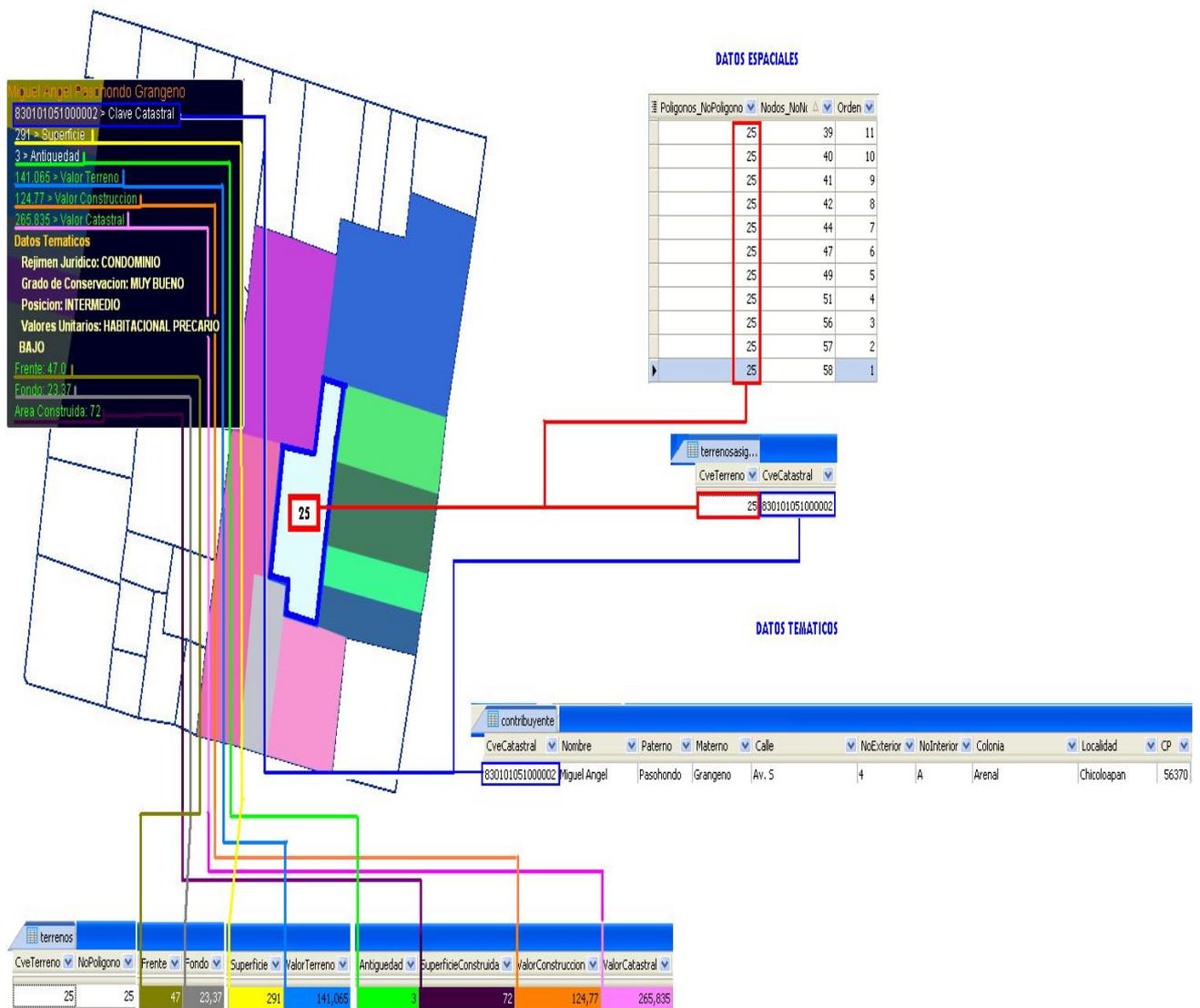


Figura 66.- Datos del predio 25 modificado. (Elaboración propia)

Para el caso del nuevo predio siendo este el **45** se muestran los datos temáticos que se ingresaron así como la asignación de superficie y valor del predio que le corresponde con respecto al área que se delimito en la partición como se muestra en la **Figura 67 y 68**.

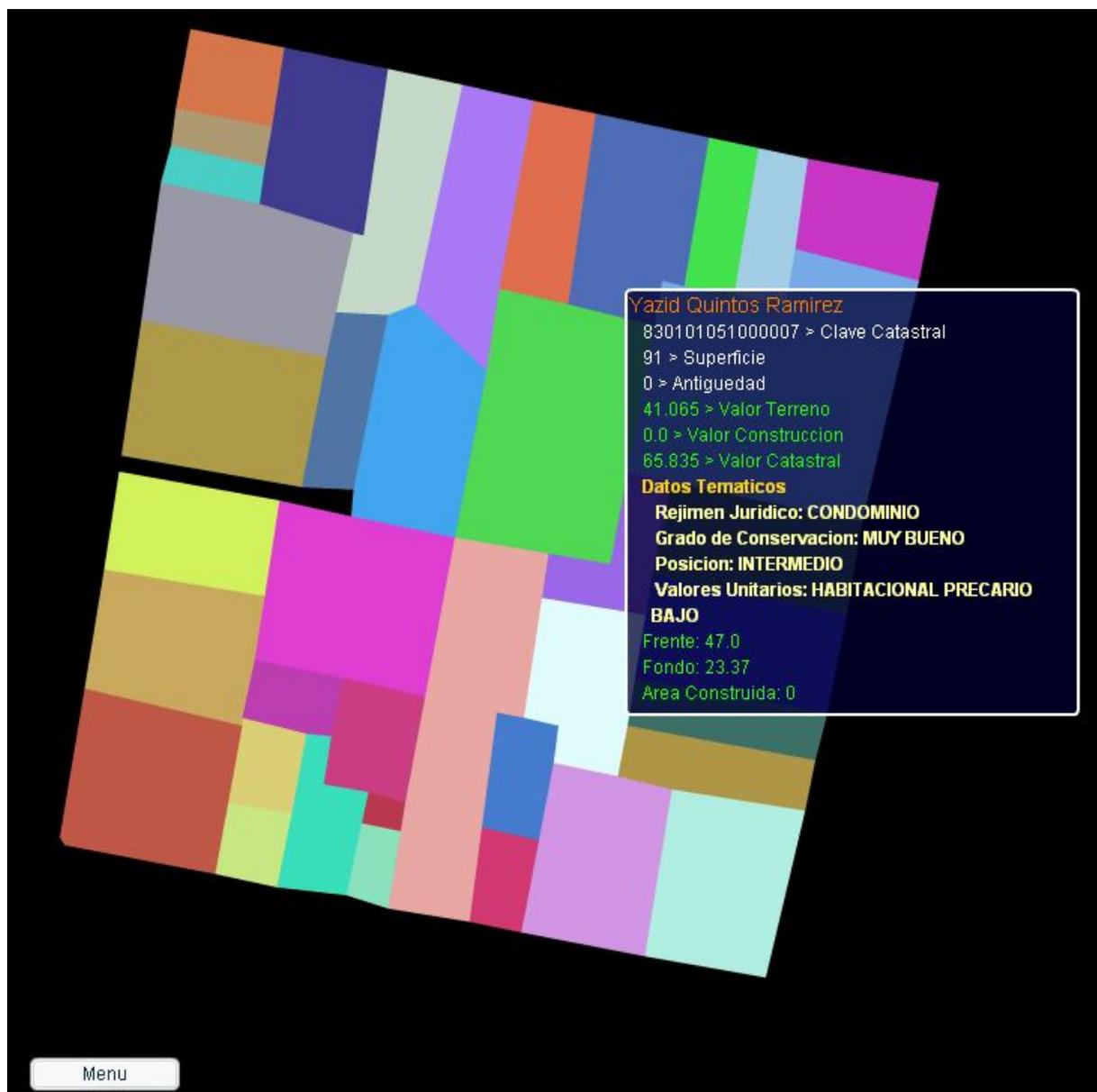


Figura 67.- Nuevo predio 45. (Elaboración propia)

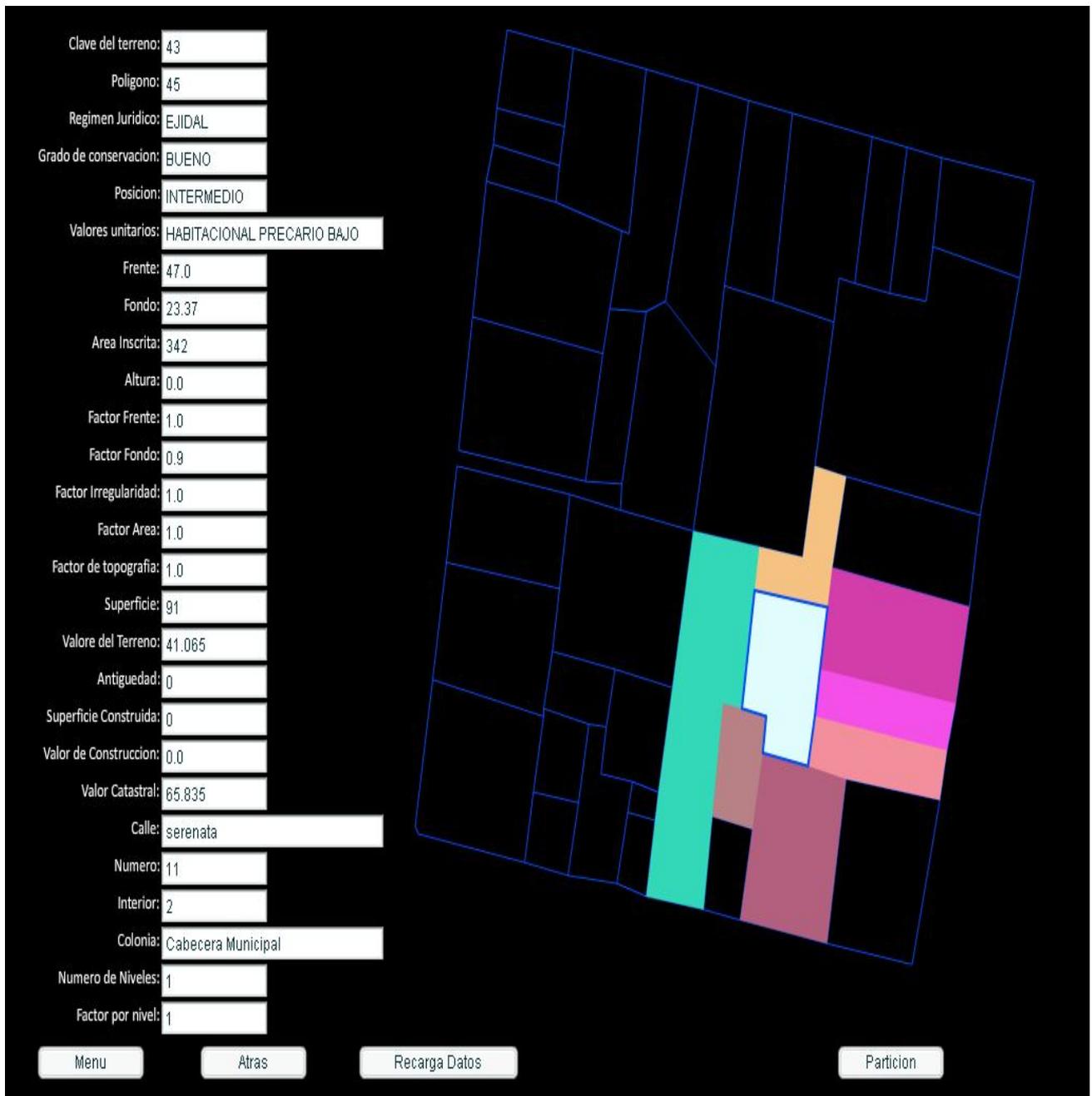


Figura 68.- Datos temáticos del predio 45. (Elaboración propia)

Las colindancias de este predio se muestran en la siguiente **Figura 69**:



Figura 69.- Colindancias del predio 45. (Elaboración propia)

Los datos para la creación del predio 45 se muestran en la **Figura 70**.

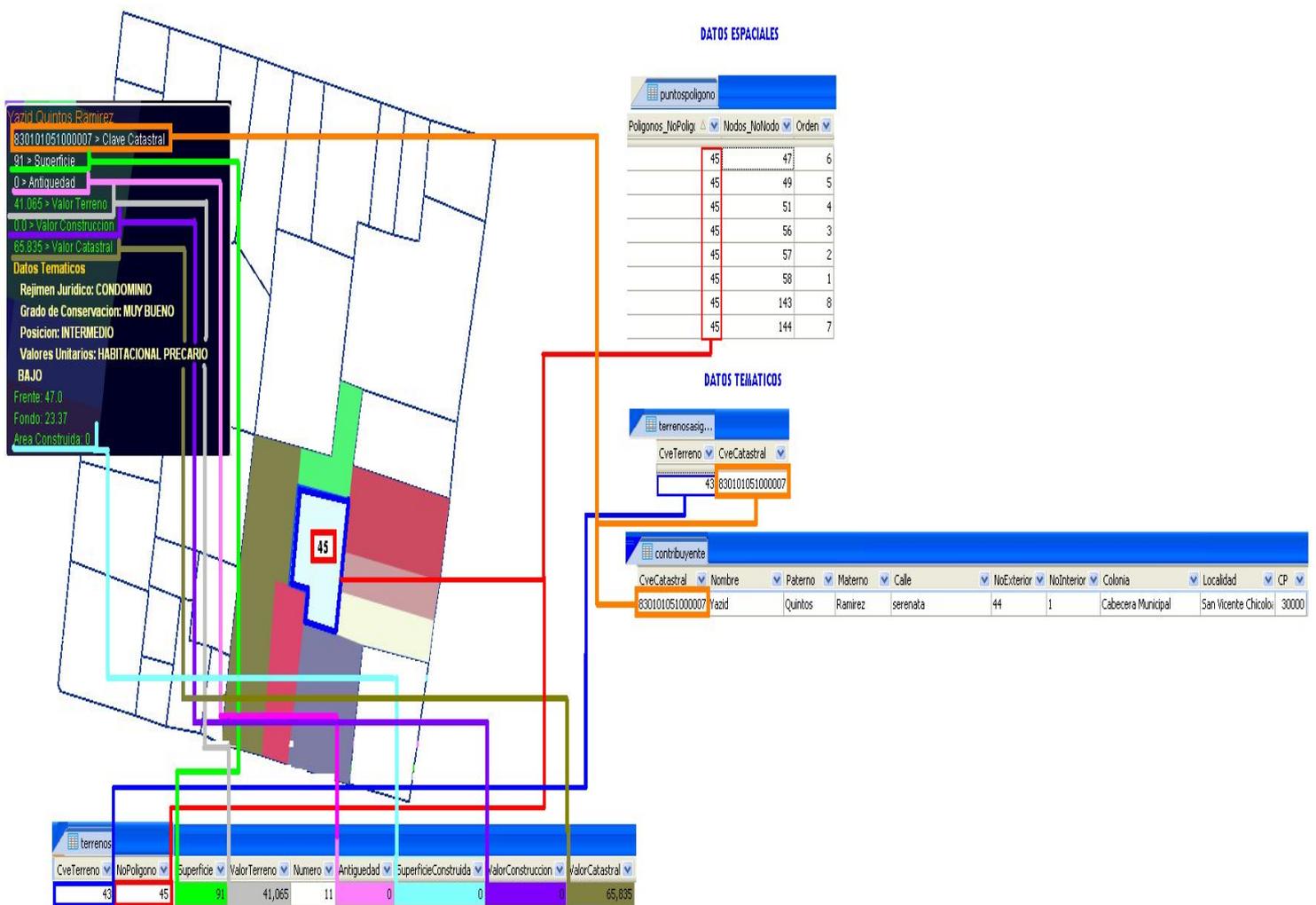


Figura 70.- Datos del predio 45. (Elaboración propia)

Una vez generados los cambios de datos espaciales y temáticos se termina con la actualización automática de dichos datos en la base de datos.

9 DISCUSIÓN

La administración del catastro en la mayoría de municipios se lleva a cabo mediante la captura de datos temáticos que son almacenados en bases de datos, esto con el fin de calcular y cobrar los impuestos, sin embargo, cuando se trata de representar los predios en el globo terráqueo se utiliza papel. Esto conlleva a que el proceso de compra-venta o deslinde de predios se haga de forma parcialmente automatizada ya que no consideran la parte gráfica y cuando se considera este elemento no contemplan la actualización de esta representación cayendo en generar el proceso de forma manual, situación que implica una inversión de tiempo en la búsqueda del expediente, para hacer las modificaciones gráficas en papel. Esto principalmente se debe a la falta de un sistema electrónico que tenga la capacidad de georeferenciar la ubicación del predio en una pantalla de computadora y que además esté relacionado con los datos temáticos. Esta problemática en San Luis Potosí (**Gallegos, 2002**) se trato de resolver con el planteamiento de un proyecto implementado por el H. Ayuntamiento de la Capital y el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica con el fin de agilizar y actualizar los tramites de la Dirección de Catastro Municipal, dicha inversión excedió de un millón 400 mil pesos, para la creación del sistema, donde se utiliza fotografía aérea, cartografía digital, simulación de la circulación en las calles mediante un objeto y bases de datos del padrón catastral. A pesar de estas características, no resuelve el problema de la división de predios de forma automatizada además, no maneja datos temáticos, sumando a esto el costo que exige para que este pueda contener imágenes actuales y poder seguir alimentándose de fotografías y mantener actualizada la base de datos.

Otro trabajo relacionado se desarrollo en el H. Ayuntamiento de Yucatán donde realiza la automatización de gestión catastral e integración a un SIG con enfoque multifinalitario en el periodo 2004-2007, actualmente está considerada como una

herramienta capaz de administrar la información alfanumérica del Padrón Inmobiliario Municipal, siendo este un Sistema de Gestión Catastral (SIGESCAT), herramienta que hoy en día realiza la totalidad de trámites catastrales en Mérida. Para este desarrollo se utiliza software con licenciamiento, tales como Progress, AppServer, ArcView, ArcMap, MapObjets, MapServer. Sin embargo su uso requiriere de licenciamiento lo cual implica que en el proceso de desarrollo provoco un alto costo de uso, dejando atrás la posibilidad de que sea implementado en municipios que no cuentan con el suficiente presupuesto para invertir en este tipo de sistemas.

El trabajo (**RIVERA, 2007**) que resuelve la problemática de consulta de datos temáticos y representación gráfica, es el sistema para la consulta de datos catastrales en la web (SICCAT), que permite la consulta de los datos catastrales a los propietarios con una interfaz gráfica estática, que no permite la partición de predios, sin embargo tiene la ventaja de no utilizar fotografías aéreas y maneja los predios como polígonos a partir de vectores.

Para poder manejar los predios gráficamente en primera instancia hay que delimitar los predios. Al respecto en Brasil el Departamento de Catastro, (**Barros, 2007**). Intenta resolver esta situación por medio de fotografías aéreas para detectar posibles alteraciones utilizando modelos estereoscópicos híbridos con el método anáglifo, sin embargo los resultados que obtiene están lejos de llegar a un resultado adecuado, debido a que la técnica que propone no identifica los linderos prediales de una forma adecuada, además de ser costoso, esto conlleva a desechar la posibilidad de usar fotografía aérea, por lo que se busca otra alternativa viable que permita que esta investigación avance. En este sentido, en esta investigación se decidió delimitar los predios mediante vectores que al ser unidos representan los predios, por medio de polígonos con la metodología implementada en este trabajo conocida como "**Nodos por Polígono**". La ventaja de manejar los predios como polígonos es que se pueden utilizar las técnicas geométricas de

producto cruz, Pitágoras, capaces de calcular áreas y dividir polígonos en un ambiente gráfico, mismas que se utilizaron conjuntamente, con la ventaja de que no ocupan mucho espacio en memoria fija, de lo contrario si se utilizarán fotografías se tendría que contar con espacio en disco disponible. La implementación de esta metodología, permitió que se cumpliera con el objetivo principal del trabajo de automatizar la división de los predios, lo cual hace posible que los datos en la base de datos espacial se actualicen sin la intervención de la mano del hombre, trayendo como consecuencia que la hipótesis planteada sea aceptada contundentemente.

Existen un sinnúmero de sistemas de información geográfica comerciales que ofrecen grandes ventajas para ser utilizados para el usuario final, pero no cuentan con todas las características deseadas, lo que provoca inconformidad por parte de los usuarios y no solo eso, sino que se deben de adecuarse al sistema y no el sistema se adecua a las necesidades del usuario; además de los altos costos que implica adquirir los acuerdos para el licenciamiento y capacitación. Mas sin embargo el producto obtenido en esta investigación es de uso fácil y no requiere de contratación de capacitaciones

La metodología creada en esta investigación permitirá contrarrestar el costo de los sistemas comerciales, así como actualizar mapas de forma automática al hacer una partición de predios, con lo cual se permite una administración de espacios territoriales en tiempo y forma, además de poder ofrecer un servicio adecuado al usuario final.

10 CONCLUSIONES

- El sistema realiza automáticamente la actualización de datos temáticos y espaciales, ingresando nuevos datos y reestructurando el acomodo sistemático de los ya existentes.
- El sistema cumple con las necesidades de la oficina de catastro, actualizando los datos espaciales y temáticos en tiempo real.
- Los sistemas de información geográficos genéricos no resuelven el problema de actualización de datos al dividir un predio.
- La implementación de la metodología puntos por polígono resolvió el problema de la actualización automática de datos al dividir un predio desde una interfaz gráfica.
- Se logro erradicar el problema de inconsistencia e integridad en la base de datos al automatizar la partición de predios.
- Con los resultados del sistema se reducen costos por uso de software comercial y por capacitación.
- No tiene dependencia tecnológica, para incrementar el ciclo de vida de esta propuesta de sistema de actualización de datos catastrales.
- Se cumplió con el objetivo general y los objetivos particulares ya que al dividirse el predio se actualiza automáticamente la base de datos.
- Con el desarrollo de la metodología **“Nodos por Polígono”** se concluye que la hipótesis es aceptada, porque fue posible desarrollar la actualización automática de datos catastrales.

11 RECOMENDACIONES.

Incrementar el ingreso de información espacial y temática abarcando no solo una manzana si no también calles, colonias, delegaciones e implementarse a nivel municipal, incrementado día a día su crecimiento hasta considerar la administración del catastro nacional.

Se recomienda implementar módulos donde se contemplen multicapas de datos, no solo catastrales, también de rubros que permitan ampliar la acumulación de información para la toma de decisiones administrativas acerca del municipio, tales rubros pueden ser: Instalación Eléctrica, Tuberías de Gas, Drenaje y Agua.

Además de generar planificación de actividades de salubridad, tales casos pueden ser campaña de vacunación, difusión de información de interés del área geográfica.

Complementar el sistema con aplicaciones de servicios de internet que tengan la posibilidad del manejo de imágenes digitales para que además de representar los límites en el sistema se muestren las edificaciones en 3D proporcionando así al usuario imágenes de calidad y actualización constante.

12 BIBLIOGRAFÍA.

- Aronoff, Gutiérrez, Gould, Bosque, Moldes (1995), "Sistemas de Información Geográficos Raster y Vectorial".
- Barros G. H. (2007), "El uso de imágenes para optimizar la actualización catastral", Departamento de Cartografía, UNESP.
- Berné V. J. L. (2005), "La actualidad catastral en Venezuela", Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Universidad Politécnica de Valencia España.
- deMers, M. N. (2000), "Fundamentals of Geographic Information Systems". Departamento de Geomática, La Universidad de Melbourne Australia.
- Diccionario De La Lengua Española (2010). "catastro", vigésima segunda edición. <http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?LEMA=catastro>
- Environmental Systems Research Institute (2002), "Spatial Databases as Models of Reality". University of Missouri Columbia.
- Ettarid M., El Ayachi M., Ettaqy E., El Yamani M., (2003), "*L'Orthophotographie numérique au service du cadastre national*". Marrakech, Morocco.
- Gallegos T. (2002), "Modernizaran Dirección de Catastro Municipal", Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT).
- Gómez B. E. (2006), "Base de datos 1", Dpto. de lenguajes y sistemas informáticos, Escuela Politécnico Superior, Universidad de Alicante.
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). "Fases de diseño de las bases de datos espaciales".

- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010) "Bases Conceptuales y Guía Metodológica para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Departamental".
- INAFED, Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2010), "Reglamento Interior del Ayuntamiento Municipal", Secretaria de Planeación y Desarrollo Regional del Estado.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (2010), "Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos", Chicoloapan, México, clave geoestadística 15029
- Ley de Catastro Municipal del Estado de Morelos (2003). La cuadragésima octava legislatura del congreso del estado de Morelos, con fundamento en lo dispuesto por el artículo 40 fracción II de la constitución política del estado libre y soberano de Morelos.
- NCGIA National Centre of Geographic Information and Analysis, (1999) "Conceptos y definiciones de sistemas de Información Geográficas". Vol. 1. Santa Barbara C. A. University of California.
- Ortiz R. G. (2005), "Sistemas de Información Geográfica". Boletín de los Sistemas Nacionales Estadísticos y de Información Geográfica. Vol.1 num. 2
- Posada, T. (1999) "Modelado de Datos Orientado a Objeto para un Sistema de Información Geográfica", Tesis de Licenciatura, Universidad de las Américas, México.
- Rivera, A., (2007) "Sistema para la Consulta de Datos Catastrales en la Web (SICCAT)". Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Rodríguez, A., (2008). "Sistema de Información Geográfica de la UCI basado en tecnología OpenSource, Mapping Interactivo", Revista Internacional de Ciencias de la Tierra.

- Rodríguez, A., (2009). "Spatial Databases", Revista Internacional de Ciencias de la Tierra.
- UNIMEC (United Nations Interregional Meeting of Experts on the Cadastre), (1996), La Federación Internacional de Géometras en Bogor, Indonesia.
- US Patent Issued (2001), Sistemas de Actualización y métodos para las bases de datos geográficas.
- Íñiguez E. V (2010), "Conceptos y definiciones del catastro", <http://es.wikipedia.org/wiki/Catastro>.