



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Electrónica

**Licenciatura en Gestión de Ciudades Inteligentes y Transiciones
Tecnológicas**

**“Desarrollo de un SIG Móvil para Levantamientos Topográficos
Generales con GNSS o GPS en un municipio de Tlaxcala,
utilizando ArcGIS”
Tesis**

Que presenta:

C. Héctor Gabriel Vázquez Mota

Directora de Tesis:

Mtra. María Magdalena Pérez Torres (FCE – BUAP)

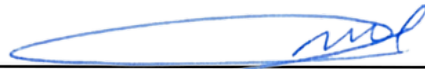
Co – asesores de Tesis:

Dr. Rafael Lemuz López (FCC- BUAP)

Mtro. José Felipe de Jesús Flores Rodríguez (FI- BUAP)

Noviembre 2024. Puebla, Pue. Méx.

Firmas de conformidad



Mtra. Ma. Magdalena Pérez Torres (FCE-BUAP)



Dr. Rafael Lemuz López



Mtro. José de Jesús Flores Rodríguez



C. Hector Gabriel Vazquez Mota

Agradecimientos

Esta tesis no solo representa un logro académico, sino también un capítulo trascendental de mi vida, reflejo de mi crecimiento y formación. Por ello, deseo expresar mi profundo agradecimiento a Dios, quien ha guiado mi camino con iluminación, conocimiento y salud, permitiéndome realizar esta investigación. Aunque no ha sido un camino fácil me ha dejado una gran experiencia.

A mis padres y familia, les dedico un agradecimiento especial. Han sido mi sostén y motivación a lo largo de este sueño, y sin su apoyo incondicional, esta meta no habría sido alcanzada.

Agradezco a mi directora y a mis asesores de tesis por su guía a lo largo de este camino. Su orientación y experiencia fueron fundamentales para dar forma a este trabajo.

Por último, agradezco a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a la Facultad de Ciencias de la Electrónica y a todas las personas que, de una forma u otra, contribuyeron a lo largo de esta travesía. Su colaboración y apoyo fueron invaluable.

Este logro no habría sido posible sin el respaldo de cada uno de ustedes. Gracias por formar parte de este sueño académico y profesional.

“He sido un hombre afortunado en la vida: nada me resultó fácil”.
Sigmund Freud. 1856 – 1939

Contenido

Agradecimientos	4
Índice de Ilustraciones	9
Índice de Tablas.....	10
Índice de Figuras.....	11
Capítulo I. Introducción	12
1.1. Introducción	12
1.2. Planteamiento del problema	14
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos	18
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	18
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	18
1.5. Hipótesis.....	18
Capítulo II. Marco Teórico	19
2.1. Topografía.....	19
2.1.1. <i>Planimetría</i>	19
2.1.2. <i>Altimetría</i>	19
2.1.3. <i>Agrimensura</i>	19
2.2. Levantamientos	19
2.3. Levantamientos topográficos.....	20
2.3.1. <i>Tipos de levantamientos topográficos</i>	20
2.3.2. <i>Levantamiento topográfico de tipo general</i>	20
2.4. Sistemas de coordenadas	21
2.4.1. <i>Sistemas de coordenadas horizontales</i>	21
2.4.2. <i>Sistemas de coordenadas verticales</i>	22
2.5. Proyección de mapa	22
2.5.1. <i>Proyecciones cónicas</i>	23
2.5.2. <i>Proyecciones cilíndricas</i>	23
2.5.3. <i>Proyecciones planas</i>	24
2.6. Sistemas GNSS	25
2.6.1. <i>GNSS (Global Navigation Satellite System)</i>	25
2.6.2. <i>GPS 25</i>	
2.6.3. <i>Composición de los sistemas GNSS</i>	25
2.6.4. <i>Precisión de los sistemas GNSS</i>	25
2.6.5. <i>Clasificación de los métodos de posicionamiento GNSS</i>	26

2.6.6.	<i>Dispositivos móviles receptores de señales GNSS en el mercado para realizar levantamientos topográficos</i>	27
2.7.	Sistemas de información geográfica.....	27
2.7.1.	<i>SIG de escritorio</i>	28
2.7.2.	<i>SIG web</i>	28
2.7.3.	<i>SIG móvil</i>	28
2.7.4.	<i>Desarrollo de un SIG</i>	28
2.7.5.	<i>ArcGIS</i>	29
2.8.	Sistemas móviles para realizar levantamientos en el mercado	29
2.9.	Marco jurídico de la gestión del territorio	30
Capítulo III. Metodología para el Desarrollo del SIG Móvil para Levantamientos Topográficos GNSS		33
3.1.	Estudio preliminar	33
3.1.1.	<i>Verificación de límites territoriales</i>	33
3.1.2.	<i>Definición de requerimientos y desarrollo del sistema de levantamientos topográficos</i>	36
	<i>Etapa 1. Campos de captura para levantamientos topográficos</i>	36
	<i>Etapa 2. Interfaz de usuario para el sistema de levantamientos topográficos</i>	37
	<i>Etapa 3. Plataforma de desarrollo del sistema para levantamientos topográficos</i>	39
	<i>Etapa 4. Manual de Usuario para el sistema de levantamientos topográficos</i>	43
3.2.	Requerimientos del SIG móvil para levantamientos topográficos GNSS	43
	<i>Requerimientos de configuración de la base de datos</i>	44
	<i>Requerimientos de usabilidad del SIG móvil</i>	45
	<i>Requerimientos de hardware para la creación del SIG móvil</i>	46
	<i>Requerimientos de software para la creación del SIG móvil</i>	47
	<i>Requerimientos de hardware para uso del SIG móvil</i>	47
	<i>Requerimientos de software para uso del SIG móvil</i>	48
	<i>Requerimientos de seguridad de los datos almacenados en el SIG móvil</i>	50
	<i>Requerimientos de almacenamiento de los datos en el SIG móvil</i>	50
3.3.	Diseño de la interfaz del SIG móvil para levantamientos topográficos con GNSS “TopoSIG”	50
	<i>Módulo 1. Trabajo de Campo</i>	51
	<i>Módulo 2. Trabajo de Gabinete</i>	53
	<i>Módulo 3. Acerca de (Soporte y Evaluación)</i>	53
Capítulo IV. Resultados		55
4.1.	Límites oficiales vs. límites reales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala	55
4.2.	Zonas rurales con caserío disperso gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala	60
4.3.	Desarrollo del sistema de información geográfica móvil	63

<i>Mapa base</i>	63
<i>Configuración del proyecto</i>	64
<i>Configuración de las capas del proyecto</i>	64
<i>Configuración del mapa del proyecto</i>	65
<i>Configuración de los detalles del proyecto</i>	65
<i>Configuración de los botones de captura de datos para el trabajo de campo</i>	66
<i>Configuración de los botones de visualización de datos para el trabajo de campo</i>	66
<i>Configuración del botón para el trabajo de gabinete</i>	69
<i>Configuración de los botones de soporte y evaluación (Acerca de)</i>	69
4.4. Prueba del sistema de información geográfica móvil.....	70
<i>Trabajo de campo</i>	70
<i>Trabajo de gabinete</i>	72
4.5. Evaluación del SIG móvil	75
4.5.1. <i>Cálculo de la usabilidad</i>	80
4.6. Validación de la contribución al municipio	81
Capítulo V. Conclusiones	89
Anexo 1. Estudio preliminar - Configuración de interfaz para la captura de datos.....	91
A. <i>Configuración del botón “Tomar Fotografía”</i>	91
B. <i>Configuración del botón “Agregar polilínea”</i>	92
C. <i>Configuración del botón “Trazar Polígono”</i>	93
D. <i>Configuración del botón “Transmitir Ubicación (cada 1 m.)”</i>	95
Anexo 2. Capas del mapa web para el SIG móvil.....	98
Anexo 3. Desarrollo del SIG móvil - Configuración de los botones de captura de datos para el trabajo de campo	100
A. <i>Configuración del botón “Agregar Fotografía”</i>	100
B. <i>Configuración del botón “Agregar Video”</i>	101
C. <i>Configuración del botón “Agregar Punto Único”</i>	101
D. <i>Configuración del botón “Puntos de Referencia (Líneas y Polígonos)”</i>	103
E. <i>Configuración del botón “Trazar Línea”</i>	104
F. <i>Configuración del botón “Trazar Polígono”</i>	106
Anexo 4. Desarrollo del SIG móvil – Configuración del botón para el trabajo de gabinete	108
<i>Configuración del botón “Edición y Análisis”</i>	108
Anexo 5. Productos relacionados con el trabajo	115
Bibliografía.....	117

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Pirámide de Kelsen.....	30
Ilustración 2. Mapa para estudio de límites territoriales en Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala.....	34
Ilustración 3. Levantamiento del límite municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala a través de la identificación de mojoneras colindantes.....	35
Ilustración 4. Autoridades locales durante el levantamiento del límite municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala.....	36
Ilustración 5. Diseño del sistema “Límites Territoriales”.....	38
Ilustración 6. Diagrama de bloques de las etapas de diseño de la interfaz del SIG móvil TopoSIG.....	51
Ilustración 7. Diseño de la interfaz para el trabajo de campo a) “Botones para la captura de datos” y b) “Botones para la visualización de datos”.....	52
Ilustración 8. Diseño de la aplicación web a) Botón "Ver Datos" y b) Botón "Ver Fotografías y Videos".....	52
Ilustración 9. Diseño de la aplicación web contenida en el botón “Análisis y Edición”.....	53
Ilustración 10. Diseño de la interfaz para el trabajo de gabinete.....	53
Ilustración 11. Diseño de la interfaz del contenedor de botones “Acerca de”.....	54
Ilustración 12. Mapa de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala y sus municipios colindantes.....	56
Ilustración 13. Mapa de las localidades del Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala. Fuente: Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica de Tlaxcala escala 1:250 000, última edición 2022.....	57
Ilustración 14. Versión imprenta del mapa de la comparación de límites oficiales contra los límites reales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala.....	59
Ilustración 15. Versión web del mapa sobre la comparación de límites oficiales contra los límites reales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala.....	60
Ilustración 16. Mapa web de las zonas rurales con caserío disperso gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala. 61	
Ilustración 17. Mapa para imprenta de las zonas rurales con caserío disperso gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala “que fundamentó la realización del SIG Móvil para Levantamientos Topográficos con GNSS o GPS en el Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala.....	62
Ilustración 18. Mapa web para el SIG móvil “TopoSIG”.....	63
Ilustración 19. Aplicación web del botón “Ver Datos”.....	67
Ilustración 20. Aplicación web contenida en el botón “Ver Fotografías y Videos”.....	68
Ilustración 21. Encuesta de Usabilidad del Sistema.....	70
Ilustración 22. Recorrido de prueba del SIG móvil en la Presidencia Municipal.....	71
Ilustración 23. Visualización de datos topográficos ante autoridades el municipio de Santa Cruz Tlaxcala..	71
Ilustración 24. Mapa de referencia para el levantamiento topográfico de prueba del SIG móvil “TopoSIG”	72
Ilustración 25. Mapa obtenido del resultado de la prueba del SIG Móvil TopoSIG.....	73
Ilustración 26. Entrega de la carta de contribución.....	82
Ilustración 27. Carta de contribución.....	83
Ilustración 28. Carta de contribución. Trabajo de campo.....	84
Ilustración 29. Carta de contribución. Mapa de Santa Cruz Tlaxcala y sus municipios colindantes.....	85
Ilustración 30. Carta de contribución. Mapas generados.....	86
Ilustración 31. Carta de contribución. Tesis.....	87
Ilustración 32. Carta de contribución. Manual de usuario.....	88

Índice de Tablas.

Tabla 1. Precisión de algunos sistemas GNSS	26
Tabla 2. Clasificación de los métodos de posicionamiento GNSS	26
Tabla 3. Dispositivos móviles para realizar levantamientos topográficos GNSS	27
Tabla 4. Comparación de Sistemas móviles para realizar levantamientos topográficos GNSS en el mercado VS las funciones de un SIG	30
Tabla 5. Normativa jurídica	32
Tabla 6. Campos que se capturan en una bitácora de levantamientos topográficos	37
Tabla 7. Configuración del proyecto “Límites Territoriales”	40
Tabla 8. Configuración del mapa del proyecto “Límites Territoriales”	40
Tabla 9. Configuración de las capas del proyecto “Límites Territoriales”	40
Tabla 10. Configuración de los detalles del proyecto “Límites Territoriales”	41
Tabla 11. Configuración de la aplicación para visualizar los datos capturados	43
Tabla 12. Campos que se capturan en una bitácora de levantamientos topográfico	45
Tabla 13. Cuestionario de la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS)	46
Tabla 14. Requerimientos de hardware para la creación del SIG móvil	47
Tabla 15. Requerimientos de software para el desarrollo del SIG móvil	47
Tabla 16. Requerimientos de hardware para el uso del SIG móvil	48
Tabla 17. Requerimientos de software para el uso del SIG móvil	49
Tabla 18. Resumen de la bitácora topográfica del límite obtenido con el levantamiento topográfico "Límites Territoriales"	58
Tabla 19. Configuración del proyecto	64
Tabla 20. Configuración de las capas del proyecto	64
Tabla 21. Configuración del mapa del proyecto	65
Tabla 22. Configuración de los detalles del proyecto	65
Tabla 23. Configuración de la aplicación contenida en el botón “Ver Datos”	67
Tabla 24. Configuración del botón “Ver fotografías y Videos”	68
Tabla 25. Conceptos y variables capturadas para la georreferenciación de la línea	74
Tabla 26. Conceptos y valores para la georreferenciación del polígono	75
Tabla 27. Configuración del botón “Tomar Fotografía”	91
Tabla 28. Configuración del botón “Agregar Polilínea”	93
Tabla 29. Configuración del botón “Trazar Polígono”	95
Tabla 30. Configuración del botón “Transmitir Ubicación”	97
Tabla 31. Capas del mapa web para el SIG móvil “TopoSIG”	99
Tabla 32. Configuración del botón “Agregar Fotografía”	100
Tabla 33. Configuración del botón “Agregar Video”	101
Tabla 34. Configuración del botón “Agregar Punto Único”	102
Tabla 35. Configuración del botón “Puntos de Referencia (Líneas y Polígonos)”	103
Tabla 36. Configuración del botón Trazar Línea	105
Tabla 37. Configuración del botón Trazar polígono	107
Tabla 38. Configuración de la aplicación web contenida en el botón “Edición y Análisis”	114

Índice de Figuras.

Figura 1. Sistemas de coordenadas proyectadas	22
Figura 2. Tipos de superficie de proyección de mapa	23
Figura 3. Ítem 1. Me gustaría usar con frecuencia este sistema	76
Figura 4. Ítem 2. Encontré este sistema innecesariamente complejo	76
Figura 5. Ítem 3. Pienso que el sistema es fácil de usar	77
Figura 6. Ítem 4. Creo que necesitaré el apoyo de personal técnico para poder utilizar este sistema	77
Figura 7. Ítem 5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas	78
Figura 8. Ítem 6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema	78
Figura 9. Ítem 7. Me imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente	79
Figura 10. Ítem 8. Encontré el sistema muy difícil de usar	79
Figura 11. Ítem 9. Me sentí muy confiado (seguro) al utilizar el sistema	80
Figura 12. Ítem 10. Necesitaré aprender muchas cosas antes de poder utilizar este sistema	80

Capítulo I. Introducción

1.1. Introducción

Mundialmente, tres cuartas partes de la propiedad no han sido cartografiadas o documentadas formalmente [1]. Esta falta de información precisa sobre las demarcaciones de propiedad genera incertidumbre sobre la jurisdicción territorial. En el contexto mexicano, se han evidenciado casos problemáticos tanto a nivel estatal, como en el límite entre Jalisco y Colima, donde se encuentran el aeropuerto internacional Playa de Oro y el desarrollo turístico Isla Navidad, así como a nivel municipal, como en los conflictos entre Puebla y San Andrés Cholula en Puebla o entre los municipios de Monterrey, Guadalupe, Santiago, y Escobedo en Nuevo León [2].

De acuerdo con [3], la topografía, definida como la ciencia que trata de los principios y métodos para determinar las posiciones relativas de puntos en la superficie terrestre, desempeña un papel crucial en la delimitación de propiedades. Del griego *topos*, lugar y *graphien*, describir, la topografía se define como la ciencia que trata de los principios y métodos empleados para determinar las posiciones relativas de determinados puntos de la superficie terrestre, por medio de medidas, y usando los tres elementos del espacio. Al conjunto de técnicas necesarias para determinar los puntos geoespaciales y la visualización de estos se le conoce comúnmente como levantamiento topográfico, estos levantamientos tienen por objetivo calcular superficies y volúmenes, así como la representación de los datos tomados en campo mediante perfiles y planos [4]. Los levantamientos topográficos se realizan sobre una porción no muy extensa en la superficie de la tierra, la cual se considera como si fuera plana. Normalmente, este tipo de levantamientos superan en la práctica los 30 km de lado, correspondientes aproximadamente a un círculo de 30 km de diámetro, límites dentro de los cuales se puede hacer abstracción de la curvatura de la superficie de nuestro planeta [3].

Existen diferentes tipos de levantamientos topográficos de acuerdo con el trabajo a realizar y cada tipo de levantamiento tiene sus técnicas específicas a razón de sus exigencias y requerimientos. Algunos de los levantamientos frecuentemente utilizados son: levantamiento de tipo general (lotes y parcelas), levantamiento longitudinal o de vías de comunicación, levantamiento de minas, levantamiento hidrográfico, levantamientos forestales y levantamiento catastral y urbano. El levantamiento de tipo general, el cual se aplicará en este trabajo de tesis, tiene por objeto marcar o localizar linderos, medianías o límites de propiedades, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ligándolos con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones [4].

A lo largo de la historia, la tecnología ha jugado un papel importante para la evolución de la topografía, ya que los avances tecnológicos han mejorado significativamente las técnicas de levantamientos topográficos. Respecto a la incorporación de nueva tecnología, se encuentran los sistemas de geoposicionamiento GNSS, que constituyen una herramienta básica y fundamental para realizar levantamientos topográficos, y los Sistemas de Información

Geográfica (SIG) que son una herramienta esencial para la gestión de la información topográfica.

En la actualidad los levantamientos topográficos GNSS son hechos por personas especializadas como lo son los topógrafos, ingenieros civiles, arquitectos, urbanistas etc., estos levantamientos topográficos los hacen utilizando instrumentos de alto costo y diseñados especialmente para labores de precisión milimétrica. Debido a la necesidad de generar estudios topográficos de menor costo en donde no se requiere una precisión milimétrica, las empresas dedicadas a la producción de instrumentos topográficos han desarrollado dispositivos móviles para este tipo de encomiendas. Por ejemplo, la empresa Trimble Inc. ha desarrollado dispositivos móviles con sistema operativo Android, que sirven para la colecta de datos topográficos desde el receptor GNSS del equipo móvil. Al respecto, se cita como ejemplo los instrumentos Trimble Geo 7x y TDC150 que oscilan en una precisión de 1 a 100 centímetros, el dispositivo TDC 600 que cuenta con una precisión de 1.5 metros, y el dispositivo Nomad 5 con precisión de uno a cuatro metros. Estos dispositivos, actualmente, proporcionan soluciones a sectores como la minería, la agricultura, servicios de agua y aguas residuales, servicios de electricidad y gas, gestión de servicios de campo, catastro, entre otros [5]. Aunque estos equipos aminoran el costo de los levantamientos topográficos, su precio no es tan accesible en el mercado y están diseñados para ser utilizados por expertos en la rama. Al respecto, la evolución de los dispositivos móviles, como las tabletas o teléfonos inteligentes, hacen posible que emulen algunas funciones de un equipo de cómputo y que se geoposicionen con menor rango de error a través de su receptor GNSS, lo que posibilita el desarrollo de herramientas digitales para realizar tareas antes hechas por equipos especializados.

Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato [6]. En los últimos años, los SIG se han posicionado como una de las herramientas más importantes en las actividades que tienen como insumo el manejo de información relacionada con diversos niveles de agregación espacial o territorial. En la actualidad se pueden distinguir tres tipos de SIG: SIG de escritorio. Son la representación más común de un SIG y sirven para realizar tareas básicas en un proyecto SIG. Las funciones de un SIG de escritorio son; entrada y salida de datos; visualización; edición; análisis; y generación de cartografía. SIG web. Los SIG web permiten representar cartografía como un contenido más de una página web, las funciones por las que normalmente se caracterizan son; no se necesita un software específico; se requiere de un perfil menos técnico para su manejo; se potencializa el trabajo colectivo; se tiene información más actualizada; existe mayor independencia del sistema; se pueden personalizar las aplicaciones; y se puede combinar la cartografía con otros elementos. SIG Móvil. Un SIG móvil se refiere al uso de dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes o tabletas, junto con software SIG para capturar, analizar y mostrar datos geospaciales en campo y se pueden aplicar para capturar datos de cualquier tipo sobre el terreno [7].

En las últimas décadas, la evolución de las herramientas tecnológicas y los desarrollos comerciales en el área de la ciencia de los SIG, han facilitado al sector público y privado la implementación de dicha tecnología. Como ejemplo, se citan las herramientas que proporciona ArcGIS, el cual es un sistema complejo, comercializado y producido por la

empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute). ArcGIS es un sistema que permite crear y utilizar SIG. Estos sistemas permiten recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. ArcGIS es una herramienta utilizada por personas de todo el mundo, para situar el conocimiento geográfico al servicio del sector gobierno, empresarial, científico, educacional y de medios de comunicación [8].

La combinación de dispositivos móviles habilitados para GNSS o GPS y plataformas como ArcGIS permiten la recopilación directa de datos en campo, la captura de archivos multimedia, el mapeo y visualización en tiempo real, la captura eficiente de información, actualizaciones en tiempo real, integración con diversas fuentes de datos, y mejoras en el flujo de trabajo. Es por ello que los líderes comunitarios aplican esta tecnología para impulsar el desarrollo económico; gestionar obras públicas; y promover la planificación urbana sostenible y equitativa [9]. Un caso de éxito de la aplicación de ArcGIS es el proyecto Land in Peace que en conjunto con el gobierno colombiano lograron inspeccionar, mapear y registrar pequeñas parcelas rurales. En resumen, se desarrolló una nueva metodología para recopilar datos geoespaciales. Al equilibrar los requisitos de campo para el Modelo de Datos de Administración de Tierras (LADM) con las capacidades disponibles en Collector for ArcGIS, este nuevo enfoque redujo los costos, aumentó la simplicidad y permitió que aquellos sin capacitación extensiva recolectaran parcelas en el campo [1].

Con fundamento en lo anterior, este trabajo de Tesis se centra en desarrollar un SIG móvil, aplicando las herramientas del sistema de ArcGIS para realizar levantamientos topográficos generales con receptores GNSS en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, con el fin de proporcionar al municipio una herramienta que le permita generar una referencia actualizada de sus límites territoriales.

1.2. Planteamiento del problema

El Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, es uno de los 60 municipios que conforman al estado de Tlaxcala, está situado al sur del municipio de Apizaco, Tlaxcala, y al este del Municipio de Cuaxomulco, Tlaxcala [10], cuenta con una población de 24,116 habitantes según el censo del año 2020 [11], tiene una superficie de 25.87 km² y una extensión perimetral de aproximadamente 33.90 km [10]. El municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, está compuesto por 6 localidades [12] y 2 áreas rurales sin información topográfica [10]. Las localidades son: Guadalupe Tlachco con una superficie de aproximada a 4.4644km² [12], Jesús Huitznáhuac con una superficie aproximada a 2.2022 km² [12], San Miguel Contla con una superficie aproximada a 7.3284 km² [12], San Lucas Tlacoachcalco con una superficie aproximada a 2.0373 km² [12], Santa Cruz Tlaxcala con una superficie aproximada a 6.2983 km² [12] y Xamistla con una superficie aproximada a 0.138851 km² [12], conformando un área geográfica de 22.46 km² aproximadamente [12].

En la búsqueda del ordenamiento territorial en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, a finales del año 2021 la Síndico de municipio tuvo un acercamiento a la directora de Tesis para externar que, en la localidad, se requieren mapas actualizados para permitir representar los límites territoriales de forma digital y a disposición de consulta abierta. En atención a este acercamiento, se creó el programa de servicio social “Geotecnologías en el ordenamiento territorial (155443)” en el que se participó para conocer, las necesidades de la comunidad en

el tema y el diagnóstico de la problemática y las posibles propuestas de solución en el periodo comprendido del 03 de enero de 2022 al 05 de julio del mismo año. Posteriormente, gracias al vínculo generado con el servicio social a inicios del año 2023, se ayudó a la entidad a geoposicionar algunas mojoneras y demarcar su lindero de propiedad, mediante un levantamiento topográfico con GNSS utilizando un proyecto creado en la aplicación nativa de ArcGIS QuickCapture, lo que permitió generar un mapa en versión web y de imprenta con los datos de este levantamiento topográfico junto con el límite municipal de Santa Cruz Tlaxcala y los municipios con los que se tiene problemática de límites territoriales proporcionados por la página oficial del INEGI a través del Marco Geoestadístico Nacional, diciembre, 2022. En este mapa se visualiza la proyección del límite territorial del municipio, así como de los municipios con los que existe una problemática directa de límites territoriales, de acuerdo con la ubicación de algunas mojoneras y el lindero de propiedad del municipio, generados a partir de un levantamiento topográfico GNSS. Con la información presentada en los mapas se encontró que los límites demarcados por amojonamiento no concuerdan con la información del límite territorial oficial que facilita INEGI y que existe una problemática de propiedad con los municipios de San José Teacalco, Tlaxcala, y Chiautempan, Tlaxcala. Además, utilizando la información que proporciona el Marco Geoestadístico Nacional, diciembre, 2022, y el Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica escala 1:250 000 por entidad federativa (2021), Tlaxcala, se elaboró un segundo mapa en su versión web y de imprenta donde se encontró la presencia de zonas rurales pertenecientes al municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, en donde existe caserío disperso gestionado por el municipio Cuaxomulco, Tlaxcala. Por este motivo, se abordó evidenciar estas problemáticas a través de esta tesis con el desarrollo de un SIG móvil.

La falta de concordancia entre la realidad geoespacial y la información administrativa del municipio, junto con la existencia de invasión en cuanto a la administración de caseríos, plantean un desafío sustancial para encontrar una solución oportuna a estas problemáticas. La carencia de una cartografía actualizada y la identificación de áreas sin topografía completa generan obstáculos para delimitar el territorio de manera precisa. La combinación de la movilidad, la capacidad de captura, almacenamiento, edición, análisis y visualización de datos en tiempo real de los SIG móvil y los sistemas GNSS o GPS ofrecen una plataforma avanzada para la captura, almacenamiento, análisis, edición y visualización de datos geoespaciales en entornos topográficos diversos.

En la presente investigación se desarrolló un SIG móvil que integra tecnología GNSS y ArcGIS para realizar levantamientos topográficos generales en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, en el estado de Tlaxcala. Este planteamiento del problema sentó las bases para abordar las complejas problemáticas de delimitación territorial en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, proponiendo una solución tecnológica avanzada para la gestión eficiente de la información geoespacial en el contexto local.

1.3. Justificación

El 75 % de la propiedad de la tierra a nivel mundial no ha sido mapeado o documentado formalmente [1]. Al margen de esto, la delimitación de la propiedad es necesaria para la correcta planificación, y ordenamiento del territorio de manera sostenible, por ello las comunidades a nivel global están en riesgo de no alinearse con los Objetivos de Desarrollo

Sostenible (ODS) [13] que es el acuerdo mundial que firmaron la mayor parte de países para realizar una transición sostenible en las comunidades para el año 2030.

En el contexto mexicano, las actuales políticas y programas para el Desarrollo Territorial y Urbano enfrentan desafíos significativos, según la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) [14]. La problemática identificada por la SEDATU incluye:

1. Inadecuada ocupación territorial: Esta situación propicia una expansión desordenada, insostenible e inequitativa del suelo urbano.
2. Abandono del medio rural y núcleos agrarios: Se observa un desinterés creciente en el desarrollo de áreas rurales y núcleos agrarios.
3. Falta de vivienda asequible y bien ubicada: La carencia de opciones de vivienda accesible afecta negativamente a diversos estratos de la población.
4. Desarticulación normativa a nivel federal: Existe un desafío en la coherencia entre el marco jurídico federal de ordenamiento territorial y ecológico.
5. Débil coordinación intergubernamental: La falta de coordinación entre los distintos niveles de gobierno afecta el desarrollo urbano y el ordenamiento territorial.
6. Desactualización de programas locales: La ausencia o desactualización de programas estatales y municipales complica la planificación efectiva.
7. Persistencia de conflictos agrarios: Los conflictos agrarios generan desorden territorial, falta de desarrollo integral y un uso inadecuado de los recursos naturales.

Estas problemáticas afectan directamente la calidad de vida de los habitantes y comprometen la planificación, el ordenamiento y el desarrollo integral en cada región. Para la SEDATU [14], el ordenamiento territorial es una política de Estado que abarca dimensiones ambientales, sociales, culturales, económicas y urbanas, con el objetivo de utilizar el territorio a través de un modelo enfocado en derechos. En este contexto, el municipio de Santa Cruz Tlaxcala busca contar con asentamientos humanos que sigan esta premisa, en línea con el Objetivo 11 de la Agenda 2030: “Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”.

Al respecto, de acuerdo con la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (artículos 1, 8, 10, 11 y 26), se destaca la importancia de observar el respeto de los derechos humanos en el ordenamiento territorial y los asentamientos humanos, promoviendo la igualdad sustantiva entre hombres y mujeres, y fomentando la Gestión Integral del Riesgo y la Resiliencia urbana en el marco de los derechos humanos.

El municipio de Santa Cruz Tlaxcala, ubicado en el Estado de Tlaxcala, enfrenta actualmente desafíos significativos en relación con sus límites territoriales. La falta de información geográfica actualizada y precisa dificulta la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades municipales, lo que, a su vez, afecta la planificación y el ordenamiento del

territorio comprometiendo el derecho a un ambiente sano para el desarrollo íntegro de los individuos. Esta situación refleja la urgencia a la necesidad de una delimitación del territorio adecuada a través de un levantamiento topográfico, frente a esta realidad la propuesta de utilizar tecnologías GNSS junto con ArcGIS para desarrollar un SIG móvil surge como una solución innovadora y eficiente para abordar esta problemática. La investigación muestra que estas tecnologías ofrecen ventajas valiosas en términos de precisión, eficiencia del flujo de trabajo, actualización en tiempo real, integración de datos y reducción de costos en comparación con los métodos tradicionales.

La tecnología GNSS, en particular, presenta beneficios económicos y ambientales al disminuir los costos y el impacto ambiental asociados con los levantamientos topográficos. Dentro de los beneficios económicos, generará una disminución en el costo del levantamiento topográfico de entre un 54% y un 56% y da un rendimiento entre un 22% y un 68% para la organización ejecutora [15]. Por el lado ambiental encontramos beneficios comparado con el costo ambiental que generan los levantamientos topográficos tradicionales, ya que estos contribuyen en: el deterioro del suelo, la contaminación por disposición de desechos, la afectación de recursos hídricos, la contaminación del aire, y la pérdida de biodiversidad [15].

La constante demanda en el mercado sobre los dispositivos móviles, como las tabletas y los teléfonos inteligentes, haciendo más hincapié en este último, ha generado una evolución tecnológica importante en cuanto a hardware y software para la creación de estos dispositivos. Gracias a estos avances tecnológicos, hoy en día es posible que los dispositivos móviles simulen mejor las funciones de un equipo de cómputo y que además se geoposicionen con un menor rango de error, estas nuevas cualidades en los dispositivos móviles dan la posibilidad de desarrollar herramientas que faciliten las tareas que regularmente se realizan mediante equipos especializados. El receptor GNSS, según sea el caso gestionado mediante un SIG móvil, permite recopilar datos directamente en campo utilizando dispositivos móviles. Los topógrafos o el personal de campo pueden capturar información sobre características topográficas utilizando el receptor de ubicación integrado del dispositivo móvil seleccionado o bien con otro receptor conectado al dispositivo por medio de conexión bluetooth.

ArcGIS, por medio del pago de uso de software, permite desarrollar proyectos SIG utilizando su infraestructura sin la necesidad de gestionar actualizaciones del sistema, seguridad de la información, escalabilidad y disponibilidad de los datos, todo esto sobre un marco legal de normativas internacionales. Personas de miles de organizaciones de muchos sectores diferentes emplean ArcGIS en una variedad de aplicaciones, entre las que se incluyen planificación y análisis, administración de activos, comprensión del funcionamiento de las operaciones, operaciones de campo como inspección móvil e implementación de respuestas, investigación de mercado, administración de recursos, logística, educación y divulgación [8].

Este proyecto de tesis propone el desarrollo de un SIG Móvil por medio de ArcGIS específicamente diseñado para realizar levantamientos topográficos generales con GNSS en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala. La elección de ArcGIS como plataforma se basa en su capacidad para integrar funciones SIG en dispositivos móviles y reducir los tiempos de implementación de proyectos. Además de ofrecer ventajas significativas en cuanto a protección de datos, distribución, escalabilidad y disponibilidad de los datos [16].

En resumen, la justificación de este proyecto se sustenta en la necesidad de superar las limitaciones actuales en la gestión de límites territoriales y contribuir en la planificación, ordenación y desarrollo territorial integral, sostenible e inclusivo en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala a través de la toma de decisiones gubernamentales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un SIG Móvil para realizar levantamientos topográficos generales por medio un receptor del sistema satelital GNSS en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, utilizando ArcGIS.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Identificar las necesidades del sistema.
2. Diseñar la interfaz del sistema.
3. Desarrollar un Sistema de Información Geográfica (SIG) móvil para realizar levantamientos topográficos generales con un receptor GNSS o GPS.
4. Implementar el SIG móvil.
5. Evaluar el SIG móvil.

1.5. Hipótesis

“Se postula que, mediante el uso de las herramientas de ArcGIS, es posible desarrollar un sistema de información geográfica móvil que permita realizar levantamientos topográficos generales para ayudar al municipio de Santa Cruz Tlaxcala en la demarcación de su territorio y en la resolución de disputas territoriales.”

Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Topografía

La topografía se encuentra directamente relacionada con la Tierra y el estudio de la Tierra como cuerpo en el espacio le corresponde a la astronomía, como globo terrestre en lo que concierne a su configuración precisa y a su medida, le corresponde a la Geodesía; pero el hombre tiene necesidad de un territorio determinado de la tierra, en el cuál orientará su existencia diaria [3]. He aquí donde entra la topografía para ayudar a determinar los linderos de la propiedad, con sus divisiones interiores y diversos cultivos, las viviendas, los campos, los caminos y los ríos, los montes con sus valles y barrancos, los bosques, etc., en suma; todas aquellas particularidades del terreno que pueden interesar en las cuestiones que se presentan en las necesidades de la vida práctica.

Derivado del griego *topos* (lugar) y *graphien* (describir), la topografía se define como la ciencia que aborda los principios y métodos para determinar las posiciones relativas de puntos en la superficie terrestre, utilizando medidas y los tres elementos del espacio: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación [3]. Según [4], es la ciencia que sirve para determinar las posiciones de puntos sobre, en, o debajo de la superficie de nuestro planeta, así como para situar puntos en una determinada posición.

La topografía según las operaciones que se ejecutan para representar el terreno divide en planimetría, altimetría y agrimensura [3].

2.1.1. Planimetría

De acuerdo con [3], la planimetría se define como la topografía dedicada al estudio de los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir una figura similar al mismo.

2.1.2. Altimetría

La altimetría también conocida como hipsometría se define como la topografía especializada en determinar las alturas de los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia posibilitando la representación del relieve [17].

2.1.3. Agrimensura

Según [3], agrimensura se define como la topografía especializada en comprender los procedimientos empleados para medir la superficie de los terrenos y para fraccionarlos.

2.2. Levantamientos

El levantamiento es uno de los más viejos artes practicados por el hombre, porque desde épocas tempranas ha sido necesario marcar límites y dividir la tierra. Se puede definir a un

levantamiento como el conjunto de operaciones y medios puestos en práctica para determinar las posiciones de puntos del terreno y su representación gráfica [3]. Debido a sus dimensiones los levantamientos pueden ser topográficos o geodésicos. Los levantamientos geodésicos se realizan sobre grandes áreas de superficie terrestre y para la medición de los puntos se debe tener en cuenta la curvatura del planeta. Los levantamientos topográficos se realizan sobre áreas más pequeñas donde esta consideración no es necesaria, ya que la superficie terrestre puede suponerse plana, lo que genera un plano horizontal [4].

2.3. Levantamientos topográficos

Los levantamientos topográficos se realizan sobre una porción no muy extensa en la superficie de la tierra, la cual se considera como si fuera plana, normalmente este tipo de levantamientos superan en la práctica los 30 km de lado, correspondientes aproximadamente a un círculo de 30 km de diámetro, límites dentro los que se puede hacer abstracción de la curvatura de la superficie terrestre. En cuanto a su exactitud se dividen en precisos, regulares, taquimétricos y expeditivos. Precisos. Se emplean para fijar los límites entre naciones o estados, en el trazo de ciudades, etc. Regulares. Se usan para levantar linderos de propiedad, trazo de caminos, vías férreas, canales, ciudades pequeñas, etc., y en obras de saneamiento de las ciudades. Taquimétricos. Se emplean en trabajos previos al trazo de vías de comunicación, en trabajos de configuración y de relleno, y para la formación de planos a pequeña escala. Expeditivos. Estos levantamientos se emplean en reconocimientos del terreno o en exploraciones militares [3].

2.3.1. Tipos de levantamientos topográficos

Existen diferentes tipos de levantamientos topográficos de acuerdo con el trabajo a realizar y cada tipo de levantamiento tiene sus técnicas específicas de acuerdo con sus exigencias y requerimientos. Algunos de los levantamientos frecuentemente utilizados son levantamiento de tipo general (lotes y parcelas); levantamiento longitudinal o de vías de comunicación; levantamiento de minas; levantamiento hidrográfico; levantamientos forestales; y levantamiento catastral y urbano [4].

2.3.2. Levantamiento topográfico de tipo general

Estos levantamientos tienen por objeto marcar o localizar linderos, medianías o límites de propiedades, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones. Las principales operaciones son: Definición de itinerario y medición de poligonales por los linderos existentes para hallar su longitud y orientación o dirección. Replanteo de linderos desaparecidos partiendo de datos anteriores sobre longitud y orientación valiéndose de toda la información posible y disponible. División de fincas en parcelas de forma y características determinadas, operación que se conoce con el nombre de particiones o subdivisión de lotes. Amojonamiento de linderos para garantizar su posición y permanencia. Referencia de mojones, ligados posicionalmente a señales permanentes en el terreno. Cálculo de áreas, distancias y direcciones, que es en esencia los resultados de los trabajos de agrimensura. Representación gráfica del levantamiento mediante la confección o dibujo de planos [4].

2.4. Sistemas de coordenadas

Los sistemas de coordenadas horizontales se utilizan para ubicar puntos en la superficie de la Tierra en términos de latitud y longitud. Estos sistemas proporcionan los datos necesarios para identificar de manera única la ubicación de cualquier lugar en la superficie terrestre. Por otro lado, los sistemas de coordenadas verticales se utilizan para representar alturas o profundidades relativas de los datos [18].

2.4.1. Sistemas de coordenadas horizontales

Los sistemas de coordenadas horizontales pueden ser de tres tipos: geográficos, proyectados o locales.

- Los sistemas de coordenadas geográficas se basan en la esfera o el elipsoide que mejor se adapta a la forma de la Tierra, permitiendo una representación tridimensional más precisa de su superficie de nuestro planeta. Estos sistemas definen las ubicaciones mediante medidas angulares de latitud (x) y longitud (y), que se definen en grados decimales, que indican la posición de un punto en la superficie terrestre. La ubicación de los datos se expresa en forma de números positivos o negativos: valores (x) y (y) positivos para el norte del ecuador y el este del meridiano base, y valores negativos para el sur del ecuador y el oeste del meridiano de Greenwich [18].
- Los sistemas de coordenadas proyectadas (Figura 1) son sistemas planares que utilizan mediciones lineales para las coordenadas en lugar de unidades angulares. Un sistema de coordenadas proyectadas se compone de un sistema de coordenadas geográficas y una proyección de mapa juntos. Una proyección de mapa contiene cálculos matemáticos que convierten las coordenadas geodésicas angulares del sistema de coordenadas geográfica en coordenadas cartesianas del sistema planar [18].
- Los sistemas de coordenadas locales utilizan un origen falso ($0, 0$ u otros valores) en una ubicación arbitraria de cualquier lugar de la tierra. Los sistemas de coordenadas locales se suelen utilizar para la representación cartográfica a gran escala (área pequeña). El origen falso puede estar alineado o no con una coordenada real conocida, pero, para los fines de la captura de datos, los rumbos y las distancias se pueden medir utilizando el sistema de coordenadas local en lugar de las coordenadas globales [18].

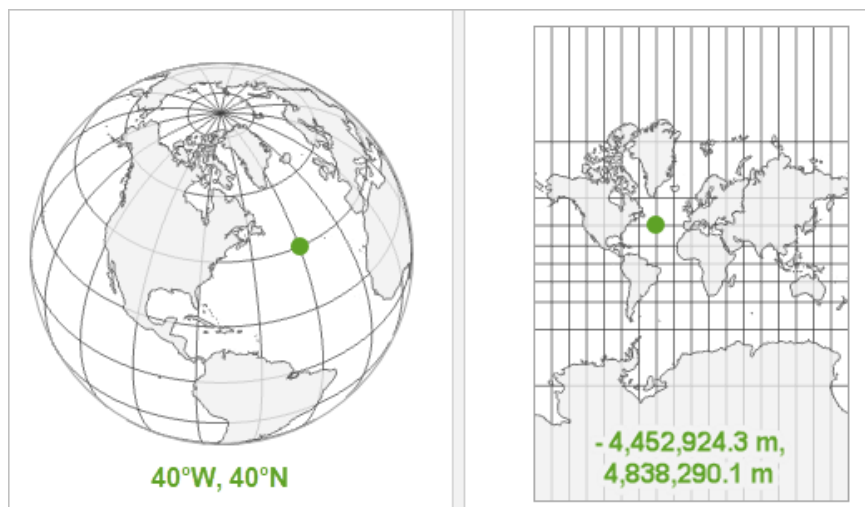


Figura 1. Sistemas de coordenadas proyectadas. Fuente: [18].

2.4.2. Sistemas de coordenadas verticales

Los sistemas de coordenadas verticales pueden ser elipsoidales o basados en la gravedad, siendo estos últimos los más comúnmente utilizados. Los sistemas de coordenadas verticales basados en la gravedad hacen referencia al cálculo del nivel medio del mar o, en algunos casos, se derivan del nivel de un solo punto. Por otro lado, los sistemas de coordenadas elipsoidales se refieren a una superficie volumétrica elipsoidal o esférica derivada matemáticamente. Aunque son más simples debido a que se calculan sobre un modelo matemático, su precisión puede verse afectada, especialmente en aplicaciones a gran escala.

Estos sistemas de coordenadas verticales proporcionan una referencia para las coordenadas z, que representan mediciones de altura o profundidad de las entidades. Siempre se expresan en unidades lineales como metros o pies. Los sistemas de coordenadas verticales mejoran la precisión de la ubicación en análisis y ediciones, lo que las vuelve fundamentales para la representación precisa de algún dato georreferenciado [18].

2.5. Proyección de mapa

Una proyección de mapa es el modo en que se muestra el sistema de coordenadas junto con los datos en una superficie plana, como un papel o una pantalla digital. Para convertir el sistema de coordenadas que se utiliza en la superficie curva de la tierra a un sistema para una superficie plana se utilizan cálculos matemáticos. Dado que no existe un método perfecto para transponer una superficie curva a una superficie plana sin que se produzca distorsión, existen diversas proyecciones de mapa que ofrecen distintas propiedades. En una proyección de mapa el sistema de coordenadas proyectadas se define sobre una superficie plana de dos dimensiones. Las coordenadas proyectadas se pueden definir en 2D (x, y) o 3D (x, y, z), donde las mediciones x, y representan la ubicación en la superficie de la Tierra y z representaría la altura por encima o por debajo del nivel del mar [19].

A diferencia de un sistema de coordenadas geográficas, un sistema de coordenadas proyectadas posee longitudes, ángulos y áreas constantes en las dos dimensiones. Sin

embargo, todas las proyecciones de mapa que representan la superficie de la Tierra como un mapa plano crean distorsiones en algún aspecto de la distancia, el área, la forma o la dirección. La superficie de proyección puede ser de tres tipos: cónica, cilíndrica y plana (Figura 2).

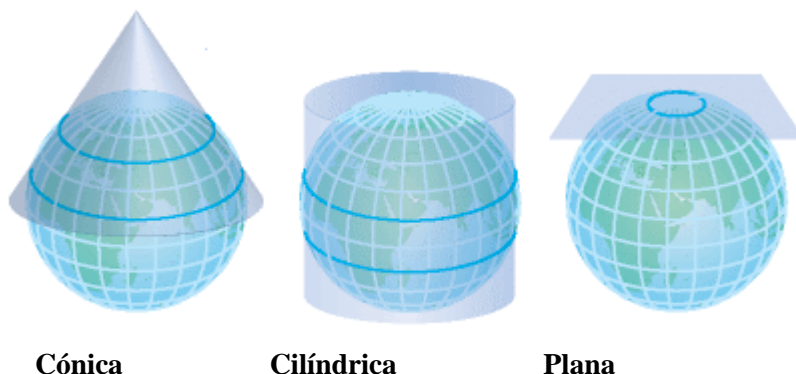


Figura 2. Tipos de superficie de proyección de mapa. Fuente: [19].

2.5.1. Proyecciones cónicas

En las proyecciones cónicas, se utilizan uno o más conos que se colocan de manera tangencial para interceptar una porción del globo terrestre. La red de meridianos y paralelos se proyecta sobre la superficie del cono [20]. Esta proyección resulta en una representación donde las líneas de longitud (meridianos) son rectas que se extienden desde el polo hacia el ecuador, mientras que las líneas de latitud (paralelos) son círculos concéntricos alrededor del polo. Dependiendo de cómo se coloque el cono y la región que se esté proyectando, esta proyección puede proporcionar una representación precisa de áreas específicas, pero puede distorsionar otras áreas. En este tipo de proyecciones la más importante en Topografía es la proyección Lambert. En ella el paso de la esfera se efectúa a través de un cono circunscrito a lo largo de un paralelo. Posteriormente este paralelo se desarrolla sobre un plano que es automecánico [4].

2.5.2. Proyecciones cilíndricas

En las proyecciones cilíndricas, se proyecta la superficie del globo terráqueo sobre un cilindro tangente, que suele estar posicionado a lo largo del ecuador o a lo largo de un meridiano. Esta proyección implica una intersección de la red de meridianos y paralelos [20]. El resultado es un mapa rectangular que puede representar la mayor parte del globo. En esta representación, las líneas de longitud (meridianos) son rectas y equidistantes entre sí, mientras que las líneas de latitud (paralelos) son rectas horizontales que se cortan perpendicularmente a los meridianos. Esta proyección es útil para mostrar grandes áreas terrestres con mínima distorsión en el ecuador y áreas cercanas, aunque la distorsión aumenta hacia los polos.

En la topografía, dos proyecciones cilíndricas son ampliamente utilizadas:

- Proyección de Mercator. Se utilizó en 1569 y el gran avance fue que conservaba los ángulos, transformando los meridianos y paralelos en una red rectangular. Se trata del desarrollo de un cilindro circunscrito al Ecuador terrestre, sobre el que se van espaciando los paralelos al aumentar las latitudes. En esta proyección no son representables los Polos [4].
- Proyección U.T.M. (Universal Transversa Mercator). Se basa en la proyección de Mercator en la que el cilindro es tangente a un meridiano, considerando la Tierra como un elipsoide de revolución tangente interiormente a un cilindro y cuyo eje está situado en el plano del Ecuador. El elipsoide de referencia elegido es el de Hayford [4].

2.5.3. Proyecciones planas

En los casos en que sólo se pretende representar a una parte muy limitada de la superficie terrestre, la práctica general ha sido considerarla como plana y prescindir de las proyecciones. Esto no es posible sin graves deformaciones más que dentro de superficies pequeñas, que en todo caso se limitan por un contorno (rectángulo, cuadrado o trapecio) y cuyos vértices tienen coordenadas de acuerdo con algún sistema de proyección. Hay varios tipos de proyecciones planas dependiendo de la posición del vértice de proyección:

- Estereográfica. El vértice de proyección es el punto diametralmente opuesto al de tangencia del plano de proyección; es una proyección plana muy empleada en Cartografía. Suponiendo la Tierra esférica puede elegirse arbitrariamente el vértice de proyección, al considerar el caso de que éste sea uno de los Polos terrestres (estereográfica polar). En esta proyección se cumple que los meridianos son rectas concurrentes y los paralelos son circunferencias concéntricas. La escala aumenta hacia la periferia y no se puede representar toda la Tierra. Este sistema se emplea generalmente para representar las regiones polares y para las cartas de navegación aeronáuticas [4].
- Gnomónica. El vértice de proyección se encuentra en el centro de la Tierra; se puede representar menos de la mitad de la Tierra y la escala aumenta hacia la periferia. Cualquier recta de la proyección corresponde a un círculo máximo. Por tanto, el camino más corto en la esfera es una línea recta en el mapa (ortodrómica) [4].
- Ortográfica. El punto de vista se encuentra en el infinito; se puede representar justo la mitad de la superficie terrestre y la escala disminuye hacia la periferia [4].
- Escenográfica. El vértice de proyección está situado a una distancia mayor que el diámetro de la esfera y diametralmente opuesto al punto de tangencia del plano de proyección. La escala aumenta hacia la periferia [4].

2.6. Sistemas GNSS

2.6.1. GNSS (Global Navigation Satellite System)

GNSS (Global Navigation Satellite System) Sistema Global de Navegación por Satélite y representa a todos los sistemas satelitales que se usan hoy en día como lo es el GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, entre otros. Los sistemas de navegación por satélite transmiten información de geolocalización altamente precisa a los dispositivos y receptores GNSS para determinar su ubicación [21]. El GNSS se utiliza en colaboración con sistemas GPS, donde todos los receptores GNSS son compatibles con GPS, pero los receptores GPS no son necesariamente compatibles con GNSS [22].

2.6.2. GPS

GPS es la abreviatura de Global Positioning System (sistema de posicionamiento global) operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Es un sistema de posicionamiento por satélites uniformemente espaciados alrededor de su órbita, esta constelación de satélites proporciona información de puntos que están situados en la superficie terrestre, este proceso se lleva a cabo mediante la transmisión y recepción de señales electromagnéticas. El GPS es un sistema basado en satélites artificiales activos, formando una constelación con un mínimo de veinticuatro de ellos, permitiendo diferentes rangos de precisión, según el tipo de receptor utilizado y la técnica aplicada [23].

2.6.3. Composición de los sistemas GNSS

Los sistemas de posicionamiento global se componen de tres segmentos espacial, de control y de usuarios. El segmento espacial comprende a los satélites que giran en órbitas alrededor de nuestro planeta. El segmento de control formado por estaciones ubicadas cerca del ecuador terrestre para controlar a los satélites y el segmento de usuarios que corresponde a todos aquellos que reciban y utilicen las señales de posicionamiento.

2.6.4. Precisión de los sistemas GNSS

Actualmente, existen varios sistemas de posicionamiento global que permiten determinar con precisión la ubicación de un objeto en la superficie terrestre. Esto se logra mediante la triangulación de señales satelitales, que proporcionan datos sobre la altitud, latitud, longitud y velocidad del objeto. Entre los sistemas de posicionamiento global más utilizados se encuentran Galileo, GPS, BeiDou y GLONASS (ver tabla 1).

Sistema	Satélites	Desarrollador	Precisión vertical	Precisión horizontal
Galileo	28	Agencia Espacial Europea	40 cm.	20 cm.
GPS	24	Estados Unidos	4.9 m.	≤ 1,82 m.
BeiDou	44	China	4.3 m.	2.4 m.
GLONASS	24	Rusia	15 m.	5-10 m.

Tabla 1. Precisión de algunos sistemas GNSS. Elaboración propia. Fuente: [24], [25], [26] y [27].

2.6.5. Clasificación de los métodos de posicionamiento GNSS

Clasificación	Método	Descripción
Sistema de referencia	1. Absoluto. 2. Relativo o diferencial.	1. Se calcula la posición de un punto utilizando las medidas de pseudodistancias por código (C/A, L2C o P) con un solo receptor. 2. Las observaciones se realizan al menos con dos equipos simultáneamente. Las mediciones se pueden hacer por código o por fase. Se determina la distancia o incremento de coordenadas entre las antenas de los receptores (diferencia de posición entre ellos).
Movimiento del receptor	1. Estático. 2. Cinemático	1. Se determina un único trío de coordenadas (X, Y, Z) directamente o ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) si el posicionamiento es diferencial, de una antena a partir de una serie de observaciones realizadas durante un periodo de tiempo en el que no se sufren desplazamientos superiores a la precisión del sistema. 2. Se determina el conjunto de coordenadas (X, Y, Z) directamente o ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) si el posicionamiento es diferencial, en función del tiempo y la situación de la antena, la cual estará en movimientos superiores a la precisión del sistema
Observable Utilizado	1. Medida de código. 2. Medida de fase de la portadora	1. Se determina a partir de pseudodistancias entre el satélite y el receptor mediante la utilización del código de la portadora. 2. Se utiliza la fase de la portadora para realizar la medida de la pseudodistancia. Requiere trabajar en modo diferencial o relativo.
Momento de la Obtención de Coordenadas	1. Tiempo Real (Real Time – RT)	1. Las coordenadas del receptor, móvil o estático, se obtienen en tiempo real, es decir, en el momento de la observación.

Tabla 2. Clasificación de los métodos de posicionamiento GNSS. Elaboración propia. Fuente: [4]

2.6.6. Dispositivos móviles receptores de señales GNSS en el mercado para realizar levantamientos topográficos





Dispositivo	TDC 150	Geo 7x	TDC 600	Nomad 5
				
Precisión	1-100 cm.	1-100 cm.	1.5 m.	2-4 m.
Sistema Operativo	Android 6.0	WEHH 6.5	Android 8.0	Android 9.0
Tamaño pantalla de	13.4 cm/ 5.3"	10.7 cm / 4.2"	12.7 cm / 5"	15.2 cm / 6"
Se usa con	TerraFlex, Penmap for Android, Esri Collector	TerraFlex, TerraSync, Positions	TerraFlex, Penmap for Android, Esri Collector, Access	TerraFlex, Penmap for Android, Esri Collector
Procesador	1.2 GHz.	1.0 GHz.	2.2 GHz.	2.2 GHz.
Memoria RAM	2 GB.	256 MB.	4 GB.	4GB.
Almacenamiento	16 GB.	4 GB.	64 GB	32GB.

Tabla 3. Dispositivos móviles para realizar levantamientos topográficos GNSS. Elaboración propia. Fuente: [5].

2.7. Sistemas de información geográfica

Según la definición de [6], un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto coordinado y lógico de métodos, herramientas y datos destinados a capturar, almacenar, analizar, editar y presentar información geográfica y sus atributos. Estos sistemas han surgido de la necesidad de acceder rápidamente a información para resolver problemas y responder preguntas de manera inmediata. En la actualidad se pueden distinguir 3 tipos de SIG: SIG de escritorio, SIG web y SIG móvil [7]. Para el desarrollo de un SIG se contemplan 4 etapas: levantamiento de requerimientos, diseño del sistema, desarrollo del sistema e implementación [28]. Un ejemplo de renombre de desarrollo comercial de SIG es ArcGIS,

que es un sistema que permite crear y utilizar SIG.

2.7.1. SIG de escritorio

El SIG de escritorio se define como un conjunto de herramientas complejas que posibilitan la realización de tareas tradicionales de un SIG, como el manejo y procesamiento de datos espaciales. Cuatro funcionalidades fundamentales caracterizan a este tipo de sistemas: visualización, edición, análisis y generación de cartografía [7]. Estas funcionalidades permiten al usuario trabajar con datos geoespaciales de manera efectiva, facilitando la representación visual, la modificación, el análisis y la producción de mapas.

2.7.2. SIG web

Los SIG web son plataformas que permiten la integración de cartografía dentro de una página web. Además de mostrar mapas, estos sistemas pueden ofrecer funcionalidades similares a las de un SIG de escritorio, aunque su complejidad puede variar. Desde mapas estáticos simples hasta aplicaciones web avanzadas, los SIG web permiten una amplia gama de interacciones con datos geoespaciales, incluyendo visualización, consulta, análisis y compartición de información cartográfica en línea. Una característica distintiva de los SIG web es que no requieren un software específico para su funcionamiento, lo que facilita su acceso. Además, su manejo suele requerir un nivel técnico menor. Estos sistemas fomentan el trabajo colaborativo, permiten una información más actualizada, tienen menos requisitos de hardware, pueden ser personalizados según las necesidades del usuario y permiten la combinación de la cartografía con otros elementos [7].

2.7.3. SIG móvil

Un SIG móvil se refiere al empleo de dispositivos móviles como teléfonos inteligentes o tabletas, en combinación con software SIG, para la captura, análisis y visualización de datos geoespaciales en el campo. Estas herramientas ofrecen versatilidad en su uso, pero su implementación implica consideraciones relacionadas con la plataforma, la conectividad y las limitaciones del hardware. Los SIG móviles se aplican en una variedad de contextos, incluyendo navegación, inventario, información, respuesta a emergencias, publicidad, seguimiento, gestión y entretenimiento [7].

2.7.4. Desarrollo de un SIG

El desarrollo de un SIG requiere la creación de un diseño arquitectónico sólido, lo cual es fundamental para su efectivo funcionamiento y demanda un alto nivel técnico en su desarrollo. Según [28], el proceso de desarrollo de un SIG se divide en cuatro etapas:

- **Levantamiento de requerimientos:** En esta etapa, se especifican las necesidades o la motivación del proyecto de implementación. Se contextualiza el entorno en el que se desarrollará el sistema y se planifican las actividades y costos según el presupuesto disponible. Las principales actividades incluyen definir el tipo de información, determinar la escala de trabajo, la localización geográfica del proyecto y el sistema

de proyección.

- **Diseño del sistema:** En esta fase, se identifica la infraestructura y los alcances del proyecto en función de lo acordado en la fase de requerimientos. Se definen los requisitos de hardware y software, y se diseña la interfaz del sistema para su funcionamiento de acuerdo con los requerimientos encontrados.
- **Construcción:** Esta etapa se concibe como la materialización del diseño previamente establecido y se lleva a cabo dentro de los tiempos acordados en el cronograma. Aquí se concentran los esfuerzos en la estructuración de la información, la toma de datos y el desarrollo de la aplicación bajo las condiciones de diseño. Además, se planifica la prueba de una versión demo con el fin de validar la entrega según los requerimientos del proyecto. Durante esta etapa, se realiza el análisis de la información disponible y necesaria para responder a las preguntas del nivel de usuario, se estructuran las tablas de atributos y se modifica el entorno para hacerlo más amigable para el usuario.
- **Implementación:** Esta etapa final del desarrollo del proyecto se centra en el despliegue de la información, el correcto funcionamiento del sistema según el diseño establecido y la adaptación del sistema a los usuarios finales, incluyendo su respectivo mantenimiento.

2.7.5. ArcGIS

En las últimas décadas, los avances tecnológicos y los desarrollos comerciales en el campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han facilitado su implementación tanto en el sector público como en el privado. Un ejemplo destacado es ArcGIS, un sistema complejo desarrollado y comercializado por la empresa Esri (Environmental Systems Research Institute).

ArcGIS es una plataforma que permite la creación y utilización de SIG, brindando capacidades para recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es una herramienta versátil y poderosa que se utiliza en todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de diversos sectores, incluyendo el gobierno, las empresas, la investigación científica, la educación y los medios de comunicación [8].

2.8. Sistemas móviles para realizar levantamientos en el mercado

En la siguiente tabla se presenta la evaluación de las aplicaciones disponibles en el mercado para realizar levantamientos topográficos con GNSS, en esta evaluación se verificó si las aplicaciones tienen la funcionalidad de un sistema de información geográfica móvil.

Sistema	Captura	Almacenamiento	Edición	Análisis	Representación
CartoDroid	✓	✓	✓	✓	✓
Merginmaps	✓	✓	X	X	✓
TcpGPS	✓	✓	✓	X	✓
UTM Geo Map	✓	✓	X	X	✓
GPS Waypoints	✓	✓	X	X	
ArcGIS Field Maps	✓	✓	X	X	✓
ArcGIS QuickCapture	✓	✓	X	X	X
Guarda Ubicación	✓	✓	X	X	✓
Map Marker	✓	✓	X	X	✓
Mappt	✓	✓	X	X	✓

Tabla 4. Comparación de Sistemas móviles para realizar levantamientos topográficos GNSS en el mercado VS las funciones de un SIG. Elaboración propia.

2.9. Marco jurídico de la gestión del territorio

La Pirámide de Kelsen es una representación gráfica que muestra la jerarquía de las leyes en cualquier sistema social organizado, y se utiliza para explicar la estructura en la que están ordenadas las normas jurídicas de un país [29], en cuanto a México la pirámide de Kelsen esta ordenada como en la siguiente figura.

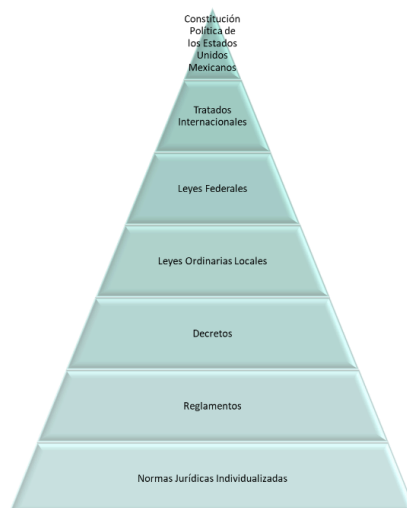


Ilustración 1. Pirámide de Kelsen. Elaboración propia. Fuente: [30]

<i>No. de jerarquía</i>	<i>Norma jurídica</i>	<i>Con base en:</i>
1	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Título Primero. Capítulo I. Artículo 2°, Artículo 4°. Quinto y sexto párrafo, Artículo 27°. Párrafo tercero y Fracción XVII. Título Tercero, Capítulo II, Sección III, Artículo 73°. Fracción XXIX-D y Fracción XXIX-R. Título Quinto, Artículo 115°.
2	La Nueva Agenda Urbana	Capítulo 1. Sección 1.1, Primer párrafo y Sección 1.4, Segundo párrafo. Capítulo 2. Sección 2.1, primer párrafo.
3	Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.	Título Primero. Capítulo Primero, Artículo 2°. Primer párrafo. Capítulo Segundo, Principios, Artículo 4°. Primer párrafo y Artículo 6° Primer párrafo. Capítulo Séptimo Artículo 40 y Artículo 41°. Título quinto. Artículo 47°, Artículo 48° y Artículo 59°. Título noveno. Artículo 77° Capítulo Tercero Artículo 82° y Artículo 83°. Capítulo décimo quinto Artículo 154.
3	Ley de Desarrollo Rural Sustentable.	Título primero Artículo 1° y Artículo 154°
3	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).	Título primero. Capítulo I. Artículo 1° y Artículo 2°. Capítulo II, Artículo 7°, Artículo 8°. Capítulo IV. Artículo 19 BIS, Artículo 20, Artículo 20 BIS 2 primer párrafo, Artículo 22° BIS y Artículo 41°
4	Ley de Aguas del Estado de Tlaxcala.	Título primero. Artículo 1° y Artículo 7°. Título segundo. Capítulo único. Artículo 9°, Artículo 11° y Artículo 15°. Título Tercero. Capítulo II. Artículo 19°. Título cuarto. Capítulo I. Artículo 36° y Capítulo II, Artículo 38°.
4	Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tlaxcala.	Título primero. Capítulo Segundo. Artículo 11°. Capítulo Tercero. Artículo 12° y Artículo 13°. Título segundo. Capítulo Primero. Artículo 14° y Artículo 18°. Título tercero. Capítulo Primero. Artículo 22° y Artículo 23°.
4	Ley de Catastro del Estado de Tlaxcala.	Título primero. Capítulo I. Artículo 3° y Artículo 4°. Título segundo. Capítulo II. Artículo 22° y Artículo 39°. Título tercero. Capítulo I. Artículo 72°.
5	Decreto por el que se reforma y adiciona el Artículo 4o. de la Constitución Política de los	Artículo Único

	Estados Unidos Mexicanos.	
5	Decreto número 153 del Estado de Tlaxcala.	El Congreso del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala, a nombre del pueblo decreta: La ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tlaxcala.
6	Reglamento de la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala en materia de Prevención y Control de la Contaminación del Agua.	Capítulo I. Artículo 1°, Artículo 2°, Artículo 3°, Artículo 4°, Artículo 6°, Artículo 7° y Artículo 9°. Capítulo II. Artículo 12°.
6	Reglamento interior del centro de servicios integrales para el Tratamiento de Aguas Residuales del Estado de Tlaxcala	Capítulo I. Artículo 9°.
6	Reglamento Interior del Instituto de Catastro del Estado de Tlaxcala	Capítulo III. Artículo 12. Capítulo IV. Artículo 14°. Capítulo V. Artículo 18°.
7	NMX-AA-180-SCFI-2018	Establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU).
	NOM-001-CNA-1995	Objetivos A, B y C.
	NOM-002-CNA-1995	Establece las especificaciones y métodos de prueba que debe cumplir la toma domiciliaria para el abastecimiento de agua potable.
	NOM-002-ECOL-1996	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
	ISO 19115	Define el esquema requerido para describir información y servicios geográficos mediante metadatos.
	ISO/TS 19139-1:2019	Define reglas de codificación basadas en XML para esquemas conceptuales que especifican tipos que describen recursos geográficos.
	ISO 27001	Define los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión de seguridad de la información (SGSI).

Tabla 5. Normativa jurídica. Elaboración propia. Fuente: [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49].

Capítulo III. Metodología para el Desarrollo del SIG Móvil para Levantamientos Topográficos GNSS

3.1. Estudio preliminar

De acuerdo con el INEGI (SCINCE 2020), el municipio de Santa Cruz Tlaxcala tiene una población de 24,116 habitantes, de los cuales el 48.1% son hombres y el 51.9% son mujeres. Su superficie territorial abarca aproximadamente 25.87 km², con una extensión perimetral cercana a los 33.90 km, según el Marco Geoestadístico Nacional (diciembre de 2022). Se encuentra ubicado al sur del municipio de Apizaco, y al este del Municipio de Cuaxomulco. El Municipio de Santa Cruz Tlaxcala está conformado por 5 localidades (ver ilustración 2) que juntas forman un área aproximada a 22.46 km², el área restante correspondiente a 3.41 km² aproximadamente esta es un área rural y actualmente no cuenta con ningún nombre oficial. Los nombres de las localidades del Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala son: Guadalupe Tlachco, Jesús Huitznáhuac, San Miguel Contla, San Lucas Tlacochealco, Santa Cruz Tlaxcala y Xamistla. Las localidades que colindan con el municipio de Santa Cruz Tlaxcala son: Amaxac de Guerrero, Ciudad de Apizaco, Contla, Cuaxomulco, La Luz, San Andrés Ahuashuatepec, San José Tepoxtla, San Lorenzo Xaltelulco, Santa Anita Huiloac y Santa María Aquíahuac.

Según la Ley Municipal del Estado de Tlaxcala en su artículo tercero, éste es gobernado por un Ayuntamiento, el cual está integrado por un presidente Municipal, un Síndico, regidores y los presidentes de comunidad; quienes tendrán el carácter de munícipes en términos de lo que establece la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala. A voz de la Sindico de Santa Cruz Tlaxcala, la definición de las políticas de la administración pública, referente a leyes y reglamentos aplicables al municipio corren a cargo del Cabildo como órgano máximo de autoridad en el Municipio. El Cabildo propondrá, acordará y se ocupará de los asuntos municipales, que incluyen la delimitación territorial del municipio, asegurando que estas decisiones sean tomadas de manera conjunta y democrática.

3.1.1. Verificación de límites territoriales

Para la verificación de los límites territoriales, se analizó la información oficial disponible sobre el área de estudio, utilizando el Marco Geoestadístico Nacional de diciembre de 2022 junto con el Conjunto de Datos Vectoriales de la carta topográfica a escala 1:250,000 por entidad federativa (2021) para Tlaxcala. Adicionalmente, la Sindico en turno del municipio de Santa Cruz Tlaxcala, convocó a sus municipios vecinos para acordar los límites territoriales correspondientes a cada uno. A esta reunión solo asistieron los representantes de Santa Cruz Tlaxcala, San José Teacalco y Cuaxomulco. Posteriormente, se llevó a cabo un levantamiento topográfico GNSS de tipo general expeditivo en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala. Este levantamiento se realizó en conjunto con las autoridades locales y con las de los municipios vecinos, Cuaxomulco y San José Teacalco, quienes tenían conocimiento de la ubicación de las mojoneras y del lindero que divide sus territorios. Para el levantamiento se utilizó un dispositivo móvil de la marca TLC, modelo E20, con una precisión de uno a dos metros.

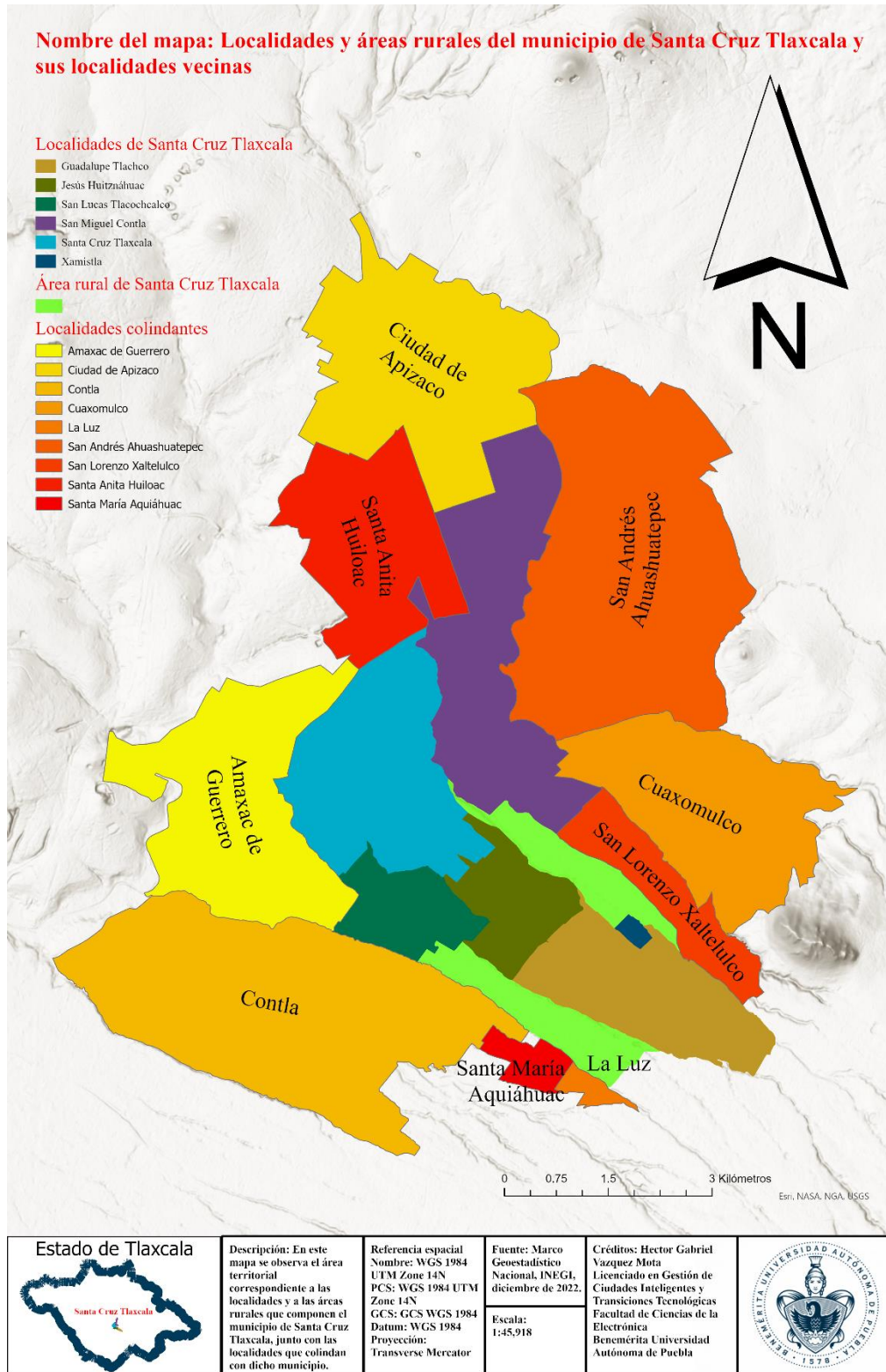


Ilustración 2. Mapa para estudio de límites territoriales en Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala.

En conjunto con las autoridades municipales, el levantamiento tuvo como objetivo realizar la inspección física, la recopilación de datos topográficos y el reconocimiento de las líneas limítrofes. Las cuales están delimitadas por mojoneras (ver ilustración 3).

Se implementaron medidas para obtener datos topográficos lo más precisos posible durante el recorrido, en atención a las limitaciones en la precisión del dispositivo móvil utilizado. Este proceso permitió recopilar información relevante sobre la ubicación de puntos clave y trazados de límites en el municipio, siendo fundamental para la verificación de la concordancia entre los límites oficiales y la realidad del área estudiada.

La metodología para procedimiento para el levantamiento topográfico GNSS, consistió en definir la localización de las mojoneras y el lindero de propiedad, señalando en el GNSS la posición para obtener la georreferenciación de las mojoneras y el límite de propiedad. Además, se realizó el registro de los datos con ayuda del dispositivo móvil TCL E20.

En la siguiente URL se muestra la aplicación contenida en el botón “Ver Capturas” donde se aprecian los datos recolectados de fotografías, puntos, líneas y polígonos: <https://arcgis/0CH1D81>.



Ilustración 3. Levantamiento del límite municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala a través de la identificación de mojoneras colindantes.

3.1.2. Definición de requerimientos y desarrollo del sistema de levantamientos topográficos

Para garantizar la eficiencia del sistema en la recopilación de datos topográficos y la delimitación de los límites territoriales de manera precisa y efectiva. Se desarrolló el sistema de levantamientos topográficos llamado “Límites Territoriales”. La metodología para desarrollar el sistema se enfocó en cuatro etapas que implicaron la elaboración del diseño del funcionamiento operativo del sistema utilizando ArcGIS QuickCapture. Posterior a la elaboración del diseño, se desarrolló el sistema utilizando ArcGIS QuickCapture, ArcGIS Online y ArcGIS Instant Apps. Las cuatro etapas son: Etapa 1. Definición de Requisitos: Identificar necesidades. Etapa 2. Diseño del Sistema: Crear la interfaz de usuario. Etapa 3. Desarrollo del sistema: Establecer mapas base y capas de información, programar los botones para la captura, transmisión de datos y para la visualización de los datos. Etapa 4. Creación del Manual de Usuario.



Ilustración 4. Autoridades locales durante el levantamiento del límite municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala

Etapa 1. Campos de captura para levantamientos topográficos

Las necesidades de los datos capturados en un levantamiento topográfico se basaron en la creación de la siguiente tabla que corresponde a las variables capturadas en un levantamiento

topográfico GNSS, además se definieron algunas variables adicionales para la captura de líneas y para la captura de polígonos.

CONCEPTO	ANOTACIÓN
Número de registro	Anotar el número consecutivo de la observación capturada.
Nombre del trabajo	Nombre asignado al trabajo, este nombre se asigna desde gabinete.
Fecha y hora	Fecha y hora de la realización del levantamiento
Lugar, municipio, estado	Nombre de la localidad donde se realiza el levantamiento incluido el municipio y estado.
Nombre del observador	Nombre del personal encargado del levantamiento.
Tipo de levantamiento	Tipo del levantamiento según sea el caso.
Método del levantamiento	Método empleado para el levantamiento, según sea el caso.
Marca, modelo y número de serie del dispositivo	Marca, modelo y número de serie del dispositivo receptor de ubicación.
Marca, modelo y número de serie de la antena	Marca, modelo y número de serie de la antena.
Coordenadas	Ingresar las coordenadas con las que se posiciona el sensor de ubicación, latitud “N”, longitud “W” y Altura “m”, adicionalmente se agregara la precisión horizontal y vertical con la que se está geoposicionando el sensor de ubicación. En el caso de las líneas y polígonos capturados se anotará el número de posiciones de referencia con las que se trazó la línea o polígono, la precisión horizontal y vertical promedio y la peor y mejor precisión horizontal, así como vertical con la que se posicionó el sensor de ubicación.
Equipo GPS	Se anotará los números de serie del Receptor y Antena (cuatro últimos dígitos).
Altura de la antena	Se ingresa la altura medida a la que se encuentra la antena.
Fuente de energía	El tipo de energía utilizada.
Resumen de rastreo satelital	Citar el número de satélites captados.
Observaciones y reporte de problemas	Información adicional que apoye lo descrito en el formato y que puede ser útil para el proceso de la información.

Tabla 6. Campos que se capturan en una bitácora de levantamientos topográficos. Elaboración propia. Fuente: [50], [51] y [52].

Etapa 2. Interfaz de usuario para el sistema de levantamientos topográficos

El diseño de la interfaz de usuario se basó en la necesidad de referenciar puntos estratégicos con fotografías, en capturar datos vectoriales de puntos, líneas y polígonos, y visualizar los datos en tiempo real, ya que estos datos son de vital importancia en un levantamiento topográfico GNSS. Las herramientas seleccionadas para la creación de este sistema fueron ArcGIS Online, ArcGIS QuickCapture y ArcGIS Instant Apps, la interfaz desarrollada con estas herramientas se compone de un conjunto esencial de cinco botones (ver ilustración 5). Las funciones de cada botón fueron elegidas para permitir, en conjunto, delimitar y mapear las características geográficas y topográficas referentes a los límites territoriales del Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, utilizando tecnologías GNSS junto con ArcGIS.

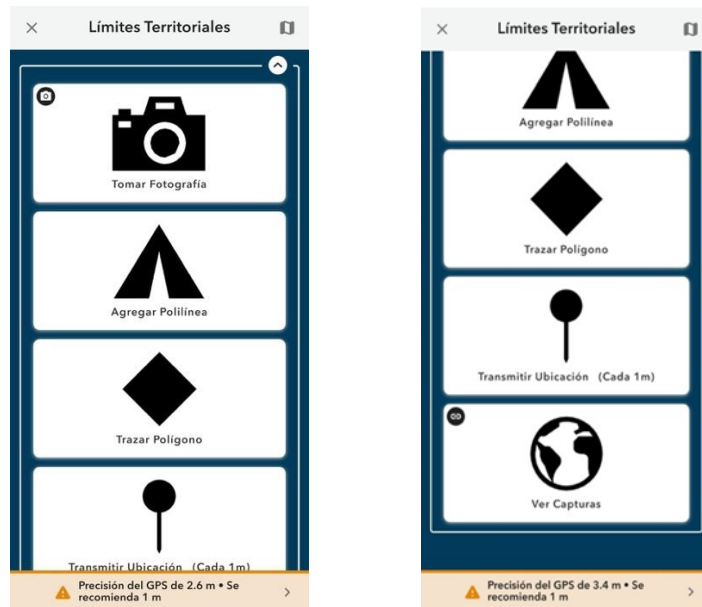


Ilustración 5. Diseño del sistema “Límites Territoriales”. Elaboración propia.

1. Botón Tomar Fotografía: Permite agregar fotografías referenciadas al proyecto. Estas imágenes proporcionan contextos visuales adicionales y complementan los datos geospaciales capturados con GNSS.
2. Botón Agregar Polilínea: Sirve para trazar líneas en tiempo real con el movimiento del sensor de ubicación. Este botón es esencial para delinear características lineales importantes, como caminos, ríos o límites de parcelas.
3. Botón Trazar Polígono: Permite trazar polígonos en tiempo real. Esto es fundamental para delimitar áreas específicas y mapear la distribución de diferentes tipos de terreno o características, como edificios o campos agrícolas.
4. Botón Transmitir Ubicación: Está diseñado para referenciar las polilíneas y polígonos trazados con el sistema. Activa la función de transmisión de puntos a intervalos regulares de 3 metros, lo cual es útil para obtener una cobertura completa y precisa de la superficie del área de estudio.
5. Botón Ver Capturas: Proporciona la capacidad de visualizar los datos capturados en tiempo real sobre un mapa base proporcionado por ArcGIS Online. Esta funcionalidad integrada facilita la toma de decisiones y la evaluación del progreso del levantamiento topográfico GNSS.

La elección de la funcionalidad de estos botones se basó en la necesidad de integrar un sistema que permitiera capturar y visualizar los datos durante el trabajo de campo en el levantamiento topográfico GNSS.

Para realizar las capturas de: fotografías, líneas, polígonos y la transmisión de puntos a intervalos de 3 metros, se diseñaron cuatro botones que posibilitaron una recolección detallada y eficiente de datos geospaciales relacionados con la topografía del sitio. El botón

destinado a visualizar los datos capturados ofrece una representación instantánea y contextualizada de la información en el área de estudio, permitiendo a los usuarios observar en tiempo real la información recopilada.

La función de captura de datos GNSS, permite recoger datos de ubicación precisos durante el trabajo de campo. Para capturar datos de manera rápida y eficiente se integró con ArcGIS QuickCapture y ArcGIS Online. Para la visualización de los datos se integró una aplicación web centrada en la visualización en tiempo real de los datos capturados sobre un mapa base elaborado en ArcGIS Online y visualizado mediante ArcGIS Instant Apps.

Etapa 3. Plataforma de desarrollo del sistema para levantamientos topográficos

Utilizando la plataforma ArcGIS con el propósito de capturar y gestionar datos topográficos en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, se desarrolló el sistema "Límites Territoriales". Las configuraciones seleccionadas se eligieron con la finalidad de programar las funcionalidades para la captura de fotografías, puntos, líneas y polígonos, respetando los umbrales de precisión y distancia establecidos, implementar la funcionalidad para la transmisión de la ubicación a intervalos definidos, configurar los botones de la interfaz para activar las diferentes funcionalidades de captura y transmisión de datos, crear un mapa web en ArcGIS que incorpore las capas de datos capturados y las capas de referencia del área de estudio, diseñar la aplicación web utilizando ArcGIS Instant Apps, seleccionando una plantilla adecuada y configurando los elementos visuales y funcionales necesarios y configurar la interactividad de la aplicación, incluyendo controles de zoom, búsqueda, y herramientas de navegación y modificación del mapa. El sistema está configurado para capturar datos topográficos con alta precisión mediante ArcGIS QuickCapture. Utiliza un color de fondo azul oscuro y establece una precisión horizontal recomendada de 1 metro, con un umbral de distancia de 1 metro entre capturas. Permite la edición de ubicaciones y redimensiona las fotos a 1280 píxeles.

A. Configuración del sistema

Variable	Configuración	Descripción
Color de fondo	Hex #003B5C	Color del fondo de la interfaz del sistema.
Precisión horizontal recomendada	1 m.	El sistema móvil mostrará una advertencia si no se cumple con este umbral de precisión.
Precisión horizontal requerida	100 m.	El sistema móvil impedirá la captura de datos si no se cumple con este umbral de precisión.

Umbral de distancia	1 m.	Distancia mínima recorrida desde el último punto o vértice antes de que sea posible capturar otro. Se aplica a la captura de puntos de transmisión, recorridos, líneas o polígonos.
Permitir ediciones de ubicación	Activado	Permite editar la ubicación de los puntos capturados en un plazo de tiempo de 6 segundos.
Tamaño de la foto	1280 px.	El tamaño en px. se refiere al borde más largo de la imagen redimensionada
Formato de notación de coordenadas	Proyección universal transversal de Mercator (UTM)	Formato de coordenadas del proyecto.

Tabla 7. Configuración del proyecto “Límites Territoriales”. Elaboración propia.

B. Configuración del mapa

Variable	Configuración	Descripción
Mapa	Imágenes con etiquetas	Imágenes de satélite e imágenes aéreas de alta resolución del mundo, con las fronteras políticas y los topónimos como referencia.
Mostrar en Tablet	Activado	Muestra los botones y el mapa en paralelo.

Tabla 8. Configuración del mapa del proyecto “Límites Territoriales”. Elaboración propia.

C. Configuración de capas

Nombre de la capa	URL de la capa
Fotografías	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capa_LM/FeatureServer
Polilíneas	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_para_estudio_de_limites_territoriales/FeatureServer/0
Polígonos	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_para_estudio_de_limites_territoriales/FeatureServer/2
Transmitir Ubicación (Cada 1 m.)	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_para_estudio_de_limites_territoriales/FeatureServer/1

Tabla 9. Configuración de las capas del proyecto “Límites Territoriales”. Elaboración propia.

D. Configuración de detalles del sistema

Variable	Configuración
Título del proyecto	Límites Territoriales
Correo electrónico de recuperación de datos	hector.vazquezmot@alumno.buap.mx
Resumen	Sistema para la captura de datos topográficos en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, en el estado de Tlaxcala.
Condiciones de uso	<p>Fecha de entrada en vigor: [15-01-2023]</p> <p>Por favor, lea detenidamente los siguientes términos y condiciones antes de utilizar el sistema de levantamientos topográficos "Límites Territoriales". Al acceder y utilizar el sistema, usted acepta estar sujeto a estos términos.</p> <ol style="list-style-type: none"> Licencia de Uso: Le otorgamos una licencia no exclusiva, intransferible y limitada para utilizar el sistema "Límites Territoriales" de acuerdo con estos términos. Restricciones de Uso: No está permitido realizar ingeniería inversa, modificar, distribuir, sublicenciar o intentar acceder de manera no autorizada al sistema "Límites Territoriales". Cualquier uso no autorizado será penalizado ante las autoridades competentes. Actualizaciones y Cambios: Nos reservamos el derecho de actualizar y cambiar "Límites Territoriales" sin previo aviso. Responsabilidades del Usuario: Usted es responsable de mantener la confidencialidad de sus credenciales de acceso y de cualquier actividad que ocurra en el sistema. No debe utilizar la aplicación para realizar actividades ilegales o dañinas. Terminación del Servicio: Nos reservamos el derecho de suspender o terminar su acceso al sistema "Límites Territoriales" por incumplimiento de estos términos o por cualquier motivo sin previo aviso. Propiedad Intelectual: El sistema "Límites Territoriales" y todos los derechos de propiedad intelectual asociados son propiedad exclusiva de Hector Gabriel Vazquez Mota. Limitación de Responsabilidad: No seremos responsables por daños directos, indirectos, incidentales o consecuentes resultantes del uso del sistema "Límites Territoriales". Al utilizar el sistema "Límites Territoriales", usted acepta cumplir con estos términos. Si no está de acuerdo con alguno de estos términos, no utilice el sistema. <p>Para cualquier pregunta o inquietud, comuníquese con nosotros al correo hector.vazquezmot@alumno.buap.mx</p> <p>Gracias por utilizar el sistema "Límites Territoriales"</p>

Tabla 10. Configuración de los detalles del proyecto "Límites Territoriales". Elaboración propia.

E. Configuración de interfaz – Captura de datos

La configuración de los botones para almacenar los datos topográficos capturados con el sistema móvil “límites territoriales” se realizó mediante la creación de cuatro capas vectoriales en ArcGIS Online. Estas capas se distribuyen de la siguiente manera: dos capas vectoriales para puntos, una capa para líneas y otra para polígonos. Cada una de estas capas corresponde a la captura de datos topográficos realizada mediante los botones diseñados en la interfaz del sistema. Estos botones están destinados a la captura de fotografías, puntos, líneas, polígonos y la transmisión de la ubicación. Cada capa (ver anexo 1) tiene una estructura de campos específicos que permiten un análisis detallado y un registro exacto de las observaciones, lo que facilita la gestión eficiente de los datos y su análisis.

F. Configuración de la interfaz – Visualización de datos

El botón "Ver Capturas" tiene asociada una aplicación web diseñada específicamente para la representación visual de los datos topográficos capturados con el sistema y los mapas obtenidos durante la etapa de la descripción del área de estudio. Para la construcción de esta aplicación web se empleó ArcGIS Instant Apps y ArcGIS Online para presentar un mapa detallado del área de estudio, incluyendo los datos topográficos capturados. La configuración del botón “Ver Datos” implicó la dirección URL (<https://arcg.is/0CH1D81>) de la aplicación web desarrollada mediante ArcGIS Instant Apps. El proceso para obtener esta aplicación se divide en tres pasos:

Paso 1: Creación del mapa web para la aplicación. Creación de un mapa web que incorpora las capas de datos capturados con el sistema "Límites Territoriales". Esto incluye las capas de información obtenidas durante la fase de descripción del área de estudio.

Paso 2: Diseño de la aplicación web. Análisis de los elementos visuales y funcionales para garantizar una presentación clara e intuitiva de los datos recopilados. para esto se eligió una de las diferentes plantillas de diseño con las que cuenta ArcGIS Instant Apps, se eligió el diseño básico que sirve para crear una aplicación para compartir rápidamente un mapa.

Paso 3: Configuración de la aplicación web. Ajuste de parámetros y de características para ofrecer una experiencia de usuario fluida y eficiente. Al proporcionar la dirección URL de la aplicación web en el botón "Ver Datos", los usuarios pueden acceder directamente a la representación visual de los datos capturados, contextualizados en el mapa web creado con ArcGIS Instant Apps.

Opción	Configuración	Descripción
Mapa	https://arcg.is/1G1f4r0	Mapa para mostrar en la aplicación.
Acerca de	Leyenda activada.	Leyenda para explicar los símbolos utilizados en el mapa.

Interactividad-navegar	explorar	Controles de zoom, botón de inicio, brújula, buscar botón de ubicación actual y barra de escala activados.	Herramientas para explorar y navegar en el mapa.
Interactividad-Modificar		Botón cambiar el mapa base y lista de capas activados.	Herramientas que modifican el mapa.
Interactividad – Compartir		Botón captura de pantalla, uso compartido y compartir en redes sociales activados.	Herramientas para compartir la aplicación.
Interactividad – Buscar		Botón buscar activado.	Herramienta para encontrar ubicaciones en el mapa basándose en parámetros de búsqueda especificados.
Tema		Tema oscuro, fuente de la aplicación verdana.	Tema de la aplicación.

Tabla 11. Configuración de la aplicación para visualizar los datos capturados. Elaboración propia.

Etapas 4. Manual de Usuario para el sistema de levantamientos topográficos

Para lograr la efectividad del uso del sistema, el manual de usuario describe los pasos para instalarlo. La instalación consiste en la descarga de la aplicación ArcGIS QuickCapture desde la app store de su dispositivo móvil, junto con el contenido del proyecto con la funcionalidad de cada botón. Se requiere inicio de sesión con ArcGIS Online en la aplicación ArcGIS QuickCapture. Escaneo de código QR o ingresar con el link y descargar el proyecto “Límites Territoriales”. El manual permite el acceso al contenido del proyecto ofreciendo la interfaz de usuario desarrollada a través del menú con las opciones de capturar fotografías georreferenciadas, seguir y registrar el movimiento de líneas, trazar polígonos y visualizar las nuevas capturas de límites territoriales.

URL del manual de usuario:

<https://drive.google.com/file/d/1MfAPCbsDMSP7Q5WG1BniUnDXHOK3WS29/view?usp=sharing>

3.2. Requerimientos del SIG móvil para levantamientos topográficos GNSS

Los requisitos del sistema se seleccionaron con base en las necesidades del usuario y los requerimientos de un levantamiento topográfico GNSS, para ello se realizó:

- I. Investigación y análisis de requisitos. Revisión de normativas: Consultar estándares internacionales como ISO 19115 (metadatos geográficos) e ISO/IEC 27001 (seguridad de la información).
- II. Casos de uso: Entrevistar a topógrafos y analizar sistemas SIG móviles existentes para identificar necesidades y desafíos.
- III. Definición de requisitos de la base de datos. Campos clave: registro, nombre del trabajo, fecha y hora, lugar, observador, tipo y método del levantamiento,

- especificaciones de equipos, coordenadas, altura de la antena, fuente de energía, resumen satelital y observaciones. Estos conceptos aseguran una gestión organizada, trazabilidad, contexto geográfico, y precisión de los datos.
- IV. Evaluación de usabilidad. Escala de Usabilidad del Sistema de Brooke: Utilizar este cuestionario basado en ISO 9241-11 para obtener una medida cuantitativa de la usabilidad del sistema. Proporciona una evaluación efectiva y rápida de la percepción del usuario sobre el sistema.
 - V. Requisitos de hardware y software. Hardware: especificaciones para CPU, RAM, y GPU aseguran rendimiento adecuado para procesamiento de datos intensivo. Software: El uso del conjunto de software de ArcGIS asegura integración y compatibilidad con herramientas de análisis y visualización.
 - VI. Seguridad y Almacenamiento de Datos. ISO/IEC 27001: Implementar un sistema de gestión de la seguridad informática (SGSI) según este estándar para proteger datos contra accesos no autorizados y pérdidas. ISO 19115: Garantizar una descripción consistente y accesible de datos geográficos, facilitando la interoperabilidad.

Requerimientos de configuración de la base de datos

En esta etapa se realizó investigación para elaborar una tabla con los conceptos que se capturan en las bitácoras topográficas para generar la configuración de la base de datos de los datos a capturar.

CONCEPTO	ANOTACIÓN
Número de registro	Anotar el número consecutivo de la observación capturada.
Nombre del trabajo	Nombre asignado al trabajo, este nombre se asigna desde gabinete.
Fecha y hora	Fecha y hora de la realización del levantamiento
Lugar, municipio, estado	Nombre de la localidad donde se realiza el levantamiento incluido el municipio y estado.
Nombre del observador	Nombre del personal encargado del levantamiento.
Tipo de levantamiento	Tipo del levantamiento según sea el caso.
Método del levantamiento	Método empleado para el levantamiento, según sea el caso.
Marca, modelo y número de serie del dispositivo	Marca, modelo y número de serie del dispositivo receptor de ubicación.
Marca, modelo y número de serie de la antena	Marca, modelo y número de serie de la antena.

Coordenadas	Ingresar las coordenadas con las que se posiciona el sensor de ubicación, latitud “N”, longitud “W” y Altura “m”, adicionalmente se agregara la precisión horizontal y vertical con la que se está geoposicionando el sensor de ubicación. En el caso de las líneas y polígonos capturados se anotará el número de posiciones de referencia con las que se trazó la línea o polígono, la precisión horizontal y vertical promedio y la peor y mejor precisión horizontal, así como vertical con la que se posiciono el sensor de ubicación.
Equipo GPS	Se anotará los números de serie del Receptor y Antena (cuatro últimos dígitos).
Altura de la antena	Se ingresa la altura medida a la que se encuentra la antena.
Fuente de energía	El tipo de energía utilizada.
Resumen de rastreo satelital	Citar el número de satélites captados.
Observaciones y reporte de problemas	Información adicional que apoye lo descrito en el formato y que puede ser útil para el proceso de la información.

Tabla 12. Campos que se capturan en una bitácora de levantamientos topográficos. Elaboración propia. Fuente: [50], [51] y [52].

Requerimientos de usabilidad del SIG móvil

Para comprobar la usabilidad del sistema se usó la escala de usabilidad elaborada por Brooke, la cual consta de 10 ítems (5 ítems positivos y 5 ítems negativos) con un sistema de puntuación de 5 puntos (desde “Totalmente de acuerdo” hasta “Totalmente en desacuerdo”) y un algoritmo rápido de puntuación en una escala de porcentaje del 0 al 100. La construcción de los ítems se originó a partir de la definición de usabilidad basada en el ISO 9241-11 [53]. La puntuación de usabilidad se da en una escala del 0 al 100. Con este cuestionario se puede obtener una medición de la percepción de la usabilidad de un sistema en un tiempo reducido.

Cada enunciado tendrá una respuesta en la escala de Likert, que equivaldrá a 1, 2, 3, 4 o 5, en función de la respuesta. Para evaluar las respuestas se suma la respuesta de los ítems impares (1, 3, 5, 7 y 9) y se resta a esa cantidad 5 unidades. Posteriormente se suma la respuesta de los ítems pares (2, 4, 6, 8 y 10) y se resta ese total a 25. Finalmente se suman los resultados anteriores y se multiplican por 2.5 [54].

Número de ítem	Ítems
1	Me gustaría usar con frecuencia este sistema.
2	Encontré este sistema innecesariamente complejo.
3	Pienso que el sistema es fácil de usar.
4	Creo que necesitaré el apoyo de personal técnico para poder utilizar este sistema
5	Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas.
6	Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.
7	Me imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.
8	Encontré el sistema muy difícil de usar.
9	Me sentí muy confiado (seguro) al utilizar el sistema.
10	Necesitaré aprender muchas cosas antes de poder utilizar este sistema.

Tabla 13. Cuestionario de la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS). Elaboración propia. Fuente: [53].

Requerimientos de hardware para la creación del SIG móvil

La Tabla 14 proporciona un desglose de los requisitos de hardware necesarios para el desarrollo SIG móvil. Se presentan tres niveles de especificaciones: mínimo, recomendado y óptimo, que permiten evaluar la capacidad necesaria en términos de almacenamiento (ROM), memoria RAM, CPU y GPU. Esta tabla es fundamental para asegurar que el desarrollo del sistema cuente con los recursos técnicos adecuados, lo cual impacta directamente en el rendimiento y la eficiencia del proyecto.

Atributo	Mínimo	Recomendado	Óptimo
ROM	250 GB	500 GB	1 TB
RAM	8 GB	16 GB	32 GB

CPU	intel(R) core (TM) i7 M620 2.67 GHz	AMD Ryzen™ 5 5600G Desktop Processor (6-core/12-thread, 19MB cache, up to 4.4 GHz max boost)	AMD Ryzen 5 7600X
GPU	Intel(R) HD Graphics (Core i7)	NVIDIA® GeForce® GTX1660TI 6GB GDDR6: 2x DP, 2x HDMI	Nvidia RTX 4070

Tabla 14. Requerimientos de hardware para la creación del SIG móvil. Elaboración propia.

Requerimientos de software para la creación del SIG móvil

En la tabla 15 se detalla los requisitos de software necesarios para la creación de un SIG móvil, enumerando las herramientas y entornos de desarrollo específicos, junto con sus versiones. Esta tabla abarca desde programas utilizados para la gestión de mapas web y bases de datos hasta aplicaciones para el desarrollo de encuestas de usabilidad. Contar con estos programas asegura un entorno de desarrollo robusto y alineado con las necesidades del proyecto.

Descripción	Programa	Versión
Entorno de desarrollo para la aplicación nativa.	ArcGIS QuickCapture	Online
Entorno de desarrollo para los mapas web, y base de datos.	ArcGIS Online	Online
Entorno de desarrollo para aplicaciones web centradas en mapas.	ArcGIS Instant Apps	Online
Entorno de desarrollo para integrar funciones SIG de Escritorio al SIG móvil.	ArcGIS Web AppBuilder	Online
Entorno de desarrollo para Crear la Encuesta de Usabilidad del Sistema.	ArcGIS Survey 123	Online
Sistema Operativo	Multiplataforma	La más actual posible
Navegador	Recomendado: Google Chrome, Brave, Microsoft Edge, Firefox y Safari	De acuerdo con el sistema operativo

Tabla 15. Requerimientos de software para el desarrollo del SIG móvil. Elaboración propia.

Requerimientos de hardware para uso del SIG móvil

La Tabla 16 muestra los requerimientos de hardware necesarios para el uso del SIG móvil, detallando las especificaciones mínimas, recomendadas y óptimas. Se incluyen atributos como almacenamiento (ROM), memoria RAM, cámara, precisión de la antena GNSS o GPS, CPU, GPU y conectividad. Esta información es fundamental para garantizar que los usuarios

puedan disfrutar de una experiencia óptima al utilizar el SIG móvil.

Atributo	Mínimo	Recomendado	Óptimo
ROM	2 GB.	16 GB.	32 GB.
RAM	2 GB	6 GB	8 GB
Cámara	16 megapíxeles	64 megapíxeles	64 megapíxeles
Precisión Antena GNSS o GPS	100 M.	1-2 M.	Menor a 1 CM.
CPU	Snapdragon 430 Qualcomm	Helio P22 Qualcomm Snapdragon 765G MediaTek Dimensity 700 5G	A17 Pro Apple Dimensity 9200 Plus MediaTek Snapdragon 8 Gen 2 Qualcomm.
GPU	Adreno 509 PowerVR GE8320	IMG GE8320 ARM Mali G57 MC2	Apple GPU Adreno 740
Conectividad Bluetooth	4.2	5.1	5.3
Giroscopio	NA	NA	NA

Tabla 16. Requerimientos de hardware para el uso del SIG móvil. Elaboración propia

Requerimientos de software para uso del SIG móvil

La Tabla 17 especifica los requerimientos de software para la utilización del SIG móvil. Se describen las aplicaciones necesarias y sus versiones, incluyendo programas para realizar levantamientos topográficos, edición, análisis, y evaluación de datos. Además, se detalla la compatibilidad con sistemas operativos y navegadores, asegurando que el usuario cuente con el entorno adecuado para el uso pleno del SIG móvil.

Descripción	Programa	Versión
Aplicación nativa para realizar los levantamientos topográficos con GNSS o GPS, y en lazar con las aplicaciones web de edición, análisis. Visualización y evaluación de los datos topográficos	ArcGIS QuickCapture	1.17.47
Aplicación web para editar los datos topográficos.	ArcGIS Web AppBuilder	Online
Aplicación web para analizar los datos topográficos.	ArcGIS Web AppBuilder	Online
Aplicación web para visualizar los datos adjuntos.	ArcGIS Instant Apps	Online
Aplicación Web para visualizar los datos capturados con el SIG móvil.	ArcGIS Instant Apps	Online
Aplicación Web para Evaluar la usabilidad del SIG móvil.	ArcGIS Survey 123	Online y 3.18.145
Sistema Operativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Windows 2. Android 3. iOS 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 11 Pro y 11 Enterprise (64 bits) 10 Pro y 10 Enterprise (64 bits) 2. 6.0 Marshmallow o posterior (ARMv7 32 bits y ARMv8 64 bits) 3. 13 o posterior (64 bits)
Navegador	Recomendado: Google Chrome, Brave, Microsoft Edge, Firefox y Safari	De acuerdo al sistema operativo

Tabla 17. Requerimientos de software para el uso del SIG móvil. Elaboración propia.

Requerimientos de seguridad de los datos almacenados en el SIG móvil

ISO/IEC 27001 es el estándar más reconocido a nivel mundial para los sistemas de gestión de seguridad de la información (SGSI). Define los requisitos que deben cumplir los SGSI.

Esta norma proporciona orientación a empresas de todos los tamaños y sectores sobre cómo establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de seguridad de la información.

ISO/IEC 27001 fomenta un enfoque integral de la seguridad de la información, que abarca aspectos como las personas, las políticas y la tecnología. Un SGSI implementado según este estándar se convierte en una herramienta valiosa para la gestión de riesgos, la ciberresiliencia y la excelencia operativa [49].

Requerimientos de almacenamiento de los datos en el SIG móvil

En términos de almacenamiento de datos en el SIG móvil, se requiere cumplir con los estándares ISO 19115 [47] e ISO/TS 19139-1:2019 [48] para describir la información y los servicios geográficos mediante metadatos. Estos estándares son aplicables a la catalogación de recursos, actividades del centro de compensación, y la descripción completa de conjunto de datos y servicios geográficos digitales. Establecen secciones de metadatos obligatorias y condicionales, así como elementos de metadatos mínimos necesarios para diversas aplicaciones de metadatos. También permiten elementos opcionales para una descripción más extensa de los recursos, si es necesario, y proporcionan un método para ampliar los metadatos según necesidades especializadas. Aunque se aplican principalmente a datos y servicios digitales, sus principios pueden extenderse a otros tipos de recursos, como mapas, gráficos y documentos textuales. Además, ISO/TS 19139-1:2019 define reglas de codificación basadas en XML para esquemas conceptuales que describen recursos geográficos, lo que permite la interoperabilidad y el intercambio de datos entre diferentes sistemas y plataformas [48].

3.3. Diseño de la interfaz del SIG móvil para levantamientos topográficos con GNSS “TopoSIG”

Para desarrollar el diseño de la interfaz de la aplicación nativa se eligió ArcGIS QuickCapture ya que es una herramienta que permite desarrollar proyectos de captura de datos en campo utilizando GNSS. Aunque tiene limitaciones en cuanto a diseño de la interfaz, una de sus ventajas es que se pueden integrar vínculos en la aplicación para agregar otras funciones. El diseño de la interfaz se apegó acorde con los requerimientos para este proyecto y se dividió en tres módulos: módulo 1. Trabajo de campo, módulo 2. Trabajo de gabinete y módulo 3: Soporte y Evaluación.

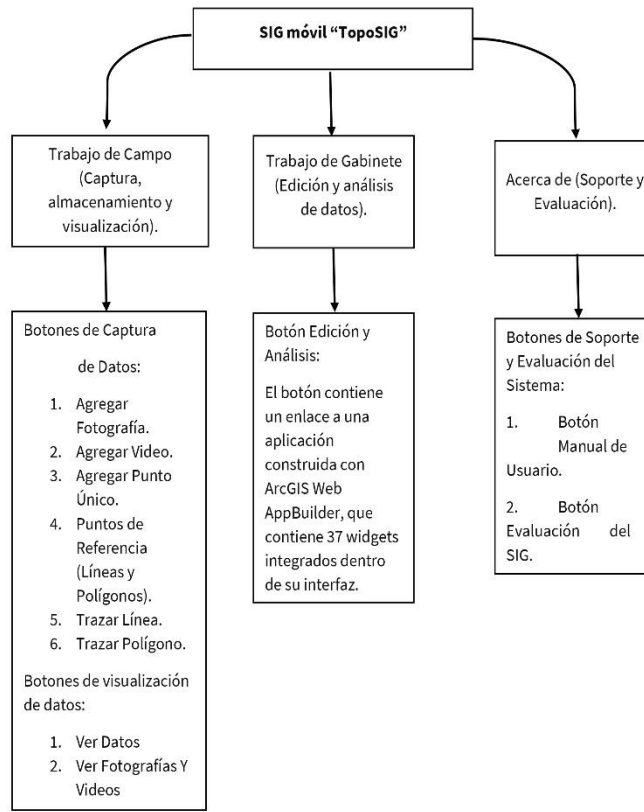


Ilustración 6. Diagrama de bloques de las etapas de diseño de la interfaz del SIG móvil TopoSIG.

Módulo 1. Trabajo de Campo

Este apartado se compone de ocho botones que sirven para realizar el trabajo de campo durante el levantamiento topográfico (ver ilustración 7). Los botones específicos para la captura de los datos topográficos son:

1. Agregar Fotografía: Permite capturar y almacenar fotografías georreferenciadas en el SIG móvil.
2. Agregar Video: Permite grabar y almacenar videos georreferenciados.
3. Agregar Punto Único: Facilita la captura de un punto específico con sus coordenadas GNSS.
4. Puntos de Referencia (Líneas y Polígonos): Envía la ubicación actual en tiempo real para su seguimiento y análisis.
5. Trazar Línea: Permite dibujar líneas sobre el mapa para representar caminos, límites, etc.
6. Trazar Polígono: Facilita la creación de polígonos en el mapa para definir áreas de interés.

Además, hay dos botones adicionales para la visualización de datos (ver ilustración 8):

7. Ver Datos: Enlaza con una aplicación web creada en ArcGIS Instant Apps que muestra los datos capturados en un mapa. El diseño seleccionado para esta aplicación web es el diseño básico.
8. Ver Fotografías y Videos: Enlaza con una aplicación web centrada en ver las fotografías y videos capturados dentro de un mapa. El diseño seleccionado es el de "Visor de Adjuntos".

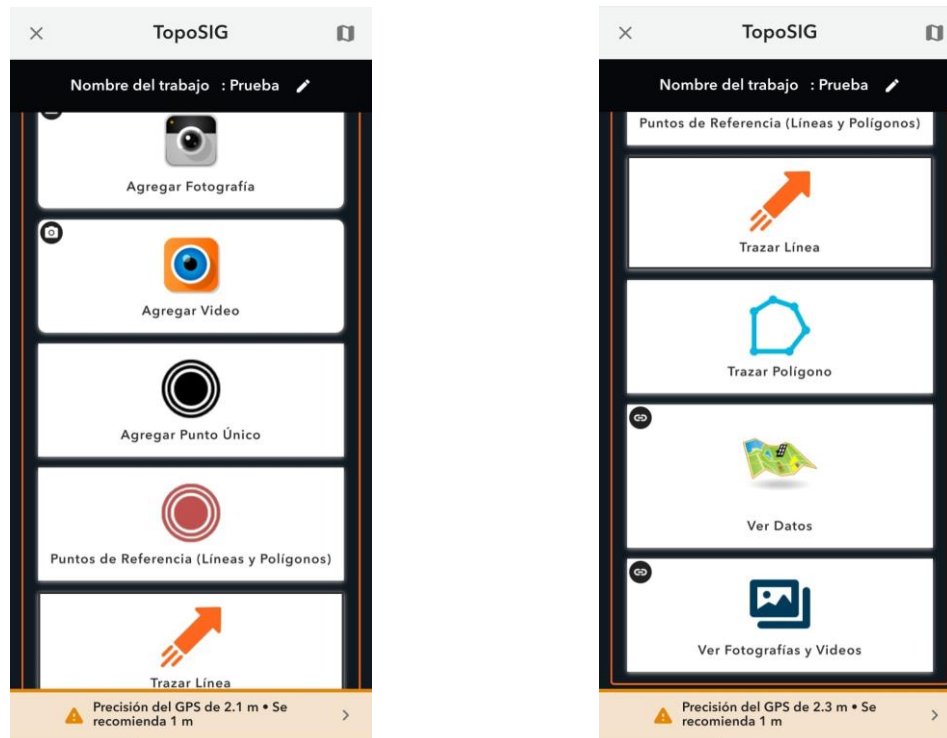


Ilustración 7. Diseño de la interfaz para el trabajo de campo a) "Botones para la captura de datos" y b) "Botones para la visualización de datos".

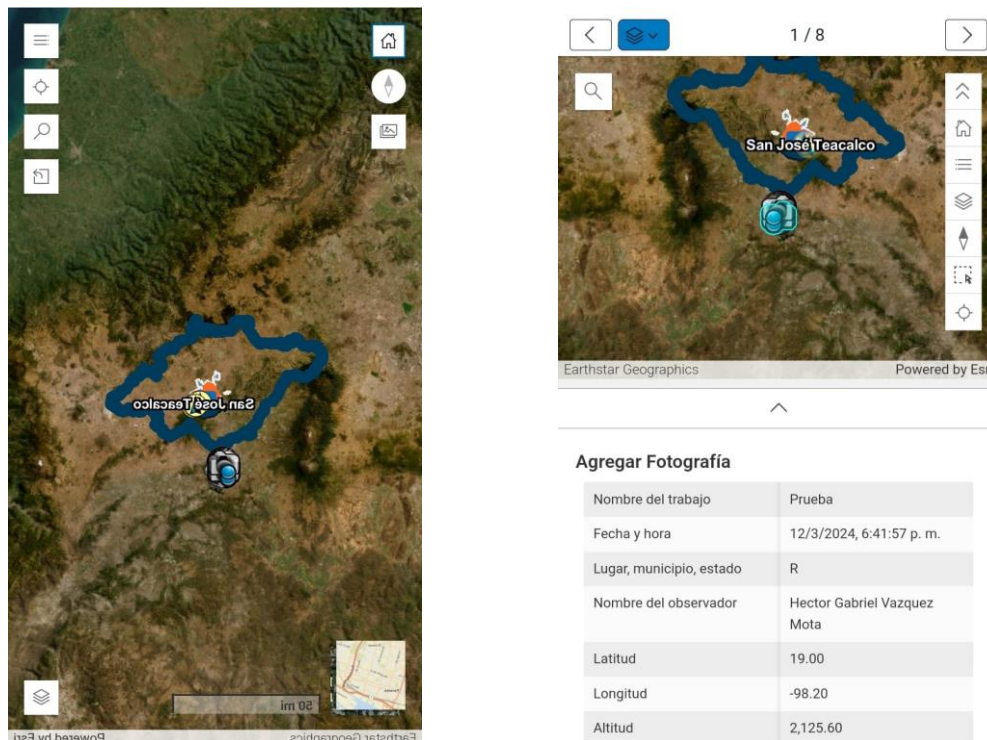


Ilustración 8. Diseño de la aplicación web a) Botón "Ver Datos" y b) Botón "Ver Fotografías y Videos".

Módulo 2. Trabajo de Gabinete

Este contenedor incluye un botón (ver ilustración 10) que enlaza con la aplicación web desarrollada para la edición y el análisis de los datos topográficos capturados con el SIG móvil.

1. Análisis y Edición: Redirige a una aplicación web desarrollada en ArcGIS Web AppBuilder con el diseño "launchpad". Esta aplicación incluye una serie de widgets que permiten realizar diversas funciones de SIG de escritorio en la web (ver ilustración 9).



Ilustración 10. Diseño de la interfaz para el trabajo de gabinete.

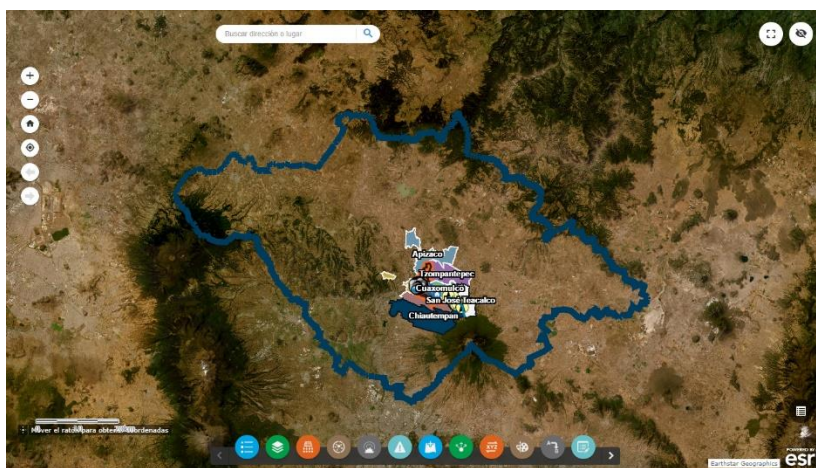


Ilustración 9. Diseño de la aplicación web contenida en el botón "Análisis y Edición".

Módulo 3. Acerca de (Soporte y Evaluación)

El contenedor de botones "Acerca de" incluye dos botones (ver ilustración 11):

1. Manual de Usuario: Permite descargar un archivo PDF con las instrucciones para usar el sistema.
2. Encuesta de Usabilidad: Redirige a una encuesta web creada con ArcGIS Survey123 para evaluar la usabilidad del SIG móvil.



Ilustración 11. Diseño de la interfaz del contenedor de botones “Acerca de

Capítulo IV. Resultados

4.1. Límites oficiales vs. límites reales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala

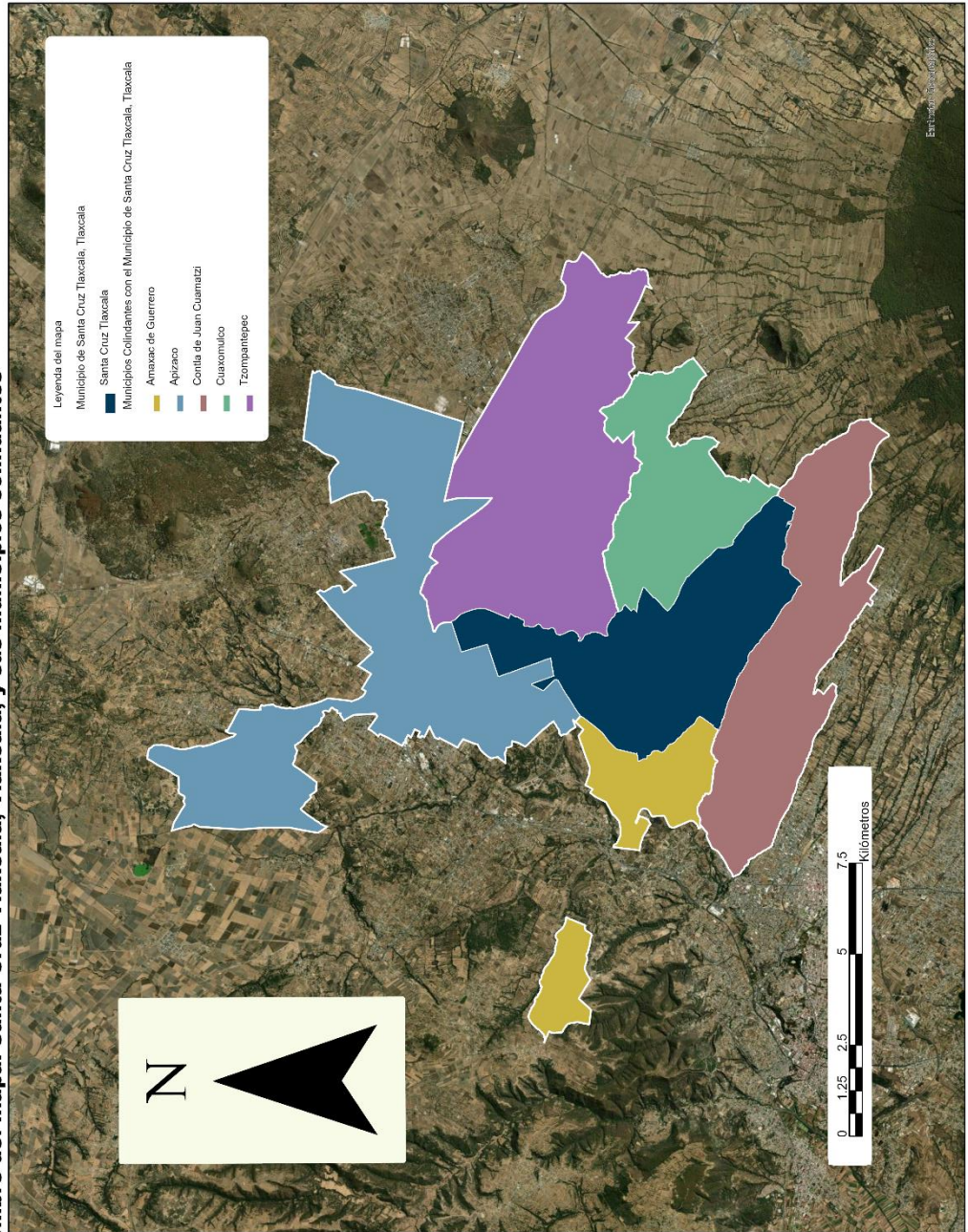
La verificación de la concordancia entre el límite municipal oficial y la realidad en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, se llevó a cabo mediante la obtención de un mapa a través de la creación del sistema móvil de levantamientos topográficos llamado “Límites Territoriales” y con la realización de un levantamiento topográfico general expeditivo en el sitio. En este mapa, se observó que una parte de los límites oficiales del municipio no coincide con la situación real del límite municipal.

La generación de este mapa se basó en la información sobre los límites municipales del Estado de Tlaxcala, proporcionada por el INEGI en el Marco Geoestadístico Nacional de diciembre de 2022. Además, se utilizaron datos topográficos que incluyeron la ubicación de algunas mojoneras y el lindero de propiedad del municipio, marcados mediante el amojonamiento. Estos datos se recopilaron mediante un levantamiento topográfico general expeditivo, utilizando un sistema específico para levantamientos topográficos GNSS integrado en la aplicación ArcGIS QuickCapture.

Durante el trabajo de gabinete, se realizó el llenado de las variables de entrada de cada captura realizada. Además, se llevó a cabo la elaboración de un mapa temático en versión web y de imprenta utilizando los softwares ArcGIS Pro y ArcGIS Online. Este mapa fue confeccionado con la intención de visualizar la problemática relacionada con la división política en los límites territoriales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala. El mapa integró los límites oficiales del municipio proporcionados por el INEGI a través del Marco Geoestadístico Nacional de diciembre del año 2020, junto con los límites reales obtenidos a través del levantamiento topográfico previamente mencionado. Para la confección del límite real del municipio se utilizó los puntos capturados en el trabajo de campo para crear una nueva capa de tipo línea a partir de estos. En las variables de la base de datos para esta nueva capa, se resumió la bitácora del levantamiento de los puntos de referencia utilizados para la línea trazada. El límite obtenido con el levantamiento topográfico GNSS expeditivo está referenciado con 1607 puntos, el resultado de la bitácora topográfica para la nueva capa de tipo línea creada a partir de los puntos de referencia se encuentra en la Tabla 18.

Se identificaron en el mapa los municipios con los cuales existe problemática directa respecto a su división política, de acuerdo con el levantamiento topográfico realizado. La representación gráfica de los límites territoriales, tanto oficiales como reales, junto con la identificación de municipios con problemas de demarcación política, ofrece una herramienta visual valiosa para comprender la situación actual de los límites territoriales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala.

Nombre del mapa: Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, y sus municipios colindantes





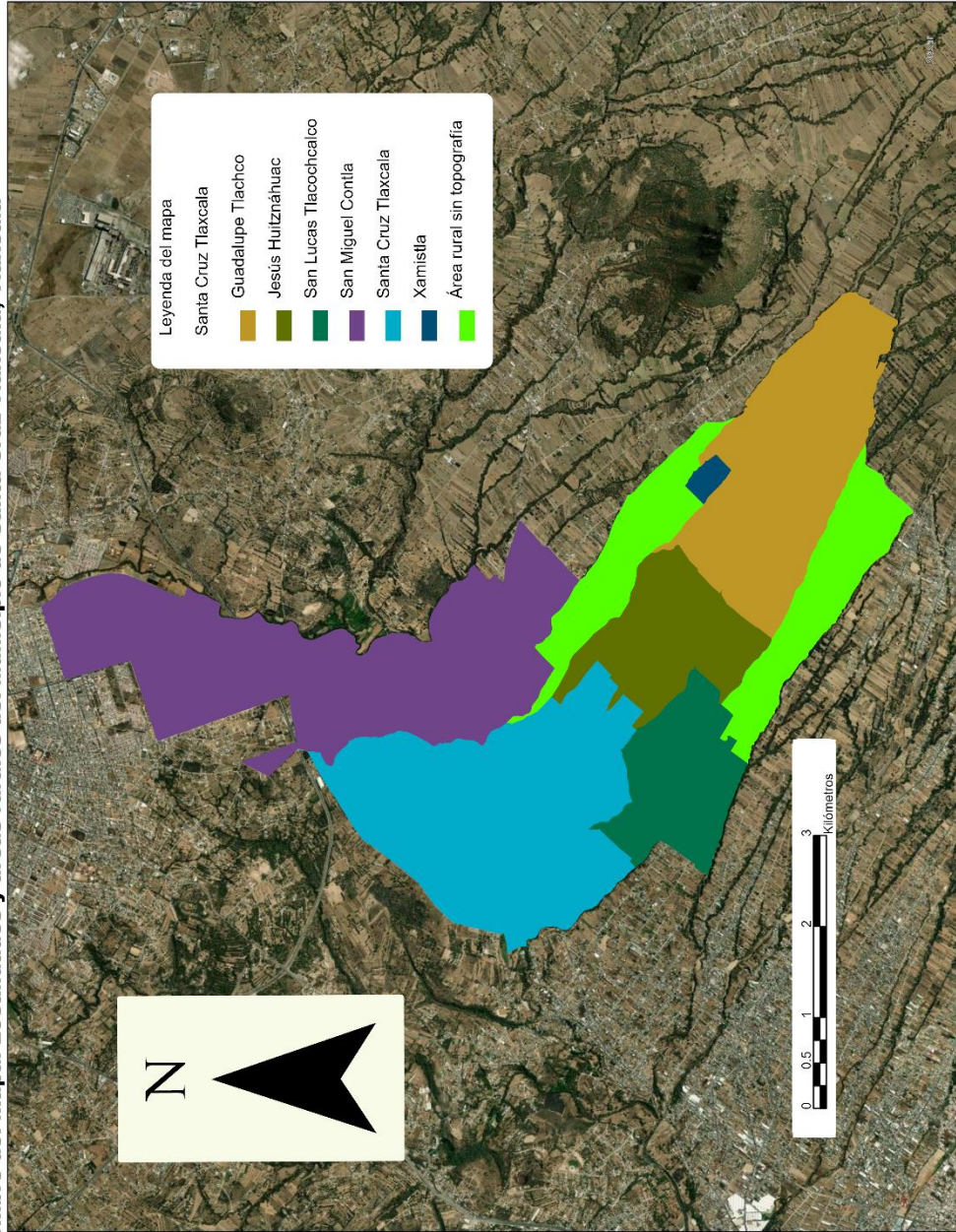
<p>Estado de Tlaxcala</p> 	<p>Descripción: En este mapa se observa el área territorial del Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, y sus municipios colindantes Amaxac de Guerrero, Apizaco, Conita de Juan Cuamatzi, Cuaxomulco y Tzompantepec.</p>
<p>Referencia espacial Nombre: WGS 1984 UTM Zone 14N PCS: WGS 1984 UTM Zone 14N GCS: GCS WGS 1984 Datum: WGS 1984 Proyección: Transverse Mercator Escala: 1:100,000</p>	
<p>Fuente: Marco geostadístico nacional, INEGI, diciembre 2022.</p>	
<p>Créditos: Hector Gabriel Vazquez Mota, licenciado en gestión de ciudades inteligentes y transiciones tecnológicas.</p> 	

Ilustración 12. Mapa de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala y sus municipios colindantes. Elaboración propia.

Nombre del mapa: Localidades y áreas rurales del Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala



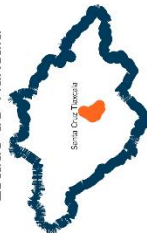

<p>Estado de Tlaxcala</p> 	<p>Descripción: Mapa que muestra las localidades del municipio de Santa Cruz Tlaxcala, así como sus áreas rurales, las cuales no cuentan con información topográfica ni con nombre oficial.</p>	<p>Referencia espacial Nombre: WGS 1984 UTM Zone 14N PCS: WGS 1984 UTM Zone 14N GCS: GCS WGS 1984 Datum: WGS 1984 Proyección: Transverse Mercator</p>	<p>Escala: 1:40,000</p> <p>Fuente: Marco geoestadístico nacional, INEGI, diciembre 2022 y conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica del estado de Tlaxcala, escala 1:250,000, INEGI, última edición 2022.</p>	<p>Créditos: Hector Gabriel Vazquez Mota, licenciado en gestión de ciudades inteligentes y transiciones tecnológicas.</p> 
---	---	---	---	---

Ilustración 13. Mapa de las localidades del Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala. Fuente: Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica de Tlaxcala escala 1:250 000, última edición 2022. Elaboración propia.

Variable	Valor registrado
ObjectID	1
Número de Registro	1
Nombre del trabajo	Límites territoriales
Fecha	06/02/2023
Lugar, municipio, estado.	Chiautempan-San José Teacalco, Tlaxcala
Nombre del observador	Hector Gabriel Vazquez Mota
Tipo de levantamiento	General Expeditivo
Método del levantamiento	Cinemático
Marca, modelo y número de serie del dispositivo (receptor)	TCL, E20
Marca, modelo y número de serie de la antena	N/A
Precisión horizontal promedio (m.)	1.75
Precisión vertical promedio (m.)	4.02
Peor precisión horizontal (m.)	2.90
Peor precisión vertical (m.)	17.90
Mejor precisión horizontal (m.)	0.90
Mejor precisión vertical (m.)	3.10
Longitud (m.)	9097.12
Altura de la antena	1.1
Fuente de energía	4
Promedio de número de satélites en uso	25
Número de posiciones de referencia	1607
Observaciones y reporte de problemas	N/A

*Tabla 18. Resumen de la bitácora topográfica del límite obtenido con el levantamiento topográfico "Límites Territoriales".
Elaboración propia.*

Nombre del mapa: Comparación de límites oficiales contra límites reales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala

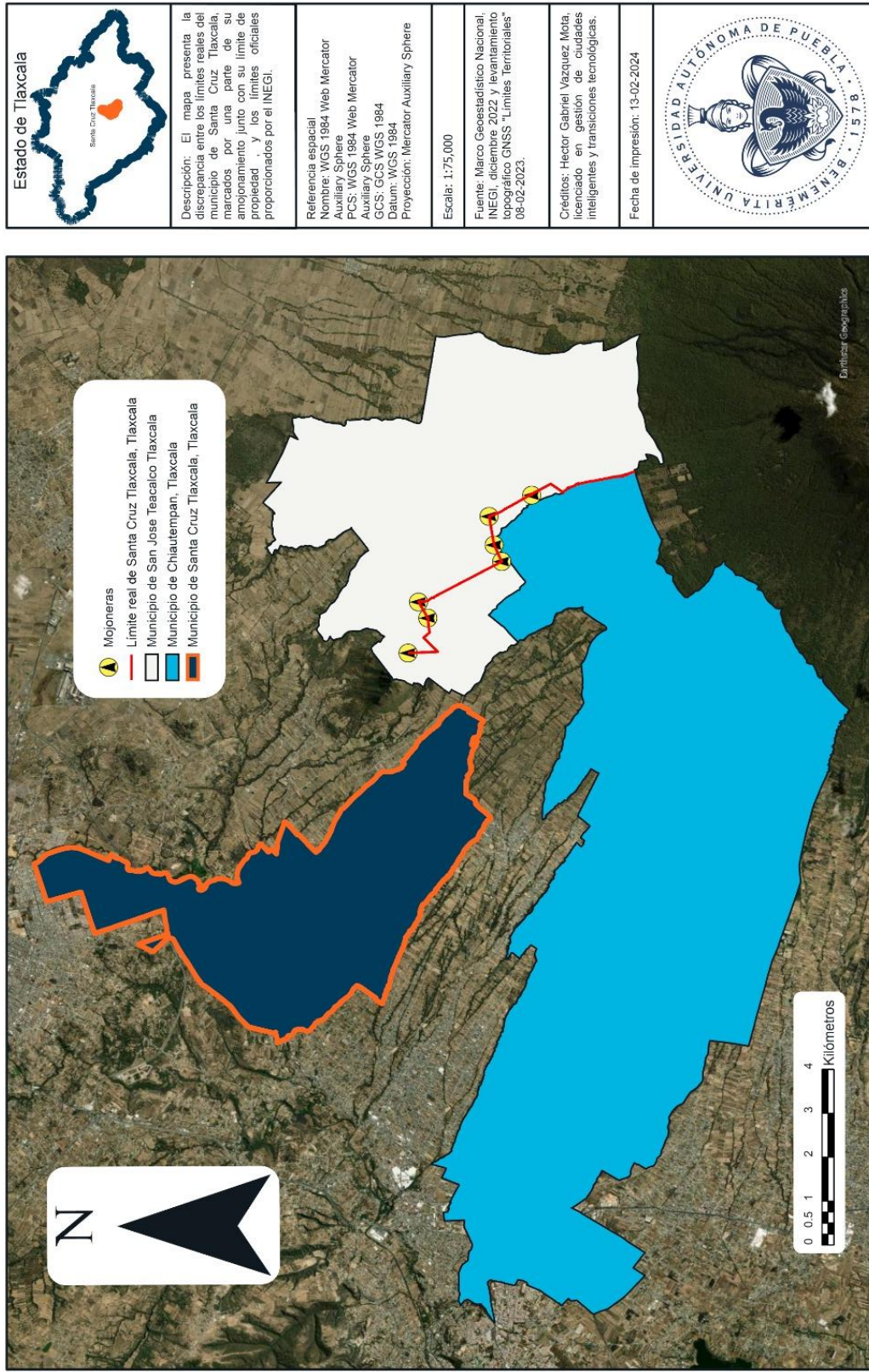


Ilustración 14. Versión imprenta del mapa de la comparación de límites oficiales contra los límites reales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala. Elaboración propia.

Ilustración 15. Versión web del mapa sobre la comparación de límites oficiales contra los límites reales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala. URL: <https://arcg.is/1GCaem2>.

4.2. Zonas rurales con caserío disperso gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala

Se elaboró un mapa web y un mapa para impresión utilizando ArcGIS Online y ArcGIS Pro respectivamente. En estos mapas se visualizó que el límite del área del área gestionada por el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, no coincide con el límite de su área total. Además, se observó que en parte del área que no es gestionada existe caserío disperso que está siendo administrados por el municipio colindante Cuaxomulco, Tlaxcala. Por lo tanto, se determinó que se requiere actualizar el límite territorial para regularizar la gestión de estas áreas.

Los insumos utilizados para la realización de estos mapas fueron los siguientes:

1. Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica escala 1:250 000 por entidad federativa (2021), Tlaxcala, última edición 2022.
2. Marco Geoestadístico Nacional, INEGI, diciembre 2022.
3. Software: ArcGIS Online, ArcGIS Pro.
4. Hardware: Laptop marca Dell modelo Latitude, memoria RAM 8 GB, sistema operativo Windows 8.1, Procesador Intel Core i7, Sistema de 64 bits.

La realización de los mapas consto de cuatro fases donde se utilizaron los insumos mencionados.

Fase 1. Obtención del área gestionada y no gestionada en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala. Durante este paso, se utilizó el conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica escala 1:250,000 por entidad federativa (2021), última edición 2022 [12], para extraer el área gestionada por el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala. Esta área incluye las localidades que componen el municipio y que cuentan con bienes y servicios proporcionados por el gobierno municipal. Por otro lado, también se utilizó el Marco Geoestadístico Nacional, INEGI diciembre 2022, para extraer el área total del municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala y obtener el área no gestionada del municipio, mediante la superposición de capas y la eliminación de entidades correspondientes a las áreas gestionadas.

Fase 2. Obtención del área geográfica de Cuaxomulco, Tlaxcala. En esta fase, se extrajo el área geográfica correspondiente a Cuaxomulco, Tlaxcala, del Marco Geoestadístico Nacional, INEGI, diciembre de 2022.

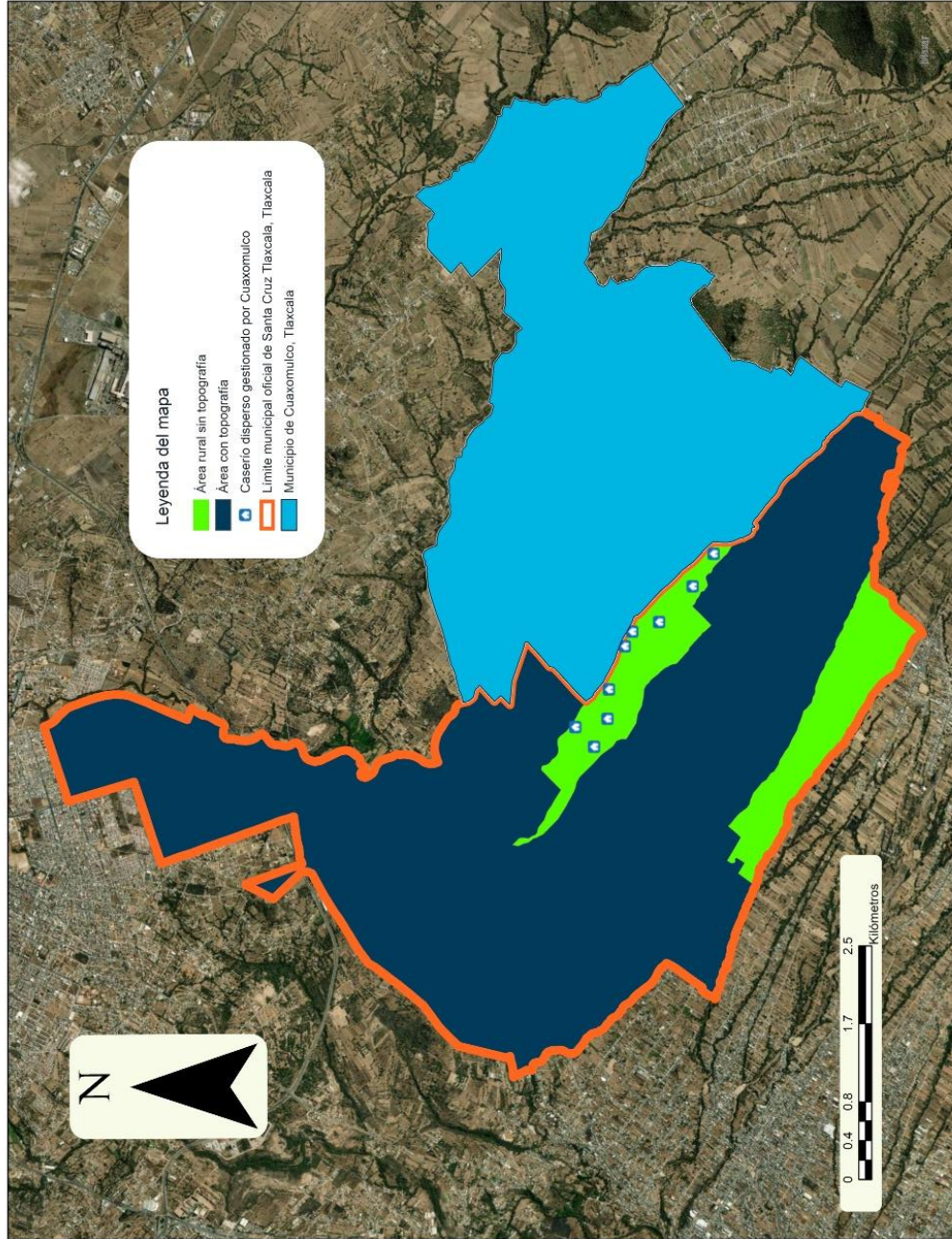
Fase 3. Ubicar Caserío Disperso. Durante este periodo se obtuvo un Shapefile con la ubicación del caserío disperso que hay en el Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, esta información se obtuvo del conjunto de datos geoestadísticos del estado de Tlaxcala, que se encuentra en el Marco Geoestadístico Nacional, INEGI, diciembre de 2022.

Fase 4. Creación del mapa web y de imprenta. En este mapa web y de imprenta se aprecia que hay áreas geográficas rurales en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, sin gestionar, donde se encuentran caseríos dispersos que están siendo administrados por el municipio colindante de Cuaxomulco, Tlaxcala. Este mapa sirvió para identificar la necesidad de actualizar los límites territoriales para regularizar la gestión de estas áreas.

The screenshot shows the ArcGIS web map interface for the map titled "Mapa 2 - Zonas rurales con caserío disperso gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala." The interface includes a search bar, navigation tabs (Descripción general, Precios, Mapa, Escena, Ayuda), and a search icon. The map thumbnail shows a rural area with a blue area representing the managed zone and a green area representing the dispersed caseríos. The map is created by hector.vazquezmot_al_fce and was last updated on February 12, 2024. The description states that the map visualizes the limit of the area managed by the municipality of Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, which does not coincide with the limit of its total area. Additionally, it is observed that in part of the area that is not managed, there are dispersed caseríos that are being administered by the neighboring municipality of Cuaxomulco, Tlaxcala. The layers list includes: Municipio de Cuaxomulco, Tlaxcala. - copia (Feature layer), Caserío disperso gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala. (Feature layer), and Área con gestión municipal. (Feature layer). The details section shows the map size (8.748 KB) and ID (19bd34c74b344e5c9f4e5445d7511c63). The map is owned by hector.vazquezmot_al_fce.

Ilustración 16. Mapa web de las zonas rurales con caserío disperso gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala. Elaboración propia. URL: <https://arcg.is/LSjiD>.

Nombre del mapa: Caserío disperso gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala





<p>Estado de Tlaxcala</p> 	<p>Descripción: El mapa presenta el área rural en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, sin topografía donde se encuentra ubicado caserío disperso que está siendo administrado por el municipio colindante Cuaxomulco.</p>	<p>Referencia espacial Nombre: WGS 1984 UTM Zone 14N PCS: WGS 1984 UTM Zone 14N GCS: GCS WGS 1984 Datum: WGS 1984 Proyección: Transverse Mercator</p>	<p>Escala: 1:40,000</p> <p>Fuente: Marco geostatístico nacional, INEGI, diciembre, 2022 y conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica del estado de Tlaxcala, escala 1:250,000, INEGI, última edición, 2022.</p>	<p>Créditos: Hector Gabriel Vazquez Mota, licenciado en gestión de ciudades inteligentes y transiciones tecnológicas.</p>	<p>Fecha de impresión: 13-02-2024</p> 
---	--	--	---	---	---

Ilustración 17. Mapa para impresión de las zonas rurales con caserío disperso gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala “que fundamentó la realización del SIG Móvil para Levantamientos Topográficos con GNSS o GPS en el Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala.

4.3. Desarrollo del sistema de información geográfica móvil

Mapa base

El mapa base fue desarrollado utilizando ArcGIS Online, una herramienta que facilita el alojamiento y la gestión de mapas web en la nube. Este mapa, titulado “Mapa Web para el SIG Móvil TopoSIG”, integra varias capas web que proporcionan un contexto geográfico completo del área de estudio (ver anexo 2).

El mapa base incluye, además, las capas generadas a partir del levantamiento topográfico general expeditivo realizado en el estudio preliminar. También se incorporan capas que representan las variables seleccionadas para ser capturadas mediante el SIG móvil. Este enfoque permite a los usuarios visualizar y analizar de manera eficiente la información geoespacial, optimizando la toma de decisiones en el contexto del SIG móvil.

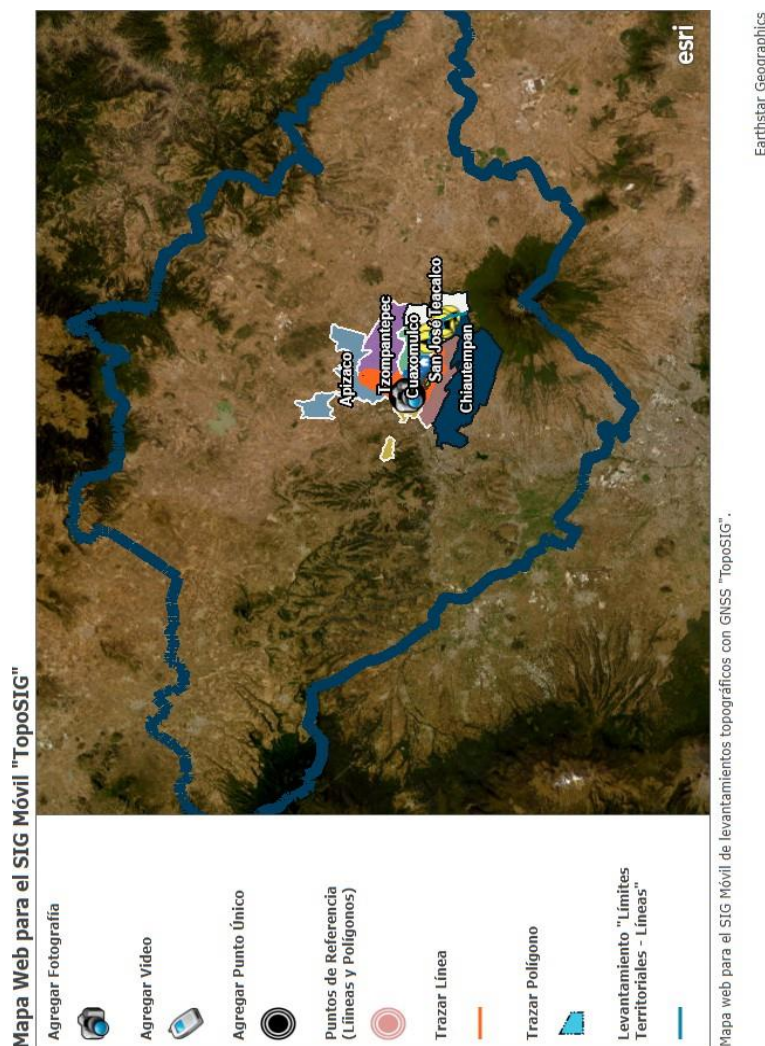


Ilustración 18. Mapa web para el SIG móvil “TopoSIG”. Elaboración propia. URL del mapa: <https://arcg.is/HPmar0>.

Configuración del proyecto

Variable	Configuración	Descripción
Color de fondo	Hex # 101820	Color del fondo de la interfaz del sistema.
Precisión horizontal recomendada	1 m.	El sistema móvil mostrará una advertencia en caso de no cumplir con este umbral de precisión.
Precisión horizontal requerida	100 m.	El sistema móvil impedirá la captura de datos si no se cumple con este umbral de precisión.
Umbral de distancia	0 m.	Distancia mínima recorrida desde el último punto o vértice antes de que sea posible capturar otro. Se aplica a la captura de puntos de transmisión, recorridos, líneas o polígonos.
Permitir ediciones de ubicación	Activados (límite de tiempo 20 segundos).	Permite editar la ubicación de los puntos capturados en un plazo de tiempo de 20 segundos.
Tamaño de la foto	1280 px.	El tamaño en px se refiere al borde más largo de la imagen redimensionada
Formato de notación de coordenadas	Proyección universal transversal de Mercator (UTM)	Formato de coordenadas del proyecto.

Tabla 19. Configuración del proyecto. Elaboración propia.

Configuración de las capas del proyecto

Las capas del proyecto fueron creadas para alojar puntos, líneas y polígonos respectivamente. En cada una de estas capas se agregaron diferentes variables que suelen registrarse en un levantamiento topográfico, conforme a los requerimientos del sistema especificados anteriormente.

Nombre de la capa	URL de la capa
Agregar Fotografía	https://services3.arcgis.com/Oye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/0
Agregar Video	https://services3.arcgis.com/Oye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/1
Agregar Punto Único	https://services3.arcgis.com/Oye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/2
Puntos de Referencia (Líneas y Polígonos)	https://services3.arcgis.com/Oye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/3
Trazar Línea	https://services3.arcgis.com/Oye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/4
Trazar Polígono	https://services3.arcgis.com/Oye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/5

Tabla 20. Configuración de las capas del proyecto. Elaboración propia.

Configuración del mapa del proyecto

Variable	Configuración	Descripción
Mapa	Mapa web para el SIG móvil "TopoSIG".	Mapa base creado para el SIG móvil TopoSIG. URL del mapa: https://arcg.is/HPmar0
Mostrar en Tablet	Activado	Muestra los botones y el mapa en paralelo.

Tabla 21. Configuración del mapa del proyecto. Elaboración propia.

Configuración de los detalles del proyecto

Variable	Configuración
Logotipo del proyecto	
Título del proyecto	TopoSIG
Correo electrónico de recuperación de datos	hector.vazquezmot@alumno.buap.mx
Resumen	Sistema de información geográfica móvil para levantamientos topográficos en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, en el estado de Tlaxcala.
Condiciones de uso	<p>Fecha de entrada en vigor: [25-02-2024]</p> <p>Por favor, lea detenidamente los siguientes términos y condiciones antes de utilizar el sistema de levantamientos topográficos "TopoSIG". Al acceder y utilizar el sistema, usted acepta estar sujeto a estos términos.</p> <ol style="list-style-type: none"> Licencia de Uso: Le otorgamos una licencia no exclusiva, intransferible y limitada para utilizar el sistema "TopoSIG" de acuerdo con estos términos. Restricciones de Uso: No está permitido realizar ingeniería inversa, modificar, distribuir, sublicenciar o intentar acceder de manera no autorizada al sistema "TopoSIG". Cualquier utilización no autorizada será penalizada ante las autoridades competentes. Actualizaciones y Cambios: Nos reservamos el derecho de actualizar y cambiar "TopoSIG" sin previo aviso. Responsabilidades del Usuario: Usted es responsable de mantener la confidencialidad de sus credenciales de acceso y de cualquier actividad que ocurra en el sistema. No debe utilizar el sistema para realizar actividades ilegales o dañinas. Terminación del Servicio: Nos reservamos el derecho de suspender o terminar su acceso al sistema "TopoSIG" por incumplimiento de estos términos o por cualquier motivo sin previo aviso. Propiedad Intelectual: El sistema "TopoSIG" y todos los derechos de propiedad intelectual asociados son propiedad exclusiva de Hector Gabriel Vazquez Mota. Limitación de Responsabilidad: No seremos responsables por daños directos, indirectos, incidentales o consecuentes resultantes del uso del sistema "TopoSIG". <p>Al utilizar el sistema "TopoSIG", usted acepta cumplir con estos términos. Si no está de acuerdo con alguno de estos términos, no utilice el sistema.</p> <p>Para cualquier pregunta o inquietud, comuníquese con nosotros al correo hector.vazquezmot@alumno.buap.mx</p> <p>Gracias por utilizar el sistema "TopoSIG".</p>

Tabla 22. Configuración de los detalles del proyecto. Elaboración propia.

Configuración de los botones de captura de datos para el trabajo de campo

La configuración de las funciones de captura integradas en los botones Agregar Fotografía, Agregar Video, Agregar Punto, Transmitir Ubicación, Trazar Línea y Trazar Polígono se realizó mediante la creación de seis capas vectoriales en ArcGIS Online. Estas capas se distribuyen de la siguiente manera: cuatro capas vectoriales de puntos, una capa de líneas y otra de polígonos.

Cada botón tiene una configuración específica que incluye:

- Botones para Captura de Multimedia (Agregar Fotografía/Video): Permiten almacenar imágenes y videos capturados en campo, con datos como nombre del trabajo, ubicación, nombre del observador y coordenadas geográficas (latitud, longitud, altitud).
- Botón “Agregar Punto Único”: Registra observaciones puntuales, capturando información detallada como tipo y método de levantamiento, equipo utilizado (marca y modelo), precisiones, y número de satélites en uso.
- Botón “Puntos de Referencia (Líneas y Polígonos)”: Similar al de puntos únicos, pero enfocado en enviar la posición en tiempo real. Registra latitud, longitud, altitud y precisiones del dispositivo y la antena.
- Botón “Trazar Línea”: Permite capturar datos lineales, registrando las precisiones horizontal y vertical, longitud de la línea, y datos de inicio y fin del levantamiento.
- Botón “Trazar Polígono”: Captura áreas geográficas, incluyendo datos de precisión, perímetro y área del polígono, y observaciones adicionales.

Estas configuraciones (ver anexo 3) facilitan la captura de datos precisos, mejoran el seguimiento de los levantamientos y documentan los procesos de recolección de información de manera efectiva.

Configuración de las botones de visualización de datos para el trabajo de campo

La configuración de las funciones de visualización de datos contenidas en los botones “Ver Datos” y “Ver fotografías y Videos”, tienen asociada una aplicación web diseñada y desarrollada específicamente con ArcGIS Instant Apps y ArcGIS Online. El botón “Ver datos” cuenta con una aplicación web creada para la visualización de los datos capturados en conjunto con los mapas obtenidos del estudio preliminar. El botón “Ver Fotografías y Videos” contiene una aplicación web centrada en la visualización de los datos adjuntos de fotografías y videos junto con los mapas resultantes del estudio preliminar.

Configuración del Botón "Ver Datos"

La configuración de este botón consiste en la dirección URL (<https://arcg.is/1WfGjL0>) de la aplicación web desarrollada mediante ArcGIS Instant Apps y ArcGIS Online. Al proporcionar la dirección URL de la aplicación web en el botón "Ver Datos", los usuarios pueden acceder directamente a la representación visual de los datos capturados, contextualizados en el mapa web creado con ArcGIS Instant Apps.

Opción	Configuración	Descripción
Mapa	https://arcg.is/1L5aLPO	Mapa para mostrar en la aplicación.
Acerca de	Leyenda activada	Leyenda para explicar los símbolos utilizados en el mapa.
Interactividad- explorar navegar	Controles de zoom, botón de inicio, brújula, buscar botón de ubicación actual, deshabilitar desplazamiento y barra de escala activados.	Herramientas para explorar y navegar en el mapa.
Interactividad-Modificar	Botón cambiar el mapa base y lista de capas activados.	Herramientas que modifican el mapa.
Interactividad – Compartir	Botón captura de pantalla, uso compartido, incluir opciones de integración y compartir en redes sociales activados.	Herramientas para compartir la aplicación.
Interactividad – Buscar	Botón buscar activado.	Herramienta para encontrar ubicaciones en el mapa basándose en parámetros de búsqueda especificados.
Tema y Diseño	Tema claro, fuente de la aplicación Arial.	Tema de la aplicación.

Tabla 23. Configuración de la aplicación contenida en el botón "Ver Datos". Elaboración Propia.



Ilustración 19. Aplicación web del botón "Ver Datos". Elaboración propia.

Configuración del botón “Ver fotografías y Videos”

La configuración del botón para ver fotografías y videos consiste en una URL <https://arcg.is/1CXueb3> que contiene una aplicación web construida con ArcGIS Instant Apps y ArcGIS Online. Esta aplicación web permite presentar las fotos y videos almacenados como datos adjuntos dentro del SIG móvil TopoSIG presente. Este diseño está centrado en la visualización de los archivos adjuntos capturados.

Opción	Configuración	Descripción
Nombre	Datos Adjuntos del TopoSIG	Nombre de la aplicación.
Mapa	Mapa web para el SIG Móvil “TopoSIG”.	Mapa base creado para el SIG móvil TopoSIG.
Acerca de – Detalles de la aplicación	Leyenda activada.	Leyenda para explicar los símbolos utilizados en el mapa.
Adjuntos	“Centrado en el mapa, ocultar panel de atributos, Mostrar solo entidades con adjuntos y resaltar capa activa” activados.	Configuración para la visualización de los datos adjuntos.
Interactividad – Modificar	Lista de capas, selección de entidades y edición de atributos activados.	Herramientas para modificar mapa.
Interactividad – Compartir	Uso compartido, compartir en redes sociales y descargas de imágenes activadas.	Herramientas para compartir aplicación.
Interactividad – Buscar	Buscar activado.	Encuentra ubicaciones en el mapa basándose en parámetros de búsqueda especificados.
Tema	Tema de fondo Claro Fuente Aria. Herramientas del mapa abiertas al inicio activadas.	Personalización del aspecto de la aplicación.

Tabla 24. Configuración del botón “Ver fotografías y Videos”. Elaboración propia.



Ilustración 20. Aplicación web contenida en el botón “Ver Fotografías y Videos”. Elaboración Propia.

Configuración del botón para el trabajo de gabinete

La configuración de la función para la edición y análisis contenida en el botón "Edición y Análisis" en el SIG móvil TopoSIG consistió en un URL (<https://arcg.is/1r15j80>) de una aplicación web creada con ArcGIS Web AppBuilder que incluye una serie de widgets y herramientas diseñadas para facilitar tanto la edición de datos geográficos como el análisis espacial (ver anexo 4). Los widgets permiten desde la edición y agregación de datos hasta análisis complejos, impresión de mapas y geobúsqueda. Las configuraciones de cada widget especifican opciones visuales, interactivas y de funcionalidad avanzada, como mediciones, impresión, dibujos y compartición de resultados, garantizando precisión y eficiencia en la gestión y visualización de la información geográfica.

Configuración de los botones de soporte y evaluación (Acerca de)

La configuración del módulo 3, destinada a las funciones de soporte y evaluación (Acerca de), incluidas en los botones "Manual de Usuario" y "Evaluación del SIG", consistió en integrar lo siguiente: para el botón "Manual de Usuario", una URL que enlaza a un archivo PDF donde se proporcionan instrucciones sobre las funciones de los botones de la interfaz del SIG móvil; y para el botón "Evaluación del SIG", una encuesta desarrollada con ArcGIS Survey123 que contiene el instrumento para evaluar la usabilidad del sistema.

Configuración del botón "Manual de Usuario"

El botón manual de usuario consiste en el URL del documento "Manual de Usuario" que se alojó en la nube, este manual contiene las instrucciones para la instalación del SIG móvil "TopoSIG", además de las indicaciones sobre la función de los botones que contiene el proyecto. URL del manual de usuario para el SIG móvil TopoSIG: https://drive.google.com/file/d/11B_kwMiwPyI3mraZvrNRioqnwlxCOndt/view?usp=sharing

Configuración del botón "Evaluación del SIG"

El botón "Evaluación del SIG" contiene el URL (<https://arcg.is/158qyn>) de una encuesta creada con ArcGIS Survey123 que contiene el cuestionario de la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) que permite medir la usabilidad del SIG móvil "TopoSIG".



Ilustración 21. Encuesta de Usabilidad del Sistema.

4.4. Prueba del sistema de información geográfica móvil Trabajo de campo

En conjunto con autoridades del Honorable Ayuntamiento de Santa Cruz Tlaxcala, el verano de 2024 se llevó a cabo la prueba de campo del SIG móvil en las instalaciones de la Presidencia Municipal a instrucción de la Síndico Municipal Araceli Juárez Hernández. En su compañía y del personal de apoyo, se realizó el levantamiento general cinemático del perímetro que incluyó las inmediaciones que la conforman. Para esta prueba, se generó un mapa de referencia que mostraba los puntos guía para el levantamiento topográfico de las áreas mencionadas. Para la prueba de gabinete se utilizó la aplicación web diseñada para el botón “Edición y Análisis” del SIG móvil “TopoSIG”.

El levantamiento tuvo como objetivo verificar la visualización de los datos topográficos en la aplicación SIG móvil TopoSIG, utilizando el mapa generado como referencia para el levantamiento topográfico GNSS de tipo general de calidad expeditiva. Durante el levantamiento se capturaron fotografías, puntos individuales, puntos en movimiento, líneas en movimiento y polígonos en movimiento para delimitar el área seleccionada.

Se utilizó un dispositivo móvil de la marca Samsung, modelo Galaxy A03s, con número de serie R0PT60VJ6CW, el cual tiene una precisión de ubicación de aproximadamente uno a tres metros.

El procedimiento para el levantamiento topográfico GNSS utilizando el SIG móvil consistió en:

1. Definir los puntos y líneas de referencia para realizar el levantamiento topográfico por medio de la creación de un mapa con el SIG móvil TopoSIG.
2. Posicionar el GNSS para obtener la georreferenciación del área de interés.

3. Realizar el registro de los datos utilizando el dispositivo móvil Samsung Galaxy A03s.

En los siguientes enlaces se pueden consultar los datos capturados y las fotografías obtenidas durante la prueba del SIG móvil TopoSIG:

Datos capturados: <https://arcg.is/iXP0m0>

Fotografías y videos: <https://arcg.is/1PjDyb1>



Ilustración 22. Recorrido de prueba del SIG móvil en la Presidencia Municipal.



Ilustración 23. Visualización de datos topográficos ante autoridades el municipio de Santa Cruz Tlaxcala.

Trabajo de gabinete

La prueba del SIG móvil en el trabajo de gabinete implicó la presentación de la información



Ilustración 22. Mapa de referencia para el levantamiento topográfico de prueba del SIG móvil "TopoSIG".

generada con el levantamiento topográfico GNSS a través de un mapa para impresión (ver ilustración 25). Este mapa se realizó utilizando la aplicación web contenida dentro del botón de Edición y Análisis de la interfaz principal del SIG móvil TopoSIG. Se observa una representación visual de los datos recopilados durante el levantamiento topográfico GNSS, lo que facilita la interpretación y análisis de los resultados obtenidos. Una de las principales ventajas del SIG móvil es la funcionalidad de autollenado de la bitácora electrónica, lo que se traduce en un considerable ahorro de tiempo al momento de registrar los campos de cada captura en la base de datos.

En la tabla 25 se muestran los campos capturados para georreferenciar las líneas, junto con los estadísticos de sus puntos de referencia. Así mismo, en la Tabla 26 se presentan los campos capturados para la georreferenciación de los polígonos, acompañados de los estadísticos de sus respectivos puntos de referencia.

Mapa creado con el SIG móvil de levantamientos topográficos GNSS "TopoSIG"



Ilustración 23. Mapa obtenido del resultado de la prueba del SIG Móvil TopoSIG. Elaboración propia.

Concepto	Valor
Número de Registro	1
Nombre del trabajo	Prueba TopoSIG
Fecha y hora (inicial)	25/08/2024, 1:24:16 p. m.
Fecha y hora (final)	25/08/2024, 1:34:03 p. m.
Nombre del observador	Hector Gabriel Vazquez Mota
Lugar, municipio, estado.	Presidencia Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala.
Tipo de levantamiento	General
Método del levantamiento	Cinemático
Marca, modelo y número de serie del dispositivo (receptor)	Marca Samsung, modelo Galaxy A03s, número de serie R0PT60VJ6CW
Marca, modelo y número de serie de la antena	N/A
Precisión horizontal promedio (m)	1.88
Precisión vertical promedio (m)	14.93
Peor precisión horizontal (m.)	2.60
Peor precisión vertical (m.)	20.90

Mejor precisión horizontal (m.)	1.60
Mejor precisión vertical (m.)	12.89
Longitud (m.)	325.15
Altura de la antena	1.2
Valor mínimo de número de satélites en uso	26
Número de posiciones de referencia	17
Observaciones y reporte de problemas	N/A

Tabla 25. Conceptos y variables capturadas para la georreferenciación de la línea. Elaboración propia.

Concepto	Valor
Número de Registro	1
Nombre del trabajo	Prueba TopoSIG
Fecha y hora (inicial)	25/08/2024, 1:24:16 p. m.
Fecha y hora (final)	25/08/2024, 1:34:03 p. m.
Nombre del observador	Hector Gabriel Vazquez Mota
Lugar, municipio, estado.	Presidencia Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala.
Tipo de levantamiento	General
Método del levantamiento	Cinemático
Marca, modelo y número de serie del dispositivo (receptor)	Marca Samsung, modelo Galaxy A03s, número de serie R0PT60VJ6CW
Marca, modelo y número de serie de la antena	N/A
Precisión horizontal promedio (m)	1.87
Precisión vertical promedio (m)	14.93
Peor precisión horizontal (m.)	2.60
Peor precisión vertical (m.)	20.90
Mejor precisión horizontal (m.)	1.60

Mejor precisión vertical (m.)	12.90
Altura de la antena	1.2
Valor mínimo de número de satélites en uso	17
Número de posiciones de referencia	29
Observaciones y reporte de problemas	N/A
Área (m².)	5326.12
Perímetro (m.)	325.24

Tabla 26. Conceptos y valores para la georreferenciación del polígono. Elaboración propia.

4.5. Evaluación del SIG móvil

La evaluación de la usabilidad del SIG móvil consistió en la utilización y evaluación del sistema “TopoSIG” a través de una encuesta cualitativa con ayuda de un cuestionario como instrumento. El cuestionario se integró por diez ítems para evaluar el grado de utilización y evaluación del sistema. La encuesta fue aplicada a una muestra de veintitrés personas en dos momentos diferentes. En primer lugar, se aplicó a dos expertos, uno en topografía y el otro en desarrollo de software. En segundo lugar, a veintiún integrantes del cabildo del municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala. Se obtuvieron veintitrés evaluaciones de la usabilidad del sistema “TopoSIG”.

Previo a la utilización se mostró a los usuarios un video (URL: <https://youtu.be/liSfn-ACODs>) del contenido del sistema junto con una breve descripción de sus funciones en general.

Ítem 1 (Me gustaría usar con frecuencia este sistema) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema obteniendo un 78.26% en Totalmente de acuerdo, lo que indica que el Sistema TopoSIG en usabilidad es excelente ya que la mayoría de las personas lo utilizaría con frecuencia, seguido de un 21.74% de acuerdo (ver figura 3).

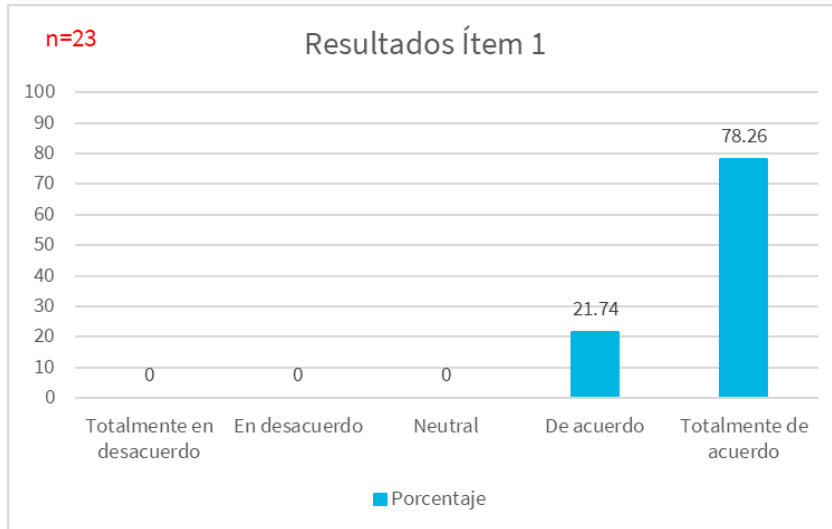


Figura 3. Ítem 1. Me gustaría usar con frecuencia este sistema. Elaboración propia.

Ítem 2 (Encontré este sistema innecesariamente complejo.) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema obteniendo un 65.22% en totalmente en desacuerdo, un 8.70% en desacuerdo, un 13.04% en neutral y un 13.04% en de acuerdo, lo que indica que el SIG móvil TopoSIG no es complejo de usar (ver figura 4).

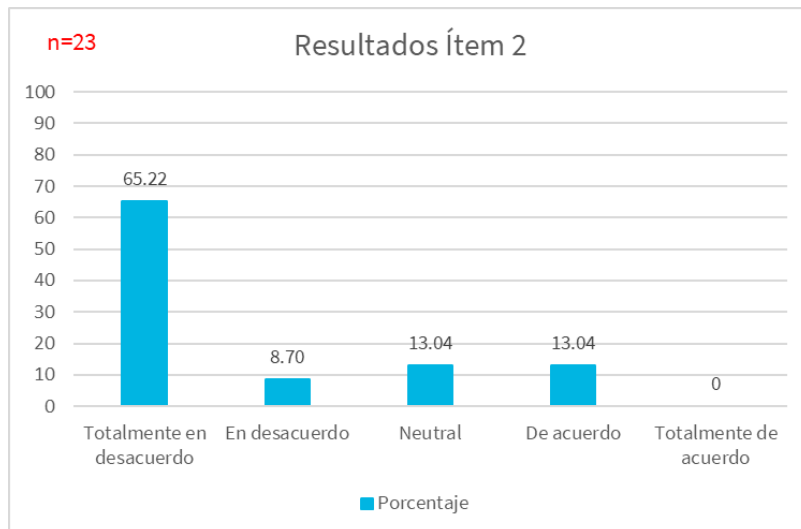


Figura 4. Ítem 2. Encontré este sistema innecesariamente complejo. Elaboración propia.

Ítem 3 (Pienso que el sistema es fácil de usar.) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema obteniendo un 86.96% en totalmente de acuerdo y un 13.04% de acuerdo, lo que indica que el SIG móvil TopoSIG es muy fácil de usar (ver figura 5).

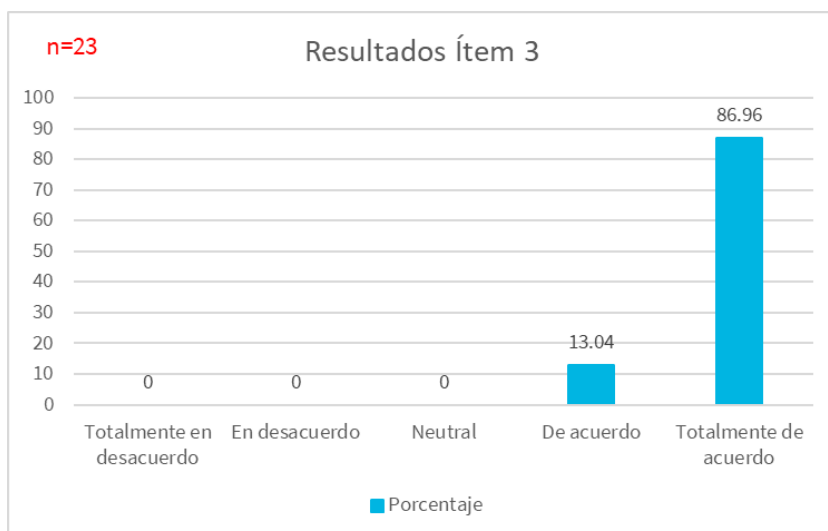


Figura 5. Ítem 3. Pienso que el sistema es fácil de usar. Elaboración propia.

Ítem 4. (Creo que necesitaré el apoyo de personal técnico para poder utilizar este sistema.) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema donde se obtuvo un 60.87% en totalmente de acuerdo, un 13.04% de acuerdo, un 17.40 en neutral y un 17.40% en desacuerdo, lo que indica que no se requiere de asesoramiento de personal técnico para la utilización del SIG móvil TopoSIG (ver figura 6).



Figura 6. Ítem 4. Creo que necesitaré el apoyo de personal técnico para poder utilizar este sistema. Elaboración propia.

Ítem 5 (Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas.) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema en el cual se obtuvo un 73.91% en totalmente de acuerdo y un 26.09% de acuerdo, lo que demuestra que el SIG móvil TopoSIG tiene correctamente integradas sus funciones (ver figura 7).

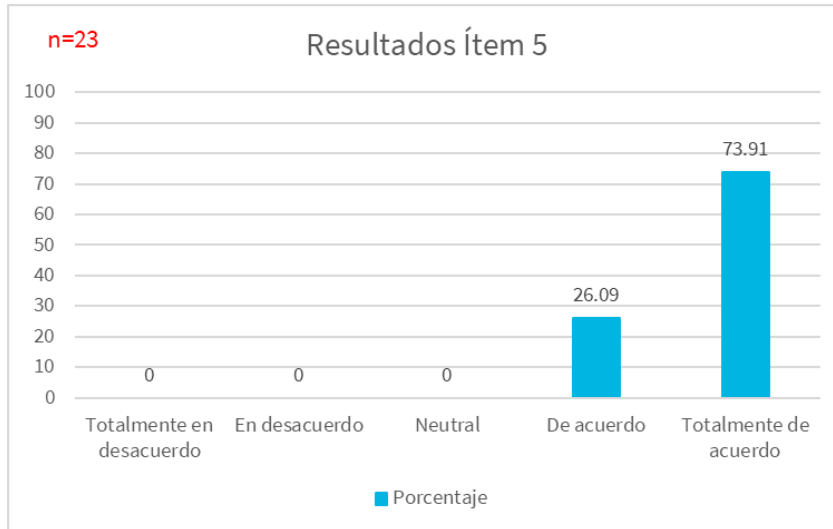


Figura 7. Ítem 5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas. Elaboración propia.

Ítem 6 (Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema del que se obtuvo un 86.96% en neutral, un 4.35% totalmente en desacuerdo, un 4.35% en desacuerdo y un 4.35% de acuerdo lo que indica que la mayoría de las personas no supo que responder a este ítem (ver figura 8).

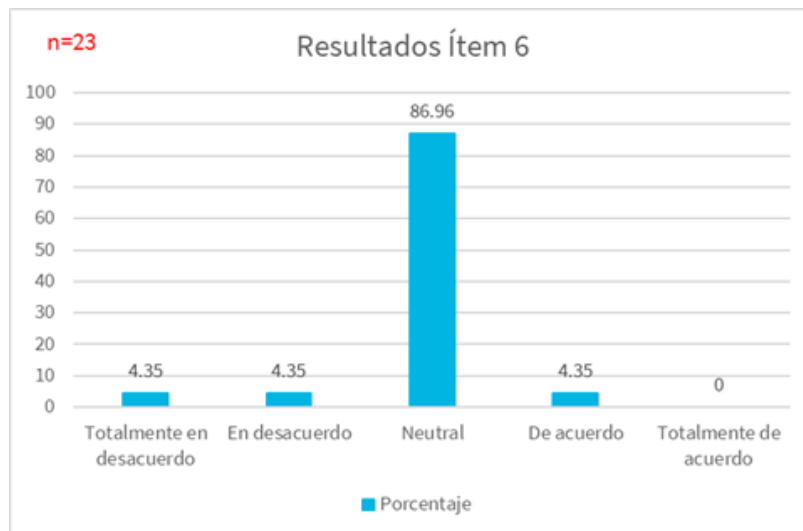


Figura 8. Ítem 6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema. Elaboración propia.

Ítem 7 (Me imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema del que se obtuvo un 73.91% en totalmente de acuerdo, un 21.74% de acuerdo, y un 4.35% en neutral, lo que indica que el SIG móvil TopoSIG es usable para la mayoría de las personas (ver figura 9).

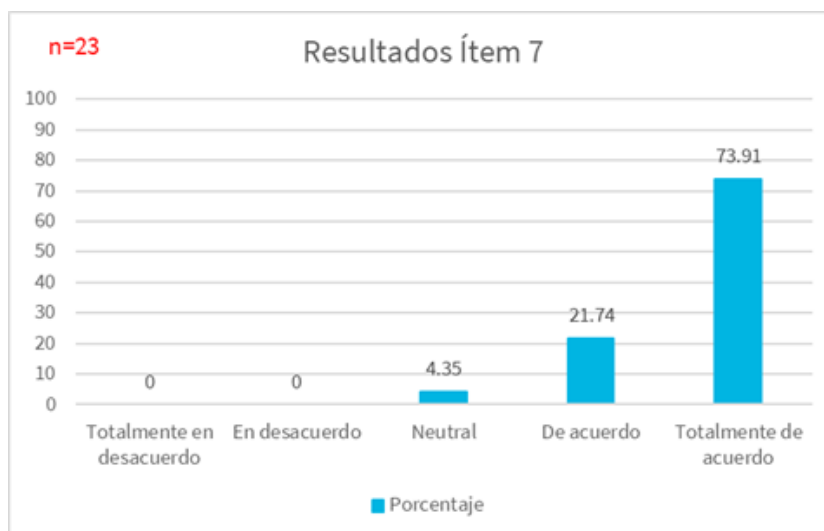


Figura 9. Ítem 7. Me imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente. Elaboración propia.

Ítem 8 (Encontré el sistema muy difícil de usar.) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema del que se obtuvo un 56.52% en de acuerdo, un 34.78% totalmente de acuerdo, un 4.35% en neutral, y un 4.35% en desacuerdo, lo que indica que para la mayoría de las personas el SIG móvil TopoSIG es parcialmente difícil de usar (ver figura 10).

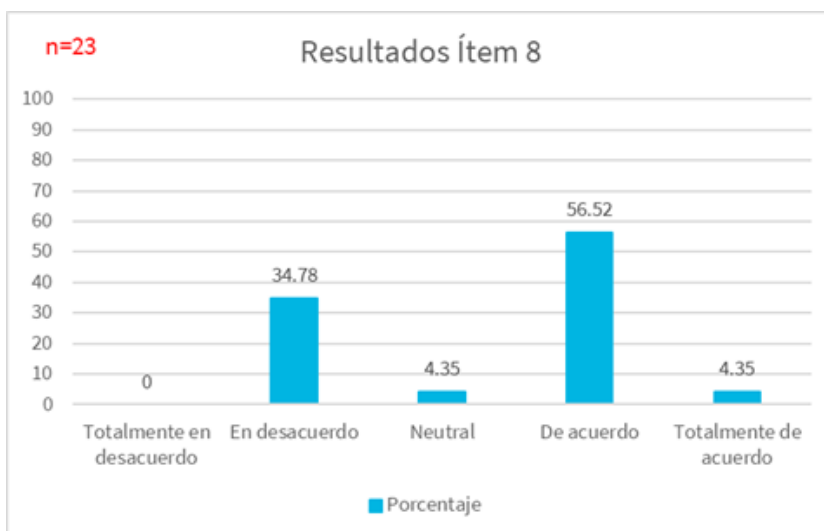


Figura 10. Ítem 8. Encontré el sistema muy difícil de usar. Elaboración propia.

Ítem 9 (Me sentí muy confiado (seguro) al utilizar el sistema.) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema donde se obtuvo un 73.91% totalmente de acuerdo, y un 26.09% de acuerdo, lo que indica que los usuarios se sintieron seguros al utilizar el SIG móvil TopoSIG (ver figura 11).

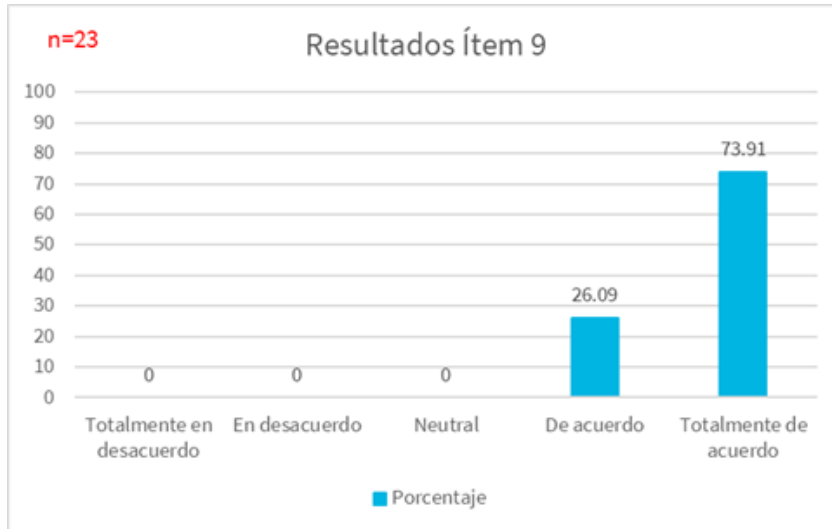


Figura.11. Ítem 9. Me sentí muy confiado (seguro) al utilizar el sistema. Elaboración propia.

Ítem 10 (Necesité aprender muchas cosas antes de poder utilizar este sistema.) del cuestionario de la escala de usabilidad del sistema del cual se obtuvo un 69.57% en neutral, un 13.04% de acuerdo, un 13.04% en desacuerdo y un 4.35% totalmente en desacuerdo, lo que indica que la mayoría de los usuarios no se sintieron cómodos a dar una respuesta concreta a este ítem (ver figura 12).

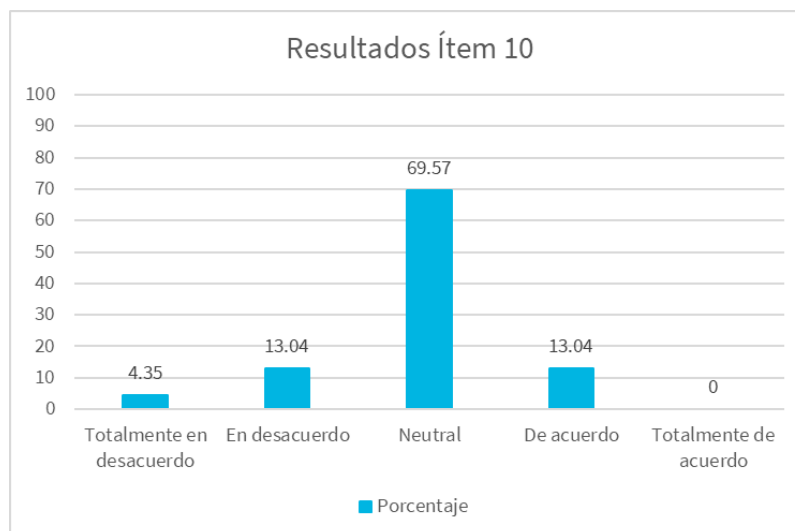


Figura.12. Ítem 10. Necesitaré aprender muchas cosas antes de poder utilizar este sistema. Elaboración propia.

4.5.1. Cálculo de la usabilidad

El cálculo de Usabilidad se realizó utilizando la “Escala de Usabilidad de Brooke” que toma en consideración el cuestionario basado en ISO 9241-11 para obtener una medida cuantitativa de la usabilidad del sistema proporcionando una evaluación efectiva y rápida de la percepción del usuario sobre el sistema.



Ilustración 24. Entrega de la carta de contribución.



SANTA CRUZ TLAXCALA

H. AYUNTAMIENTO 2021-2024



**ASUNTO: Carta de reconocimiento de contribución
en el proyecto "Límites Territoriales"**

**A quién corresponda:
PRESENTE**

Por medio de la presente, hago constar que el levantamiento topográfico realizado como parte del proyecto "Límites Territoriales" del municipio de Santa Cruz Tlaxcala y Cuaxomulco, ambos pertenecientes al Estado de Tlaxcala, durante el servicio social Geotecnologías en el Ordenamiento Territorial (155443), tiene validez oficial. Este trabajo se llevó a cabo en colaboración con las autoridades del municipio de Santa Cruz Tlaxcala, las autoridades del municipio Cuaxomulco, la Mtra. Ma. Magdalena Pérez Torres y el prestador de Servicio Social C. Héctor Gabriel Vázquez Mota.

El levantamiento realizado el 06 de febrero de 2023, tuvo como objetivo verificar las colindancias conforme al amojonamiento que delimita el territorio entre los municipios mencionados. Con la información proporcionada por las autoridades de ambos municipios, y el empleo de Sistemas de Información Geográfica, se verificó la inconsistencia de límites territoriales lo que permitió fundamentar el proyecto "TopoSIG" para el desarrollo de Tesis de Licenciatura del prestador de Servicio Social.

Sin otro particular por el momento, se extiende la presente a los 17 días del mes de mayo de 2024, en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala.

Atentamente

C. Araceli Juárez Hernández
Síndico Municipal Santa Cruz Tlaxcala
2021 - 2024



H. Ayuntamiento Constitucional
SÍNDICO MUNICIPAL
Santa Cruz Tlaxcala
2021 - 2024

N.º de teléfono: (246) 4610337o (246) 4610338
Dirección: Palacio Municipal S/N Col. Centro Santa Cruz Tlaxcala C.P 90640
Correo: hayuntamientosantacruztlaxcala@gmail.com

Ilustración 25. Carta de contribución.



SANTA CRUZ TLAXCALA

H. AYUNTAMIENTO 2021-2024



Anexo 1. Trabajo de Campo



N.º de teléfono: (246) 4610337o (246) 4610338
Dirección: Palacio Municipal S/N Col. Centro Santa Cruz Tlaxcala C.P 90640
Correo: hayuntamientosantacruztlaxcala@gmail.com

Ilustración 26. Carta de contribución. Trabajo de campo.



SANTA CRUZ TLAXCALA

H. AYUNTAMIENTO 2021-2024



Anexo 2. Mapa de Santa Cruz Tlaxcala y Municipios Colindantes

La verificación de la concordancia entre el límite municipal oficial y la realidad en el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, se llevó a cabo mediante la obtención de un mapa obtenido a través de la creación de un sistema móvil de levantamientos topográficos llamado "Límites Territoriales" y con la realización de un levantamiento topográfico general expeditivo en el sitio. En este mapa, se observó que una parte de los límites oficiales del municipio no coincide con la situación real del límite municipal.

La generación de este mapa se basó en la información sobre los límites municipales del Estado de Tlaxcala, proporcionada por el INEGI en el Marco Geoestadístico Nacional de diciembre de 2022. Además, se utilizaron datos topográficos que incluyeron la ubicación de algunas mojoneras y el lindero de propiedad del municipio, marcados mediante el amojonamiento. Estos datos se recopilaron mediante un levantamiento topográfico general expeditivo, utilizando un sistema específico para levantamientos topográficos GNSS integrado en la aplicación ArcGIS QuickCapture.

La elaboración del mapa mencionado constó de:

- A. Diseño del sistema de levantamientos topográficos "Límites Territoriales".
- B. Desarrollo del sistema de levantamientos topográficos GNSS "límites territoriales".
- C. Levantamiento topográfico de tipo general expeditivo en el Municipio de Santa Cruz Tlaxcala.

La creación del sistema de levantamientos topográficos llamado "límites territoriales" implicó la elaboración del diseño del funcionamiento operativo del sistema utilizando ArcGIS QuickCapture. Posterior a la elaboración del diseño, se desarrolló el sistema utilizando ArcGIS QuickCapture, ArcGIS Online y ArcGIS Instant Apps. Estas herramientas permitieron implementar las funcionalidades necesarias y garantizar la eficiencia del sistema en la recopilación de datos topográficos y la delimitación de los límites territoriales de manera precisa y efectiva.

N.º de teléfono: (246) 4610337 o (246) 4610338
Dirección: Palacio Municipal S/N Col. Centro Santa Cruz Tlaxcala C.P 90640
Correo: hayuntamientosantacruztlaxcala@gmail.com

Ilustración 27. Carta de contribución. Mapa de Santa Cruz Tlaxcala y sus municipios colindantes.

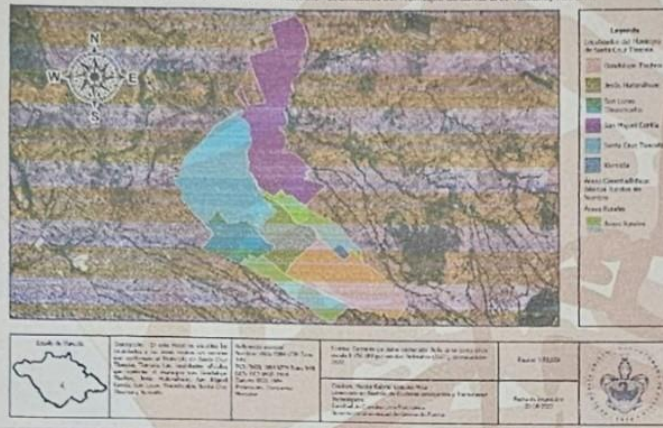


SANTA CRUZ TLAXCALA

H. AYUNTAMIENTO 2021-2024



Nombre del mapa: Descripción del Área de Estudio - Localidades del Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala.



Nombre del mapa: Descripción del Área del Estudio - Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala y sus Municipios Colindantes.



N.º de teléfono: (246) 4610337o (246) 4610338
 Dirección: Palacio Municipal S/N Col. Centro Santa Cruz Tlaxcala C.P 90640
 Correo: hayuntamientosantacruztlaxcala@gmail.com

Ilustración 28. Carta de contribución. Mapas generados.



SANTA CRUZ TLAXCALA

H. AYUNTAMIENTO 2021-2024



Anexo 3. Portada Protocolo de Tesis



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Electrónica

Licenciatura en Gestión de Ciudades Inteligentes y Transiciones
Tecnológicas

**"Desarrollo de un SIG Móvil para Levantamientos
Topográficos Generales con GNSS o GPS en un municipio de
Tlaxcala, utilizando ArcGIS"**

Propuesta de Tesis

Presenta:

C. Héctor Gabriel Vázquez Mota

Director (a) de Tesis:

Mtra. Ma. Magdalena Pérez Torres (FCE - BUAP)

Co - asesores de Tesis:

Dr. Rafael Lemuz López (FCC- BUAP)

Mtro. José Felipe de Jesús Flores Rodríguez (FI- BUAP)

Septiembre 2023. Puebla, Pue. Mex.

N.º de teléfono: (246) 4610337o (246) 4610338
Dirección: Palacio Municipal S/N Col. Centro Santa Cruz Tlaxcala C.P 90640
Correo: hayuntamientosantacruztlaxcala@gmail.com

Ilustración 29. Carta de contribución. Tesis.



SANTA CRUZ TLAXCALA

H. AYUNTAMIENTO 2021-2024



Anexo 4. Portada Manula de usuario proyecto "Topo SIG"

Manual de Usuario.



Proyecto de Tesis para obtener el Título de
Licenciado En Gestión de Ciudades
Inteligentes y Transiciones Tecnológicas.
Hector Gabriel Vazquez Mota.

N.º de teléfono: (246) 4610337 o (246) 4610338
Dirección: Palacio Municipal S/N Col. Centro Santa Cruz Tlaxcala C.P 90640
Correo: hayuntamientosantacruztlaxcala@gmail.com

Ilustración 30. Carta de contribución. Manual de usuario.

Capítulo V. Conclusiones

Los mapas temáticos obtenidos durante la etapa de fundamentación de esta investigación demostraron discrepancias entre los límites oficiales del municipio de Santa Cruz Tlaxcala y los límites obtenidos con el levantamiento topográfico GNSS “Límites Territoriales”. Además, se encontró caserío disperso en la zona noreste del municipio que está siendo gestionado por el municipio de Cuaxomulco, Tlaxcala.

Las leyes seleccionadas proporcionan argumentos sólidos para que el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, justifique normativamente la elaboración de un levantamiento topográfico para la corrección de sus límites territoriales, siendo este un paso necesario para su ordenamiento territorial.

La integración de ArcGIS Online, ArcGIS QuickCapture y ArcGIS Instant Apps en el levantamiento topográfico “Límites Territoriales” permitió una captura y visualización efectiva de los datos. Los botones diseñados para diversas funciones del sistema (captura de fotos, puntos, líneas, polígonos y transmisión de puntos) facilitaron una recolección de datos precisa y eficiente.

Las pruebas realizadas tanto en trabajo de campo como en gabinete demostraron que "TopoSIG" es capaz de capturar, procesar y presentar datos geoespaciales de manera eficiente. Además, se encontró que el sistema también es útil para realizar levantamientos topográficos fotogramétricos. La prueba del sistema TopoSIG con un dispositivo Samsung Galaxy A03s demostró que el sistema es accesible y funcional con hardware común, sin necesidad de equipos de alta precisión, lo que lo hace accesible para una mayor cantidad de usuarios. Aunque la precisión de uno a 3 metros no es ideal, fue suficiente para las necesidades del proyecto. La edición, análisis y presentación de la información durante el trabajo de campo confirmaron que el sistema TopoSIG es efectivo para la gestión de la información geoespacial.

La utilización de la escala de usabilidad de Brooke permitió una evaluación rápida y eficiente de la percepción de la usabilidad del sistema. Los resultados, con una puntuación promedio de 71.73 en la escala de usabilidad de Brooke, indican que el sistema "TopoSIG" presenta una usabilidad buena. Esto sugiere que, en general, los usuarios encuentran el sistema fácil de usar y funcional. La necesidad de apoyo técnico fue menor de lo esperado, con un puntaje bajo para la necesidad de soporte, indicando que el sistema está bien diseñado para que la mayoría de los usuarios puedan aprender a usarlo rápidamente y con confianza.

Los resultados positivos de la implementación de este proyecto fueron evidentes desde el estudio preliminar. Gracias a la información proporcionada por las autoridades de Santa Cruz Tlaxcala, Cuaxomulco y San José Teacalco, al empleo del sistema desarrollado “Límites Territoriales” y a la presentación del mapa de los caseríos dispersos gestionados por Cuaxomulco, se determinó la necesidad de actualizar el límite territorial para regularizar la gestión de estas áreas. Este proceso se llevó a cabo en coordinación con la Comisión de Asuntos Municipales, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y los entes municipales involucrados. Como resultado de la información presentada, el congreso del

estado aprobó el 13 de diciembre de 2023 la actualización de las colindancias entre el municipio de Santa Cruz Tlaxcala y los municipios de Cuaxomulco y San José Teacalco.

En resumen, "TopoSIG" es un sistema bien recibido y funcional que satisface las necesidades de levantamientos topográficos y análisis geoespaciales de manera eficiente, accesible y efectiva. TopoSIG demostró ser una herramienta fácil de usar con un buen rendimiento en dispositivos móviles para hacer levantamientos topográficos, mostrando ser una respuesta oportuna para eficientizar los levantamientos topográficos con GNSS. Basándose en los resultados y conclusiones obtenidas durante este estudio, se puede afirmar que el uso de un SIG móvil para levantamientos topográficos GNSS con ArcGIS tiene varios beneficios, incluyendo la obtención de datos topográficos de alta precisión en tiempo real, la facilitación de la toma de decisiones en proyectos de levantamientos topográficos, la provisión de movilidad y flexibilidad durante el trabajo de campo, el acceso a la información en tiempo real, la mejora de la eficiencia y rapidez en la recolección de datos topográficos y la provisión de una plataforma colaborativa que permite a los usuarios compartir y acceder a datos operativos en tiempo real.

Anexo 1. Estudio preliminar - Configuración de interfaz para la captura de datos

A. Configuración del botón “Tomar Fotografía”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Número de Registro	Entero	Almacena el número consecutivo de cada observación capturada.
Nombre del trabajo	Cadena de caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.
Fecha – Hora	Fecha	Registros de fecha y hora de la realización del levantamiento
Lugar, municipio, estado.	Cadena de caracteres	Variable donde se almacena el nombre de la localidad donde se realizó el levantamiento incluido el municipio y estado.
Nombre del observador	Cadena de caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Latitud	Doble	Latitud en grados decimales.
Longitud	Doble	Longitud en grados decimales.
Altitud	Doble	Altitud en grados decimales.
Fotos y archivos	Adjunto	Fila donde se almacenan las fotografías capturadas.

Tabla 27. Configuración del botón “Tomar Fotografía”. Elaboración propia.

B. Configuración del botón “Agregar polilínea”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Número de Registro	Entero	Almacena el número consecutivo de cada observación capturada.
Nombre del trabajo	Cadena de caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.
Fecha – Hora	Fecha	Registros de fecha y hora de la realización del levantamiento
Lugar, municipio, estado.	Cadena de caracteres	Variable donde se almacena el nombre de la localidad donde se realizó el levantamiento incluido el municipio y estado.
Nombre del observador	Cadena de caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Tipo de levantamiento	Cadena de caracteres	Campo que registra el tipo de levantamiento que se implementó.
Método del levantamiento	Cadena de caracteres	Variable para capturar el método empleado para el proyecto, según sea el caso.
Marca, modelo y número de serie del dispositivo (receptor)	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie del dispositivo receptor
Marca, modelo y número de serie de la antena	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie de la antena.
Precisión horizontal promedio (m.)	Doble	Promedio de la precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.
Precisión vertical promedio (m.)	Doble	Promedio de la precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.

Peor precisión horizontal (m.)	Doble	Peor precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.
Peor precisión vertical (m.)	Doble	Peor precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Mejor precisión horizontal (m.)	Doble	Mejor precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.
Mejor precisión vertical (m.)	Doble	Mejor precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Longitud (m.)	Doble	Longitud de la línea georeferenciada.
Altura de la antena	Doble	Altura medida a la que se encuentra la antena.
Fuente de energía	Cadena de caracteres	El tipo de energía utilizada (desconocida 0), CA (1), USB (2), Inalámbrica (3) y Batería (4).
Promedio de número de satélites en uso	Entero pequeño	Promedio del número de satélites de posicionamiento para devolver los datos de posición mediante los puntos de referencia.
Número de posiciones de referencia	Entero	Número de posiciones para referenciar las líneas capturadas.
Observaciones y reporte de problemas	Cadena de caracteres	Información adicional que apoye lo descrito en el formato y que puede ser útil para el proceso de la información.

Tabla 28. Configuración del botón “Agregar Polilínea”. Elaboración propia.

C. Configuración del botón “Trazar Polígono”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Número de Registro	Entero	Almacena el número consecutivo de cada observación capturada.

Nombre del trabajo	Cadena de caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.
Fecha – Hora	Fecha	Registros de fecha y hora de la realización del levantamiento
Lugar, municipio, estado.	Cadena de caracteres	Variable donde se almacena el nombre de la localidad donde se realizó el levantamiento incluido el municipio y estado.
Nombre del observador	Cadena de caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Tipo de levantamiento	Cadena de caracteres	Campo que registra el tipo de levantamiento que se implementó.
Método del levantamiento	Cadena de caracteres	Variable para capturar el método empleado para el proyecto, según sea el caso.
Marca, modelo y número de serie del dispositivo (receptor)	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie del dispositivo receptor
Marca, modelo y número de serie de la antena	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie de la antena.
Precisión horizontal promedio (m.)	Doble	Promedio de la precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.
Precisión vertical promedio (m.)	Doble	Promedio de la precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Peor precisión horizontal (m.)	Doble	Peor precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.
Peor precisión vertical (m.)	Doble	Peor precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Mejor precisión horizontal (m.)	Doble	Mejor precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.

Mejor precisión vertical (m.)	Doble	Mejor precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Área (m².)	Doble	Área del polígono capturado.
Altura de la antena	Doble	Altura medida a la que se encuentra la antena.
Fuente de energía	Cadena de caracteres	El tipo de energía utilizada (desconocida 0), CA (1), USB (2), Inalámbrica (3) y Batería (4).
Valor mínimo de número de satélites en uso	Entero	Valor mínimo del número de satélites de posicionamiento para devolver los datos de posición mediante los puntos de referencia.
Número de posiciones de referencia	Entero	Número de posiciones para referenciar las líneas capturadas.
Observaciones y reporte de problemas	Cadena de caracteres	Información adicional que apoye lo descrito en el formato y que puede ser útil para el proceso de la información.

Tabla 29. Configuración del botón “Trazar Polígono”. Elaboración propia.

D. Configuración del botón “Transmitir Ubicación (cada 1 m.)”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Número de Registro	Entero	Almacena el número consecutivo de cada observación capturada.
Nombre del trabajo	Cadena de caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.

Fecha – Hora	Fecha	Registros de fecha y hora de la realización del levantamiento
Lugar, municipio, estado.	Cadena de caracteres	Variable donde se almacena el nombre de la localidad donde se realizó el levantamiento incluido el municipio y estado.
Nombre del observador	Cadena de caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Tipo de levantamiento	Cadena de caracteres	Campo que registra el tipo de levantamiento que se implementó.
Método del levantamiento	Cadena de caracteres	Variable para capturar el método empleado para el proyecto, según sea el caso.
Marca, modelo y número de serie del dispositivo (receptor)	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie del dispositivo receptor
Marca, modelo y número de serie de la antena	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie de la antena.
Precisión horizontal del dispositivo	Doble	Precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros.
Precisión Vertical del Dispositivo (m)	Doble	Precisión vertical de la coordenada en z en metros.
Latitud	Doble	Latitud en grados decimales.
Longitud	Doble	Longitud en grados decimales.
Altitud	Doble	Altitud en grados decimales.
Precisión horizontal de la antena	Doble	Precisión Horizontal de los datos de posicionamiento.
Precisión vertical de la antena	Doble	Precisión vertical de los datos de posicionamiento.

Altura de la antena	Doble	Altura medida a que se encuentra la antena.
Fuente de energía	Cadena de caracteres	El tipo de energía utilizada (desconocida 0), CA (1), USB (2), Inalámbrica (3) y Batería (4).
Valor mínimo de número de satélites en uso	Entero	Valor mínimo del número de satélites de posicionamiento para devolver los datos de posición mediante los puntos de referencia.
Observaciones y reporte de problemas	Cadena de caracteres	Información adicional que apoye lo descrito en el formato y que puede ser útil para el proceso de la información.

Tabla 30. Configuración del botón "Transmitir Ubicación". Elaboración propia

Anexo 2. Capas del mapa web para el SIG móvil

Nombre de la capa	URL
Agregar Fotografía	https://services3.arcgis.com/Ove4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/0
Agregar Vídeo	https://services3.arcgis.com/Ove4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/1
Agregar Punto Único	https://services3.arcgis.com/Ove4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/2
Transmitir Ubicación	https://services3.arcgis.com/Ove4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/3
Trazar Línea	https://services3.arcgis.com/Ove4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/4
Trazar Polígono	https://services3.arcgis.com/Ove4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capas_del_SIG_Móvil_de_levantamientos_topográficos_GNSS/FeatureServer/5
Levantamiento “Límites Territoriales Líneas” -	https://services3.arcgis.com/Ove4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Levantamiento_líneas/FeatureServer/2
Levantamiento “Límites Territoriales Fotografías” -	https://services3.arcgis.com/Ove4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Capa_LM/FeatureServer/0
Caserío Disperso Gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala	https://services3.arcgis.com/Ove4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Caser%C3%ADo_Disperso_Cuaxomulco/FeatureServer

Área rural sin gestión municipal perteneciente a Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/%C3%81rea_rural_sin_topografia/FeatureServer
Municipio de San José Teacalco, Tlaxcala	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/San_Jose_Teacalco_Tlaxcala/FeatureServer
Municipio de Chiautempan, Tlaxcala	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Chiautempan/FeatureServer
Municipio de Cuaxomulco, Tlaxcala	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Cuaxomulco_Tlaxcala/FeatureServer
Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala con Información Topográfica	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/L%C3%ADmite_Municipal_de_Santa_Cruz_Tlaxcala_con_Informaci%C3%B3n_Topogr%C3%A1fica/FeatureServer
Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/L%C3%ADmite_Municipal_de_Santa_Cruz_Tlaxcala/FeatureServer
Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/L%C3%ADmite_Municipal_de_Santa_Cruz_Tlaxcala/FeatureServer/0
Municipios Colindantes con el Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Municipios_Colindantes_con_el_Municipio_de_Santa_Cruz_Tlaxcala/FeatureServer
Límite Territorial del Estado de Tlaxcala	https://services3.arcgis.com/Qye4cMhCaMqTJg5o/arcgis/rest/services/Localidades_de_Tlaxcala_INEGI_2022/FeatureServer

Tabla 31. Capas del mapa web para el SIG móvil “TopoSIG”. Elaboración propia.

Anexo 3. Desarrollo del SIG móvil - Configuración de los botones de captura de datos para el trabajo de campo

A. Configuración del botón “Agregar Fotografía”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Nombre del trabajo	Cadena de caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.
Fecha – Hora	Fecha	Registros de fecha y hora de la realización del levantamiento
Lugar, municipio, estado.	Cadena de caracteres	Variable donde se almacena el nombre de la localidad donde se realizó el levantamiento incluido el municipio y estado.
Nombre del observador	Cadena de caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Latitud	Doble	Latitud en grados decimales.
Longitud	Doble	Longitud en grados decimales.
Altitud	Doble	Altitud en grados decimales.
Fotos y archivos	Adjunto	Fila donde se almacenan las fotografías capturadas.

Tabla 32. Configuración del botón “Agregar Fotografía”. Elaboración propia.

B. Configuración del botón “Agregar Video”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Nombre del trabajo	Cadena de caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.
Fecha – Hora	Fecha	Registros de fecha y hora de la realización del levantamiento
Lugar, municipio, estado.	Cadena de caracteres	Variable donde se almacena el nombre de la localidad donde se realizó el levantamiento incluido el municipio y estado.
Nombre del observador	Cadena de caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Latitud	Doble	Latitud en grados decimales.
Longitud	Doble	Longitud en grados decimales.
Altitud	Doble	Altitud en grados decimales.
Fotos y archivos	Adjunto	Fila donde se almacenan las fotografías capturadas.

Tabla 33. Configuración del botón “Agregar Video”. Elaboración propia.

C. Configuración del botón “Agregar Punto Único”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Número de Registro	Entero	Almacena el número consecutivo de cada observación capturada.

Nombre del trabajo	Cadena de caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.
Fecha – Hora	Fecha	Registros de fecha y hora de la realización del levantamiento
Lugar, municipio, estado.	Cadena de caracteres	Variable donde se almacena el nombre de la localidad donde se realizó el levantamiento incluido el municipio y estado.
Nombre del observador	Cadena de caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Tipo de levantamiento	Cadena de caracteres	Campo que registra el tipo de levantamiento que se implementó.
Método del levantamiento	Cadena de caracteres	Variable para capturar el método empleado para el proyecto, según sea el caso.
Marca, modelo y número de serie del dispositivo (receptor)	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie del dispositivo receptor
Marca, modelo y número de serie de la antena	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie de la antena.
Latitud	Doble	Latitud en grados decimales.
Longitud	Doble	Longitud en grados decimales.
Altitud	Doble	Altitud en grados decimales.
Precisión horizontal del dispositivo (m)	Doble	Precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros.
Precisión Vertical del Dispositivo (m)	Doble	Precisión vertical de la coordenada en z en metros.
Precisión horizontal de la antena	Doble	Precisión Horizontal de los datos de posicionamiento.
Precisión vertical de la antena	Doble	Precisión vertical de los datos de posicionamiento.
Altura de la antena	Doble	Altura medida a que se encuentra la antena.
Fuente de energía	Cadena de caracteres	El tipo de energía utilizada (desconocida 0), CA (1), USB (2), Inalámbrica (3) y Batería (4).
Número de satélites en uso	Entero pequeño	Número de satélites de posicionamiento para devolver los datos de posición.
Observaciones y reporte de problemas	Cadena de caracteres	Información adicional que apoye lo descrito en el formato y que puede ser útil para el proceso de la información.

Tabla 34. Configuración del botón “Agregar Punto Único”. Elaboración propia.

D. Configuración del botón “Puntos de Referencia (Líneas y Polígonos)”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Nombre del trabajo	Cadena De caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.
Fecha y Hora	Fecha	Registros de fecha y hora de la realización del levantamiento
Nombre del observador	Cadena De caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Tipo de levantamiento	Cadena De caracteres	Campo que registra el tipo de levantamiento que se implementó.
Latitud	Doble	Latitud en grados decimales.
Longitud	Doble	Longitud en grados decimales.
Altitud	Doble	Altitud en grados decimales.
Precisión horizontal del dispositivo (m)	Doble	Precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros.
Precisión Vertical del Dispositivo (m)	Doble	Precisión vertical de la coordenada en z en metros.
Precisión horizontal de la antena	Doble	Precisión Horizontal de los datos de posicionamiento.
Precisión vertical de la antena	Doble	Precisión vertical de los datos de posicionamiento.
Altura de la antena	Doble	Altura medida a que se encuentra la antena.
Fuente de energía	Cadena De caracteres	El tipo de energía utilizada (desconocida 0), CA (1), USB (2), Inalámbrica (3) y Batería (4).
Número de satélites en uso	Entero pequeño	Número de satélites de posicionamiento para devolver los datos de posición.

Tabla 35. Configuración del botón “Puntos de Referencia (Líneas y Polígonos)”. Elaboración propia.

E. Configuración del botón “Trazar Línea”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Número de Registro	Entero	Almacena el número consecutivo de cada observación capturada.
Nombre del trabajo	Cadena de caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.
Fecha y hora (inicial)	Fecha	Registros de fecha y hora en que se inicia el levantamiento.
Fecha y hora (final)	Fecha	Registros de fecha y hora en que se finaliza el levantamiento.
Nombre del observador	Cadena de caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Lugar, municipio, estado.	Cadena de caracteres	Variable donde se almacena el nombre de la localidad donde se realizó el levantamiento incluido el municipio y estado.
Tipo de levantamiento	Cadena de caracteres	Campo que registra el tipo de levantamiento que se implementó.
Método del levantamiento	Cadena de caracteres	Variable para capturar el método empleado para el proyecto, según sea el caso.
Marca, modelo y número de serie del dispositivo (receptor)	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie del dispositivo receptor
Marca, modelo y número de serie de la antena	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie de la antena.
Precisión horizontal promedio (m)	Doble	Promedio de la precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.

Precisión vertical promedio (m)	Doble	Promedio de la precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Peor precisión horizontal (m.)	Doble	Peor precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.
Peor precisión vertical (m.)	Doble	Peor precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Mejor precisión horizontal (m.)	Doble	Mejor precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.
Mejor precisión vertical (m.)	Doble	Mejor precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Longitud (m.)	Doble	Longitud de la línea georreferenciada.
Altura de la antena	Doble	Altura medida a la que se encuentra la antena.
Valor mínimo de número de satélites en uso	Entero	Valor mínimo del número de satélites de posicionamiento para devolver los datos de posición mediante los puntos de referencia.
Número de posiciones de referencia	Entero	Número de posiciones para referenciar las líneas capturadas.
Observaciones y reporte de problemas	Cadena de caracteres	Información adicional que apoye lo descrito en el formato y que puede ser útil para el proceso de la información.

Tabla 36. Configuración del botón Trazar Línea. Elaboración propia.

F. Configuración del botón “Trazar Polígono”

NOMBRE	TIPO	Descripción
ObjectID	ObjectID	Identificador único para cada fila en la tabla.
Número de Registro	Entero	Almacena el número consecutivo de cada observación capturada.
Nombre del trabajo	Cadena de caracteres	Columna para registrar el nombre asignado a cada trabajo.
Fecha y hora (inicial)	Fecha	Registros de fecha y hora en que se inicia el levantamiento.
Fecha y hora (final)	Fecha	Registros de fecha y hora en que se finaliza el levantamiento.
Nombre del observador	Cadena de caracteres	Guarda el nombre del personal encargado del levantamiento.
Lugar, municipio, estado.	Cadena de caracteres	Variable donde se almacena el nombre de la localidad donde se realizó el levantamiento incluido el municipio y estado.
Tipo de levantamiento	Cadena de caracteres	Campo que registra el tipo de levantamiento que se implementó.
Método del levantamiento	Cadena de caracteres	Variable para capturar el método empleado para el proyecto, según sea el caso.
Marca, modelo y número de serie del dispositivo (receptor)	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie del dispositivo receptor
Marca, modelo y número de serie de la antena	Cadena de caracteres	Almacena la marca, el modelo y el número de serie de la antena.
Precisión horizontal promedio (m)	Doble	Promedio de la precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.

Precisión vertical promedio (m)	Doble	Promedio de la precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Peor precisión horizontal (m.)	Doble	Peor precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.
Peor precisión vertical (m.)	Doble	Peor precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Mejor precisión horizontal (m.)	Doble	Mejor precisión horizontal de la coordenada en x, y en metros de los puntos de referencia capturados.
Mejor precisión vertical (m.)	Doble	Mejor precisión vertical de la coordenada en z en metros de los puntos de referencia capturados.
Altura de la antena	Doble	Altura medida a la que se encuentra la antena.
Valor mínimo de número de satélites en uso	Entero	Valor mínimo del número de satélites de posicionamiento para devolver los datos de posición mediante los puntos de referencia.
Número de posiciones de referencia	Entero	Número de posiciones para referenciar los polígonos capturados.
Observaciones y reporte de problemas	Cadena de caracteres	Información adicional que apoye lo descrito en el formato y que puede ser útil para el proceso de la información.
Área (m².)	Doble	Área del polígono capturado en metros cuadrados.
Perímetro (m.)	Doble	Perímetro en metros de los polígonos capturados.

Tabla 37. Configuración del botón Trazar polígono. Elaboración propia.

Anexo 4. Desarrollo del SIG móvil – Configuración del botón para el trabajo de gabinete

Configuración del botón “Edición y Análisis”

Atributo	Configuración.	Descripción
Mapa	Mapa web para el SIG Móvil “TopoSIG”.	Mapa base creado para el SIG móvil TopoSIG.
Widget “Barra de escala”	Estilo: Regla. Unidad: Métrico.	Muestra una barra de escala en el mapa.
Widget “Búsqueda”	Nombre del geocodificador: ArcGIS World Geocoding Service. Texto del marcador de posición: Buscar dirección o lugar.	Permite a los usuarios finales buscar ubicaciones o buscar entidades en el mapa.
Widget “Control deslizante de zoom”	N/A.	Ofrece controles de zoom interactivos en la visualización del mapa.
Widget “Coordenada”	Nombre del Sistema de coordenadas de salida: WGS_1984_Web_Mercator_Auxiliary_Sphere	Muestra las coordenadas x e y en el mapa.
Widget “Extensión navegar”	N/A.	Permite navegar por el mapa hasta la extensión siguiente o la anterior.
Widget “Inicio”	N/A.	Devuelve el mapa a la extensión de mapa inicial.
Widget “Mapa de vista general”	Superior derecha.	Visualiza la extensión actual del mapa en el contexto de un área más grande y se actualiza cada vez que se cambia la extensión del mapa.
Widget “Mi ubicación”	Resaltar ubicación: activado. Observar los cambios de ubicación: activado. Tiempo de espera: 15, 000 milisegundos. Escala de zoom: 1: 1000.	Permite a la red detectar su ubicación física y amplía el mapa hasta ella.
Widget “Pantalla completa”	N/A.	Permite usar el modo de pantalla completa.
Widget “Tabla de atributos”	N/A.	Muestra una vista de tabla de atributos de capas operativas.
Widget “Leyenda”	Disposición: alineada a la izquierda. Respetar escala de mapa actual: Activado. Mostrar leyendas de mapa base: Activado. Mostrar leyendas de capas: Agregar Fotografía, Agregar Video, Agregar Punto Único, Transmitir Ubicación, Trazar Línea, Trazar Polígono Levantamiento "Límites Territoriales - Líneas", Levantamiento "Límites Territoriales - Fotografías", Caserío Disperso Gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala, Área rural sin gestión municipal perteneciente a Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Municipio de San José Teacalco, Tlaxcala, Municipio de Chiautempan, Tlaxcala, Municipio de Cuaxomulco, Tlaxcala, Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala con Información Topográfica, Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Municipio de Santa Cruz	Muestra etiquetas y símbolos para las capas del mapa.

	<p>Tlaxcala, Tlaxcala, Municipios Colindantes con el Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Límite Territorial del estado de Tlaxcala.</p>	
<p>Widget “lista de capas”.</p>	<p>Mostrar título: Activado. Mostrar mapa base: Activado. Mostrar leyenda: Activado. Expandir todas las capas de forma predeterminada: Activado. Acciones que se mostrarán en el menú contextual de la capa: Acción de Acercar, Transparencia, Establecer el rango de visibilidad, Habilitar/Deshabilitar elemento emergente, Mostrar / ocultar etiquetas, Mover hacia arriba/Mover hacia abajo, Ver en la tabla de atributos y Descripción/Mostrar detalles del elemento/Descargar activadas. Capas para mostrar en la lista: Agregar Fotografía, Agregar Video, Agregar Punto Único, Transmitir Ubicación, Trazar Línea, Trazar Polígono, Levantamiento "Límites Territoriales - Líneas", Levantamiento "Límites Territoriales - Fotografías", Caserío Disperso Gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala, Área rural sin gestión municipal perteneciente a Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Municipio de San José Teacalco, Tlaxcala, Municipio de Chiautempan, Tlaxcala, Municipio de Cuaxomulco, Tlaxcala, Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, con Información Topográfica, Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Municipios Colindantes con el Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, y Límite Territorial del estado de Tlaxcala.</p>	<p>Ofrece una lista de capas operativas y sus símbolos y le permite activar y desactivar capas individuales.</p>
<p>Widget “Agregación de datos”.</p>	<p>Capas de destino: Agregar Fotografía, Agregar Video y Agregar Punto Único.</p>	<p>Permite crear entidades geográficas a partir de información de direcciones o coordenadas almacenada en archivos de valores separados por comas (CSV), así como definir cómo la información de campo debería correlacionarse entre el archivo CSV y la capa de destino.</p>
<p>Widget “Análisis”.</p>	<p>Herramientas de análisis para usar en el widget: Agregar puntos, Buscar centroides, Buscar clústeres de puntos, Buscar más cercano, Buscar puntos calientes, Buscar ubicaciones existentes, Buscar ubicaciones similares, Buscar valores atípicos, Calcular densidad, Conectar orígenes con destinos, Crear áreas de tiempo de recorrido, Crear cuenca visual Establecer, Crear cuencas hidrográficas, Crear zonas de influencia, Derivar nuevas ubicaciones, Disolver límites,</p>	<p>Este widget permite utilizar las herramientas de análisis espacial de ArcGIS Online o ArcGIS Enterprise en la aplicación.</p>

	Elegir mejores instalaciones, Enriquecer capa, Entidades de unión, Extraer datos, Fusionar capas, Interpolar puntos, Planificar rutas, Resumir centro y dispersión, Resumir cerca de, Resumir dentro de, Superponer capas y Trazado aguas abajo.	
Widget “Análisis de amenazas”	Tipos de amenaza: Bomba casera, Bomba suicida, Maletín, Automóvil, Todoterreno/furgoneta, Camión de reparto pequeño, Contenedor/camión cisterna, Semirremolque y Depósito de GLP pequeño. Configuración General: Seleccionar una capa operativa para los resultados, unidad de medida predeterminada en metros, Ubicación de entrada predeterminada interactiva, Capa de entrada al seleccionarla y lista de amenazas al seleccionar.	Permite identificar distancias y zonas seguras a la hora de planificar eventos.
Widget “Análisis de incidentes”	Unidades de distancia: Metros. Distancia de zona de influencia mínima: 0 m. Distancia de zona de influencia máxima: 10,000 m.	Permite localizar un incidente en el mapa y analizar información de distintas capas de entidades a una distancia específica del incidente.
Widget “Añadir datos”	Número de elementos por página: 30. Permitir mi contenido: Activado. Permitir mi organización: Activado. Permitir ArcGIS Online: Activado. Permitir filtro de grupo avalado: Activado. Definir como predeterminado. Permitir URL: Activado. Permitir Archivo: Activado.	Permite agregar datos al mapa buscando capas en el contenido de ArcGIS, introducir direcciones URL o cargar archivos locales.
Widget “Compartir”	Opciones de uso compartido; Correo Electrónico: Activado. Facebook: Activado. Twitter: Activado. Google: Activado. Usar la URL de la organización para compartir la aplicación públicamente: Activado.	Permite compartir la aplicación publicándola en sus cuentas de redes sociales, enviando un correo electrónico con un vínculo o integrándola en un sitio web o en un blog.
Widget “Conversión de coordenada”	Zoom a escala 1: 1000. Notación de entrada: UTM. Notaciones: DD, DDM, DMS, GARS, GEOREF, MGRS, USNG, UTM y UTM_H.	Permite introducir las coordenadas mediante un sistema de coordenada y enviar la salida a sistemas de coordenadas diferentes mediante varios formatos de notación.
Widget “Dibujar”	Ubicaciones: Grados y Grados-Minutos-Segundos. Distancias: Kilómetros, Millas, Metros, Pies, Yardas y Millas náuticas. Áreas: Kilómetros cuadrados, Millas cuadradas, Acres, Hectáreas, Metros cuadrados, Pies y Yardas cuadrados. Agrega el dibujo como capa operativa del mapa: Activado.	Permite dibujar gráficos simples y texto en el mapa.
Widget “Distancia y dirección”	Color de texto de etiqueta de comentarios: #101820. Tamaño de texto de etiqueta de comentarios: 12.	Permite dibujar líneas, círculos, elipses y anillos de rango para visualizar información importante.

Widget “Editar”	<p>Barra de herramientas visible: Activado. Fusionar: Activado. Cortar: Activado. Cambiar de forma: Activado Habilitar deshacer/rehacer: Activado No aplicar ediciones a los atributos hasta hacer clic en el botón Guardar: Activado. Aplicar la edición automáticamente cuando se mueva la geometría: Desactivado. Definir la tolerancia de alineación en píxeles: 15. Definir la tolerancia del elemento emergente de edición de atributos en píxeles: 5. Definir la tolerancia de movimiento en píxeles: 0. Configuración de las capas editables: Respetar los ajustes del mapa web.</p>	<p>Proporciona opciones de edición usando una capa editable en un servicio de entidades.</p>
Widget “Galería de mapas base”	<p>Sincronizar siempre con la configuración de Galería de mapas base de la organización: Activado.</p>	<p>Presenta una galería de mapas base y permite seleccionar un mapa de la galería como mapa base de ArcGIS.</p>
Widget “Geobúsqueda”	<p>Capas: Municipios Colindantes con el Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, con Información Topográfica, Municipio de Cuaxomulco, Tlaxcala, Municipio de Chiautempan, Tlaxcala, Municipio de San José Teacalco, Tlaxcala, Área rural sin gestión municipal perteneciente a Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala y Trazar Polígono.</p>	<p>Geoenriquece una lista de ubicaciones de un archivo CSV con capas de polígonos del mapa. Los campos seleccionados en las capas de polígonos se anexan a las ubicaciones.</p>
Widget “Gráfico de referencia con cuadrícula”	<p>Cuadrícula; Color de contorno de celda: hex #003B5C, Color de relleno de celda: #ff4f5f0, Forma de celda: Rectángulo, Unidades de celda: Metros y Origen de la cuadrícula: Centro Estilo de etiqueta; Fuente: Arial, Tamaño de texto: 12, Color del texto: hex #101820, Halo: 1, Tipo de etiqueta: Alfanumérico, Dirección de la etiqueta: Horizontal y Origen de la etiqueta: Inferior izquierda. Sistema de referencia; Definir el sistema de referencia predeterminado: UTM.</p>	<p>Genera un gráfico de referencia con cuadrícula en el mapa.</p>
Widget “Guía de respuesta ante emergencias”	<p>Ubicación de vertido; Lista: Color: hex #101820, Relleno (el color solo se aplica si el estilo es sólido): hex #101820. Zona de aislamiento inicial; Lista: hex #ff671f, Relleno (el color solo se aplica si el estilo es sólido): hex #ff671f. Zona de acción protectora: Lista: hex #ff671f, Relleno (el color solo se aplica si el estilo es sólido): hex #ff4f5f0. Zona de sotavento: Lista: hex #003B5C, Relleno (el color solo se aplica si el estilo es sólido): hex #003B5C.</p>	<p>Permite determinar posibles peligros en función del tipo de vertido de material peligroso y la ubicación en el mapa seleccionada por el usuario.</p>

	<p>Zona de aislamiento de incendios: Lista: hex #ff0000, Relleno (el color solo se aplica si el estilo es sólido): hex #f4f5f0.</p> <p>Zona de aislamiento BLEVE: Lista: hex #00b5e2, Relleno: hex #f4f5f0.</p> <p>Unidad de medida predeterminada: Metros.</p>	
Widget “Imprimir”	<p>*URL de servicio: https://utility.arcgisonline.com/arcgis/rest/services/Utilities/PrintingTools/GPServer/Export%20Web%20Map%20Task</p> <p>Título predeterminado: Mapa creado con el SIG móvil de levantamientos topográficos GNSS “TopoSIG”.</p> <p>Autor predeterminado: Hector Gabriel Vazquez Mota.</p> <p>Copyright predeterminado: Copyright © [2024] [Hector Gabriel Vazquez Mota].</p> <p>Todos los derechos reservados.</p> <p>Queda prohibida la reproducción total o parcial de este contenido, así como su almacenamiento, transmisión o cualquier otro uso sin el permiso previo por escrito del titular de los derechos de autor.</p> <p>Para obtener permiso para reproducir partes de este contenido, por favor, contacte con [Hector Gabriel Vazquez Mota] a través de [hector.vazquezmot@alumno.buap.mx].</p> <p>Se permite la cita breve de partes del contenido en otros trabajos, siempre y cuando se proporcione la atribución adecuada al autor y se incluya un enlace o referencia a la fuente original.</p> <p>Formato predeterminado: PDF</p> <p>Diseño predeterminado: Tabloid ANSI B Landscape.</p>	<p>Conecta la aplicación web con un servicio de impresión para permitir que se imprima el mapa actual.</p>
Widget “Indicaciones”	<p>URL de la ruta: https://route.arcgis.com/arcgis/rest/services/World/Route/NA/Server/Route_World</p> <p>Idioma de las indicaciones: es-mx.</p> <p>Unidades de longitud de las indicaciones: Kilómetros.</p>	<p>Ofrece un método rápido y eficiente de calcular indicaciones basadas en giros entre dos o más ubicaciones.</p>
Widget “Marcador”	<p>Visualizar marcadores como; Tarjetas: Activado, Permitir agregar marcadores en el widget: Activado, Visualizar marcadores del mapa web: Activado y Visualizar marcadores personalizados: Desactivado.</p>	<p>Almacena un conjunto de extensiones de vista de mapa (es decir, marcadores espaciales) que se muestran en la aplicación.</p>
Widget “Medición”	<p>Unidad de área predeterminada: Hectáreas.</p> <p>Unidad de longitud predeterminada: Kilómetros.</p> <p>Mostrar herramientas de medición: Área, Distancia y Ubicación.</p> <p>Agregue el gráfico de medición como capa operativa del mapa: Activado.</p>	<p>Permite medir el área de un polígono, la longitud de una línea o buscar las coordenadas de un punto.</p>

Widget “Resumen de Líneas”	<p>Capa de resumen: Trazar línea. Campo de filtro de la capa de resumen: Longitud. Campo de resumen: Tipo Suma, Campo Longitud. Etiqueta de recuento de entidades: Activado. Mostrar como agregados de resumen: Activado.</p>	<p>Permite resumir atributos numéricos de las líneas capturadas en el mapa actual que cae dentro de la extensión visible del mapa.</p>
Widget “Resumen de polígonos”	<p>Capa de resumen: Trazar Polígono. Campo de filtro de la capa de resumen: Área (m²). Campo de resumen: Tipo Suma, Campo Área (m²). Etiqueta de recuento de entidades: Activado. Mostrar como agregados de resumen: Activado.</p>	<p>Permite resumir atributos numéricos del área de los polígonos capturadas en el mapa actual que cae dentro de la extensión visible del mapa.</p>
Widget “Selección”	<p>Capas de análisis: Agregar Fotografía, Agregar Video, Agregar Punto Único, Transmitir Ubicación, Trazar Línea y Trazar Polígono. Herramientas de Área de interés: Nombre de lugar, Elegir herramientas de dibujo, Cargar Shapefile y Coordenadas. Herramientas de dibujo: Punto, Polilínea, Extensión, Polígono y Círculo. Capas que contienen las entidades que se pueden seleccionar con la herramienta de dibujo: Agregar Fotografía, Agregar Video, Agregar Punto Único, Transmitir Ubicación, Trazar Línea y Trazar Polígono. Permitir a los usuarios cargar shapefile para incluirlos en el análisis: Activado. No analizar ni ofrecer resultados sobre capas no visibles: Activado. Descargar Capas de entidades: Activado. Diseño predeterminado: Tabloide ANSI B Vertical. Título del informe: Resumen de entidades capturadas. Color de título del informe: hex #f4f5f0. Distancia de zona de influencia predeterminada: 0. Unidades de zona de influencia: kilómetros. Simbología de Área de interés: Punto, Línea y Polígono Funciones de búsqueda; URL https://geocode.arcgis.com/arcgis/rest/services/World/GeocodeServer, Nombre del geocodificador: ArcGIS World Geocoding Service, Texto del marcador de posición: ArcGIS World Geocoding Service, Código(s) de país o región: MEX, Búsqueda local habilitada, Escala Mínima: 1: 1000, Mostrar ventana emergente de la entidad o la ubicación encontrada: Activado.</p>	<p>Permite definir un área de interés y analizar capas especificadas para detectar posibles efectos negativos.</p>

<p>Widget “Seleccionar”</p>	<p>Elegir herramientas de selección: Puntos, Líneas y Polígonos. Color de selección: hex # #00b5e2. Modo de selección interactivo: Prácticamente dentro. Capas están disponibles para seleccionar: Agregar Fotografía, Agregar Video, Agregar Punto Único, Transmitir Ubicación, Trazar Línea y Trazar Polígono.</p>	<p>Permite seleccionar entidades interactivamente en el mapa y actuar sobre las entidades seleccionadas.</p>
<p>Widget “Superposición de cuadrícula”</p>	<p>Tamaño mínimo de cuadrícula: 150 px. Opacidad de línea: 80%. Designador de zona de cuadrícula (GZD): Color hex #003b5c, Tamaño de fuente 28 y Ancho de línea: 2. Identificación de cuadrado de cuadrícula de 100,000 metros (GSID): Color hex #ff671f, Tamaño de fuente 28 y Ancho de línea: 2. Líneas de cuadrícula de 10,000 metros: Color hex #00b5e2, Tamaño de fuente 19 y Ancho de línea: 1. Líneas de cuadrícula de 1,000 metros: Color hex #101820, Tamaño de fuente 16 y Ancho de línea: 1. Líneas de cuadrícula de 100 metros: Color hex #f4f5f0, Tamaño de fuente 15 y Ancho de línea: 1. Líneas de cuadrícula de 10 metros: Color hex #bdbdbd, Tamaño de fuente 13 y Ancho de línea: 1.</p>	<p>permite representar rápidamente una cuadrícula del Sistema de Referencia de Cuadrícula Militar (MGRS, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos mediante recursos del cliente en una aplicación web.</p>
<p>Widget “Swipe”</p>	<p>Tipo de herramienta Swipe: Barra vertical Dirección: Mostrar capas en barrido en el lado izquierdo. Color de barra: hex #00b5e2. Capas que admiten función Swipe: Agregar Fotografía, Agregar Video, Agregar Punto Único, Transmitir Ubicación, Trazar Línea, Trazar Polígono, Levantamiento “Límites Territoriales - Líneas”, Levantamiento “Límites Territoriales - Fotografías”, Caserío Disperso Gestionado por Cuaxomulco, Tlaxcala, Área rural sin gestión municipal perteneciente a Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Municipio de San José Teacalco, Tlaxcala, Municipio de Chiautempan, Tlaxcala, Municipio de Cuaxomulco, Tlaxcala, Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, con Información Topográfica, Límite Municipal de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Municipios Colindantes con el Municipio de Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala y Límite Territorial del Estado de Tlaxcala. Acercar a capa de barrido: Activado. Ocultar el panel de selección de capa al abrir el widget: Desactivado.</p>	<p>Permite comparar fácilmente el contenido de distintas capas de un mapa.</p>

Tabla 38. Configuración de la aplicación web contenida en el botón “Edición y Análisis”. Elaboración propia.

Anexo 5. Productos relacionados con el trabajo

Producto	Evidencia con acceso código QR
<p>Programa de Servicio Social</p> <p>Institución: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Programa educativo: Lic. en Gestión de Ciudades Inteligentes y Transiciones Tecnológicas Nombre del programa: Geotecnologías en el Ordenamiento Territorial Folio del programa: 155443 Fecha del programa: 03/01/22</p>	<p>Certificado de Servicio Social</p> 
<p>Ponencia en Foro de Servicio Social y Práctica Profesional</p> <p>Institución: Facultad de Ciencias de la Electrónica Ponencia: Geotecnologías en el Ordenamiento Territorial Fecha: 21/04/23</p>	<p>Constancia de ponencia</p> 
<p>Sistema de levantamientos topográficos</p> <p>Nombre: “Límites territoriales” Área: Trabajo de campo Desarrollador: Hector Gabriel Vazquez Mota Directora: Ma. Magdalena Pérez Torres</p>	<p>Acceso a sistema</p> 
<p>Sistema de Información Geográfica Móvil</p> <p>Nombre: “Topo SIG” Área: Trabajo de campo y de gabinete Desarrollador: Hector Gabriel Vazquez Mota Directora: Ma. Magdalena Pérez Torres</p>	<p>Acceso a sistema</p> 

<p>Manual de usuario del SIG móvil para levantamientos topográficos</p> <p>Fecha de elaboración: 24/08/23 Autor: Hector Gabriel Vazquez Mota Directora: Ma. Magdalena Pérez Torres</p>	<p>Acceso a manual</p> 
<p>Manual de usuario TopoSIG: soluciones en topografía</p> <p>Fecha de elaboración: 22/04/23 Autor: Hector Gabriel Vazquez Mota Directora: Ma. Magdalena Pérez Torres</p>	<p>Acceso a manual</p> 
<p>Evaluación del TopoSIG</p> <p>Fecha de elaboración: 22/07/24 Autor: Hector Gabriel Vazquez Mota Aplicación: Ma. Magdalena Pérez Torres</p>	<p>Encuestas aplicadas</p> 
<p>Repositorio de Mapas</p> <p>Fecha de elaboración: 08/11/24 Autor: Hector Gabriel Vazquez Mota Directora: Ma. Magdalena Pérez Torres</p>	<p>Mapas Generados</p> 

Bibliografía

- [1] D. Morgenthaler, «esri Colombia,» 26 05 2020. [En línea]. Available: <https://www.esri.co/es-co/nosotros/publicaciones/blogs/fecha/2020/catastro/colombia-usa-collector-para-apoyar-la-administraci-n-de-tierras#autor>. [Último acceso: 21 11 2023].
- [2] D. R. C. C. I. G. M. G. L. G. Maximiano Bautista Andalón, «Realidad, datos y espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía,» INEGI, Mayo-Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://rde.inegi.org.mx/index.php/2017/05/01/limites-municipales-un-modelo-de-solucion/>. [Último acceso: 27 11 2023].
- [3] F. G. Márquez, «Curso Básico de Topografía-Planimetría- Agrimensura-Altimetría,» de *Curso Básico de Topografía-Planimetría- Agrimensura-Altimetría*, Ciudad de México, Terracota, 2017, p. 322.
- [4] F. M. M. Guayanay, «Aplicación de Nuevas Tecnologías en la Topografía,» Quito, 2012.
- [5] AL-TOP TOPOGRAFÍA, SA, «al-topo TOPOGRAFIA,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.al-top.com/producto/trimble-tdc150/>. [Último acceso: 24 06 2023].
- [6] Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, «Los Sistemas de Información Geográfica,» *Geoenseñanza*, vol. 11, nº 1, pp. 107-116, 2006.
- [7] V. Olaya, *Sistemas de Información Geográfica*, Creative Commons, 2020.
- [8] Esri, «ArcGIS Resources,» [En línea]. Available: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>. [Último acceso: 16 06 2023].
- [9] Esri, «Acerca de Esri,» [En línea]. Available: <https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/overview>. [Último acceso: 21 11 2023].
- [10] INEGI, «Marco Geoestadístico, diciembre 2022,» 2022.
- [11] INEGI, «Sistema para la Consulta de Información Censal 2020,» 2020.
- [12] INEGI, «Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica escala 1:250 000 por entidad federativa (2021), Tlaxcala,» 2022.
- [13] ONU, «Objetivos de Desarrollo Sostenible,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>. [Último acceso: 2023 11 22].
- [14] SEDATU, «INEGI,» 30 Mayo 2019. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/contenidos/eventos/2019/fegem/doc/4_Políticas_y_programas_para_el_desarrollo_territorial_y_urbano.pdf. [Último acceso: 16 06 2023].
- [15] L. M. N. B. Diana Marcela Sarmiento Castañeda, «Beneficios Ambientales del Uso de Tecnologías Topográficas Alternativas de Información Geospacial del Terreno,» BOGOTÁ, 2019.
- [16] esri, «esri,» [En línea]. Available: <https://www.esri.com/es-es/arcgis/about-arcgis/overview>. [Último acceso: 22 11 2023].
- [17] O. del Río Santana, F. d. J. Gómez Córdova, N. V. López Carrillo, J. A. Saenz Esqueda y A. T. Espinoza Fraire, «Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, p. 13, 2020.
- [18] esri, «ArcGIS Pro,» esri, [En línea]. Available: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/mapping/properties/coordinate-systems-and-projections.htm>. [Último acceso: 02 02 2024].
- [19] esri, «ArcGIS Resources,» esri, [En línea]. Available: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>. [Último acceso: 02 02 2024].
- [20] B@UNAM, «B@UNAM,» Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia de la UNAM, 2017. [En línea]. Available: http://uapas1.bunam.unam.mx/matematicas/tipos_de_proyecciones/. [Último acceso: 03 02 2024].
- [21] ArcGIS Pro, «ArcGIS Pro,» [En línea]. Available: <https://pro.arcgis.com/es/pro->

- app/latest/help/mapping/device-location/gnss-and-location-devices.htm#:~:text=GNSS%3A%20sistema%20global%20de%20navegaci%C3%B3n,se%20utiliza%20habitualmente%20en%20Norteam%C3%A9rica. [Último acceso: 09 06 2024].
- [22] TOPOSERVIS, «TOPOSERVIS,» 2024. [En línea]. Available: <https://toposervis.com/que-es-y-para-que-sirve-un-gnss/>. [Último acceso: 10 06 2024].
- [23] P. G. Alcaraz, «Repositorio Digital UPCT,» 22 05 2015. [En línea]. Available: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/4651>. [Último acceso: 14 06 2023].
- [24] esa, «THE EUROPEAN SPACE AGENCY,» 30 01 2023. [En línea]. Available: https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/El_nuevo_servicio_Galileo_ofrece_una_precision_de_hasta_20_cm. [Último acceso: 04 02 2024].
- [25] National Coordination Office for Space-Based Positioning, Navigation, and Timing, «GPS.GOV,» 03 03 2022. [En línea]. Available: <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>. [Último acceso: 04 02 2024].
- [26] D. Marín, «NAUKAS,» EUREKA, 2020 06 2020. [En línea]. Available: <https://danielmarin.naukas.com/2020/06/24/completado-el-despliegue-del-sistema-de-posicionamiento-chino-beidou/>. [Último acceso: 04 02 2024].
- [27] AcademiaLab, «AcademiaLab,» AcademiaLab, 2024. [En línea]. Available: <https://academia-lab.com/enciclopedia/glonass/>. [Último acceso: 2024 02 04].
- [28] N. A. B. Ortega, «SIG de Levantamientos Topográficos Realizados en Procesos Propios de la ANT del 2016 al 2018,» MANIZALES, 2019.
- [29] J. Montano, «Lifeder,» Lifeder, 28 04 2022. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/piramide-de-kelsen/>. [Último acceso: 29 11 2023].
- [30] L. G. N. M. y. P. Q. Itzel Pulido, «Nociones de Derecho Positivo Mexicano,» 12 03 2019. [En línea]. Available: <https://nocionesdpm4.blogspot.com/2019/03/un-paso-la-jerarquia-de-la-norma.html>.
- [31] Cámara de Diputados LXV Legislatura, «Cámara de Diputados LXV Legislatura,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>. [Último acceso: 06 02 2024].
- [32] Naciones Unidas, «ONU-HABIAT,» 2021. [En línea]. Available: <https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/Nueva-Agenda-Urbana-Ilustrada.pdf>. [Último acceso: 06 02 2024].
- [33] Cámara de diputados del honorable congreso de la unión, «Ley de Desarrollo Rural Sustentable,» [En línea]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/582236/Ley_de_Desarrollo_Rural_Sustentable.pdf.
- [34] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, «LGEEPA,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>. [Último acceso: 2024 02 06].
- [35] Congreso del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala, «Ley de Aguas del Estado de Tlaxcala,» 2024. [En línea]. Available: https://congresodetlaxcala.gob.mx/archivo/leyes2020/pdf/8_Ley_de_aguas_par.pdf. [Último acceso: 07 02 2024].
- [36] Congreso del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala, «Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tlaxcala,» 04 12 2018. [En línea]. Available: https://normas.cndh.org.mx/Documentos/Tlaxcala/Ley_AHOTDUE_Tlax.pdf. [Último acceso: 06 03 2024].
- [37] Congreso del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala, «Ley de Catastro del Estado de Tlaxcala,» 2024. [En línea]. Available: https://congresodetlaxcala.gob.mx/archivo/leyes2020/pdf/20_Ley_de_catastro.pdf. [Último acceso: 06 02 2024].
- [38] SEGOB, «DECRETO por el que se reforma y adiciona el artículo 4o. de la Constitución Política de

- los Estados Unidos Mexicanos.,» 08 05 2020. [En línea]. Available: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5593045&fecha=08/05/2020#gsc.tab=0. [Último acceso: 06 02 2024].
- [39] Gobierno del Estado de Tlaxcala, Consejería Jurídica del Ejecutivo del Estado, «Decreto No. 153,» 04 09 2018. [En línea]. Available: <https://cjuridica.tlaxcala.gob.mx/images/leyes/Ley%20de%20Asentamientos%20Humanos,%20Ordenamiento%20Territorial%20y%20Desarrollo%20Urbano%20del%20Estado%20de%20Tlaxcala%2004-09-2018.pdf>. [Último acceso: 2024 06 2024].
- [40] Secretaría de la Función Pública, «Reglamento de la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala en Materia de Prevención y Control de la Contaminación del Agua,» 2024. [En línea]. Available: <https://sfp.tlaxcala.gob.mx/pdf/normateca/reglamento%20de%20la%20ley%20de%20ecologia%20y%20de%20proteccion%20al%20ambiente%20del%20estado%20en%20materia%20de%20prevencion%20y%20control%20de%20la%20contaminacion%20del%20agua.pdf>. [Último acceso: 06 02 2024].
- [41] Secretaría de la Función Pública, «Reglamento Interior del Centro de Servicios Integrales para el Tratamiento de Aguas Residuales del Estado de Tlaxcala.,» Periódico Oficial, 21 01 2015. [En línea]. Available: <https://sfp.tlaxcala.gob.mx/pdf/normateca/Reglamento%20Interior%20del%20Centro%20de%20Servicios%20Integrales%20para%20el%20Tratamiento%20de%20Aguas%20Residuales%20del%20Estado%20de%20Tlaxcala.pdf>. [Último acceso: 19 06 2024].
- [42] Consejería Jurídica del Ejecutivo, «Reglamento Interior del Instituto de Catastro del Estado de Tlaxcala,» 2024. [En línea]. Available: <https://cjuridica.tlaxcala.gob.mx/images/Reglamentos/Reglamento%20Interior%20del%20Instituto%20de%20Catastro%20del%20Estado%20de%20Tlaxcala.pdf>. [Último acceso: 06 02 2024].
- [43] SEGOB, «Norma Mexicana NMX-AA-180-SCFI-2018,» SEGOB, 2024. [En línea]. Available: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5539165&fecha=26/09/2018#gsc.tab=0. [Último acceso: 07 02 2024].
- [44] GOBIERNO DE MÉXICO, «NOM-001-CONAGUA-2011,» 17 02 2012. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-001-conagua-2011>. [Último acceso: 06 02 2024].
- [45] SEGOB, «NORMA Oficial Mexicana NOM-002-CNA-1995,» SEGOB, 14 10 1996. [En línea]. Available: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4902701&fecha=14/10/1996#gsc.tab=0. [Último acceso: 07 02 2024].
- [46] SEGOB, «NOM-002-ECOL-1996,» SEGOB, 03 06 1998. [En línea]. Available: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881304&fecha=03/06/1998#gsc.tab=0. [Último acceso: 06 02 2024].
- [47] ISO, «ISO 19115-1:2014,» 04 2014. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/standard/53798.html>. [Último acceso: 08 02 2024].
- [48] ISO, «ISO/TS 19139-1:2019,» ISO, 2022. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/standard/67253.html>. [Último acceso: 12 02 2024].
- [49] ISO, «ISO/IEC 27001:2022,» 10 2022. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/standard/27001>. [Último acceso: 08 02 2024].
- [50] INEGI, «Guía Metodológica de la Red Geodésica Horizontal,» 2015.
- [51] B. N. M. T. Erika Eliana Guevara Parra, «Universidad Distrital Francisco José de Caldas Sistema de Bibliotecas,» 10 03 2022. [En línea]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29218>. [Último acceso: 16 06 2023].
- [52] ArcGIS, «ArcGIS Field Maps,» [En línea]. Available: <https://doc.arcgis.com/es/field-maps/latest/prepare-maps/high-accuracy-data->

collection.htm#ESRI_SECTION1_C992B4FE465A4AFAB98A4972E336E808. [Último acceso: 01 09 2024].

[53] A. A. G. V. María Isolda Hedlefs Aguilar, «Análisis comparativo de la Escala de Usabilidad del Sistema (EUS) en dos versiones,» *Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, vol. 5, nº 10, p. 15, 2016.

[54] J. A. d. Prado, «UXABLES,» UXABLES, 17 04 2024. [En línea]. Available: <https://www.uxables.com/investigacion-ux/medir-con-el-sistema-de-escala-de-usabilidad-sus/>. [Último acceso: 2024 06 02].