



GOBIERNO DEL ESTADO DE
BAJA CALIFORNIA SUR



INSTITUTO HISPALENSE
EN POLÍTICA CRIMINAL Y
CIENCIAS DE LA SEGURIDAD AC

Curso de Análisis Topográfico.



Índice

1. INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA APLICADA A LA BÚSQUEDA	2
2. CARTOGRAFÍA Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS	27
3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	42
4. MODELADO DEL TERRENO Y ANÁLISIS DEL RELIEVE.....	60
5. APLICACIÓN PRÁCTICA	67



1. INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA APLICADA A LA BÚSQUEDA

El ocultamiento de los cuerpos de personas desaparecidas, es un desafío para la investigación forense, la cual debe conducir a su búsqueda, recuperación e identificación. Dadas las complejidades del entorno, se hace necesario el desarrollo de estrategias innovadoras que desde un enfoque interdisciplinario permitan abordar cada una de las variables que intervienen en el proceso de traslado y depósito de los cuerpos, a fin de plantear estrategias de búsqueda y recuperación.

El análisis topográfico es crucial en la búsqueda de personas desaparecidas, de manera especial cuando se tiene indicios de que podrían estar enterradas en fosas clandestinas. El uso de herramientas geoespaciales puede apoyar en las labores analíticas para identificar áreas propensas a albergar estas fosas, tomando en consideración la pendiente de un terreno, movimientos de tierra, hundimientos o acumulación, vegetación, presencia de ríos o arroyos, etc.

Para realizar el análisis debemos considerar lo siguiente:

- **Identificación de Áreas de Interés:**

El análisis topográfico ayuda a identificar áreas con mayor probabilidad de contener fosas clandestinas o sitios de disposición de cadáveres, considerando factores como la topografía del terreno, la presencia de vegetación, y la proximidad a cuerpos de agua.

- **Uso de Herramientas Geoespaciales:**

Software especializado permite la visualización y el análisis de datos topográficos, incluyendo mapas de elevación, modelos de terreno digital, y otros datos satelitales.

- **Análisis de Patrones:**

El análisis topográfico puede revelar patrones en la ubicación de fosas clandestinas, lo que permite a las autoridades focalizar sus esfuerzos de búsqueda en áreas específicas.

- **Apoyo a la Búsqueda en el Campo:**

El conocimiento topográfico obtenido a través del análisis geoespacial facilita la planificación de las operaciones de búsqueda en el campo, ayudando a localizar posibles sitios de interés.

- **Documentación y Seguimiento:**

Los resultados del análisis topográfico pueden ser utilizados para documentar las zonas de búsqueda y para llevar un seguimiento de los hallazgos.

1.1 Conceptos básicos de topografía

¿Qué es la topografía?

La topografía es una ciencia geométrica dedicada a la representación gráfica de la superficie terrestre. Es la disciplina que estudia los principios y procedimientos que nos permiten ilustrar las formas, detalles y elementos de la Tierra, tanto los naturales como los creados por el ser humano.

Dicha representación se hace siempre respecto de una extensión de terreno limitada, aplicando un plano imaginario y un conjunto de coordenadas tridimensionales (x, y, z). El resultado es un mapa topográfico, que indica cuál es el relieve de la zona estudiada.

Así, los mapas topográficos muestran la elevación del terreno mediante sistemas de líneas que conectan puntos específicos con un plano de referencia, el cual suele ser el nivel del mar.

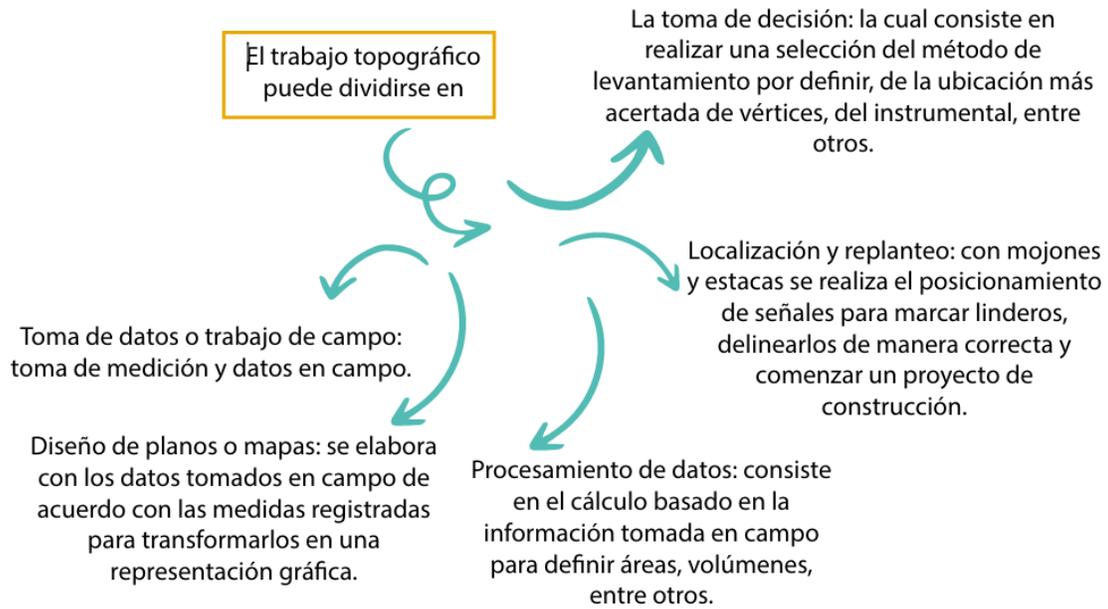
Los estudios topográficos son muy importantes para otras disciplinas, como la agrimensura, la arquitectura, la arqueología, la geografía, la espeleología, la cartografía, la minería, la oceanografía y un enorme compendio de ingenierías.

Es especialmente útil a la hora de edificar o hacer obras de ingeniería civil, ya que básicamente la topografía se ocupa de describir fielmente la realidad física inmóvil de un lugar determinado, sea éste una ciudad, un campo o un valle entre montañas.



La topografía representa gráficamente la superficie terrestre.

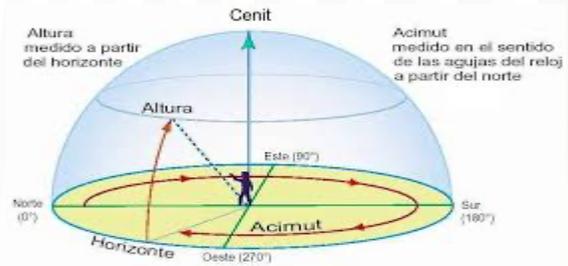
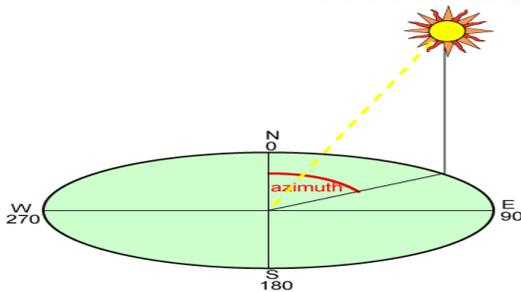
De manera general, la topografía hace referencia al arte de definir posiciones con puntos ubicados sobre y debajo de la superficie de la Tierra. Es considerada la ciencia o disciplina que comprende determinados procesos para recopilar información sobre la representación física de la Tierra. Usualmente, se utilizan los sistemas ordinarios de medición sobre el terreno, aunque los procesos topográficos se derivan también de la evolución de los sistemas modernos de exploración espacial a través de satélites artificiales y topografía aérea, los cuales son de amplio uso hoy en día (Zamarripa Medina, 2010).



Proceso topográfico

Conceptos fundamentales en topografía.

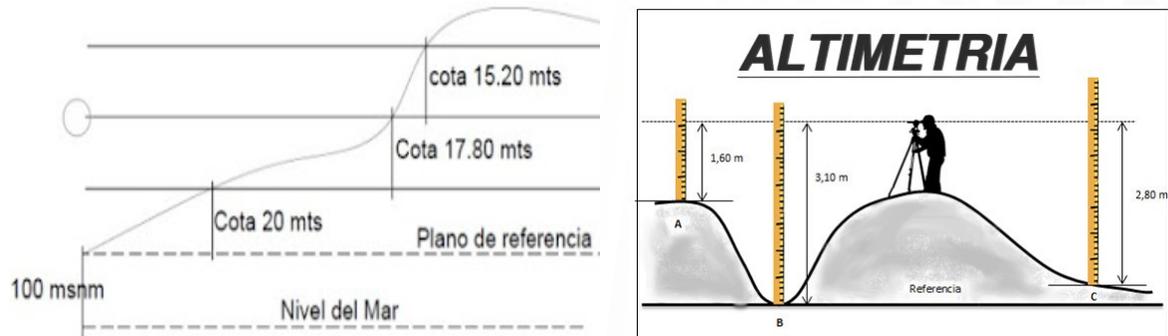
-ACIMUT: Se trata del ángulo horizontal que forman una determinada dirección marcada por dos puntos (punto de estación y punto visado) y otra dirección tomada como referencia. Esta dirección de referencia será el norte .



-BM (Banco de Nivel): Es un punto con una cota preestablecida y de alta precisión, en un trabajo de campo deben existir pocos, se utiliza como punto de partida para cualquier trabajo de nivelación.



-Cota: Es la distancia vertical entre cualquier punto con el que estemos trabajando a partir del nivel medio del mar (punto 0).



-Escala: Relación de semejanza constante que existe entre cualquier magnitud medida en un mapa y su homólogo en el terreno, cualquiera que sea la dirección que se tome en un mismo mapa.

Una escala es la relación de ampliación o reducción que existe entre las dimensiones de un objeto real y las dimensiones de su representación gráfica.

El primer número de la proporción o relación se refiere al dibujo en el papel. El segundo número de la proporción se refiere a la realidad del objeto (dimensiones reales). Los dos números se separan por dos puntos o por el signo de la división (/).

La percepción visual y la precisión

Hablar de escalas nos lleva necesariamente a introducir dos conceptos, el del límite de la percepción visual del ojo humano y el de la precisión.

Para entender el uso de las escalas es necesario recordar que el ojo humano tiene un límite de percepción visual sobre el plano que afecta a la distancia en el terreno, haciendo que se pierda/excluya según la escala utilizada.

El ojo humano tiene un límite visual de 0,2 a 0,25 mm de tal forma que, si quisiera ver dos puntos separados con una distancia menor a las arriba citadas, sería imposible que pudiera captar la distancia entre ellos y vería los dos puntos como si de un único punto se tratara. De ahí que el uso de las escalas en topografía esté condicionado, en primer lugar, por este límite de percepción que tiene el ojo humano.

De acuerdo con esto, una representación topográfica a escala 1:1000 representará cualquier elemento mayor de 0,25 m ($0,25\text{mm} \times 1.000 = 250 \text{ mm}$) mientras que, si utilizamos una escala 1:25.000, se mostrarán elementos mayores a 6,25 cm ($0,25\text{mm} \times 25.000 = 6.250 \text{ mm}$).



A su vez, el nivel de precisión requerido en los proyectos topográficos determina las técnicas de medición y las escalas utilizadas, ya que la máxima precisión en metros que se puede obtener al medir sobre un plano o un mapa topográfico dependerá de la escala utilizada, tal y como recoge esta tabla:

Escala		Precisión lograda (en metros)
Escala grandes	1:50	0,0125
	1:100	0,025
	1:200	0,05
	1:500	0,125
	1:1.000	0,25
Escala intermedias	1:2.000	0,50
	1:2.500	0,625
	1:4.000	1,00
	1:5.000	1,25
	1:10.000	2,50
Escala pequeñas	1:20.000	5,00
	1:25.000	6,25

1. Tipo de proporción

- **Escala natural**, cuando el tamaño físico del objeto representado en el plano coincide con la realidad. (Ejemplo: 1:1)
- **Escala de ampliación**, se utiliza cuando el tamaño real del objeto es más pequeño que el dibujo. (Ejemplo: 50:1, 20:1, 10:1, 5:1, 2:1)
- **Escala de reducción**, las que habitualmente se utilizan en topografía porque lo que hacen es reducir proporcionalmente las dimensiones reales de un terreno para que puedan ser plasmadas en un plano.

2. Formato de la escala

- **Escala gráfica**, donde cada segmento muestra la proporción entre la representación y la realidad.
- **Escala numérica**, las que más se utilizan en topografía porque expresan mediante una fracción numérica la proporción existente entre las dimensiones reales de un terreno y su representación sobre plano.

A su vez, las **escalas numéricas** se dividen en tres grandes grupos. Los tres son utilizados en topografía en función de las necesidades del proyecto a ejecutar:

1. Escalas pequeñas:



Se utilizan en proyectos de viabilidad general con grandes dimensiones, como por ejemplo la construcción de una carretera. Son las que se utilizan también en los mapas de grandes regiones y países, con elementos representados a esta escala, pero también con otros muchos simbolizados. Hablaríamos de escalas pequeñas cuando su rango va desde una escala 1: 50.000.000 a 1: 500.000.

2. Escalas medianas:

Quizás sean las más utilizadas en topografía junto con las grandes, aunque siempre teniendo en cuenta las peculiaridades de cada proyecto. Su uso puede ser variado, desde la construcción de una carretera al levantamiento de un inmueble. Son las escalas que aparecen también en mapas políticos. Hablaríamos de escalas medianas cuando su rango va desde una escala 1: 500.000 a 1: 50.000.

3. Escalas grandes:

Se recurre a ellas para proyectos que se desarrollan en entornos urbanos y que son de menor dimensión. También son las escalas que suelen utilizarse en los mapas de ciudades. Hablaríamos de escalas grandes cuando su rango va desde una escala 1: 50.000 a 1: 50.

Las escalas más utilizadas en topografía son las escalas numéricas comprendidas entre una escala 1:100 y una escala 1: 100.000.

Entre las principales ventajas del uso de **escalas numéricas 1:100 a 1:100.000** destacan:

1. **Adaptabilidad a diversas aplicaciones:** Este rango de escalas es versátil y permite su uso tanto en estudios detallados de terrenos amplios como en cartografía general, siendo escalas muy adecuadas para urbanismo, ingeniería civil o planificación territorial.
2. **Equilibrio entre detalle y extensión territorial:** Las escalas menores, como 1:100, permiten representar con alta precisión estructuras y elementos topográficos urbanos, mientras que escalas como 1:50.000 o 1:100.000 ofrecen una visión global de grandes áreas sin perder información relevante.
3. **Facilidad de interpretación y manejo:** Las escalas dentro de este intervalo permiten la representación clara de elementos del relieve, curvas de nivel y detalles técnicos sin generar distorsiones excesivas o información innecesaria.
4. **Compatibilidad con instrumentos de medición y software GIS:** Estas escalas también son ampliamente utilizadas en sistemas de



información geográfica (GIS) y en equipos de medición topográfica, lo que facilita la digitalización y análisis de datos geoespaciales.

5. **Precisión adecuada para proyectos de ingeniería y construcción:** En diseño de carreteras, redes de distribución y edificaciones, escalas como las escalas 1:500 o 1:1000 permiten definir con exactitud límites, cotas y pendientes.
6. **Estándares internacionales y normativas:** Muchas normativas de cartografía y topografía a nivel internacional establecen el uso de estas escalas para garantizar coherencia en la representación y comparación de datos geoespaciales.

La utilización de las escalas numéricas comprendidas entre 1:100 y 1:100.000 responde, principalmente, a la necesidad de encontrar un equilibrio entre detalle y cobertura territorial, algo que las hace idóneas para muchos proyectos de distinta índole.

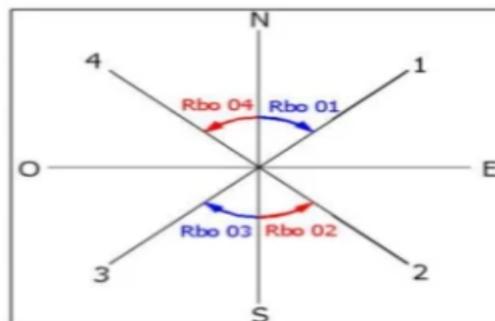
-Geodesia: es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico. Dentro de esta definición, se incluye también la orientación y posición de la tierra en el espacio.

-Proyección: Será la correspondencia biunívoca entre puntos representados en el plano y sus homólogos en la superficie terrestre, y que ha de conservar la forma hasta un cierto punto, pudiendo conservarse las distancias, los ángulos o las superficies.

-Punto de Estación: Es el lugar donde decidimos colocar el equipo. BM Puntos de cambio Estación.

-Punto Visado: Es el lugar donde colocamos la mira y donde se realiza las lecturas. Su ubicación depende del trabajo que estemos realizando.

-Rumbo: Angulo que forman el norte magnético con una dirección dada medido en el sentido de las agujas del reloj. Será inverso si se toma con la dirección opuesta a la dada.



Diferencias entre mapa, plano y croquis:

-Mapa:

Representación gráfica del aspecto y de la forma de la Tierra, un país, una región o una ciudad. Se define como un conjunto de dibujos, signos y palabras escritas que se considera un esquema de la realidad que existe sobre el propio terreno.

Los distintos tipos de mapas se elaboran a partir de un sistema de coordenadas geográficas y de diversas técnicas de proyección cartográfica. Esto implica la transformación de las características esféricas del planeta en una superficie plana, lo que produce necesariamente cierto grado de distorsión.

Las principales características de los mapas son:

- Se trata de una representación gráfica y a escala de la superficie terrestre.
- Se los utiliza para la ubicación y orientación en un territorio.
- Se cree que existen hace más de 5.000 años.
- Hay de distintos tipos: topográficos, físicos, políticos, temáticos, entre otros.
- Son una herramienta muy utilizada en ámbitos escolares y educativos.
- Pueden servir para comprender procesos y fenómenos que suceden en la Tierra.
- En la actualidad, la mayoría son digitales.
- Los GPS los utilizan para orientar a los usuarios sobre su propia ubicación o sobre otras direcciones.



Los mapas físicos representan principalmente el relieve.

Los principales tipos de mapas que existen son:

- Mapas físicos. Se enfocan principalmente en información vinculada con el relieve y la hidrografía.



- Mapas políticos. Se enfocan principalmente en los límites políticos, las ciudades más importantes, las rutas y los caminos.
- Mapas topográficos. Incluyen información sobre la elevación del terreno mediante el uso de curvas de nivel, así como la localización de ríos, lagos, montañas, caminos, edificios importantes y otros elementos del paisaje.
- Mapas temáticos. Representan información específica sobre un tema o fenómeno particular, como la densidad de población, el clima, la distribución de recursos naturales, la prevalencia de enfermedades, entre otros.
- Mapas históricos. Representan la geografía de una región en un período específico del pasado. Pueden mostrar la evolución de fronteras, la distribución de poblaciones antiguas o el avance de los ejércitos durante una guerra, entre otros.
- Mapas náuticos. Proporcionan información sobre profundidades, corrientes marinas, faros y elementos que pueden representar peligros para la navegación.
- Mapas urbanos. Son mapas de una ciudad o un sector de ella, en los que se detallan las calles, los servicios, la información turística y otros elementos de interés.

Historia de los mapas

Los mapas son tan antiguos como la civilización misma. Surgieron apenas el ser humano tuvo la necesidad de recorrer territorios desconocidos o infrecuentes, ya sea como parte de iniciativas de exploración, de comercio o de conquista.

Los primeros mapas de los que se tiene registro datan de la antigua Mesopotamia, hace 5.000 años. Estos eran mapas rudimentarios tallados en piedra o dibujados en cuevas. No eran precisos en el sentido moderno, pero mostraban la necesidad de orientación y ubicación de estos humanos prehistóricos.

Se cree que los primeros mapas planos fueron creados por los babilonios alrededor del 600 a. C. En la Antigua Grecia, la cartografía se desarrolló gracias a filósofos y geógrafos como Anaximandro, Hecateo y, más tarde, Ptolomeo. Ptolomeo, en particular, con su obra *Geographia*, sentó las bases de la cartografía moderna, al introducir conceptos como la latitud y la longitud, y al compilar un atlas que incluía mapas del mundo conocido en su tiempo.

Durante la Edad Media, la cartografía en Europa sufrió un retroceso en términos de precisión y detalle. Los mapas que se producían estaban influenciados por la Iglesia católica y solían enfocarse en representaciones simbólicas y religiosas. En el mundo islámico, la cartografía se desarrolló con cartógrafos como Al-Idrisi, quien creó mapas del mundo conocido en su época con un gran nivel de detalle.

El Renacimiento europeo marcó también el desarrollo de la cartografía, impulsada por la llegada de los europeos a América y la invención de la imprenta. La producción de mapas se volvió más precisa y accesible: mapas como los de



Gerardus Mercator, con su famosa proyección que permitía una navegación más sencilla, se expandieron por toda Europa.

Esto sentó las bases para la expansión de los imperios coloniales, como España, Reino Unido, Francia y Alemania, que llevaron adelante importantes iniciativas cartográficas para poder conocer, organizar y repartirse los territorios colonizados en América, África y Asia.

En la actualidad, las fotografías aéreas y el desarrollo de la teledetección y de los sistemas de información geográfica (SIG) permiten producir mapas con información muy precisa y detallada de la superficie de la Tierra. Estas herramientas posibilitan el análisis y la visualización de datos en tiempo real y la utilización de navegadores como los GPS.

¿Para qué sirven los mapas?

La principal función de los mapas es ofrecer una visión simplificada y comprensible del territorio que les permita a las personas encontrar rutas y ubicaciones, así como entender procesos y dinámicas que suceden en el espacio geográfico.

En el ámbito educativo, los mapas ayudan a los estudiantes a comprender conceptos y procesos geográficos, así como a visualizar la distribución espacial de fenómenos naturales y humanos.

Además, los mapas son herramientas muy útiles para la planificación urbana y regional. A través de los sistemas de información geográfica (SIG), se utilizan para estudiar datos relacionados con la demografía, la economía y el ambiente.

A través de los GPS, los mapas también ayudan a las personas a ubicarse en el territorio y encontrar las mejores alternativas para dirigirse de un lugar a otro. La actualización de los mapas en tiempo real permite seleccionar las mejores rutas en función de variables como el tránsito o los cortes de caminos.

-Plano: Se trata de un tipo de mapa que trata de la representación de una superficie donde no se considerará la esfericidad terrestre como un condicionante, por lo que trata de superficies con una extensión limitada. Debido a esto, se puede decir que un plano representará una parte de la superficie lo suficientemente pequeña como para que pueda considerarse libre de error al prescindir de la esfericidad de la Tierra.

La palabra procede del latín planus, que significa 'llano' o 'liso'.

Los planos tienen aplicación en diversos ámbitos del conocimiento, tales como la matemática (la geometría), la geografía, el diseño, la arquitectura, el urbanismo, la ingeniería y la construcción en general.

Por ende, los planos sirven para diseñar, calcular y/o visualizar diferentes objetos y espacios, ya sea para llevarlos a la realidad, para describir la realidad o para imaginar el aspecto de algo.



Características de un plano

Todos los planos, independientemente de su tipo, reúnen un conjunto de características comunes.

Son bidimensionales, es decir, se elaboran sobre una superficie de dos dimensiones: alto y ancho.

Son una representación gráfica de la realidad, sea un objeto o un espacio.

Responden a una escala determinada.

Sirven para proyectar objetos y ubicar elementos en el espacio.

Tipos de planos

Existen diferentes tipos de planos según las áreas de conocimiento en que se apliquen. Los más conocidos son: plano cartesiano, plano cartográfico y planos de dibujo.

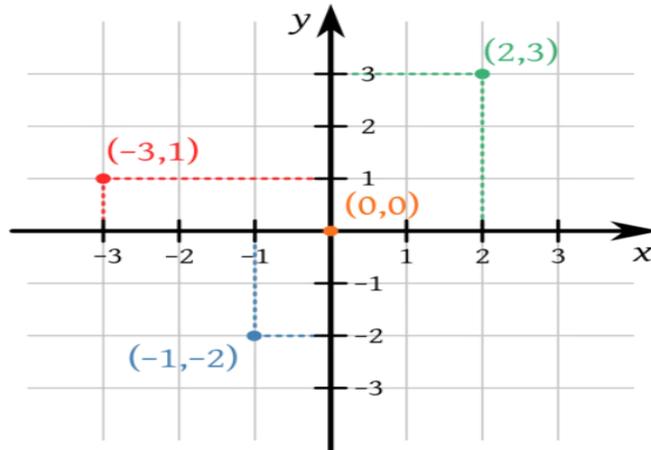
Plano cartesiano (plano geométrico)

El plano cartesiano es un concepto de **geometría, rama de las matemáticas**. Se utiliza para describir la ubicación de puntos mediante sus coordenadas o pares ordenados.

Se forma con dos rectas numéricas perpendiculares entre sí: una horizontal, llamada **abscisa** (x), y otra vertical, llamada **ordenada** (y). El punto en que se cruzan la abscisa y la ordenada se llama **origen**. Los valores a la derecha y por arriba del origen son positivos, mientras que los valores a la izquierda y por debajo del origen son negativos.

Las características o propiedades de un plano cartesiano son las siguientes:

- El espacio del plano se puede extender sin limitaciones.
- Los ejes de las coordenadas son de la misma escala.
- Tiene puntos y rectas infinitos.
- Para que una recta sea parte de un plano, debe tener al menos dos puntos en él.
- Cuando dos planos se cortan entre sí, establecen una recta.
- Una recta es atravesada por planos infinitos.



Ejemplo de plano cartesiano.

Plano cartográfico (plano geográfico)

En **geografía** se utilizan planos cartográficos, es decir, mapas. Un plano cartográfico es una representación a escala de las características de un área o terreno en una superficie bidimensional. Estas características pueden ser geográficas, geológicas, hidrológicas, topográficas, geopolíticas, urbanas, etc. Los planos cartográficos sirven para ubicarnos en el espacio (mapa).

Planos de dibujo técnico

Son planos de dibujo técnico todos aquellos que sirven para representar a escala el diseño de un objeto. Tienen aplicación en diferentes áreas profesionales, tales como arquitectura, ingeniería, diseño gráfico, diseño industrial, etc.

Dentro de estas áreas, puede haber muchas variedades de planos. Por ejemplo: planos geométricos y planos orgánicos en el diseño gráfico; planos arquitectónicos y de ingeniería civil (plantas, instalaciones eléctricas, tuberías, etc.); y planos de maquinarias y mecanismos diversos.



Ejemplo de plano de dibujo técnico, específicamente arquitectónico.





-Croquis: Será una representación de la realidad (en este caso hablamos de una porción de terreno) realizada mediante la observación directa, a mano alzada y que no obedece a ningún acuerdo establecido, no debiendo guardar, una proporción próxima a la exactitud con la realidad que representa.

Un croquis es un dibujo simplificado, esquemático y realizado de manera rápida, sin demasiada precisión técnica y sin emplear instrumentos de medición, que sirve para captar la idea general de un objeto. Se suele usar en la arquitectura, el urbanismo, las artes, el diseño, la ingeniería, la educación e incluso las ciencias sociales.

Los croquis pueden consistir en representaciones de objetos reales o bien en ideas que serán materializadas. Son una aproximación más o menos general que se realiza con trazos sueltos y rápidos, y **su propósito es capturar y comunicar las formas de una manera simple y sencilla.**

En algunos casos, los croquis pueden tener valor artístico en sí mismo, como sucede con los estudios o bocetos de los grandes artistas y diseñadores.

Características de un croquis

A grandes rasgos, un croquis tiene las siguientes características:

-Es simple y esquemático. Muestra líneas simples y claras, formas básicas y pocos detalles.

-Se hace a mano alzada. Se realiza con trazos rápidos y no suele emplear herramientas o instrumentos de dibujo como escuadras o compases.

-Es una forma de comunicación. Sirve para transmitir información, para explicar procesos y conceptos o para presentar diseños.

-Se complementa con signos y anotaciones. Suele incluir enmiendas, anotaciones e indicaciones que no se muestran en los dibujos definitivos.

¿Para qué sirve un croquis?

El croquis es, fundamentalmente, la vista previa de un proyecto, que permite observar a grandes rasgos en qué consiste la obra. Es el paso preliminar al plano y puede emplearse en muy diversas áreas, tales como:

-Arquitectura y urbanismo, para presentar el diseño de obras como edificaciones, infraestructuras, puentes, elementos urbanos y otras.

-Ingeniería, para mostrar elementos como piezas mecánicas, circuitos eléctricos, interfaces de usuario, estructuras de datos, distribución de maquinaria, procesos de producción y demás.

-Diseño industrial, como forma de presentar conceptos de piezas y productos.

-Diseño de moda, para diseñar y presentar indumentaria y accesorios.



-Educación, como forma de graficar conceptos para facilitar el aprendizaje.

-Ciencias sociales, para registrar observaciones de trabajo de campo, representar regiones, patrones espaciales o sitios arqueológicos, identificar interacciones sociales, comunicar símbolos o reconstruir eventos.

¿Cómo hacer un croquis?

Para hacer un croquis, es necesario seguir ciertos pasos:

Observar lo más detalladamente posible el objeto a representar, o bien la imagen que tenemos en mente.

Tomar apuntes y anotaciones y tener en cuenta el propósito. Por ejemplo, el croquis de un diseño arquitectónico será muy diferente al de una pieza mínima de maquinaria.

Trazar las líneas exteriores del objeto, fijándose en sus elementos esenciales y atendiendo a las proporciones, lo cual puede lograrse tomando como referencia objetos circundantes.

Elegir los detalles puntuales a representar, con el objetivo de que el dibujo comunique de manera esquemática y sencilla el concepto final.

Durante todo el proceso deben incorporarse las anotaciones, sugerencias, advertencias y mediciones necesarias para aproximarse de la mejor manera posible a la versión definitiva.

Diferencias entre croquis y boceto

Los términos “boceto” y “croquis” suelen usarse de forma indistinta. Si bien ambos son dibujos preliminares o preparatorios, existen diferencias que deben delimitarse. Las principales son:

Mientras el boceto puede ser libre, fugaz y espontáneo, el croquis se suele elaborar con más tiempo, para comunicar mejor el proyecto.

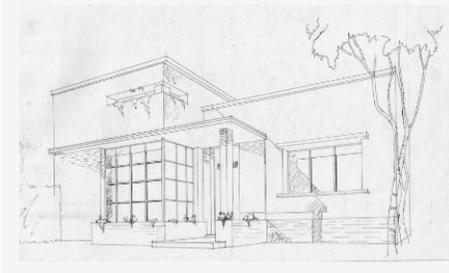
Los bocetos no buscan ser precisos. Los croquis, si bien no requieren precisión milimétrica, sí suelen tomar en cuenta las proporciones y medidas del diseño real.

El boceto se realiza con el propósito de capturar una idea muy general, de la manera más rápida posible. El croquis es una etapa posterior, que comunica información más específica.

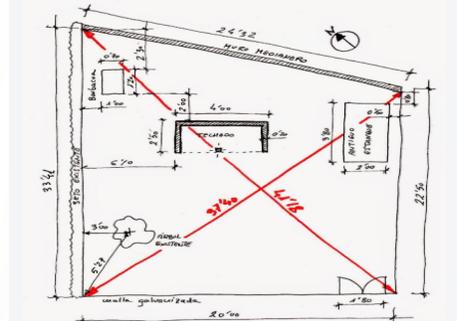
El boceto suele ser el primer paso y se usa en observaciones directas, estudios rápidos y como primera aproximación creativa de dibujos más elaborados, pinturas, esculturas o diseños. El croquis es una etapa intermedia antes del plano final de

una pieza de arte o un proyecto de arquitectura, diseño, ingeniería, ciencias sociales o educación.

1. Croquis de la fachada de una casa



2. Croquis de un plano topográfico



Objetivos de la topografía

En la topografía las funciones más importantes son el trazo y el levantamiento. El trazo, por ejemplo, es un proceso dinámico en el cual se determinan en campo las restricciones establecidas y proyectadas en el plano.

El levantamiento, entretanto, consiste en llevar a cabo unas operaciones requeridas para obtener información en campo que son útiles para generar la representación de la superficie de la Tierra por medio de un diseño de plano (Zamarripa Medina, 2010).

Historia de la topografía

Aunque no existe a ciencia cierta un inventor de la topografía, se estima que los antiguos egipcios y los griegos de la era clásica la practicaron con fruición, siendo como eran importantes constructores. Existe evidencia de la labor que llevaban a cabo los agrimensores del faraón, marcando en cada tierra labrada la porción que iba destinada a su majestad.

Al mismo tiempo, los primeros en realizar cartas geográficas propiamente dichas fueron los griegos Tales de Mileto y Anaximandro, por lo que podrían servir de iniciadores de la práctica de la representación gráfica del terreno.

Lo cierto es que la topografía tuvo su entrada formal como ciencia de la mano de la propiedad privada, ya que es una importante disciplina para las labores de expansión de los Estados y para el sector de la construcción de obras públicas y privadas. En ello, es una ciencia bastante moderna.

Tipos de medición topográfica

Las labores de la topografía se hacen siempre en el terreno, esto es, siempre en el campo mismo del estudio. Se distinguen, no obstante, por su metodología a la hora de hacer una medición:

Medición directa. Adquiere sus datos de manera directa, es decir, comparando la distancia real con la unidad de medida que la describe, como puede ser mediante una cinta métrica, por poner un ejemplo.

Medición indirecta. Aquella que se obtienen las mediciones mediante la aplicación de una fórmula matemática y otras formas de razonamiento abstracto.

Ramas de la topografía

La topografía siempre trabaja sobre el terreno.



A grandes rasgos, la topografía comprende tres ramas o subdivisiones:

-Agrimensura. Considerada en muchos sentidos una disciplina autónoma, se dedica a la medición de las distancias de las superficies de la Tierra, es decir, medición de áreas y definición de límites legales.

-Topografía clásica. Emplea un sistema abstracto de referencias o coordenadas esféricas, que luego pueden traducirse en un eje cartesiano para obtener, mediante cálculos, las proporciones de un espacio físico. Se divide en dos, a su vez:

- Planimetría. La medición de superficies planas.

La planimetría consiste en realizar procedimientos como la toma de información en terreno, lo cual permite la proyección de los datos sobre un plano horizontal definiendo la representación y forma del terreno. Es decir, se calcula el perímetro, el contorno y los detalles naturales o que el hombre requiera.

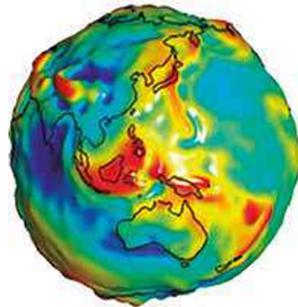
»	Levantamientos perimetrales	}	Direcciones.
			Ángulos.
»	Levantamientos de detallados	}	Distancias.
			Radiaciones.

- Altimetría. La medición de alturas.

La altimetría consiste en determinar la elevación de la cota de cada punto de la superficie terrestre de acuerdo con el plano de referencia que generalmente es el promedio del nivel del mar. Con la altimetría se pueden obtener algunas características del terreno como el relieve, los perfiles, las curvas de nivel, entre otras.

{ » Nivelaciones (alturas o cotas y elevaciones). }

-Geodesia. Se ocupa de representar gráficamente la superficie de la Tierra, comprendida como un conjunto macro de superficies, o sea, a partir de sectorizaciones grandes, lo cual implica a menudo sacrificar el plano imaginario topográfico.



Fuente: Dawson (2019).

La geodesia puede definirse como la disciplina o ciencia que estudia las dimensiones y formas de la Tierra. Estas pueden ser obtenidas a partir de la selección de unos puntos distribuidos sobre la superficie del terreno denominados geodésicos y que determinan la forma de los continentes o de un país.

El término geodesia fue usado por primera vez por Aristóteles y puede definirse como el acto de dividir la tierra o como las divisiones geográficas de la tierra entre los dueños de esta. Al respecto, la geodesia consiste en realizar levantamientos de la forma y la representación de la superficie terrestre.

Se diferencia de la topografía, pues esta última realiza levantamientos sobre pequeñas superficies, lo cual desprecia la verdadera forma de la Tierra, es decir, el esferoide y tiene en cuenta el plano horizontal de un área de la Tierra. Por lo demás, en topografía no se tiene en cuenta el error de forma de la superficie debido a que es más pequeño que la longitud de arco (Gómez Morales, 2015).



Inicialmente se la pensaba como una rama de la topografía, pero en la actualidad incluso se piensa que la jerarquía entre estas disciplinas podría ser al revés, y la topografía vendría siendo una suerte de geodesia práctica o inferior.

1.2 Aplicaciones en la localización de personas desaparecidas

La historia reciente de México está marcada por un conflicto armado interno que comenzó el 11 de diciembre de 2006 a días de tomar posesión el entonces presidente de la república Felipe Calderón Hinojosa, en su calidad de comandante supremo de las fuerzas armadas hizo una “declaración de guerra en contra del narcotráfico” que comenzó en su estado natal, Michoacán (Espino, 2019); cabe aclarar que los antecedentes de este conflicto se remontan años atrás, pero la diferencia radica en el incremento de la violencia sin precedentes, ya que desde entonces el número de homicidios y personas desaparecidas en México se ha incrementado considerablemente hasta el momento en que se escribe este trabajo (mayo, 2022). De acuerdo con cifras publicadas por el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública de diciembre de 2006 a marzo de 2022 se han registrado 327 mil carpetas de investigación por homicidio doloso (Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública, 2022).

Además, de acuerdo con la Comisión Nacional de Búsqueda (CNB) se cuenta con el registro de más de 84 mil personas desaparecidas o no localizadas de diciembre de 2006 a marzo de 2022. En promedio, al día se reportaron como desaparecidas 26.5 personas durante 2021, de las cuales 7.7 son mujeres, el comportamiento de las estadísticas se puede observar en la gráfica 1 (Comisión Nacional de Búsqueda-SEGOB, 2020). Debido a la tendencia al alza de estas cifras en octubre de 2017 se expidió la Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas. Sin embargo, los esfuerzos desde el Estado aún son insuficientes y desarticulados, la naturaleza misma de este fenómeno hace prácticamente imposible el acceso a información de forma precisa, la recopilación de información y la elaboración de registros son tareas sumamente complejas, ya sea desde fuentes oficiales o abiertas.

Asociado a esta crisis de violencia y después, especialmente, de la desaparición de 43 estudiantes de la Escuela Normal Isidro Burgos en Ayotzinapa, Guerrero, en septiembre de 2014; se han descubierto incontables fosas clandestinas, a partir de entonces han aumentado los esfuerzos para tratar de dimensionar el problema de la violencia en México y la búsqueda de personas desaparecidas. En octubre de 2017 se expidió la Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas.¹ Sin embargo, estos esfuerzos aún son insuficientes y desarticulados, la naturaleza

¹ DECRETO por el que se expide la Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas, y se reforman y derogan diversas disposiciones del Código Penal Federal y de la Ley General de Salud, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas. http://www.dof.gob.mx/avisos/2606/SG_171117/SG_171117.html



misma de este fenómeno hace prácticamente imposible el acceso a información de forma precisa, la recopilación de información y la elaboración de registros son tareas sumamente complejas, ya sea desde fuentes oficiales o abiertas.

A esto último se debe sumar el hecho de que, en muchos de estos casos, las autoridades han sido señaladas como responsables de desaparición forzada y/o existen pruebas de colusión entre autoridades, crimen organizado y particulares, lo que contribuye al subregistro de casos y tiene como consecuencias la desconfianza y falta de comunicación entre las instituciones y los colectivos en la mayoría de los casos. En este sentido, las tareas de búsqueda han sido tomadas por las familias de los desaparecidos y se han formado colectivos en buena parte del territorio nacional; al menos 160 participaron en la VI Brigada Nacional de Búsqueda en el estado de Morelos, del 9 al 25 de octubre de 2021 (Hernández, 2021). Estos grupos al principio no contaban con herramientas, ni con información suficiente, ni con protocolos que permitan sistematizar las búsquedas o realizar registros homologados para la elaboración de diagnósticos más allá de las historias. No obstante, llevan la delantera en cuanto a búsqueda se refiere respecto a las autoridades en los diferentes niveles de gobierno.²

Tanto en México como en otros lugares en contextos de conflicto, las organizaciones dedicadas a la búsqueda de personas desaparecidas se han apropiado de estos saberes y los han aplicado, por ejemplo, en Colombia el uso de estas herramientas y el registro de información ha permitido conocer más sobre la desaparición forzada y el proceso de paz (Equitas, 2015) (Cifuentes y Avendaño, 2020) (Human Rights Everywhere, 2019). En México, la organización “A dónde van los desaparecidos” (A dónde van los desaparecidos, 2022) ha realizado esfuerzos para mapear las fosas clandestinas y el Programa de Derechos Humanos de la Universidad Iberoamericana (González, Ruiz, Chávez y Guevara, 2019) (Universidad Iberoamericana, HRDAG y Data Cívica, 2020) también ha mapeado las fosas clandestinas y ha desarrollado modelos estadísticos para «predecir» fosas clandestinas en los municipios. Especialmente, para el caso de Guerrero, se realizó un modelo que permite reducir las áreas de búsqueda gracias al mapeo de las fosas clandestinas que se han localizado en ese estado (Silván, Alegre y González, 2019) (Silván, 2021).

Cartografía participativa.

La cartografía participativa puede ser considerada como la extracción y el uso del conocimiento local para la generación de mapas de diversos temas, proceso en el que los participantes se hacen conscientes y se apropian de su conocimiento

² En el Seminario de Cartografías (UAM) realizado entre marzo y abril del 2022 se presentaron testimonios de líderes de colectivos de búsqueda que ya tienen entre 8 y 10 años realizando estos trabajos, se han capacitado en leyes, antropología, arqueología forense, Sistemas de Información Geográfica, incluido el uso de GPS (Sistemas de Posicionamiento Global), drones y modelos geoespaciales.



espacial para la solución de problemas territoriales (González, Cohen y Galindo [coords.], 2020).

Este concepto presenta un abanico de posibilidades para el registro, almacenamiento, estudio y toma de decisiones para la búsqueda de personas desaparecidas post-mortem, aunado al acceso a la tecnología con la que se cuenta hoy en día para la elaboración de mapas digitales.

La información oficial y la cartografía participativa como alternativa

La recopilación de información sobre la ubicación de fosas clandestinas en México aún es incipiente, si bien en la Ley General en Materia de Desaparición Forzada de personas, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas (Secretaría de Gobernación, 2017) se tiene contemplado un registro nacional de fosas clandestinas aún no se ve concretado en la práctica, ya que cada una de las fiscalías o procuradurías registra sus propios datos, éstos no se encuentran homologados, existen faltantes y tampoco se han puesto de acuerdo en la definición de “fosa clandestina”³ y en algunos estados este término se registra como “fosa común”,⁴ entre otros muchos errores y subregistros.

Se han realizado solicitudes en la Plataforma de Transparencia del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI) a las 32 fiscalías estatales y a nivel federal a las secretarías de la Defensa Nacional, Marina, Gobernación, Seguridad y Protección Ciudadana y, a la Fiscalía General de la República (FGR). A la fecha se han recibido 24 respuestas positivas de las fiscalías estatales (1 719 registros). Destacan los casos de Morelos y Tabasco, el primero niega el acceso a la información por faltar a la “secretaría” (cabe mencionar que no se solicitaron datos personales ni expedientes, sólo estadísticas) y Tabasco ha reservado la información por 5 años. Querétaro, Guanajuato y Yucatán respondieron que no tienen registros de fosas clandestinas en sus estados. Con respecto a las oficinas federales se obtuvo respuesta de la FGR (28 registros) y de la Secretaría de Marina (118 registros). Cabe mencionar que la solicitud requiere información de diciembre de 2006 al 5 de octubre de 2020) y la mayor parte de esta información no se encuentra geolocalizada, es decir, no cuenta con coordenadas geográficas a nivel de punto. Por lo tanto, solamente serán útiles para un análisis a nivel agregado por estado o municipio.

En el mapa 1 se identificaron los tipos de respuesta, en verde todas las fiscalías o procuradurías que respondieron de forma positiva, es decir, que sí tienen presencia

³ Se entiende por fosas clandestinas todos aquellos sitios en donde se han realizado enterramientos, sepulcros u hoyos en la tierra para enterrar uno o más cadáveres de forma secreta por temor a ser acusados de un crimen ante la ley o para eludirla. De acuerdo con la Real Academia Española fosa significa enterramiento, sepulcro, hoyo en la tierra para enterrar uno o más cadáveres. Mientras que clandestino (a) significa secreto, oculto y especialmente hecho o dicho secretamente por temor ante la ley o para eludirla.

⁴ De acuerdo con la Real Academia Española fosa común es el lugar en el que se entierran los restos humanos exhumados de sepulturas temporales o aquellos que no pueden disponer de sepultura propia.

de fosas clandestinas y entregaron la información, los estados que respondieron que no tienen registros de fosas clandestinas y no es un problema en sus estados se encuentran en color naranja claro, en amarillo aquellos que no adjuntaron la información, en naranja los que no respondieron y en rojo los que niegan la información o la reservan. En estos últimos tres casos se presentó inconformidad sin respuesta.

Respuestas a solicitudes de transparencia por estado



Existen algunas iniciativas que han avanzado en México, por ejemplo, el “Mapa de los Femicidios en México” de María Salguero (Salguero, 2016). Entonces, si ya tenemos este mapa ¿por qué no construir un mapa así, para los hallazgos desde los colectivos? Que, dicho sea de paso, llevan mucho más tiempo que las autoridades buscando y conociendo el territorio,⁵ Finalmente, estas iniciativas pueden ayudar a registrar no solamente las fosas clandestinas, sino otro tipo de información que puede ser útil, como objetos localizados en las búsquedas, destaca el caso de la plataforma que presentó Fuerzas Unidas por Nuestros Desaparecidos Nuevo León (FUNDENL) en colaboración con CentroGeo “Huellas de vida: buscar a las y los desaparecidos mediante los objetos localizados en las búsquedas de campo”, en la que se registra y se “ofrece información fotográfica de las prendas y objetos que fueron localizados en los sitios de búsqueda, esto con la intención de que quienes buscan pueden identificarlos y eso les permita localizar a sus seres queridos” (Franco, 2022). Esta plataforma se encuentra abierta para su consulta.⁶

⁵ Algunos colectivos tienen 8 a 10 años buscando a sus familiares desaparecidos, mientras que la CNB comenzó operaciones de búsqueda en 2019.

⁶ <https://csilva-geo.shinyapps.io/fundenl-consulta/>

Se han registrado diversas formas de ocultamiento de crímenes, no solamente fosas clandestinas, por ejemplo, en Coahuila se han localizado zonas con restos humanos en superficie y con exposición al fuego (Redacción, 2011), en Tijuana el registro de cuerpos disueltos en sustancias químicas (Nájar, 2014) y en Guaymas se encontraron tambos de metal flotando en el mar que contenían restos humanos (Escobar, 2021). Todos estos casos dejan una huella en el territorio y es posible seguir esas huellas, por lo tanto, el registro de estos casos debe formar parte de un archivo que contribuya a la búsqueda de la verdad y justicia, más allá de ser tratados como notas de prensa y casos de estudio aislados.

El estudio de la distribución espacial de los factores geográficos de un territorio en función de identificar el comportamiento criminal, es una de las técnicas más completas para la planificación de estrategias y métodos para localizar fosas clandestinas, usando el análisis espacial para buscar personas desaparecidas. Plasmar cartográficamente la localización de los delitos, en conjunto con el análisis criminalístico y espacial traerá como resultado la identificación de la distribución, dinámica espacial del delito, concentración de crímenes y patrones, así como de los factores que lo condicionan.

1.3 Herramientas y tecnologías utilizadas en el análisis topográfico

El nivel topográfico

Un nivel topográfico se compone básicamente de un anteojo giratorio colocado sobre un eje vertical y se emplea para establecer un eje de puntería horizontal, de tal forma que se puedan determinar diferencias de altura y efectuar replanteos.

Los niveles de Leica Geosystems cuentan con un círculo horizontal, el cual resulta de gran utilidad para replantear ángulos rectos, por ejemplo, durante la medición de secciones transversales. Además, estos niveles se pueden emplear para determinar distancias en forma óptica con una precisión de 0.1 a 0.3 metros.

TIPOS DE NIVELES TOPOGRÁFICOS



La estación total

Una estación total consiste de un teodolito con un distanciómetro integrado, de tal forma que puede medir ángulos y distancias simultáneamente. Actualmente, todas las estaciones totales electrónicas cuentan con un distanciómetro óptico-electrónico (EDM) y un medidor electrónico de ángulos, de tal manera que se pueden leer electrónicamente los códigos de barras de las escalas de los círculos horizontal y vertical, desplegándose en forma digital los valores de los ángulos y distancias.

La distancia horizontal, la diferencia de alturas y las coordenadas se calculan automáticamente. Todas las mediciones e información adicional se pueden grabar. Las estaciones totales de Leica cuentan con un programa integrado que permite llevar a cabo la mayoría de las tareas topográficas en forma sencilla, rápida y óptima.



GPS de Precisión

El GPS de precisión es esencial para determinar la ubicación exacta de puntos en el terreno. Utiliza señales satelitales para calcular coordenadas geográficas con gran precisión, lo que es crucial para el posicionamiento preciso de elementos en un proyecto de topografía.



<https://www.youtube.com/watch?v=cbxSdiL7WoM>

<https://www.youtube.com/watch?v=seilnPwAMX8>

Prismas y Miras

Los prismas y miras se utilizan para medir distancias y alturas de manera precisa. Los prismas reflejan la señal de un instrumento de medición, como una estación total, lo que permite realizar mediciones precisas a largas distancias. Las miras, por otro lado, son reglas graduadas que se utilizan para medir distancias cortas con alta precisión.



Cinta Métrica

La cinta métrica es una herramienta básica pero esencial en topografía. Se utiliza para medir distancias cortas de forma rápida y sencilla, lo que la hace ideal para apoyos rápidos y mediciones preliminares en campo.





Brújula

Aunque su uso ha disminuido con la llegada de tecnologías más avanzadas, la brújula sigue siendo una herramienta útil en topografía. Permite determinar la dirección del norte magnético, lo que es útil para la orientación general y la alineación básica en el terreno.



Radiocomunicación

La radiocomunicación es crucial para mantener la comunicación entre los miembros del equipo en campo. Permite coordinar las tareas y resolver problemas de manera eficiente, lo que es fundamental para el éxito de un proyecto de topografía.



Maletín o Mochila Porta Herramientas

El maletín o mochila porta herramientas es esencial para transportar y proteger el equipo de topografía. Permite llevar todas las herramientas necesarias de forma



segura y organizada, lo que es fundamental para mantener el equipo en buenas condiciones y facilitar su uso en campo.



Equipo de Protección Personal

El equipo de protección personal, como cascos, chalecos reflectantes y botas de seguridad, es fundamental para garantizar la seguridad del personal en campo. Protege contra posibles accidentes y lesiones, lo que es crucial para mantener un entorno de trabajo seguro y eficiente.



2. CARTOGRAFÍA Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS

2.1 Principios de cartografía

La cartografía es la rama de la geografía encargada de la representación gráfica de un área geográfica, usualmente en términos bidimensionales y convencionales. Es decir que la cartografía es el arte y la ciencia de hacer, analizar, estudiar y comprender todo tipo de mapas.



Los principios fundamentales de la cartografía, como disciplina que se dedica a la representación gráfica de la Tierra, son: la escala, la proyección, las coordenadas, la retícula y la orientación.

1. Escala: La escala define la relación entre la distancia en el mapa y la distancia real en la superficie terrestre. Una escala mayor significa que una unidad en el mapa representa una distancia menor en la realidad.
2. Proyección: La proyección es el método matemático utilizado para transformar la superficie esférica de la Tierra a una superficie plana. Existen diferentes tipos de proyecciones, cada una con sus propias ventajas y desventajas, como la proyección cilíndrica, cónica o planar.
3. Coordenadas: Las coordenadas son un sistema de referencia que permite ubicar cualquier punto en la superficie terrestre utilizando latitud (paralelos) y longitud (meridianos). Los paralelos son líneas circulares que corren paralelas al ecuador, mientras que los meridianos son líneas circulares que corren de polo a polo.
4. Retícula: La retícula es la red de líneas que se utiliza para crear el sistema de coordenadas en un mapa.
5. Orientación: La orientación define la dirección de Norte en el mapa y se utiliza para ubicar otros puntos con relación al Norte.

Los principales elementos que constituyen los mapas, además de la imagen, son:

- Título. El título proporciona una descripción breve del contenido y el propósito del mapa. Indica de qué trata y qué área o tema específico aborda.
- Leyenda o referencias. La leyenda explica el significado de los símbolos, colores y otros signos utilizados en el mapa.
- Escala. La escala indica la relación entre las distancias en el mapa y las distancias reales en el terreno. Puede representarse de manera numérica (por ejemplo, 1:100.000) o gráfica (con una barra que muestra la equivalencia de las distancias).
- Rosa de los vientos. La rosa de los vientos muestra la orientación del mapa a través de los puntos cardinales (norte, sur, este, oeste).
- Fuente y fecha de publicación. La fuente indica la entidad o persona que ha creado el mapa y la fecha de publicación muestra cuándo se realizó.
- Proyección cartográfica. La proyección cartográfica es el método utilizado para representar la superficie curva de la Tierra en una superficie plana.

2.2 Sistemas de coordenadas y proyecciones

Un sistema de coordenadas es una forma de especificar de manera única la ubicación de cualquier posición en el espacio con respecto a un origen de referencia.

Tipos de sistemas de coordenadas:

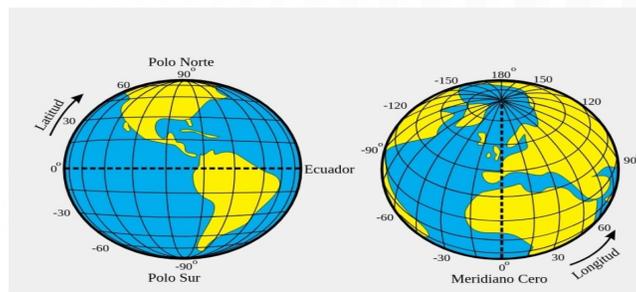
Sistemas de coordenadas geográficas:

Estos sistemas utilizan la latitud y la longitud para definir la posición de un punto en la superficie de la Tierra.

Latitud

La latitud se refiere a las líneas horizontales imaginarias que van de este a oeste, conocidas como paralelos.

Tomando como punto de partida la línea del ecuador, considerado el paralelo cero, que divide nuestro planeta en hemisferios norte y sur, la latitud permite determinar la posición vertical de un punto sobre la superficie terrestre. Se mide en grados ($^{\circ}$), minutos ($'$) y segundos ($''$), desde 0° en el ecuador hasta 90° en los polos.



Longitud

Por otro lado, la longitud se calcula en base a líneas verticales imaginarias que recorren la Tierra de norte a sur, llamadas meridianos. Esto nos permite definir la posición horizontal al este o al oeste del meridiano principal o cero, conocido como el Meridiano de Greenwich.

Al igual que la latitud, se mide en grados, minutos y segundos, desde 0° en Greenwich (Inglaterra) hasta 180° en el lado opuesto del globo.

También, la longitud de las coordenadas geográficas, es esencial para la medición y determinación de las zonas horarias.

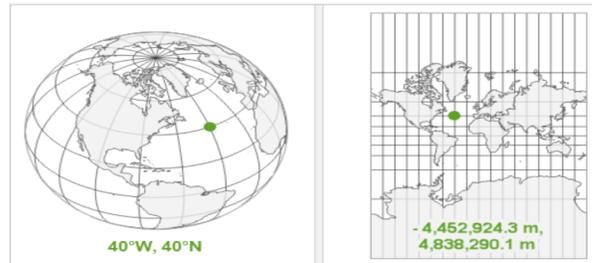
Coordenadas geográficas en formato decimal

Además del formato tradicional en grados, minutos y segundos, las coordenadas geográficas pueden expresarse en formato decimal. Y es que, a diferencia del

formato tradicional, que divide cada grado en minutos (') y segundos («), el formato decimal representa la latitud y la longitud como números decimales únicos.

Sistemas de coordenadas proyectadas:

Estos sistemas transforman las coordenadas geográficas a un plano, utilizando proyecciones cartográficas para representar la Tierra en un mapa.



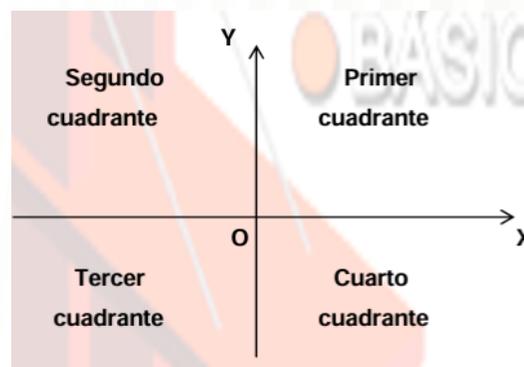
Un sistema de coordenadas geográficas (izquierda) medido en unidades angulares comparado con un sistema de coordenadas proyectadas (derecha) medido en unidades lineales (metros) para la misma ubicación del Océano Atlántico.

Sistemas de coordenadas cartesianas:

Estos sistemas utilizan ejes perpendiculares (eje X e Y) para definir la posición de un punto en un plano.

El sistema de coordenadas cartesianas en el plano está constituido por dos rectas perpendiculares que se intersecan en un punto “O” al que se le llama “el origen”. Una de las rectas se acostumbra representarla en posición horizontal y se le da el nombre de eje X o eje de las abscisas; a la otra recta, vertical, se le denomina eje Y o eje de las ordenadas, y ambas constituyen los dos ejes de coordenadas rectangulares, los cuales dividen al plano en cuatro partes llamadas cuadrantes.

Plano cartesiano



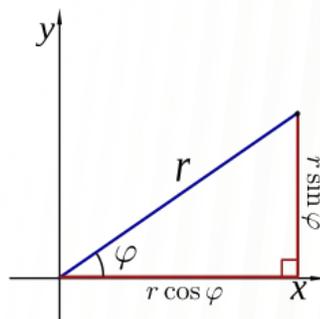
El nombre de “cartesiano” es en honor del filósofo francés René Descartes (1596-1650) ya que fue él quien planteó de manera formal la idea de resolver problemas geométricos por medio del álgebra, a partir de un sistema de coordenadas rectangulares.



De manera específica entonces un sistema de coordenadas es una forma estandarizada de definir la posición de un punto en el espacio, o en un plano, mediante el uso de números o coordenadas.

Sistemas de coordenadas polares:

Estos sistemas utilizan la distancia y el ángulo desde un punto de origen para definir la posición de un punto.



Ejemplos:

Coordenadas geográficas:

Las coordenadas de latitud y longitud se utilizan para localizar lugares en la Tierra.

Coordenadas cartesianas:

Se utilizan para representar gráficamente funciones matemáticas, dibujar figuras geométricas y en muchos otros campos.

Sistemas de coordenadas proyectadas (UTM):

Son comunes en cartografía y georreferenciación, especialmente en México, ya que facilitan la medición de distancias y áreas.

Un ejemplo de coordenadas UTM son 14, 357 000, 5 476 000, donde 14 representa el número de zona UTM, 357 000 la coordenada Este (en metros) y 5 476 000 la coordenada Norte (en metros).

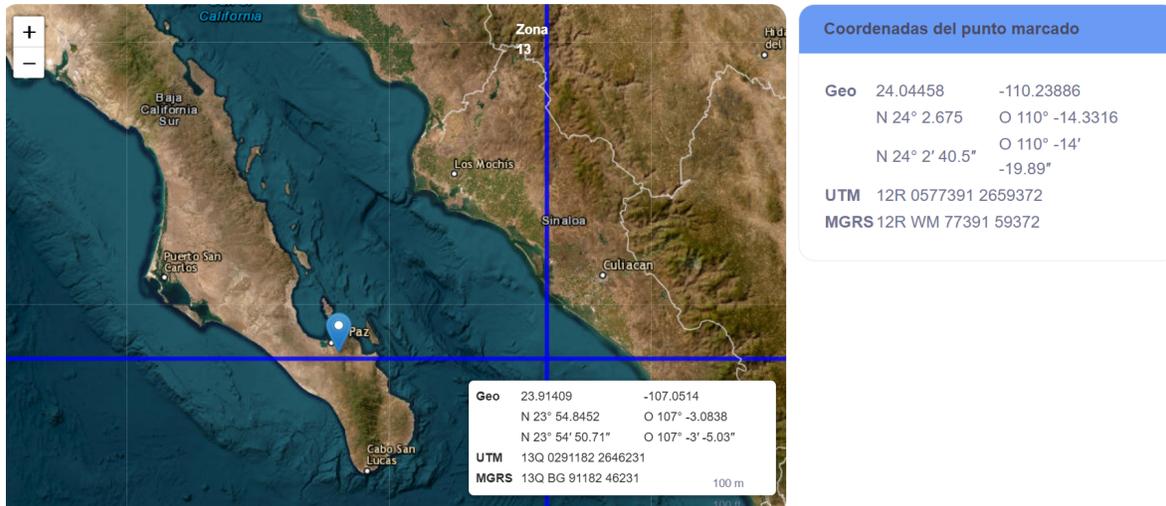
Explicación:

El sistema de coordenadas UTM divide el mundo en zonas de 6 grados de longitud. Cada zona se identifica con un número (1-60) y una letra (A-H, J-Z, omitiendo I y



O). El número de zona indica la posición este-oeste, mientras que la letra indica la posición norte-sur.

Dentro de cada zona UTM, las coordenadas se expresan como un valor Este (Easting) y un valor Norte (Northing), que indican la distancia en metros desde un punto de origen artificial dentro de la zona. El punto de origen es el meridiano central de la zona y el ecuador.



<https://www.asturnatura.com/sinfiber/utm-mgrs.php>

Componentes de un sistema de coordenadas:

Ejes o líneas de referencia: Definen la base del sistema y permiten ubicar puntos.

Punto de origen: Es el punto de referencia para el sistema de coordenadas.

Coordenadas: Los números que indican la posición de un punto en el sistema.

La Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional define las disposiciones con el fin de que el marco sea homogéneo, compatible y comparable; y establece que el Marco de Referencia oficial para los Estados Unidos Mexicanos es el International Terrestrial Reference Frame 2008, con datos de época 2010.0 (ITRF08) asociado al elipsoide de referencia definido en el GRS80.

A continuación, se enlista los datos del sistema de coordenadas para la estandarización de la información:

Datum	International Terrestrial Reference Frame 1992 (ITRF92) (epsg:6651)
Elipsoide	GRS 1980 (epsg:7019)
Proyección	Lambert Conformal Conic 2SP (epsg:9802)

Falso este	2500000
Falso norte	0
Paralelo estándar 1	17° 30' 0.00" N
Paralelo estándar 2	29° 30' 0.00" N
Meridiano central	102° 00' 0.0" W
Latitud origen	12° 00' 0.0" N
Factor de escala	1
Unidad lineal	Metros

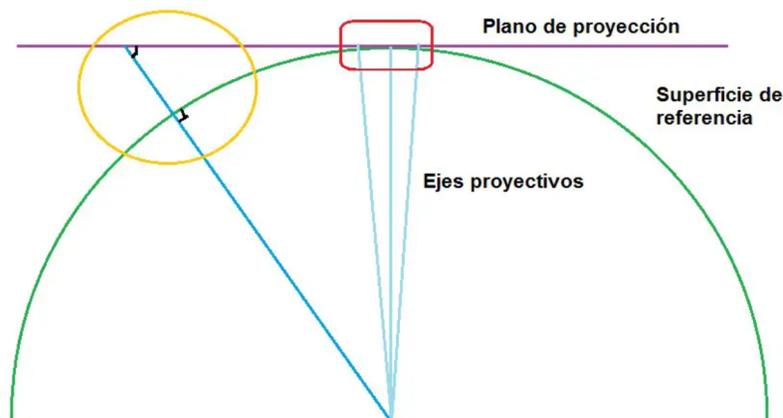
¿Qué es una proyección cartográfica?

Una proyección cartográfica se puede definir, como aquella representación de una superficie de referencia sobre un plano, cuyas deformaciones geométricas son controladas, cabe resaltar que es imposible eliminar en su totalidad las deformaciones producidas por el proceso de proyección cartográfica.

También, se puede tomar el enfoque meramente matemático, que define una proyección cartográfica, como la conversión de coordenadas de un sistema de coordenadas geodésicas a un sistema de coordenadas planas.

Una deformación geométrica aparece como el problema de representar una superficie de referencia sobre un plano, al no conservar cualidades métricas en el proceso de transformación. Existen tres tipos de deformaciones geométricas:

- Deformaciones lineales (Líneas).
- Deformaciones angulares (Ángulos).
- Deformaciones superficiales (Áreas).





Las deformaciones lineales son aquellas que muestran una diferencia en la longitud de una línea de la superficie de referencia con respecto a su línea homóloga en el plano proyectado.

Por otro lado, las deformaciones angulares se definen como la presencia de diferencias entre el ángulo medido entre tres puntos de la superficie de referencia y el ángulo medido entre los tres puntos del plano proyectado.

Las deformaciones superficiales, por su parte, son aquellas donde se muestran diferencias entre el área medida en la superficie de referencia y el área medida en el plano proyectado.

Una cualidad proyectiva es aquella característica de conservación de las entidades contenidas en los planos producto de una proyección cartográfica. Se debe tener claridad, que alrededor de las proyecciones cartográficas, solamente se puede conservar una cualidad proyectiva ya sea conservar ángulos o conservar longitudes o áreas.

En cartografía se puede conservar una única cualidad proyectiva que podría ser conservar ángulos, conservar líneas o conservar áreas.

Las proyecciones cartográficas se pueden clasificar por:

Cualidades Métricas

De acuerdo a las cualidades métricas, las proyecciones cartográficas buscan conservar longitudes, ángulos o áreas.

Las propiedades cartográficas que conservan ángulos se denominan conformes:

-Si se conserva longitudes se denomina equidistante.

-Si se conservan áreas se denomina equivalentes.

-Si no conservan ninguna de las anteriores cualidades métricas pero las deformaciones geométricas son mínimas se denominan afilácticas.

Cualidades Projectivas

Alrededor de las cualidades proyectivas se presentan dos tipos. Las que se desarrollan sobre un plano de proyección y las que se desarrollan sobre una figura geométrica estable como es el caso del cono o el cilindro. El uso del cono o el cilindro se debe principalmente por su facilidad de convertirse en un plano, al hacer cortes que permitan extender la figura, lo cual disminuye en gran medida las deformaciones geométricas.

La figura sobre la que se proyecta

Las proyecciones cartográficas clasificadas por la figura sobre la cual se proyecta son proyecciones geométricas, perspectivas o naturales y los desarrollos cilíndricos.

Las proyecciones geométricas, perspectivas o naturales utilizan un plano, donde se describirán los puntos que interesan representar. Este plano puede ser tangente o secante a la superficie a proyectar, la cual puede ser una esfera o un elipsoide.

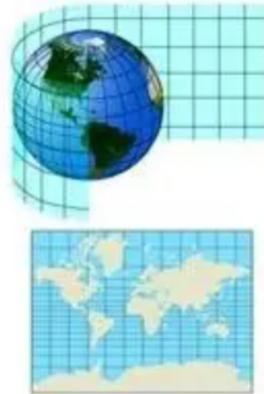
Los desarrollos cilíndricos utilizan los conos o los cilindros como figura de proyección, la cual puede ser tangente o secante a la superficie de referencia.

Un desarrollo transverso es aquel en el que el eje del cilindro coincide con el plano del Ecuador. En caso que el eje del cilindro coincide con el eje de rotación de la Tierra se denominan desarrollos directos. Y en caso que el eje del cilindro no coincida con el eje de rotación de la tierra o el plano del Ecuador se denominan oblicuos u horizontales.

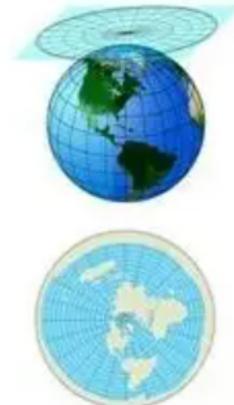
El uso de conos o cilindros obedece a que estas figuras se pueden expresar como si fuera un plano, proceso denominado desarrollo. Las proyecciones cartográficas que utilizan cono se nombran proyección cónica y si utilizan cilindros se nombran proyecciones cilíndricas.



Proyección Cónica



Proyección Cilíndrica



Proyección Polar

Las proyecciones geométricas, perspectivas o naturales

Estas proyecciones cartográficas buscan representar la superficie de referencia sobre un plano y se basan en los principios de la geometría proyectiva. Este tipo de proyección genera rayos desde un punto denominado vértice proyectivo, hacia puntos sobre la superficie a proyectar que continúan hasta que se interseque el plano de proyección.

Este tipo de proyección mantiene las propiedades geométricas cerca del punto de tangencia, las cuales aumentan conforme se aleja de dicho punto.

Para comprender las proyecciones geométricas, perspectivas o naturales y su relación con los principios de la geometría proyectiva debemos resaltar los siguientes elementos:

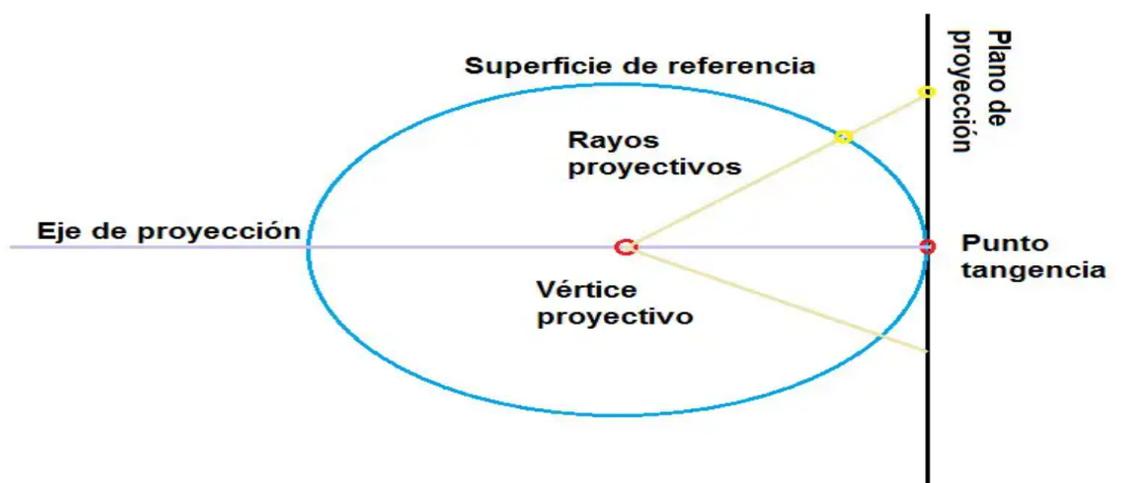
La figura a proyectar: Esta puede ser una esfera que se caracteriza por el valor del radio o un elipsoide que se caracteriza por el semieje mayor (a) y el semieje menor (b).

El plano de proyección: Esta es la superficie donde se describe la figura a proyectar. De acuerdo a la ubicación del punto de tangencia del plano de proyección se denomina proyecciones polares, ecuatoriales u oblicuas.

El eje proyectivo: Este es el vector que contiene el vértice proyectivo y el punto de tangencia.

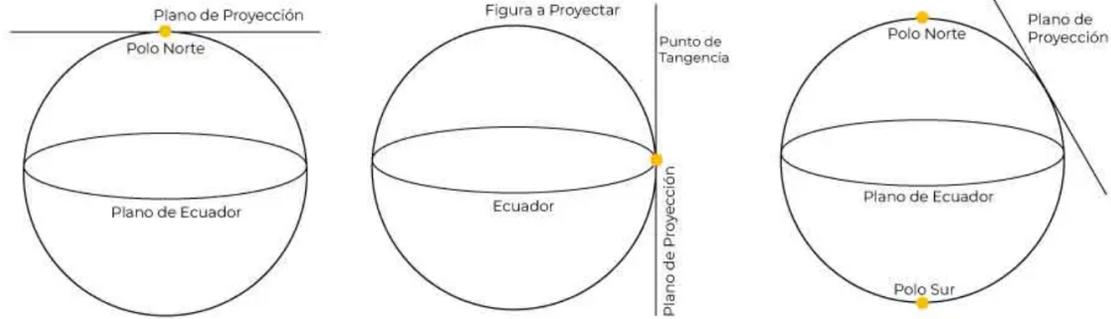
Vértice proyectivo: Es el punto desde donde se emiten los rayos de proyección hacia la figura a proyectar y continua al plano de proyección.

El rayo proyectivo: Es el vector que se origina en el vértice proyectivo y pasa por un punto sobre la figura a proyectar y finaliza en un punto sobre el plano de proyección, el cual se denomina punto proyectado.



Clasificación según la ubicación del punto de tangencia

La proyección cartográfica geométrica, perspectivas o naturales se puede clasificar según la ubicación del punto de tangencia en polar, ecuatorial u oblicua. A esta clasificación se denomina orientación.



La **proyección polar** expresa que el punto de tangencia se ubica sobre alguno de los dos polos de la superficie de referencia.

La **proyección ecuatorial** ubica el punto de tangencia sobre el plano del Ecuador.

La **proyección oblicua** indica que el punto de tangencia no se ubica ni en los polos ni sobre el plano Ecuador.

Clasificación según la ubicación del vértice proyectivo

La proyección cartográfica geométricas, perspectivas o naturales se puede clasificar según la ubicación del vértice proyectivo en **estereográfica, central, ortográfica o escenográfica**.

2.3 Lectura e interpretación de mapas topográficos

La lectura e interpretación de mapas es una tarea ardua y compleja, requiere contar con habilidades y destrezas, pero evidentemente también se necesita contar con conocimientos teóricos sobre temas específicos, así como información actualizada del acontecer mundial de aspectos naturales, socioeconómicos y políticos. Pero también es cierto que los mapas son fuente informativa, a través de ellos podemos obtener conocimientos y datos diversos del mundo a diferentes escalas espaciales.

Es importante señalar que en la actualidad el uso de los mapas se ha popularizado y extendido a casi todos los ámbitos de la vida moderna; económica, política, social y científica. De tal manera que, en muchos casos al llegar por primera vez a alguna población, posiblemente lo primero que hagamos será consultar un mapa o plano de la ciudad, para orientarnos, ubicarnos y organizar nuestro recorrido o llegada a algún punto específico. Tanto las instituciones gubernamentales como privadas se encargan de la elaboración y reproducción de mapas, dirigidos al logro de diversos objetivos.

Tipos de mapas

Existe una gran diversidad de mapas, pero de forma general podemos considerar dos grandes tipos de mapas:



Temáticos, en éstos se representa información sobre temas diversos naturales o sociales a diferentes escalas espaciales.

Topográficos, donde se representan la forma del relieve a través de líneas hipsométricas también llamadas curvas de nivel, en estos mapas también se pueden observar datos diversos como hidrografía, sistemas de comunicación, distribución de población, poblados entre otros datos, pues como puedes observar en la imagen 3 (mapa topográfico del Estado de Chiapas), los datos antes mencionados tienen estrecha relación con las características topográficas del área representada.

¿Qué es un mapa topográfico?

Un mapa topográfico es un tipo de mapa que representa la forma del terreno y las características geográficas mediante el uso de curvas de nivel. Estas curvas son líneas que conectan puntos de igual elevación, lo que permite al usuario ver la forma del terreno en una imagen bidimensional.

¿Qué es una leyenda de un mapa topográfico?

La leyenda de un mapa topográfico es la clave que te permite interpretar y comprender la información que está representada en el mapa. Es como un diccionario que te permite descifrar los símbolos y las señales que aparecen en el mapa.

¿Por qué es importante la leyenda de un mapa topográfico?

La leyenda de un mapa topográfico es fundamental para cualquier persona que esté utilizando el mapa. Te permite comprender la información que se presenta de una manera clara y concisa. Sin la leyenda, un mapa topográfico sería un conjunto de símbolos incomprensibles.

¿Qué información contiene la leyenda de un mapa topográfico?

La leyenda de un mapa topográfico contiene información sobre los símbolos y las señales que se utilizan en el mapa. Esto puede incluir información sobre las curvas de nivel, las líneas de contorno, los cuerpos de agua, las carreteras y los caminos, entre otros elementos. También puede incluir información sobre la escala del mapa y las unidades de medida utilizadas.

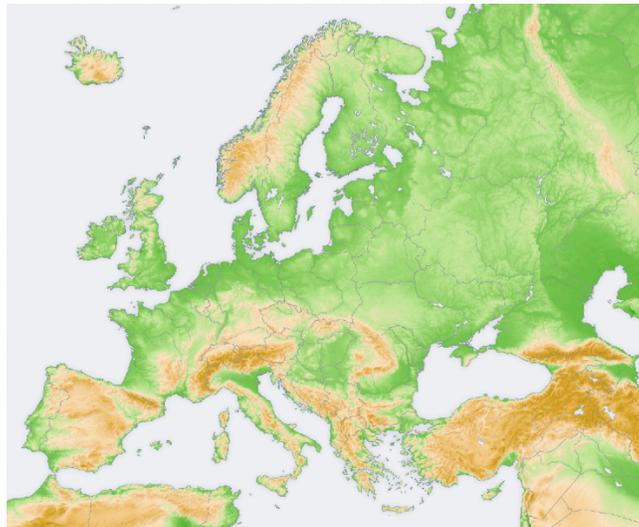
La leyenda de un mapa topográfico puede variar dependiendo de la región, pero aquí hay algunos símbolos comunes que se pueden encontrar en ella:

- Curvas de nivel: líneas que conectan puntos de igual elevación y muestran la forma del terreno.
- Punto cotado: punto que indica la elevación del terreno en un punto específico.



- Hidrografía: símbolos que representan ríos, arroyos, lagos y otros cuerpos de agua.
- Carreteras y caminos: símbolos que representan carreteras, caminos, senderos y otras vías de transporte.
- Puntos de referencia: símbolos que representan elementos geográficos importantes, como edificios, torres, faros, etc.
- Áreas boscosas: símbolos que indican áreas boscosas o de vegetación densa.
- Áreas urbanas: símbolos que representan áreas urbanas, como ciudades o pueblos.
- Áreas de cultivo: símbolos que representan áreas de cultivo o agricultura.

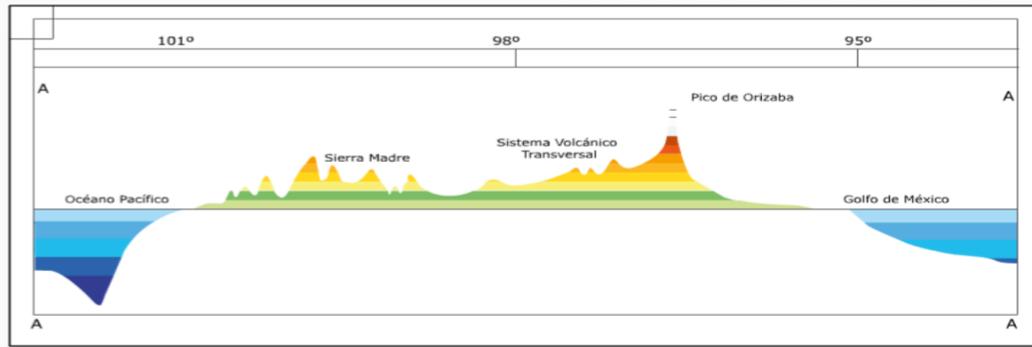
Cada símbolo en la leyenda de un mapa topográfico tiene un significado específico y puede ayudarte a comprender mejor el terreno y la geografía de la zona. Asegúrate de revisar la leyenda antes de utilizar el mapa para que puedas interpretar correctamente la información que se presenta.



Topografía de Europa

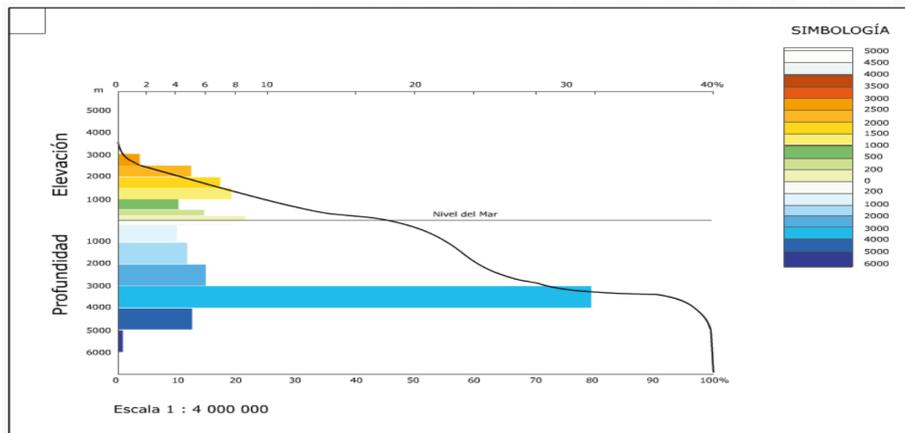
En este mapa puedes observar elementos físicos como: **hidrografía** (océanos, mares, golfos, ríos); relieve (llanuras, meseta, sistemas montañosos, puntos más elevados). También se puede deducir cuál es el recorrido de los ríos, ya que por gravedad las aguas van de las regiones altas a las bajas.

Cuadro A



Cuadro B

CURVA HISOGRÁFICA DEL TERRITORIO NACIONAL INCLUYENDO LA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA.



Los mapas que indican el relieve mediante el uso de diversos colores, que se van graduando de acuerdo a la altura representada, se les llama mapas aritméticos.



Fuente: Carta Topográfica, Escala, 1: 50 000, TAPACHULA D15B53, Instituto Nacional de Estadística Geografía y Estadística.



Mapa Topográfico de la región sur del Estado de Chiapas, México. Las líneas café son las curvas de nivel o hipsolineas, observa que la población se encuentra asentada en las áreas bajas (planicies), en esta imagen también se pueden distinguir diversos rasgos socioeconómicos, como las vías y medios de comunicación (líneas telefónicas, telegráficas, pista aérea, carreteras, caminos vecinales entre otros).

Signos convencionales

Internacionalmente se ha acordado el uso de signos y colores que representan características y morfologías de la superficie terrestre o bien de algunos aspectos socioeconómicos, culturales y políticos, en el siguiente cuadro te anotamos algunos de los más usuales para que empieces a aplicarlos.

COLORES	REPRESENTAN	OBSERVACIONES
Azul 	Agua: Océanos, lagos, ríos, presas	Los diferentes tonos del color azul indican las diferentes profundidades de los mantos acuosos. Así el azul más claro representa aguas de poca profundidad, y el azul más oscuro muestra mayor profundidad. (Observa el mapa batimétrico).
Café 	Relieve: Montañas, mesetas, valles.	En los mapas donde se representa el relieve, sin que se marquen las líneas hipsométricas, éste se indicará mediante colores. La altitud está representada de colores que se van graduando de acuerdo a la altitud (amarillo, naranja, café hasta llegar a un color oscuro, correspondiendo a la parte más elevada al marrón). Debido a ello también se le reconoce a ésta representación, como tintas hipsométricas .
Verde 	Vegetación: Bosques y asociaciones vegetativas más simples.	En la representación de especies vegetativas específicas, se usan simbologías particulares, éstas serán definidas de forma local. En un mapa nacional o mundial de carácter físico, el verde estará señalando vegetación, que pueden ser bosques o pastizales.
Rojo 	Centros urbanos	

SIGNOS	REPRESENTAN	OBSERVACIONES
-----	Fronteras	
.....	Límites estatales	
+++++	Vías FFCC (ferrocarril)	
Negro	Carreteras	En este caso la línea presenta características diferenciadas, dependiendo de las condiciones de las carreteras (pavimentadas, de terracería, de dos carriles, de pago), esto vendrá indicado en la simbología utilizado en el mapa.

.....		

Ejercicio: Autoevaluación.

1. Los mapas son considerados fuentes de _____.
2. Uno de los tipos de mapas describe un tema, por ello se llaman _____.
3. Por su parte los mapas _____ describen el relieve a través de curvas de nivel.
4. La _____ del color en varios tipos de mapas nos muestra la profundidad y altitud.
5. El color café nos indica el _____
6. Por su parte el color _____ nos muestra la vegetación.



7. Uno de los primeros aspectos para leer un mapa es la _____
8. Otro aspecto para analizar un mapa es el período al que corresponde, también llamado: Contexto _____

Respuestas: ORIENTACIÓN VERDE RELIEVE HISTÓRICO
INTENSIDAD TOPOGRÁFICOS TEMÁTICOS INFORMACIÓN

3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

3.1 Fundamentos de los SIG

En el cuarto libro del Tanaj hebreo, explícitamente en el capítulo 13, se detalla la misión de los doce infiltrados de Dios.⁷ Conforme a la palabra de Jehová de los versículos 4 al 16 se seleccionó a los espías y se les asignó una misión,⁸ y al finalizarla se les solicitó a cada uno de los infiltrados un informe minucioso; mas Caleb y Josué no estuvieron de acuerdo con el que entregaron los otros diez, ya que presentaban tintes de verdad, mentiras y exageración, lo que provocó dos interpretaciones y una toma de decisión errada.⁹ Esto es un fragmento de cómo, históricamente, el ser humano siempre ha tenido la necesidad imperante de representar un espacio que no conoce, cuyo único instrumento capaz de detectar la luz le permitió al cerebro visualizar e interpretar su entorno, de modo que el análisis espacial, es un elemento que debe de ser valorado ya que su aportación es de índole relevante y que de manera tácita amplía los horizontes de dicho conocimiento y amplifica sus alcances a una mayor escala de aplicación en el análisis del campo delictivo, específicamente en la búsqueda de fosas clandestinas.

Un SIG es un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados [Korte2001Autodesk].

SIG como integrador de información

Si bien un SIG tiene una inherente naturaleza integradora y esta puede enfocarse desde muchos puntos de vista, el elemento más relevante es la propia información que un SIG maneja y las características de esta. Conceptualmente, el verdadero pilar de esa naturaleza integradora del SIG reside en la información geográfica con

⁷ RANK Michael, *Espías, Espionaje y operaciones encubiertas desde la antigua Grecia hasta la guerra fría*. *Five Minute Books*, 2014, p 170, <https://www.kobo.com/MX/es/ebook/espias-espionaje-y-operaciones-encubiertas-desde-la-antigua-grecia-hasta-la-guerra-fria>

⁸ *Reconocer la tierra de Canaán*.

⁹ En Josué 1:11. El hijo de Nun envía a dos espías a la ciudad de Jericó, con la intención de reconocer la tierra, de manera cautelosa se infiltraron y convencieron a Rahab de ocultarlos y ayudarlos (contrainteligencia).



la que se trabaja, que provee la amalgama adecuada para que un SIG sea un sistema sólido y cohesionado.

Muchas disciplinas trabajan con información de distinta naturaleza. En ellas, no siempre resulta sencillo buscar elementos en común para poder unir y coordinar toda esa información bajo un único punto de vista conceptual. En otras ocasiones, disciplinas que en la práctica presentan una interacción real (puede decirse que, de un modo u otro, todas las disciplinas están interrelacionadas) resultan difíciles de integrar desde el punto de vista teórico, y no es sencillo ponerlas en un marco común de trabajo.

Por ejemplo, información de tipo sociológico como la tasa de analfabetismo e información de carácter físico o biológico como puede ser la acidez del suelo, no parecen sencillas de combinar para la realización de algún análisis común. De existir alguna relación entre ellas (o de no existir, y pretender demostrar que son variables independientes), es necesario buscar un punto de enlace entre ambas informaciones para poder estudiar esta. Un nexo que las une es el hecho de que están asociadas a una localización en el espacio, ya que una serie de datos de tasa de analfabetismo corresponderán a una serie de lugares, del mismo modo que lo harán los valores de acidez del suelo.

El hecho de que ambas informaciones tienen a su vez carácter geográfico va a permitir combinarlas y obtener resultados a partir de un análisis común. Puesto que una gran parte de la información está georreferenciada, esa georreferencia va a representar un punto común para enmarcar el análisis. El SIG es, en este contexto, el marco necesario en el que incorporar esa información georreferenciada y trabajar con ella.

SIG como integrador de tecnologías

Puede pensarse que los SIG son meramente herramientas informáticas y que la única tecnología que reside tras ellas es la propia tecnología informática. Sin embargo, el papel integrador de los SIG hace que sean la herramienta elegida para la gestión de resultados y elementos producidos por otras tecnologías, muchas de las cuales se encuentran actualmente en pleno desarrollo.

La popularización de los SIG y su mayor presencia en una buena parte de los ámbitos de trabajo actuales han traído como consecuencia una mayor conciencia acerca de la importancia de la componente espacial de la información, así como sobre las posibilidades que la utilización de esta ofrece. Por ello, una gran parte de las tecnologías que han surgido en los últimos años (y seguramente de las que surjan en los próximos) se centran en el aprovechamiento de la información espacial, y están conectadas en mayor o menor medida a un SIG para ampliar su alcance y sus capacidades. Por su posición central en el conjunto de todas las tecnologías, los SIG cumplen además un papel de unión entre ellas, conectándolas



y permitiendo una relación fluida alrededor de las funcionalidades y elementos base de un Sistema de Información Geográfica.

SIG como integrador de personas

Ya sabemos que la información georreferenciada es muy numerosa y variada. Esto significa que son muchos los tipos de personas que pueden emplearla y, por tanto, que pueden emplear un SIG para el trabajo con ella. La presencia del SIG como puerta de acceso a esa información es un punto común a todas esas distintas personas, y un Sistema de Información Geográfica es también un elemento integrador a nivel humano y profesional.

Dentro incluso de un mismo campo de aplicación, son varios los grupos de personas que van a estar implicados en el desarrollo de una tarea dada con la ayuda de un SIG. Desde la creación del dato geográfico hasta la obtención de un resultado final, son muchas las operaciones que se llevan a cabo, y estas las desarrollan profesionales de distinta especialización y con herramientas adaptadas a dichas operaciones. En nuestro ejemplo, y en la etapa previa a la aparición de los SIG, las herramientas que empleaba el cartógrafo para generar un mapa eran diferentes de las que empleaba el gestor para analizar dicho mapa, y estas a su vez distintas a las que podían emplearse para la elaboración de resultados.

Con la aparición de los SIG, todos los profesionales dentro de esa cadena que va desde la creación del dato hasta las operaciones finales que se realizan sobre estos tienen una herramienta común de trabajo, pues un SIG puede utilizarse para desarrollar parcial o totalmente las tareas correspondientes a cada uno de ellos. El SIG es empleado para crear cartografía, para almacenar, gestionar y consultar esta, así como para realizar análisis más complejos en base a ella y crear resultados.

Las funciones básicas que un SIG ha de cumplir, que ya vimos en el momento de dar una definición de estos, cubren en realidad un rango amplio de trabajo, y engloban las necesidades de usuarios que con anterioridad no tenían entre sí un marco de trabajo común tan definido. Esto tiene como consecuencia que existe una mejor coordinación entre ellos, pues es la propia herramienta quien establece las características de las relaciones existentes, y estas no dependen ya únicamente del propio ámbito de aplicación.

SIG como integrador de teorías y fundamentos. La Ciencia de la Información Geográfica

La evolución conceptual que se ha producido en el ámbito de los SIG, pasando como ya hemos visto de ser considerados simples programas informáticos a sistemas completos con múltiples componentes, ha tenido lugar también en la ciencia que los rodea. Los SIG no solo han contribuido al desarrollo de las ciencias afines, sino que en muchos casos han modificado estas o han contribuido a la formación de nuevas ramas. Conceptos básicos y hasta ese momento sólidos, como



por ejemplo la idea de lo que es y lo que significa un mapa (una idea fundamental para el trabajo en muchas disciplinas), han sido literalmente redefinidas desde la aparición de los SIG.

Desde un punto de vista muy simple, podemos entender un SIG como la unión de dos ciencias: la geografía y la informática. Visto así, un SIG es una herramienta informática para ayudar al trabajo en el ámbito geográfico. Esta concepción tan simple dista, no obstante, mucho del concepto real de un SIG, pues este incorpora elementos de muchas ciencias distintas como pueden ser las siguientes:

Disciplinas relacionadas con la tecnología y el manejo de información. Se incluyen aquí las ciencias de la información, la informática, el diseño de bases de datos o el tratamiento digital de imágenes, entre otras. Muchas de estas, a su vez, derivan de otras o toman importantes elementos de ellas. La estadística o la matemática son algunas de esas ciencias fundamentales.

Disciplinas dedicadas al estudio de la Tierra desde un punto de vista físico. La geología, la oceanografía, la ecología, así como todo el conjunto de ciencias medioambientales, forman parte de este grupo.

Disciplinas dedicadas al estudio de la Tierra desde un punto de vista social y humano. En este grupo se incluyen la antropología, la geografía o la sociología, entre otras. Las ciencias de este grupo, así como las del anterior, son todas ellas potenciales usuarias de los SIG.

Disciplinas dedicadas al estudio del entendimiento humano, en particular en lo concerniente a la interacción con máquinas. Las ciencias del conocimiento, la psicología en general o las ramas que estudian y desarrollan la Inteligencia Artificial también juegan su papel en el contexto actual de los SIG.

Disciplinas que tradicionalmente han realizado una integración de conocimientos de otros ámbitos distintos. La geografía es la principal representante de este grupo.

En el contexto presente, podemos entender la Ciencia de la Información Geográfica como todo el conjunto de disciplinas y conocimientos que residen tras los SIG, tanto en su desarrollo y creación como en su utilización y aspectos prácticos. Esta ciencia se enmarcaría a su vez dentro de ese último grupo de disciplinas integradoras, llevando más allá la idea de la geografía como área de conocimiento que engloba elementos de muchos otros ámbitos.

El término geomática, formado a partir de los vocablos geografía e informática, se emplea con frecuencia para hacer mención a todo ese grupo de ciencias relacionadas con los SIG. No obstante, no se refiere exclusivamente a esas dos disciplinas, sino que simplemente toma nombre de los dos bloques principales de conocimiento a partir de los cuales se ha desarrollado la ciencia de los SIG.



Si los SIG deben ser entendidos a día de hoy como un sistema, la ciencia que los define y en la que se fundamentan debe no solo describir y servir de soporte a sus elementos, sino también atender a una de las características fundamentales de todo sistema: las interrelaciones existentes entre dichos elementos. Por esta razón, disciplinas tales como las ciencias del conocimiento juegan un papel importante en el ámbito de los SIG, pues son fundamentales para estudiar las relaciones entre sus componentes.

3.2 Manejo de datos geoespaciales

El perfil geográfico criminal

Un perfil geográfico, es un método de investigación que permite el análisis de tipo espacial y temporal sobre eventos de datos georreferenciados, del cual se derivan una serie de variables (uso de suelo, demografía, tipos de estructura urbana, patrón urbano, rutas de acceso, rutas de escape). Kim Rossmo, menciona que en ocasiones la policía es intuitivamente consciente de la influencia del lugar y que desconoce la forma en que la geografía puede ayudar en su trabajo de investigación.¹⁰

-El delincuente es un elemento de los hechos delictuosos, por ello resalta la importancia de la perspectiva medioambiental que tiene tres premisas principales:

-El comportamiento criminal está influenciado por la naturaleza del entorno que juega un papel primordial en la iniciación del delito.

-La conducta cometida por el delincuente estriba de factores situacionales y estos se adaptan al entorno, por lo tanto, la distribución del espacio y el tiempo no es fortuita.

No solo existen oportunidades delictivas, también hay características ambientales que facilitan la actividad delictiva.

Comprender el entorno criminógeno, empleando la criminología ambiental y el análisis delictivo, permite proponer soluciones para reducir el delito en lugares concretos.¹¹

Por otro lado, David Canter desarrolló una guía que a través de cinco características del victimario en relación a su conducta nos permite describir elementos como: el desplazamiento y el lugar en el que dentro de este trayecto delinque el victimario, lo que conocemos hoy en día como: modelo de los cinco factores de Canter. Este

¹⁰ 5 ROSSMO, Kim, "Place, space, and police investigations: Hunting serial violent criminals, en D. Weisburg & J. E. Eck (Eds.)", *Crime and place*, 2009, p. 220, accessed February 4, 2022, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.361.9334&rank=1&q=Place,%20space,%20and%20p%20lice%20investigations:%20Hunting%20serial%20violent%20criminals&osm=&ossid=>. Traducción propia.

¹¹ 6 WOERTLWY Richard y MAZEROLLE Lorraine, "Environmental Criminology and crime analysis: situating the theory, analytic approach and application", *Crime prevention and community Safety: An International Journal*, v. 11 2009, ps. 3-4, accessed February 12, 2022, DOI: 10.1057/cpcs.2008.22.



modelo se centra en resolver el mapa mental del criminal en función del tipo de víctimas en relación a sus movimientos geográficos y concluyó que es importante el lugar donde la víctima y victimario tuvieron su punto de convergencia y conectaron por primera vez.

Con la era tecnológica diversos investigadores han implantado programas orientados al análisis del comportamiento criminal. Concretamente, Canter crea "Dagnet", software que a partir de distintas localizaciones de los ataques del victimario, establece el lugar de residencia del delincuente, aplicando su teoría del círculo, desarrollada en 1993, la cual explica que si se ubican todos los delitos que se le atribuyen a un mismo delincuente, identificando las zonas más alejadas entre sí de ese mapa y se traza un círculo que abarque todos los delitos, la probabilidad de encontrar al criminal en el centro del círculo es alta. De esta hipótesis se desprenden dos modelos criminales: el del merodeador y el del viajero. El primero cometerá delitos desde su casa, mientras que el segundo cubrirá cierta distancia desde su ubicación original. Rossmo, elaboró un software, denominado "Rigel", con la capacidad de analizar escenas del crimen que genera jeopardies, mostrando una alta probabilidad de la ubicación del delincuente. "Predator o crimestat" es un sistema que genera información sobre los delitos, empleando puntos calientes, distribución espacial, concentración de sucesos y también la ubicación de un delincuente, este fue desarrollado por investigadores particulares y se encuentra en línea.

La ubicación geográfica juega un papel muy significativo en la selección de la víctima o el ocultamiento de un cadáver o cadáveres; ya que, cuando un delincuente elige a su víctima considera distintos aspectos tales como: la adecuación, la comodidad, la familiaridad, las rutas que pretende utilizar para lograr su objetivo y las rutas de escape. Al igual que otros tipos de profiling, no se busca precisión, sino la priorización de áreas de búsqueda o de áreas de intervención. Para obtener certeza es necesario una investigación policial donde se examinen aspectos geográficos de la delincuencia, establecer hipótesis sobre el comportamiento de los delitos, tasas de criminalidad, identificar factores y comparar tendencias entre datos, haciendo uso de mapas donde se muestran de una mejor manera la localización de los hechos.

Los sistemas de información geográfica, son bases incommensurables de combinación de datos que sirven como referente geográfico, es decir; un componente sobre la superficie de la tierra y este se puede definir de la siguiente manera:

Es un conjunto de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas, perfectamente integrado, de manera que hace posible la recolección de datos, el



almacenamiento, procesamiento y análisis de estos datos georreferenciados, así como; la producción de información derivada de la aplicación.¹²

De este modo, los SIG han revolucionado el mundo de la cartografía, para entender el significado del acrónimo SIG, The national center for geographic information and analysis (NCGIA)¹³ nos menciona que:

Los SIG, nos ayudan a comprender cómo la mente humana y una computadora pueden resolver problemas relacionados a las dimensiones geográficas, por lo tanto, estos representan fenómenos que cambian a través del tiempo o de objetos que tienen forma tridimensional.¹⁴

En el siglo XIX, los primeros mapeos del crimen se realizaron como parte de estudios sociológicos. No obstante, en el siglo XX en el departamento de policía de Nueva York se empezaron a utilizar “pin-maps”. Fue en la década de los veinte y treinta de esa centuria que los sociólogos de la Universidad de Chicago realizaron mapas del crimen y delincuencia e intentaron predecir la tasa de criminalidad y no fue sino hasta la de 1960 que por primera vez se emplearon computadoras para la elaboración de mapas. En los noventa surgen los (SIG) afianzados por los gobiernos, orientados al mapeo y el análisis espacial de datos de la delincuencia. La utilización del mapeo e identificación de zonas calientes o “hot-spots” disminuyó la delincuencia considerablemente, como resultado de la aplicación de tecnología del mapeo del crimen. Durante el periodo del año de 1995 al 2003, en la ciudad de Nueva York, se redujo los homicidios de 1181 a 596 homicidios, empleando esta técnica.

Actualmente, de acuerdo al tipo de cartografiado para el mapeo del crimen se hace uso de los (SIG), el cual se divide en dos tipos:

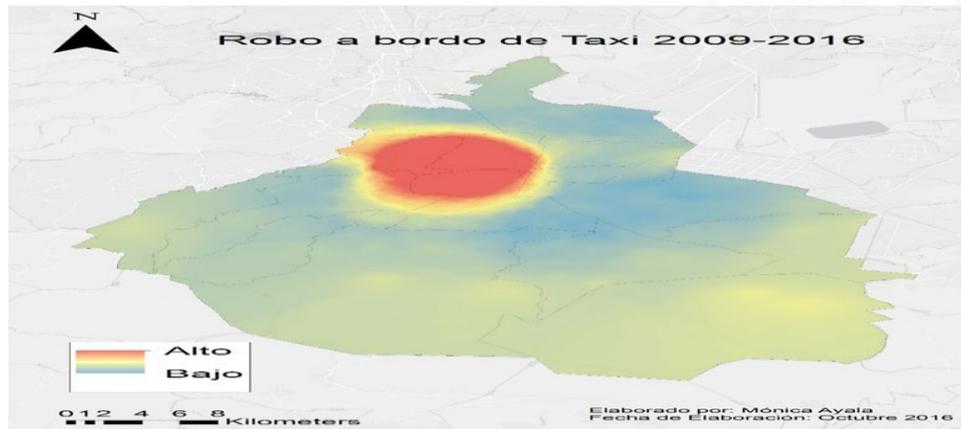
1. Mapa de hot-spot; también conocido como mapa de puntos calientes donde se identifican las zonas criminógenas, generadas en función de la intensidad criminal. Un ejemplo de ello lo podemos observar en la siguiente figura:

¹² AGÜERO Juan y GARAY Domingo, Introducción a los SIG. Software QGIS, Sistemas de Información y Ordenamiento Territorial EEA, IntaEdiciones Cahimical, La Rioja, 2014, p. 37.

¹³ *Fundada en 1988, como centro de investigación y búsqueda en información geográfica y tecnología, cuya sede se encuentra en tres campus: La Universidad de California, Santa Bárbara, La Universidad Estatal de Nueva York en Búfalo y la Universidad en Maine.*

¹⁴ *“NCGIA Overview”, accessed February 25, 2022, <http://www.ncgia.ucsb.edu/overview.html>*

Figura: Mapa de hot-spot



Fuente: <https://.mexicoevalua.org/la-ruta-del-delito-en-la-cdmx10>

2. Mapa delincencial; es la representación visual de datos y permite un discernimiento rápido de dónde sucedió un acto criminal en una zona. Su utilidad radica en el examen y observación de los comportamientos criminales y patrones de delincuencia de un lugar explícito, como se puede apreciar en la figura:

Figura: Mapa delincencial



Fuente: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-4807200800008

Con el empleo de la utilización de mapas, se obtendrá una representación espacial y como consecuencia permitirá el análisis de los eventos criminales mediante sistemas informáticos. Estos mapas generan una apreciación rápida de los hechos delictivos, que difícilmente se podrían explicar con gráficos o tablas.

3.3 Aplicación de SIG en operativos de búsqueda

Los SIG, nos ofrecen un amplio abanico de aplicaciones en distintas áreas, en cuanto a las ventajas de la observación espacial encontramos los siguientes rubros:

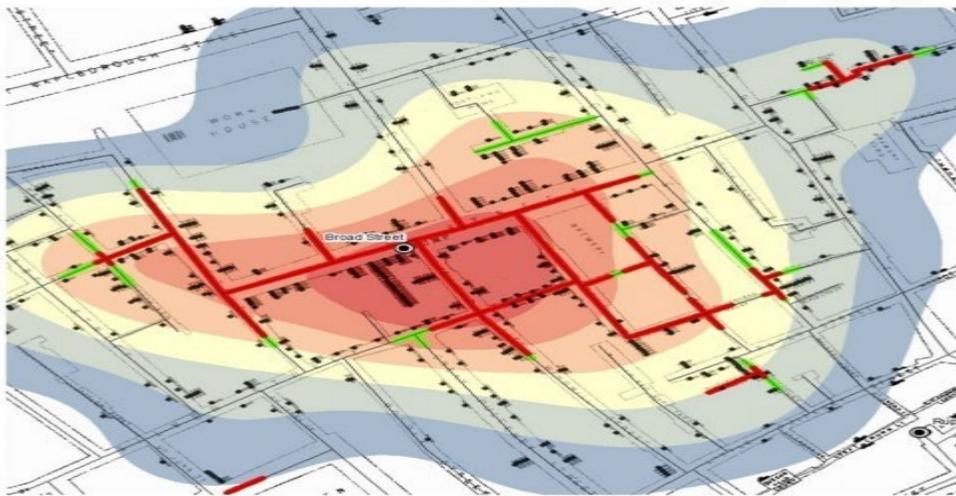
Cobertura global y periódica de la superficie terrestre, visión panorámica, homogeneidad en la toma de datos, información sobre regiones no visibles del espectro, el formato digital de las imágenes agiliza su tratamiento.¹⁵

Los SIG han dado respuesta a diversos problemas geográficos, tales como:

1. Emergencia sanitaria

Ante la pregunta de cómo surgió la necesidad de utilización de los SIG, la respuesta la encontraremos a mediados del siglo XIX. Jhon Snow utilizó por primera vez el método geográfico y fue considerado en ser el primero en emplear el diseño de visualización de datos. Desde un punto de vista poblacional, estudió el comportamiento del cólera en Londres y llevó a cabo el registró en un mapa, trazando diagramas de Voronoi¹⁶, lo que permitió determinar que Broad Street, era la fuente del brote de la epidemia como se observa en la figura:

Figura: Mapa de Jhon Snow



Fuente: <https://ij-healthgeographics.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12942-015-0011-y.pdf>

¹⁵ CHUVIECO, Emilio, Fundamentos de Teledetección espacial. 2a ed., Ediciones Rialp, Madrid, 1995, p. 449.

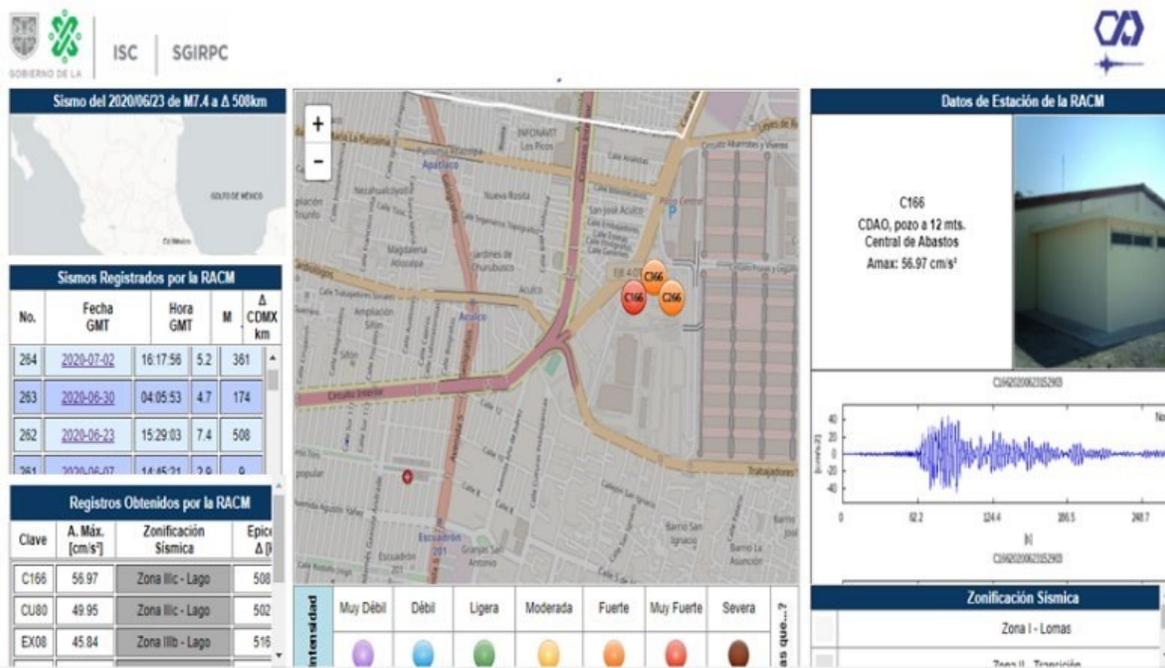
¹⁶ *Descomposición de un espacio métrico en regiones, formado por puntos.*

Jhon Snow, registró los casos de cólera, realizando anotaciones sobre un mapa, tomando muestras y analizando a través del microscopio, lo cual confirmó la presencia de heces humanas, animales muertos en estado avanzado de descomposición y basura lo que originó la epidemia.

2. Planes de actuación de servicios de emergencia

Éstos se emplean en los siniestros en donde se adoptan acciones para el control de riesgos y se reduzca la posibilidad de pérdidas humanas. Para ello se diseña un plan de actuación donde las personas enfrenten situaciones de emergencia producidas por siniestros de acuerdo al grado de intensidad y el daño producido, derivado de riesgos conocidos como extraordinarios: incendios forestales, inundaciones, exposición de metales pesados, derrames de químicos, actos terroristas o sismos como se observa en la figura:

Figura: Sismo del 23 de junio de 2020.



Fuente: http://www.cires.org.mx/racm_mapainteractivo¹⁷

CIRES¹⁸ realiza evaluaciones desde la magnitud del sismo de 1985 a través de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM) que registra en una tarjeta PCMCIA¹⁹ información acelerométrica cuya utilidad permite analizar el

¹⁷ Diseñado y operado por la Agencia Digital de Innovación Pública.

¹⁸ Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C.

¹⁹ Personal computer Memory Card International Association.

comportamiento del riesgo sísmico. A través de un mapa se identifica las aceleraciones registradas en la estación, mostrando datos de la magnitud, la aceleración mayor registrada durante el sismo, la tabla de intensidades por color, el tipo de suelo, el movimiento registrado por cada estación.

3. Inteligencia geoespacial

La aplicación de los SIG a los sistemas de administración de transporte, a través de un mapa satelital y georreferenciación, simplifican el proceso del diseño de rutas de punto a punto, por lo tanto, es una herramienta útil que permite obtener información sobre la ubicación actual en el aspecto individual y empresarial, optimizando rutas, reduciendo considerablemente el consumo de combustible, tiempos de entrega, las condiciones del tráfico en tiempo real, la planificación de rutas en casos de siniestros automovilísticos o para acudir a un evento donde ha ocurrido un hecho delictivo como se muestra en la figura:

Figura: ArcGIS Network Analyst, utilizado para optimizar el tiempo de llegada de una patrulla.



Fuente: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/lates/estensions/network-analyst/what-is-network-analyst-htm>

Las distancias de red permiten a los usuarios consultar, por sus dispositivos móviles, su destino a través de un mapa. De la misma manera se puede realizar el monitoreo y como resultado una distribución logística eficiente, tomando en cuenta las vías, las condiciones del terreno, aumentando la posibilidad de ejecutar más viajes con reducción de tiempo con el análisis de trayectos.

4. Catastro y planificación urbana

Con el objeto de garantizar la planificación municipal, para el desarrollo de planes de ordenación urbano, zonas de expansión, los predios que cuentan con servicio de agua, determinar el cobro de impuesto predial, por medio de fichas catastrales, que permiten visualizar la información correspondiente y garantizar la información catastral y registral de la propiedad social. Se detalla la valoración catastral, georreferenciando los predios, administrando las estructuras de datos, mediante procesos de digitalización, así como; los elementos topológicos que interactúan con los sistemas de administración de bases de datos relacionados con servicios, como se observa en la figura:

Figura: Mapa de catastro, creado por el Sistema abierto de Información Geográfica



Fuente: <https://sig.cdmx.gob.mx>²⁰

El uso de los SIG en los catastros inmobiliarios, permite entender el territorio con el objeto de realizar la proyección urbana y la planificación territorial. En España se implementó SIGCA en beneficio del erario público, creado a partir de bancos de datos, estableciendo criterios homogéneos aplicables al territorio, que permite validar la información alfanumérica y visualizar el parcelario digital.²¹

5. Incendios forestales

Cuando hay un incendio se deben de planificar todos los escenarios ya que año con año hay una pérdida considerable de hectáreas de vegetación en México, de ahí que se deben de buscar medidas de prevención. Posteriormente se deberá de pensar en la detección y por último en las formas para minimizar la extinción y tomar en cuenta la valoración de los datos y la rehabilitación de los ecosistemas naturales y de alguna manera poder prever los panoramas en los que se generan los incendios. Para esto será necesario gestionar herramientas y emplear el

²⁰ Diseñado y operado por la Agencia Digital de Innovación Pública.

²¹ CONEJO FERNÁNDEZ, Carmen y VIRGÓS SORANO, Luis Ignacio, "SIGCA 2, cartografía catastral digital", disponible para todos, Dialnet, núm. 43, 2001, p. 73-92

conocimiento de la climatología, la orografía, el uso de suelo y las vías de evacuación.

La NASA ha establecido un programa llamado MODIS²² que genera mapas activos con ayuda de un sensor orbital que detecta los incendios, revelando la información desde el espacio, como se muestra en la figura:

Figura: Información proveniente de sensor MODIS, los puntos rojos resaltan los incendios que se produjeron en el mes de julio de 2021



Fuente: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#t:adv;d:2021-07-10;l:noaa20viirs,viirs,modis_a,modis_t,1,2,3,country-outline:@-96.4,23.4,5z

La cartografía de las áreas que se han visto afectadas, así como delimitar el área del incendio a través de la integración de diversos datos, tomando en cuenta principalmente índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) que permite la medición de la intensidad de la radiación en la vegetación reflejada, con longitudes de onda y secciones del espectro electromagnético, utilizando indicadores como espacio, tiempo e imágenes satelitales en tiempo real, generando un mapa operativo como se observa en XeoCode Lite.²³ La importancia radica que, al utilizar las bandas espectrales, un análisis ráster o multispectral, el empleo de

²² Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

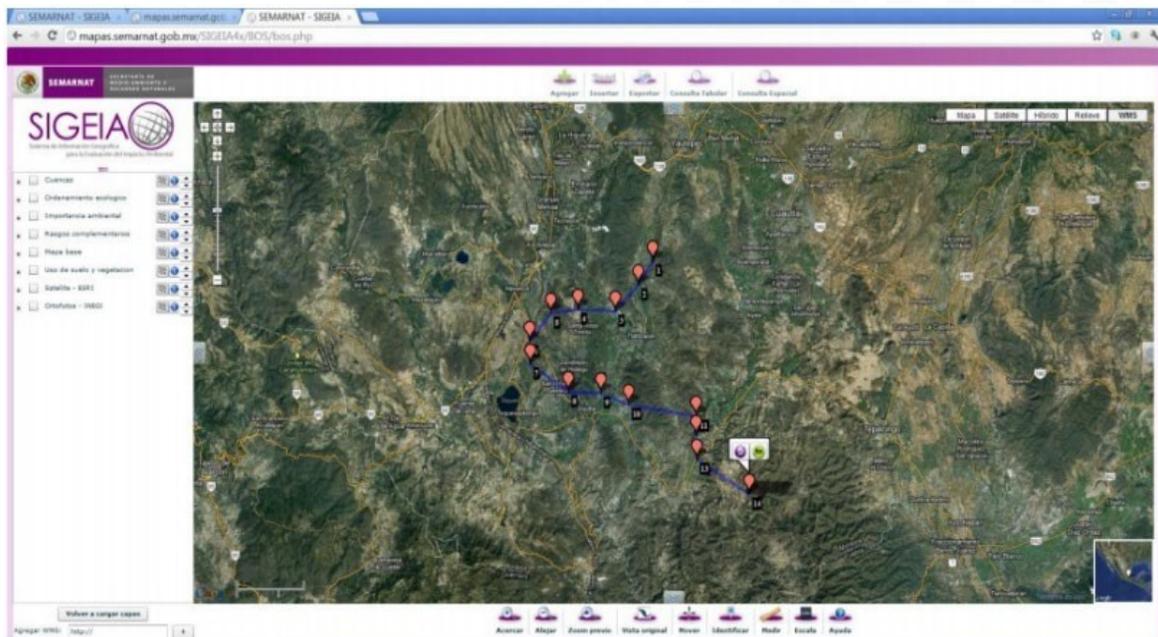
²³ Monitor que permite dar seguimiento a los incendios en tiempo real.

satélites como LANDSAT²⁴ y los sistemas de información geográfica favorecen el control de incendios y disminuyen la pérdida forestal.

6. Impacto ambiental

El análisis espacial de geometrías, permite visualizar indicadores y calcular las consecuencias de proyectos sobre el medio ambiente y la afectación de flora, fauna, áreas protegidas y patrimonio cultural de la humanidad. La evaluación ambiental merece especial atención con el objeto de proteger el ambiente, a través de variables ambientales y que se gestione de manera oportuna los espacios naturales protegidos para el desarrollo de cualquier actividad que afecte directamente la ecología. De esta manera se detecta las posibles amenazas, como el incremento de actividades humanas en la industria y la minería que dañan directamente el agua, el aire y el suelo, así como; la pérdida de la biodiversidad y la extinción de especies, por considerar algunos aspectos de la degradación ambiental, como se observa en la figura.

Figura: SIGEIA, es un SIG creado por la SEMARNAT, para evaluar el impacto ambiental de los proyectos



Fuente: <http://mapas.semarnat.gob.mx/sigeia5e5/Bos/manual.pdf>

Los SIG y el cálculo de la huella ecológica, sirven para medir como las actividades humanas impactan sobre el medio ambiente y permite el rechazo de proyectos donde el costo ambiental sea muy alto e irreversible, utilizando adecuadamente

²⁴ Satélites que observan la superficie de la tierra.

políticas ambientales, para ello es necesario utilizar esquemas tales como (PER)²⁵ o (DPSIR)²⁶ para determinar la conveniencia ambiental y evitar en cierta medida que se ocasionen daños irreparables con la implementación de carreteras o las obras de construcción del tren maya y las alteraciones a la fauna, que a pesar de lo favorable que puede ser para la economía del lugar, se está destruyendo la biodiversidad.

7. Fenómenos delictivos

En un plano cartográfico, se puede representar la realidad de la violencia, empleando metodologías cartográficas, obtener indicadores de delincuencia y por consiguiente conocer la percepción que tiene los ciudadanos ante el fenómeno delictivo, aunado a esto se puede observar las zonas de mayor vulnerabilidad ante determinados delitos, utilizando los datos generales del usuario, reportes georreferenciados, latitud y longitud, patrones, anomalías, el contexto urbano, la interacción entre víctimas y victimarios. El histórico de la tasa de criminalidad que genera explícitas condiciones para saber de qué manera se comporta la delincuencia en un determinado espacio y tiempo, los datos georreferenciados explican evidentemente fenómenos relacionados con la delincuencia e interpreta las conductas delictivas y se aprecia con mayor facilidad la concentración de los delitos y las zonas criminógenas de mayor riesgo para la población en general. De esta manera los mapas delictivos elaborados por un SIG facilitan la gestión de la seguridad y la prevención del delito.

El mapa delictivo a través de (“x” y “y”) concibe de forma detallada los crímenes e identifica la tendencia de variables derivadas de los datos geográficos, cabe destacar la presencia de mayor impunidad, así como; evidenciar la problemática del aumento estadístico de la violencia en México, como lo podemos apreciar en la (Figura):

Figura: Mapa de Femicidios en el Estado de México.



²⁵ Esquema Presión-Estado-Respuesta.

²⁶ Driving Forces-Pressures-State-Impacts-Respond.

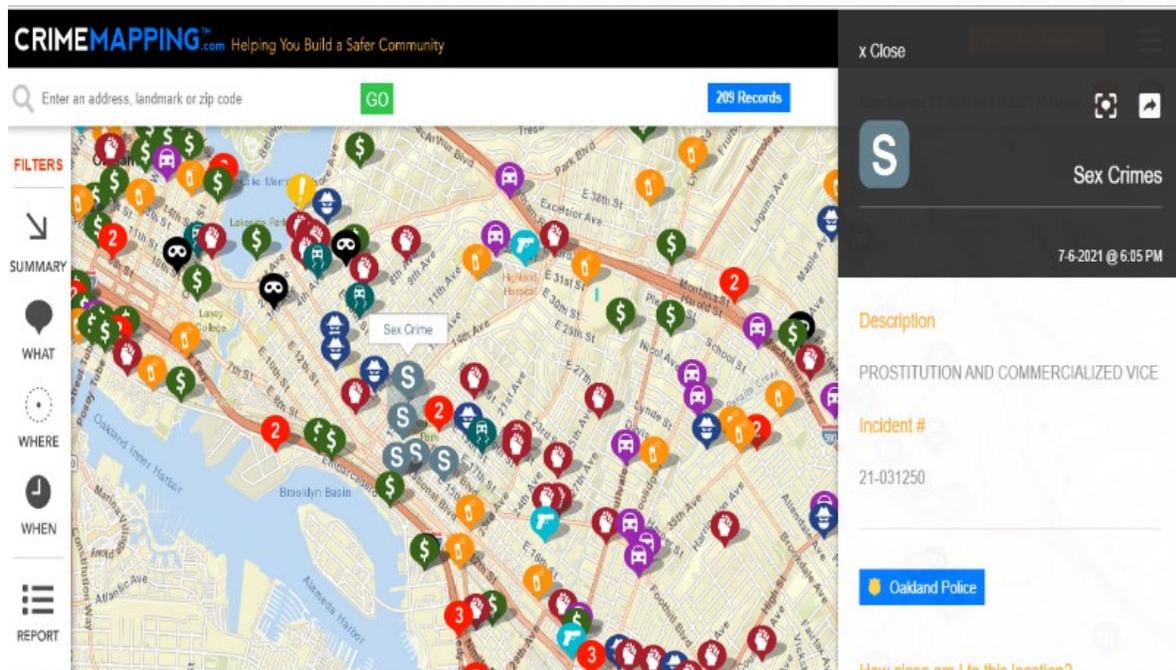
Fuente: <https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1B0C37knNR60U5zKObITbFG4cCgQ&ll=19.369147994098867%2C-99.12572821679687&z=11>. Elaboración de María Salgado²⁷

Los mapas delictivos, permiten conocer a través de la naturaleza de los datos, el estado de la inseguridad en las colonias, dando como resultado elementos analíticos y útiles para implementar acciones significativas en contra de la violencia en sus distintas aristas.

8. Operativos policiales

Los SIG y la Criminología ambiental, analizan la dimensión espacial y estiman el vínculo entre el espacio urbano y la delincuencia. En este sentido, existe una necesidad imperante de instaurar estrategias para hacerle frente a la lucha delictiva de forma específica y reducir los incidentes, a través de operativos policíacos, con la finalidad de prevenir y capturar objetivos, para llevar a cabo la desintegración de células delictivas, y hacerle frente a la problemática de la inseguridad:

Figura: Mapa delictivo generado por el software libre crimepping



Fuente: <https://www.crimemapping.com/map/agency/265>

Por ejemplo: crimemapping es un sistema que genera reportes de: incendios provocados, asaltos, robos, disturbios, venta de drogas, robo a mano armada, fraudes, homicidios, ataques de tipo sexual, violaciones, prostitución, entre otros, utilizando principalmente información de agencias policiales, lo que permite que el ciudadano tenga conocimiento de los delitos que se están cometiendo en un

²⁷ María Salgado es una ingeniera geofísica, que ha documentado desde 2016 casos de feminicidio.



determinado espacio. Esto podría ser utilizado por elementos policiacos para llevar a cabo despliegues operativos en coordinación con otras instituciones policiacas en los puntos identificados como generadores de violencia y evitar ilícitos.

Los SIG se caracterizan por utilizar principalmente mapas, cuyas fuentes de información cartográfica se obtiene de los levantamientos de campo, la teledetección o fuentes documentales. Estos están representados por escalas en donde se toma en cuenta una fracción representativa. La escala es la relación entre distancias medidas en un mapa y las correspondientes al mundo real. La unidad en el mapa equivale a 60 millones de unidades medidas en la realidad, como se observa a continuación:

Numerador= distancia del mapa Denominador=distancia de la realidad

Los SIG en la búsqueda de fosas clandestinas, para ubicar restos de personas desaparecidas

Las entidades internacionales, el gobierno y grupos de investigación han intentado implementar metodologías de búsqueda, sin embargo; estas no responden a la pregunta de cómo debería de realizar la búsqueda de fosas clandestinas y no hay claridad en sus programas, por ejemplo:

La GIASF (Grupo de Investigaciones en Antropología Social y Forense), desarrolló cuatro fases en una guía de búsqueda de personas desaparecidas:

“Recolección de la mayor cantidad de la información posible sobre las personas, análisis y comparación de la información recolectada para planear la búsqueda en lugares específicos, recuperación, análisis e identificación de los hallazgos hechos tras la investigación preliminar, Entrega de los restos humanos de las personas desaparecidas”²⁸.

El comité de la ONU en contra de la desaparición forzada de personas, establece en el principio número 8, que la búsqueda de personas debe de realizarse con una estrategia integral. Examinando hipótesis razonables sobre la desaparición de la persona. De la siguiente manera:

“La formulación de la hipótesis sobre la desaparición de una persona debe de estar fundada en toda la información disponible, las autoridades encargadas de la búsqueda deben diseñar, una estrategia integral de búsqueda, hacer uso de los métodos forenses, tomar medidas apropiadas para buscar y localizar de oficio a las personas desaparecidas, la estrategia integral debe de tomar en cuenta el análisis del contexto”²⁹.

²⁸ Grupo de Investigaciones en Antropología Social y Forense, *Guía de Búsqueda de personas desaparecidas con enfoque en la verdad y la justicia*, Colectivo editorial, hermanas en la sombra, México, 2018, p. 79.

²⁹ Comité de la ONU contra la desaparición forzada, *Principios rectores de personas desaparecidas*, ONU-DH, México, 2019, ps. 23-26.



Este documento establece, que se debe de realizar una estrategia integral en cuanto a la búsqueda y que esta debe de estar a cargo de las autoridades correspondientes, utilizando todas las diligencias. De la misma manera esta debe de incluir un plan de acción y un cronograma, para su evaluación, pero no dice cuál debe de ser la metodología para identificar las fosas clandestinas.

un crimen se presenta cuando se entretajan 4 vértices: una norma infringida, un delincuente o grupo delictivo, un objetivo y un lugar de hechos o de hallazgo. Estos elementos se representan a través de un tetraedro que cumple explícitas condiciones, concretizándose a un sector del espacio donde suceden hechos en determinadas circunstancias o se llega a encontrar un cadáver o fosa de cadáveres, ya que cuando un delincuente comete una conducta delictiva o un comportamiento antisocial, se desarrolla una distribución de los elementos en un espacio determinado que conlleva en ocasiones a una ventaja geográfica seleccionada por los victimarios. Es decir, cuando se transgrede una norma se debe de considerar la conducta y el comportamiento criminal en el espacio, ya que es una aproximación al lugar de los hechos o de hallazgo y nos permite responder a las preguntas: dónde y cuándo, de la información obtenida en conjunto con las bases de datos de los hechos delictivos generarán variables que permitirán realizar análisis espaciales y mapas de criminalidad de las fosas clandestinas, con el objeto de mejorar la búsqueda de restos de personas desaparecidas y encontrar asentamientos de cadáveres y por consiguiente determinar si existe una posible asociación con algunas otras fosas clandestinas que se encuentran cerca del lugar.

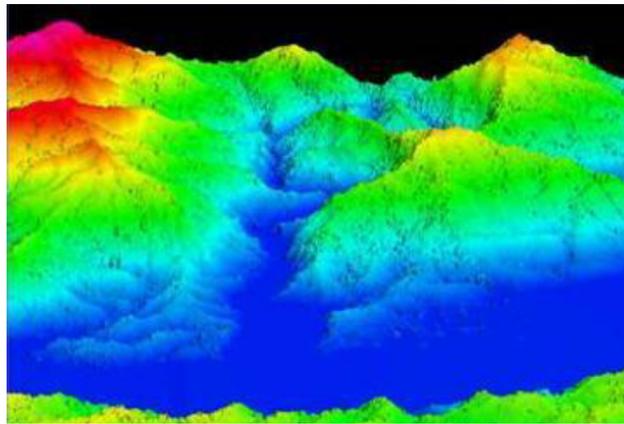
Por todo lo anterior mencionado, al utilizar los SIG se puede de forma factible tener la visualización de los datos obtenidos de las fosas clandestinas en los mapas. No es una tarea sencilla, ya que se requiere de investigadores especializados y equipos, pero no es imposible, ya que de esta manera se podría ayudar a las víctimas indirectas que son los familiares de las personas desaparecidas y apoyar a los diversos colectivos que arriesgan su vida investigando de forma empírica la búsqueda de fosas clandestinas. En este sentido, los que infringen la norma tienden a operar desde una zona de confort, generalmente cometen el mismo tipo de delitos replicando un patrón espacio-temporal, a través de la georreferenciación de los crímenes en función de la cantidad de los delitos cometidos se puede distinguir las zonas con mayor criminalidad con soporte estadístico y de esta manera orientar acciones de investigación y estrategias de planificación en la búsqueda de fosas clandestinas.

4. MODELADO DEL TERRENO Y ANÁLISIS DEL RELIEVE

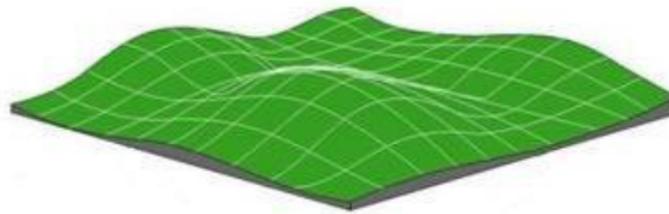
Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados.

En los modelos digitales de elevación existen dos cualidades esenciales que son la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital, las cuales varían dependiendo del método que se emplea para generarlos y para el caso de los que son generados con tecnología LIDAR se obtienen modelos de alta resolución y gran exactitud (valores submétricos).



Modelo digital de elevación con vista en perspectiva



Representación de un modelo digital de elevación en formato raster

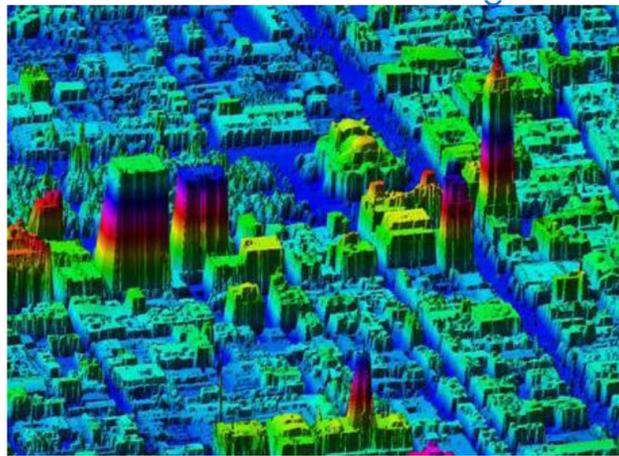
Tipos de modelos digitales de elevación

En la actualidad el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) realiza la representación del relieve generando un modelo simplificado lo más cercano a la realidad, debido a que se cuenta con diferentes métodos y soluciones tecnológicas que permiten proporcionar un número infinito de puntos o de información geográfica para tal fin mediante el uso de sistemas computarizados con la finalidad de obtener y caracterizar las formas del terreno, dicho modelo se denomina “Modelo Digital de

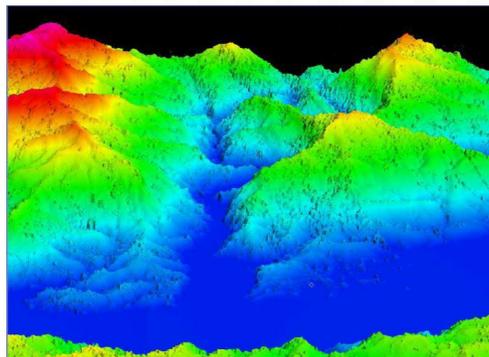
Elevación” (MDE), el cual es utilizado como una fuente de información digital para el estudio de la superficie del terreno de México.

Al existir dos tipos, superficie y terreno, a través de los modelos digitales de elevación es posible conocer la existencia, disposición, forma y posición de los elementos que conforman un espacio geográfico y que pueden ser de origen natural o antrópico.

Los Modelos Digitales de Elevación que produce el INEGI son de dos tipos: Modelo digital de superficie (MDS) que representa todos los elementos existentes o presentes en la superficie de la tierra (vegetación, edificaciones, infraestructura y el terreno propiamente.

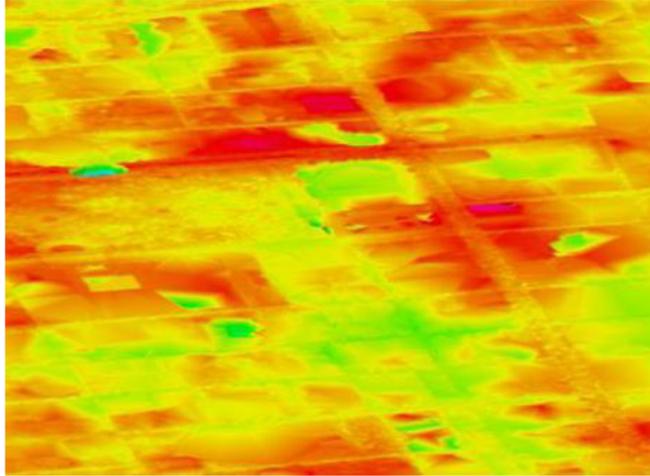


Modelo Digital de Superficie LIDAR de la CDMX

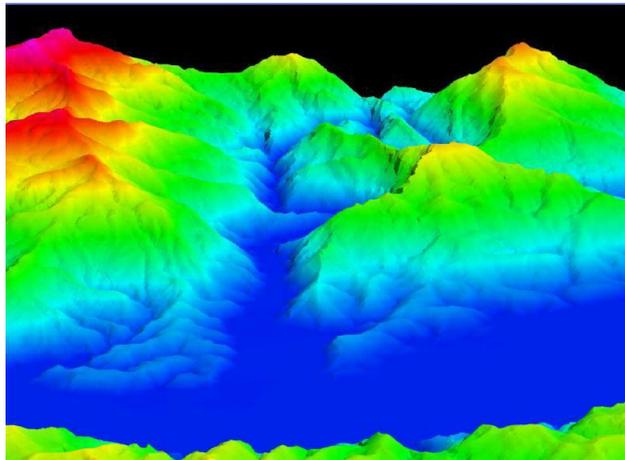


Modelo Digital de Superficie LIDAR de Chiapas

El modelo digital del terreno (MDT) recrea la forma del terreno una vez que fueron removidos todos los elementos ajenos al mismo como son la vegetación, edificaciones y demás elementos que no forman parte del terreno.



Modelo Digital de Terreno LIDAR de la CDMX



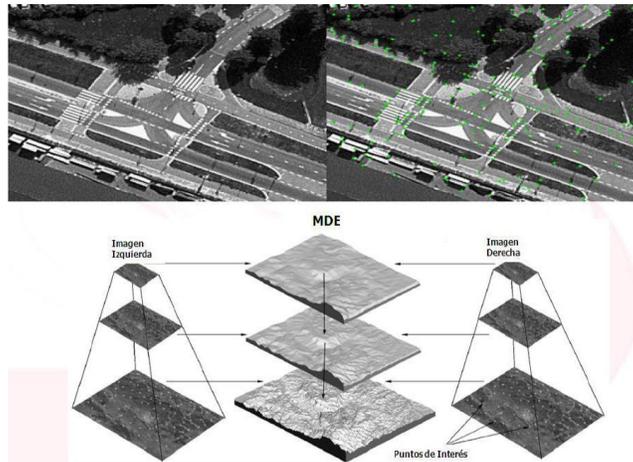
Modelo Digital de Terreno LIDAR de Chiapas

Ambos tipos de modelos digitales de elevación se realizan utilizando una variedad de fuentes de datos y mediante el uso de técnicas especializadas o métodos de obtención, así como el empleo de soluciones tecnológicas y cuya elección depende de la aplicación que se le va a dar al modelo resultante, además del objetivo que se pretende alcanzar y de la exactitud que se requiere del modelo.

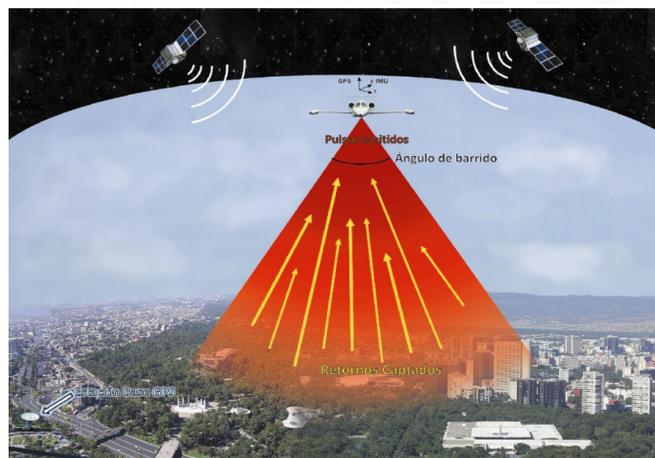
Los métodos que emplea actualmente el INEGI para la generación de los Modelos Digitales de Elevación son:

1. Generación a partir del método fotogramétrico de correlación cruzada: La técnica de correlación cruzada de imágenes se fundamenta en la comparación de imágenes digitales a partir de pares estereoscópicos de fotografías aéreas digitalizadas. En este método se extraen sub-imágenes homólogas digitales de ambas fotografías, izquierda y derecha, que subsecuentemente se correlacionan por medio de su información radiométrica (los valores de la escala de grises), para así

determinar áreas homólogas. De esta manera el proceso de correlación proporciona el ajuste necesario del cual proporcionará valores de elevación para una serie de puntos de densidad irregular. Los modelos generados por este método pueden ser del tipo superficie y del terreno con una resolución de 15 metros, exactitud de 3 metros y la cobertura territorial representada en el modelo es la correspondiente a la escala cartográfica 1:20,000.



2. Tecnología LiDAR (acrónimo en el idioma inglés de Light Detection and Ranging”, esto es, “Detección y Medición a través de la Luz”): LiDAR es la combinación de tecnologías diseñadas para la obtención de coordenadas tridimensionales (X, Y, Z), de puntos del terreno mediante un telémetro láser montado en un avión. A partir de estos datos llamados “Nube de puntos LiDAR ajustada al terreno” se pueden elaborar modelos digitales de elevación de alta resolución sub-métricos, tanto del terreno como de la superficie del mismo (objetos naturales o artificiales).



Componentes que intervienen en la Tecnología LiDAR



4.2 Curvas de nivel y análisis de pendientes.

Las curvas de nivel son líneas en un mapa que conectan puntos con la misma elevación, y se utilizan para representar la topografía del terreno. El análisis de pendientes, por otro lado, se refiere a la determinación de la inclinación del terreno en un área específica. Las curvas de nivel son una herramienta crucial para el análisis de pendientes, ya que proporcionan información visual y precisa sobre la forma y la inclinación del terreno.

Cómo las curvas de nivel ayudan a analizar las pendientes:

Separación entre curvas:

La distancia entre las curvas de nivel indica la pendiente. Curvas muy separadas indican una pendiente suave, mientras que curvas muy juntas indican una pendiente pronunciada.

Orientación de las curvas:

La dirección en que las curvas de nivel se cruzan con una línea indica la pendiente. Las curvas de nivel son perpendiculares a las líneas de mayor pendiente.

Forma de las curvas:

La forma de las curvas de nivel también proporciona información sobre la pendiente. Por ejemplo, las curvas que se cierran en forma de "V" indican la dirección de una depresión, mientras que las curvas que se cierran en forma de "U" indican la dirección de una cresta.

4.3 Identificación de puntos críticos en el terreno

Para identificar puntos críticos en el terreno para la búsqueda de fosas clandestinas, es fundamental realizar un análisis minucioso del área, considerando factores como la vegetación, la geografía, la topografía y cualquier cambio en el terreno que pueda indicar una posible excavación.

1. Análisis del terreno:

Vegetación: Cambios en la vegetación, como zonas donde la vegetación es diferente o luce dañada, pueden ser indicativos de disturbios en el suelo.

Geografía y topografía: Zonas con cambios en el terreno, como hundimientos, depresiones o montículos, pueden ser puntos de interés.

Cambios en el terreno: Se debe buscar evidencia de excavaciones recientes, como zonas removidas o con tierra suelta.

2. Uso de herramientas y técnicas:

Varilla (T): Se clava en el suelo y se extrae para examinar su punta, buscando indicios de olores fétidos o restos humanos.



Inspección visual: Identificar zonas sospechosas a simple vista, como áreas con tierra removida o cambios en la vegetación.

Drones con cámaras infrarrojas: Para detectar posibles cambios en la temperatura del suelo que puedan indicar una fosa clandestina.

Georradar: Un método que utiliza ondas de radio para detectar estructuras subterráneas, incluyendo fosas.

Otros métodos de detección remota: Como LiDAR, que utiliza láser para generar imágenes en 3D del terreno.

3. Consideraciones adicionales:

Información local: Recopilar información sobre posibles desapariciones, hallazgos de restos humanos o rumores locales que puedan indicar la existencia de fosas clandestinas.

Colaboración: Trabajar en colaboración con expertos forenses, antropólogos o investigadores para interpretar los hallazgos y determinar la presencia de restos humanos.

4. Ejemplos de puntos críticos:

Áreas boscosas o de difícil acceso: Son lugares donde es más probable que se oculten fosas clandestinas.

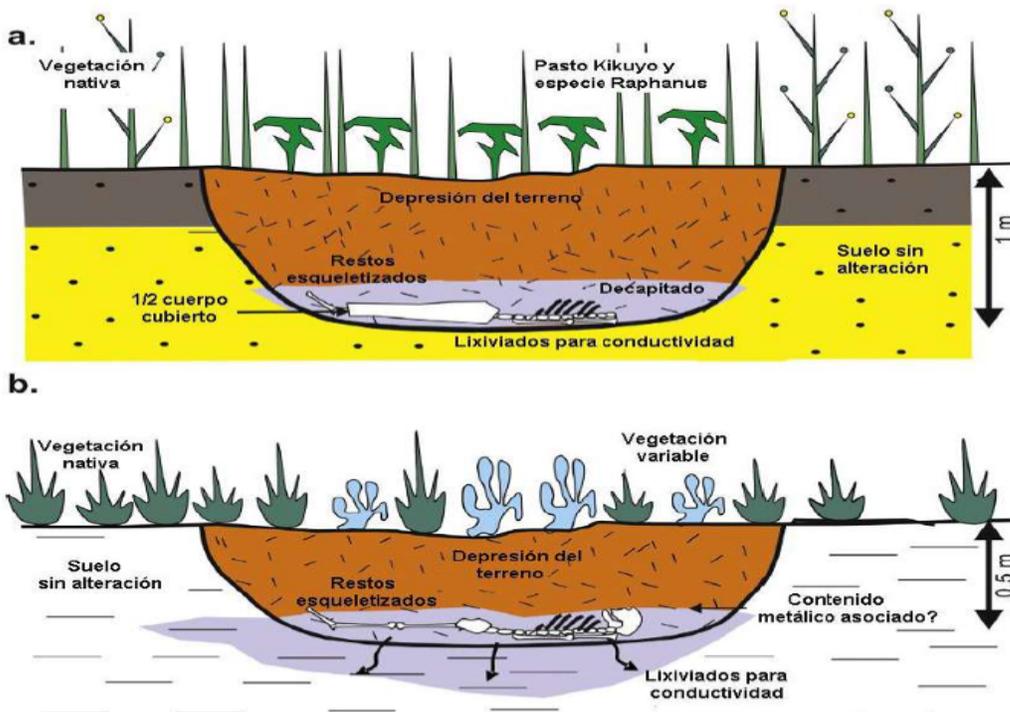
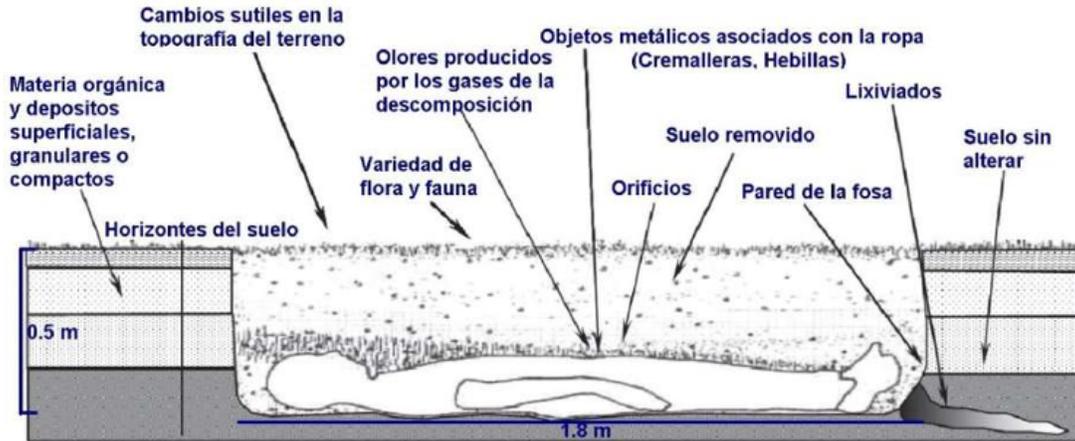
Zonas rurales o alejadas de centros urbanos: Donde la vigilancia es menor.

Lugares con alta incidencia de desapariciones: En donde se espera encontrar más fosas.

Modelo geológico conceptual de una fosa

El modelo conceptual del terreno se realiza a partir de diferentes aspectos que dan información, tales como mineralogía, litologías, depósitos superficiales, hidrogeología, clima local, meteorización y erosión, preservación y descomposición, uso pasado y actual del suelo. Se debe estimar el tamaño, geometría, profundidad esperada y tiempo de enterramiento del objetivo por buscar (Harrison & Donnelly, 2009). Las propiedades de geología, geomorfología, geofísica, geotecnia e hidrogeología pueden cambiar cuando un cuerpo es inhumado debido a las múltiples variables y características que esto implica. (Molina. 2016).

Figura: Modelo geológico conceptual de una fosa con una víctima de homicidio. (Modificado de Harrison & Donnelly, 2009).



Relación de las variables suelo, pluviosidad, temperatura y profundidad, con la respuesta de los métodos geofísicos para localizar fosas.

Se requiere identificar los límites del área de búsqueda. Esto se puede llevar a cabo con trabajo de oficina donde se recolecte a información geológica, de suelos, y la historia del lugar. También es recomendable establecer cuantas personas se van a buscar, y en cuantas fosas están, para lo cual es importante conocer el relato del(os) informante(s) y/o los testimonios de familiares. Hay que definir si el área es rural, semirural, urbana o de bosque, de tal forma que se pueda evaluar las ventajas y desventajas del uso de tecnología acorde a cada medio ambiente mencionado, lo que a su vez conduce a evitar enmascarar el objetivo de interés. La búsqueda de



fosas en extensas áreas donde no se tiene información oral, requiera hacer una evaluación geo científica integral de escritorio para luego hacer el reconocimiento del sitio en campo, de tal forma que se defina la estrategia y métodos geofísicos viables de usar (Georradar, Fotogrametría con RPA).

5. APLICACIÓN PRÁCTICA

5.1 Planificación de operativos con base en análisis topográfico.

Elaboración de un plan de búsqueda contemplando los trazos de recorridos y los polígonos ya analizados del punto de interés.

5.2 Prácticas de campo con mapas topográficos y herramientas digitales.

Conocimiento de las herramientas topográficas y como se realiza un levantamiento en campo.



Fuentes de información

-Equipo editorial, Etecé (28 de agosto de 2020). Topografía. Enciclopedia Concepto. Recuperado el 9 de junio de 2025 de <https://concepto.de/topografia/>.

-Paratopografía. (2024). Conceptos de proyecciones cartográficas. Artículo. Recuperado de: <https://paratopografia.com/geodesia/conceptos-de-proyecciones-cartografica/>

-Garmendia, C. (2020). Proyecciones cartográficas: ¿qué debo saber?. Idecor. <https://www.idecor.gob.ar/>

-Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). Concepto de mapa. Atlas Didáctico. <https://educativo.ign.es/>

-Lifeder. (s.f.). Planisferio. <https://www.lifeder.com/>

-Arco Díaz, J. (s.f.). *El croquis*. Universidad de Granada. <https://www.ugr.es/>

-Domínguez, F. (s.f.). *Interpretación y expresión del croquis*. Arquimaster. <https://www.arquimaster.com.ar/>

-Cifuentes Ortiz, Elena y Johan Andrés Avendaño Arias (2020), «Geografías del conflicto: geometrías del poder en el contexto de la maternidad de la desaparición forzada, en el departamento de Antioquía, Colombia entre 1993 y 2016», en Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales. Universitat de Barcelona, vol XXV, núm. 1, pp. 1-36.

-Comisión Nacional de Búsqueda-Segob (11 de Abril de 2020), Versión Pública del Registro Nacional de Personas Desaparecidas y No Localizadas. Obtenido de <https://versionpublicarnpdno.segob.gob.mx/Dashboard/ContextoGeneral>

-A dónde van los desaparecidos (31 de 03 de 2022), «A dónde va los desaparecidos». Obtenido de <https://adondevanlosdesaparecidos.org/nosotros/>

Escobar, Amalia (5 de junio de 2021), Hallan 4 cuerpos desmembrados dentro de dos tambos en la Costa de Guaymas, Sonora. El Universal.

Espino, Manuel (23 de Agosto de 2019), «Así comenzó la «guerra» contra el narcotráficos de Calderón», en El Universal. Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/seguridad/asi-comenzo-la-guerra-contra-el-narcotrafico-de-felipe-calderon>.

-Franco, Darwin (2022), ZonaDocs. Recuperado el 10 de mayo de 2022, de Huellas de vida: buscar a las y los desaparecidos mediante los objetos localizados en las búsquedas de campo: <https://www.zonadocs.mx/2022/02/28/huellas-de-vida-buscar-a-las-y-los-desaparecidos-mediante-los-objetos-localizados-en-las-busquedas-de-campo/>



-González Arellano, Salomón, Miriam Alfie Cohen y Jorge Galindo (coords.) (2020), Diccionario sobre temas socioterritoriales, Ciudad de México, UAM-Cuajimalpa.

-González Núñez, Denise, Jorge Ruiz Reyes, Lucía Guadalupe Chávez Vargas y José Antonio Guevara Bermúdez (2019), Violencia y terror. Hallazgos sobre fosas clandestinas en México 2006-2017, Ciudad de México, Universidad Iberoamericana.

-Hernández Castillo, Rosalba Aída (7 de noviembre de 2021), «Yecapixtla: de campo de exterminio terreno sagrado», La Jornada. Disponible en: <https://www.jornada.com.mx/2021/11/07/opinion/018a2pol>.

Human Rights Everywhere (HREV) (2019), Cartografía de la Desaparición Forzada en Colombia. Relato (siempre) incompleto de lo invisibilizado, Bogotá, DESAPARICIONFORZADA.CO.

-Mark, D. (2005), «Geographic information science: Defining the Field. Foundations of Geographic Information Science», en Matt Duckham, Michael F. Goodchild, y Michael Worboys, Foundations of Geographic Information Science, USA y Canada, Taylor & Francis, pp. 1-18.

-Mendoza, Carlos, Pablo Reyna Esteves y Carolina Robledo Silvestre (2021), De las fosas Clandestinas a la tumba vacía. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana.

-Migues, Darwin Franco (2019), «Tecnologías de esperanza. Apropiaciones tecnopolíticas para la búsqueda de personas desaparecidas en México. El caso de Las Rastreadoras del Fuerte», en Comunicación y Sociedad, vol. 16, junio, pp. 1-29.

-Nájar, Alberto (22 de agosto de 2014), «México: el hombre que disolvió en ácido a 300 personas», en BBC Mundo.

-Excélsior Redacción (4 de junio de 2011), «Encuentran 37 fosas ilegales en el estado de Coahuila», Excelsior.

-Salguero, María (2016), Yo te nombro: el mapa de los feminicidios en México. Recuperado el 10 de Mayo de 2022, de Feminicidios ocurridos en México reportados en prensa desde enero de 2016 a la fecha. disponible en: <http://mapafeminicidios.blogspot.com/p/inicio.html>

-Secretaría de Gobernación (17 de Noviembre de 2017), «DECRETO por el que se expide la Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas», Ciudad de México, Diario Oficial de la Federación.



-Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (31 de marzo de 2022), Gobierno de México. Recuperado el 31 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.gob.mx/sesnsp/articulos/incidencia-delictiva?idiom=es>

-Silván Cárdenas, José Luis, Ana Jooseline Alegre-Mondragón y Karime González-Zuccolotto (2019), «Potential Distribution of Clandestine Graves in Guerrero Using Geospatial Analysis and Modelling», en Proceedings of the 1st International Conference on Geospatial Information Sciences, vol. 13, pp. 21-28.

-Silván Cárdenas, J. L. (2021), «Modelos probabilísticos para el hallazgo de fosas clandestinas», en E. A. (CEDEHM), Nuevas Tecnologías en Búsqueda Forense: Recursos para la crisis de desapariciones en México. México, USAID-EnfoqueDH-EAAF-CEDEHM.

-Universidad Iberoamericana, HRDAG y Data Cívica (2020), Predecir la existencia de fosas en municipios mexicanos: una primera aproximación estadística, Ciudad de México.

-Molina Gallego. C.M.(2016). Metodología para la búsqueda de fosas a partir de la interpretación de anomalías en los datos obtenidos mediante la aplicación geofísica de alta resolución. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Geociencias. Bogotá, D.C. Colombia. Recuperado de: https://www.fundaciongarciasineriz.es/wp-content/uploads/2019/03/201705_tesis_repositorio-espana_493.pdf

-Mapa base la cartografía topográfica. Recuperado de:

https://uapas2.bunam.unam.mx/matematicas/mapa_base_cartografia