

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# Geoportal de datos geodésicos de Ciudad Universitaria

**MATERIAL DIDÁCTICO**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Geomático**

**P R E S E N T A**

Eduardo Lemus Mendoza

**ASESORA DE MATERIAL DIDÁCTICO**

M.C.T. María Elena Osorio Tai



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026**

**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL**
**(Titulación con trabajo escrito)**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado GEOPORTAL DE DATOS GEODESICOS DE CIUDAD UNIVERSITARIA que presenté para obtener el titulo de INGENIERO GEOMÁTICO es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

**EDUARDO LEMUS MENDOZA**
**Número de cuenta: 317279809**

# Agradecimientos

Quiero dar gracias a todas las personas que me acompañaron a lo largo de este proceso.

## A mi familia

Quiero dar gracias a mi familia, que con mucho cariño y con las mejores intenciones me ha apoyado desde que tengo memoria. Han sido mi soporte incondicional en cada ámbito posible, y eso lo tendré en cuenta el resto de mi vida.

A mis padres, que construyeron el mejor nido para mí. Gracias por cuidarme y brindarme esa mentoría invaluable que me ha moldeado hasta el día de hoy. Es un privilegio que el universo me permitiera estar con ustedes.

A mi hermana, que al ser la mayor, consideré como mi guía ante los problemas que puede tener un hijo, un estudiante, un universitario y un miembro de la sociedad. Gracias por brindarme dirección.

A mi abuelita V., que me brindó todo el cariño que un nieto podría tener. Gracias por enseñarme a distinguir a las buenas personas y por enseñarme a ser una. Desde donde sea que estés ahora, gracias.

A mi abuelito R., que ha escuchado cada proyecto que se me ha ocurrido, cada idea y cada anhelo. Gracias por brindarme esa atención tan cálida y por nunca aburrirte de tanta ingeniería, tecnología y ciencia.

A mi abuelita G., quien me ha respaldado en todo lo posible. Gracias por tu apoyo en todo momento y por enseñarme hasta dónde puede llevar el mérito profesional.

A mi tío J. C., quien me ha brindado ayuda y mentoría en cada momento difícil de mi carrera. Gracias por cada consejo, has orientado mi desarrollo profesional.

## A mis amistades

A Reina, Mich, Jorge y Osvaldo, por esos momentos que me ayudaron a sobrellevar la presión universitaria. Estudiar con ustedes ha sido una experiencia muy grata. Espero que allá afuera podamos reencontrarnos como colegas.

A V., quien me ayudó a descubrir mi verdadero potencial.

## A mi grupo de sinodales

Agradezco también a mi grupo de sinodales. Gracias por aceptar evaluar este proyecto y por su aporte en mi desarrollo profesional.

A la maestra Tai, por permitirme participar en el proyecto del cual emana este trabajo de titulación, por aceptar dirigirlo y por brindarme retroalimentación académica a lo largo de estos últimos años.

Al doctor Juan Núñez, quien me enseñó la importancia de convertir datos en información y así construir conocimiento.

Al maestro Roberto Ascencio Villagómez, por el apoyo en la planificación y capacitación brindada para los levantamientos GNSS del proyecto PAPIIT.

Al maestro Octavio Gómez Ramos, por ofrecer el soporte del equipo del Servicio Mareográfico Nacional que capacitó y enseñó técnicas valiosas para el proyecto PAPIIT.

Al doctor Roberto René Manzano Islas, quien propuso técnicas más eficientes para el procesamiento de datos bajo estructuras automatizadas.

Este trabajo fue realizado gracias a la beca de Licenciatura otorgada por el Programa UNAM-PAPIIT IN115724.

# Índice

**Agradecimientos** I

**Introducción** 1

**1. PAPIIT IN115724** 2

**2. Justificación** 2

**3. Objetivos** 3
3.1. Objetivo General . . . 3
3.2. Objetivos Particulares . . . 4

**4. Metodología** 4
4.1. Preparación de los datos geoespaciales . . . 5
4.2. Diseño Frontend . . . 7
4.3. Diseño del visor geoespacial . . . 9
4.4. Lógica de interoperabilidad . . . 11

**5. Información de consulta disponible** 11
5.1. Entorno de acceso y navegación . . . 12
5.1.1. Barra de navegación . . . 12
5.1.2. Página «Inicio» . . . 12
5.1.3. Página «Participantes» . . . 13
5.1.4. Página «Galería» . . . 14
5.1.5. Página «Acerca de» . . . 15
5.2. Medio de consulta de información espacial . . . 16
5.3. Herramientas de apoyo . . . 18
5.4. Variables y acervo técnico . . . 19

**6. Conclusiones** 21

**Referencias** 22

**Anexos** 23

# Índice de figuras


1. Diagrama de carga de barra de navegación. . . . . 7
2. Diagrama de carga de participantes. . . . . 8
3. Diagrama de carga de galería. . . . . 9
4. Representación de límites de desplazamiento e interacción. . . . . 10
5. Diagrama de tematización por color. . . . . 10
6. Diagrama de interpretación de los datos. . . . . 11
7. Barra de navegación. . . . . 12
8. Página «Inicio». . . . . 13
9. Página «Participantes». . . . . 14
10. Página «Galería». . . . . 15
11. Página «Acerca de». . . . . 15
12. Barra lateral del visor cartográfico en dispositivos de escritorio. . . . . 16
13. Consulta de información para dispositivos móviles . . . . . 17
14. Elementos de Interfaz Gráfica. . . . . 17
15. Botón de descarga de datos en dispositivos de escritorio . . . . . 18
16. Consulta de rutas . . . . . 19
17. Botón de consulta de ficha técnica . . . . . 19

A.1. Comparativa escritorio–móvil de página «Inicio» . . . . . 23
A.2. Comparativa escritorio–móvil de página «Geoportal» . . . . . 23
A.3. Comparativa escritorio–móvil de muestra de datos en «Geoportal» . . . . . 24
A.4. Comparativa escritorio–móvil de glosario en «Geoportal» . . . . . 24
A.5. Comparativa escritorio–móvil de página «Participantes» . . . . . 25
A.6. Comparativa escritorio–móvil de página «Galería» . . . . . 25
A.7. Comparativa escritorio–móvil de página «Acerca de» . . . . . 26
A.8. Muestra Ficha Técnica Página 1 . . . . . 27
A.9. Muestra Ficha Técnica Página 2 . . . . . 28

# Introducción

La evolución de la tecnología ha transformado la manera en la que se publica información geoespacial, ya que permite el desarrollo de entornos web que cuentan cada vez con más capacidades para procesar y mostrar información geográfica. Esta transición tecnológica ha permitido superar las limitaciones de los formatos físicos o estáticos tradicionales, haciendo posible que los usuarios tengan un acercamiento dinámico con la información geográfica, pasando de una visualización pasiva a una interacción activa con los datos (Veenendaal et al., 2017).

En el campus de Ciudad Universitaria (CU) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se encuentra la infraestructura de la Red Geodésica Nacional Pasiva del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). De forma paralela, también existe infraestructura derivada de proyectos enfocados a la prevención de riesgos hidrometeorológicos tales como la red topogeodésica en CU por parte del Instituto de Geografía y la Sociedad de Alumnos de Ingeniería Geomática.

Sin embargo, la comunidad académica (a quienes llamaremos usuarios) carece de una plataforma que centralice de manera didáctica e interactiva un acervo técnico con resultados de procesamiento tales como coordenadas, alturas, valores de gravedad y reportes de calidad. Esta carencia limita la planeación y control de proyectos que requieren el uso de información geodésica dentro del campus CU de la UNAM.

Por lo anterior, este proyecto se enfoca en el desarrollo de un geoportal de datos geodésicos, entendido como una herramienta cartográfica web interactiva, de libre acceso y especializada en Geodesia Física. La plataforma integra y difunde los resultados técnicos de los levantamientos verticales, horizontales y gravimétricos realizados por parte del equipo del proyecto “Procesamiento y análisis de datos provenientes del acervo de estaciones geodésicas de la Red Geodésica Nacional Pasiva del INEGI, y diseño de una red geodésica dentro de Ciudad Universitaria de la UNAM” desarrollado dentro del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) con clave IN115724.

# 1. PAPIIT IN115724

La comunidad de la Asociación Geodésica Internacional (IAG) adoptó en 2015 la definición y realización de un Sistema Internacional de Referencia de Alturas (IHRS) (International Association of Geodesy, 2015). Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha fomentado la implementación de un marco de referencia geodésico global con el objetivo de habilitar el desarrollo sostenible (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015).

En este contexto, el proyecto PAPIIT IN115724 busca impulsar la línea de investigación en Geodesia Física en México por medio del análisis, procesamiento y validación de la información de la Red Geodésica Nacional Pasiva, con el propósito de obtener alturas físicas que sean compatibles con estándares internacionales. Para ello, el proyecto desarrolló un flujo de trabajo con software especializado y técnicas de programación que permitieron comparar observaciones nacionales con modelos geopotenciales globales, generando estadísticos y mapas que permiten la evaluación de la consistencia, la calidad y las necesidades de la infraestructura geodésica de México.

# 2. Justificación

Con el fin de favorecer el aprovechamiento de la infraestructura geodésica y difundir los datos procesados por el proyecto PAPIIT IN115724, se recurrió al uso de herramientas de desarrollo web para crear un geoportal, cubriendo cuatro áreas críticas: la visualización de información geodésica, el aprendizaje para la formación profesional, la interoperabilidad de los datos y el apoyo para trabajo en campo.

En cuanto a la visualización de la información, el problema radica en la transformación de datos numéricos en información visual que permita interpretar sus diferentes propiedades físicas tales como la gravedad, la altura ortométrica y la ondulación geoidal. Para ello se diseñó un conjunto de capas temáticas, las cuales permiten identificar patrones de forma

rápida, que de otro modo son imperceptibles en datos tabulares.

En el ámbito del aprendizaje, este proyecto atiende la conveniencia de que los usuarios, particularmente estudiantes, puedan relacionar múltiples conceptos clave de la geodesia en un único entorno digital interactivo.

Respecto a la interoperabilidad de los datos, la posibilidad de exportarlos evita que permanezcan estáticos dentro del sitio web. Con esta opción habilitada, los datos pueden funcionar como insumo para la planificación de proyectos en campo o para múltiples análisis en software especializado. De esta manera se pueden superar las limitaciones que hay con entornos cerrados.

Por otra parte, los vértices materializados por sí solos carecen de utilidad si no se conoce su ubicación y distribución geoespacial dentro del campus. Para ello, el geoportal integra la capacidad de geolocalizar al usuario y vincular cada vértice con servicios externos ya estandarizados en el mercado tecnológico, otorgando autonomía de desplazamiento a los usuarios y favoreciendo la reducción de tiempos de reconocimiento en campo.

Por las características anteriores, el geoportal puede servir como una herramienta de apoyo en asignaturas que requieren prácticas en campo y/o análisis de conceptos y datos geodésicos, principalmente aquellas cuyos ejes temáticos se relacionan con la Topografía, Fotogrametría, Geodesia, Cartografía, Posicionamiento Global y Sistemas de Información Geográfica. El geoportal permite a los usuarios consultar valores geodésicos, ubicar las placas en el campus, planificar actividades en campo y exportar los datos para su análisis.

# 3. Objetivos

## 3.1. Objetivo General

Desarrollar un repositorio digital didáctico e interactivo como plataforma de visualización geográfica y consulta para difundir los resultados del proyecto PAPIIT “Procesamiento y análisis de datos provenientes del acervo de estaciones geodésicas de la Red Geodésica

Nacional Pasiva del INEGI, y diseño de una red geodésica dentro de Ciudad Universitaria de la UNAM".

### 3.2. Objetivos Particulares

- Estructurar la interfaz gráfica y arquitectura de navegación del sitio web mediante diseño responsivo para garantizar el acceso web optimizado para dispositivos de escritorio y móviles.
- Implementar un visor web interactivo especializado en información geográfica que permita la visualización y representación de la información geodésica obtenida por el proyecto PAPIIT IN115724, por medio de capas geoespaciales.
- Integrar funciones de geolocalización e interoperabilidad en el geoportal para habilitar el posicionamiento del usuario en campo y la exportación de los datos espaciales.
- Sistematizar la información técnica y teórica del proyecto por medio de fichas de consulta para vincular la información de las variables geodésicas con la infraestructura materializada en el campus.

## 4. Metodología

En este proyecto se desarrolló una arquitectura que se ejecuta únicamente en el lado del cliente (front-end), adecuada para la visualización y consulta de información técnica de manera interactiva, sin requerir de procesamiento del lado del servidor. Para el desarrollo del sitio web se utilizaron las siguientes herramientas:

- Lenguaje de Marcado de Hipertexto (en inglés HyperText Markup Language) o HTML: Es un lenguaje especializado en la estructuración de elementos y contenido en páginas web, utilizado para generar la estructura operativa del sitio (MDN Web Docs, 2025b).

- Hojas de Estilo en Cascada (en inglés Cascading Style Sheets) o CSS: Lenguaje de estilos especializado en definir el aspecto y distribución de cada elemento HTML renderizado en el sitio web. Además, permite diseñar el comportamiento de los elementos según el tamaño de la pantalla, lo que hace posible el diseño adaptativo (MDN Web Docs, 2026a).

- JavaScript o JS: Lenguaje de programación que permite desarrollar lógica matemática y de interacción entre los elementos HTML. También permite modificar propiedades CSS, leer archivos así como utilizar librerías y frameworks especializados (MDN Web Docs, 2025c).

- Bootstrap: Framework para construir sitios web responsivos que habilita el uso de plantillas personalizables de diversos elementos web, tales como botones, tarjetas, barras de navegación y ventanas emergentes (modales). Asimismo, permite trabajar con una estructura de filas y columnas que facilita la organización y distribución de los elementos HTML (Bootstrap, s. f.).

- Leaflet: Biblioteca de JavaScript para la creación de mapas interactivos capaces de interpretar información geográfica y cargar los datos con propiedades que permiten la interacción con el usuario (Leaflet, s. f.).

En conjunto estas herramientas permitieron construir un sitio web ligero y accesible desde dispositivos móviles y de escritorio, capaz de mostrar contenido textual, gráfico y geográfico dentro de una sola plataforma de consulta.

## 4.1. Preparación de los datos geoespaciales

En el proyecto PAPIIT IN115724 se realizaron levantamientos verticales, horizontales y gravimétricos en el campus de Ciudad Universitaria. Como resultado de su procesamiento se obtuvo un conjunto de datos con atributos físicos y de control. Entre ellos se encuentran

los siguientes: nombre del vértice, coordenadas geográficas, coordenadas UTM, equipo utilizado, la altura elipsoidal, la altura ortométrica, la gravedad observada, estadísticos, fechas y horarios.

Debido a que en este proyecto se busca presentar de manera clara los resultados finales, se realizó el siguiente filtro de atributos para conservar únicamente aquellos necesarios para la visualización y consulta dentro del visor. Los campos que se integraron fueron los siguientes:

Tabla 1: Campos considerados para la representación de los vértices geodésicos.

| **Campo** | **Descripción** |
|---|---|
| Nombre del vértice | Identificador correspondiente a cada placa. |
| Latitud y longitud | Coordenadas utilizadas para la representación cartográfica de los vértices mediante Leaflet. |
| Norte y Este UTM | Coordenadas proyectadas incorporadas como referencia complementaria para el usuario. |
| Altura elipsoidal | Altura del vértice respecto al elipsoide de referencia. |
| Altura ortométrica | Altura del vértice respecto al geoide de referencia. |
| Ondulación geoidal | Separación entre el elipsoide de referencia y el geoide, en cada vértice. |
| Gravedad observada | Valor físico del campo gravitacional observado en cada punto. |

A partir de esta selección se creó un archivo en formato CSV, cuya estructura permite cargar los puntos y sus atributos al visor geoespacial.

## 4.2. Diseño Frontend

El sitio web adquirió una interfaz gráfica con el uso de HTML y CSS en conjunto con Bootstrap. Estas herramientas permitieron construir y configurar cada elemento visual del sitio, mientras que JavaScript permitió programar la interacción entre los componentes, vincular los datos con los elementos HTML y automatizar la carga de información. En cuanto a la identidad visual, se utilizaron los colores azul y oro para mantener una relación gráfica de institucionalidad con la UNAM (Previsualización en el apartado de **Anexos**).

Para la barra de navegación se utilizó una plantilla de Bootstrap con una configuración que permite plasmar la identidad del proyecto e integrar los enlaces de las páginas web. Esta barra de navegación se adapta según el tamaño de pantalla del dispositivo del usuario. La plantilla se diseñó en el archivo HTML llamado `header.html` y, con el código JavaScript `cargar_navbar.js` (Fig. 1), se realizó la inserción de la barra de navegación en cada una de las páginas.

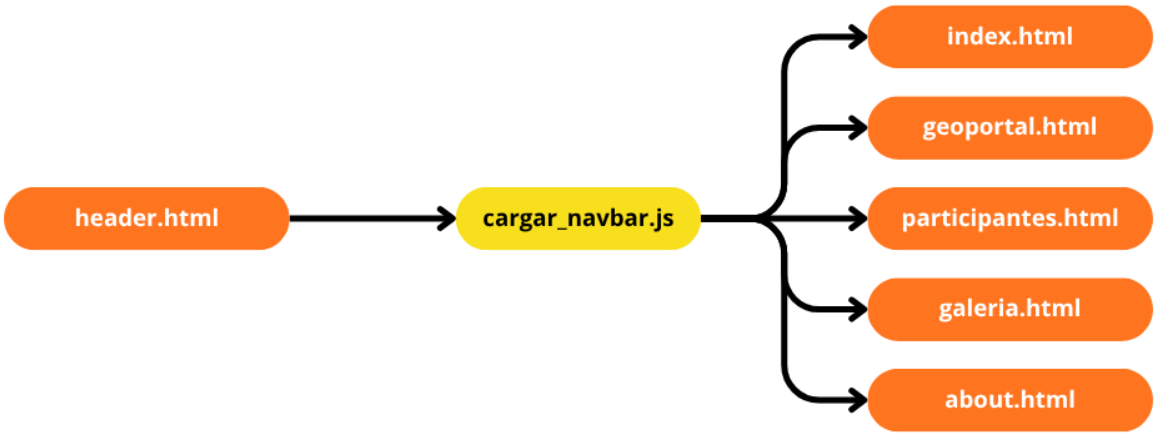



Figura 1: Diagrama de carga de barra de navegación.

Para la página de «Inicio» se estructuró el archivo llamado `index.html`, para ser reconocido por el servidor como la página principal. En esta se integró un encabezado con acceso directo al geoportal para reducir la fricción de navegación del usuario, y como cuerpo de página, se diseñó una tarjeta de presentación del proyecto.

La sección de participantes se desarrolló en el archivo `participantes.html`. Para automatizar la construcción de la tarjeta de presentación de cada participante se utilizó el script `cargar_participantes.js` (Fig. 2), el cual toma los datos del archivo "participantes.csv" y, por cada registro, construye una tarjeta con la información correspondiente y la inserta en `participantes.html`.

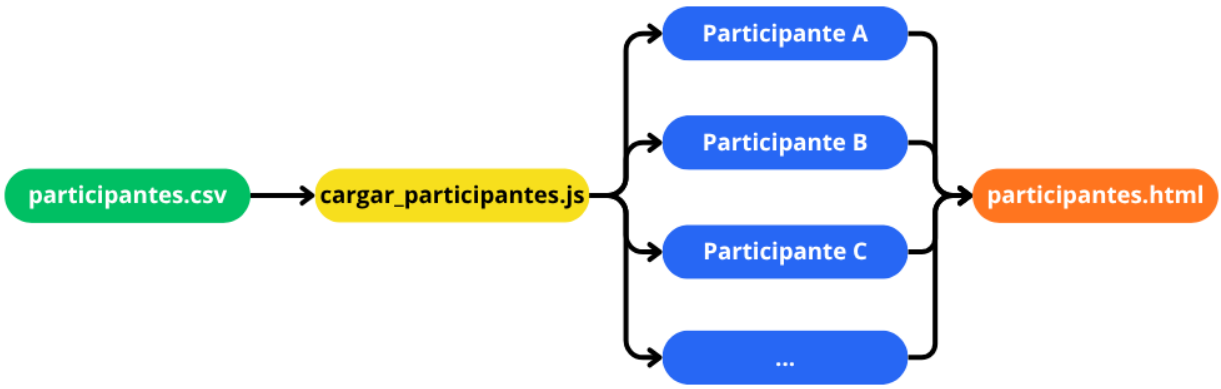



Figura 2: Diagrama de carga de participantes.

Para construir el apartado de galería (en `galería.html`), se desarrolló el script `cargar_galeria.js` (Fig. 3), que construye la dirección relativa de cada fotografía y además las inserta de forma ordenada dentro de la página con un formato de tarjeta. En este apartado se aprovechó la función de modales de Bootstrap para habilitar una visualización ampliada de las fotografías.

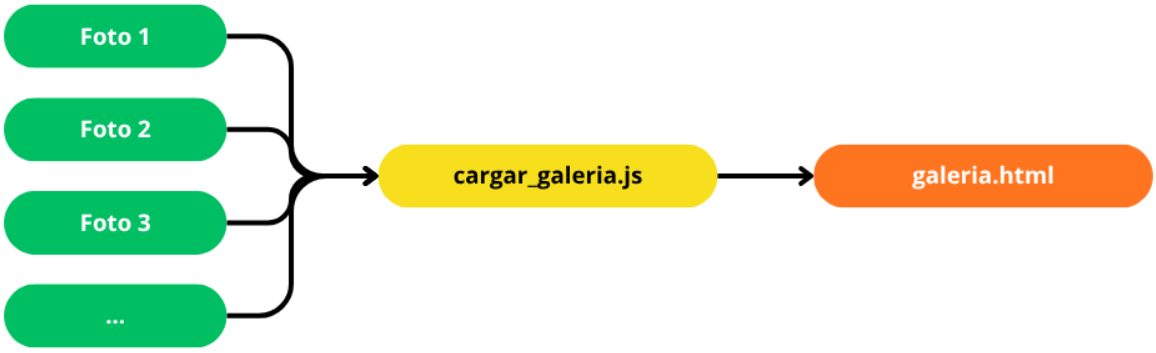



Figura 3: Diagrama de carga de galería.

Por último, la página «Acerca de» se desarrolló en el archivo `about.html`, diseñado para mostrar información sobre el geoportal de manera ordenada por medio de tarjetas y gráficos vectoriales representativos.

## 4.3. Diseño del visor geoespacial

Con el fin de crear un visor cartográfico se utilizó la librería Leaflet, debido a su capacidad de representar información geográfica de manera interactiva en entornos web, con posibilidades de personalización y adaptación a diferentes tipos de dispositivos.

Para el mapa base se utilizó OpenStreetMap. Este fue configurado para quedar centrado visualmente con respecto a la capa vectorial de los vértices en el campus. Además, se definieron límites de desplazamiento, niveles de zoom y una vista inicial con el propósito de que el área de interacción coincidiera con el área de Ciudad Universitaria (Fig. 4).

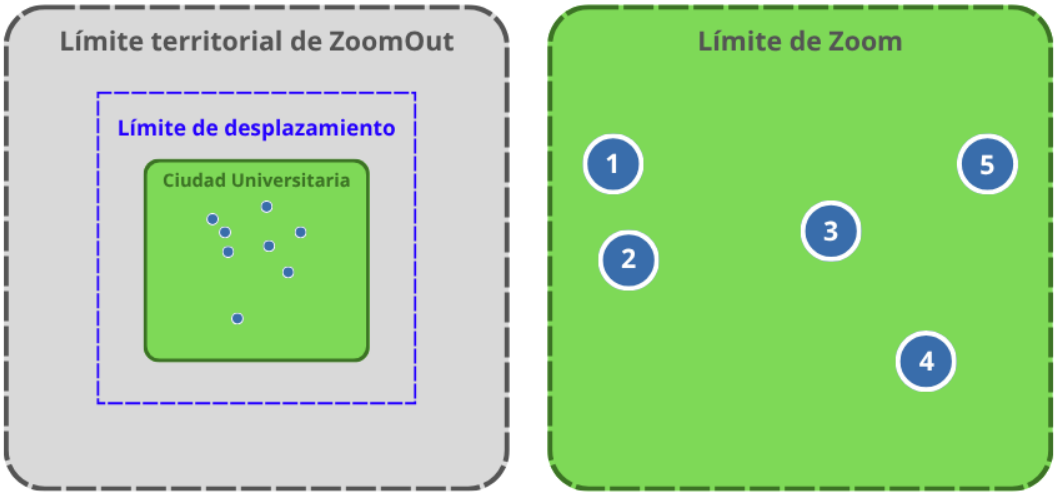



Figura 4: Representación de límites de desplazamiento e interacción.

Los vértices geodésicos se representaron con un símbolo circular de color azul, los dos últimos caracteres de su identificador, utilizados como una etiqueta abreviada para distinguir cada vértice en el mapa, y un borde blanco como vista neutral, además de un pop-up para mostrar los detalles de cada punto. Con esta estructura, la capa vectorial adquirió la característica de cambiar de color según su valor de altura ortométrica, gravedad y ondulación geoidal (Fig. 5), conforme a la selección del usuario en el menú de visualización.

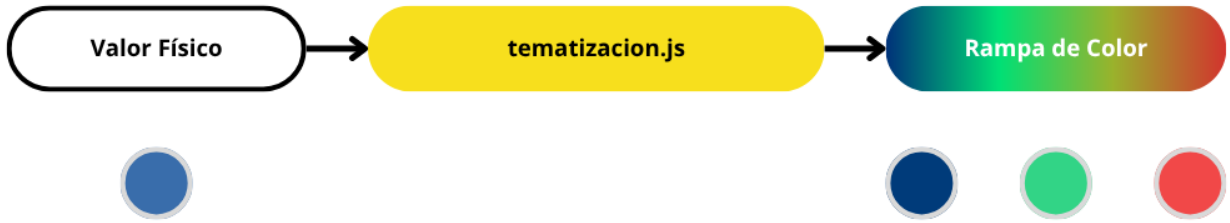



Figura 5: Diagrama de tematización por color.

Con el fin de mostrar la información de cada vértice de manera ordenada, se diseñó una plantilla HTML con una estructura ordenada para cargar los campos de los valores geodésicos, su fotografía y su ficha técnica. Para lograr esto se desarrollaron en el código `cargar_geoportal.js` funciones que se encargan de la vinculación de los datos de cada

vértice a partir del punto seleccionado (Fig. 6).




Figura 6: Diagrama de interpretación de los datos.

### 4.4. Lógica de interoperabilidad

Con el fin de ampliar el uso del geoportal, se integraron dos funcionalidades de interoperabilidad. La primera consistió en habilitar la descarga de los datos geodésicos directamente en formato CSV, aprovechando que la información se organizó en un único archivo. La segunda consistió en vincular cada vértice con el servicio de Google Maps mediante la construcción de un hipervínculo personalizado.

## 5. Información de consulta disponible

Como resultado del desarrollo, el sitio web ofrece una experiencia responsiva con múltiples funcionalidades interactivas y visualización temática de los datos bajo una interfaz institucional. Por medio de sus diferentes apartados, el usuario puede consultar la información general del proyecto, conocer a los participantes, mirar material fotográfico y acceder al geoportal para visualizar los vértices geodésicos, sus valores físicos y los recursos vinculados a cada uno. De esta manera, la consulta no se limita a una representación espacial de los datos, sino que también se relaciona información técnica y visual en una misma plataforma (visualización en dispositivos móviles y de escritorio en el apartado **Anexos**).

## 5.1. Entorno de acceso y navegación

### 5.1.1. Barra de navegación

La barra de navegación permite el acceso a los apartados disponibles del sitio: «Inicio», «Geoportal», «Participantes», «Galería» y «Acerca de» (Fig. 7). En equipos de escritorio, los botones de acceso se encuentran visibles y distribuidos de manera horizontal (Fig. 7a), mientras que en dispositivos móviles, se muestra una barra de navegación comprimida que mantiene los botones ocultos hasta que el usuario despliega el menú, donde los botones se presentan ordenados de forma vertical (Fig. 7b).




(a) Dispositivos de escritorio




(b) Dispositivos móviles/tableta electrónica

Figura 7: Barra de navegación.

### 5.1.2. Página «Inicio»

Esta página presenta la clave y nombre del proyecto por medio de un encabezado que tiene como fondo una fotografía representativa. Así mismo, muestra un botón de acceso directo al mapa interactivo llamado “Ir al mapa interactivo”, además de un resumen general del proyecto PAPIIT (Fig. 8).




Figura 8: Página «Inicio».

### 5.1.3. Página «Participantes»

Cuando el usuario entra a esta página puede visualizar la información de cada participante (académicos y alumnos) del proyecto de investigación en sus diferentes etapas (Fig. 9). Esta información se muestra en forma de tarjetas con su título profesional, nombre, rol e institución. De esta manera, el usuario puede conocer al personal que participó durante todo el proyecto, así como las instituciones involucradas.




Figura 9: Página «Participantes».

### 5.1.4. Página «Galería»

En esta página se muestran fotografías de reuniones de planeación, sesiones de capacitación para el uso del equipo de nivelación y metodología de levantamiento, cursos de capacitación para el procesamiento de datos geodésicos y de los levantamientos realizados en campo (Fig. 10). Con esta galería el usuario puede conocer el entorno en el que se desarrolló el proyecto, y también puede visualizar cada fotografía de manera detallada (dispositivos de escritorio) dando clic en la imagen de su interés.




Figura 10: Página «Galería».

### 5.1.5. Página «Acerca de»

Esta página muestra una síntesis del propósito del sitio web, sus funcionalidades y las herramientas utilizadas en su desarrollo. Tiene como objetivo ofrecer al usuario una visión general del sitio antes o durante su experiencia de navegación (Fig. 11).




Figura 11: Página «Acerca de».

## 5.2. Medio de consulta de información espacial

En dispositivos de escritorio el geoportal presenta una barra lateral izquierda con un mensaje de bienvenida, tal como se observa en la siguiente figura (Fig. 12). Esta barra funciona como área de consulta, ya que muestra los valores de cada punto, la fotografía y la ficha técnica del vértice seleccionado, mientras que al lado derecho se encuentra el visor cartográfico. Para dispositivos móviles se visualiza únicamente el visor cartográfico, no se configuró una barra lateral debido al espacio que consumiría en una pantalla vertical.



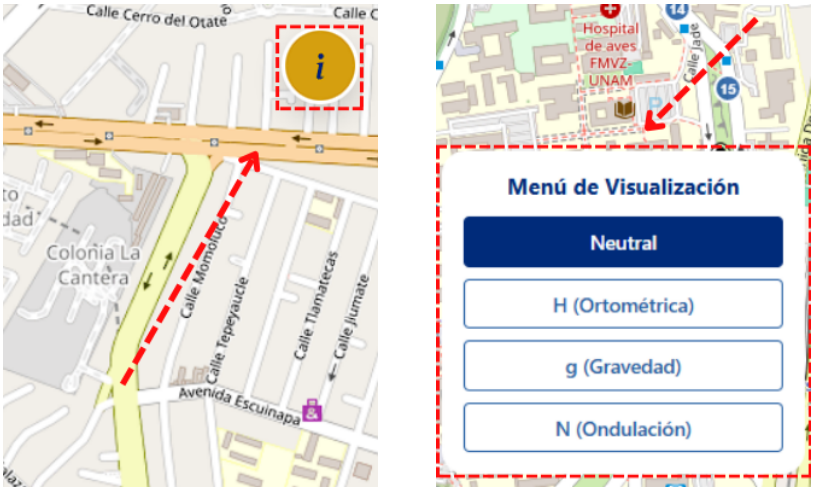

Figura 12: Barra lateral del visor cartográfico en dispositivos de escritorio.

Para consultar los valores de los vértices en dispositivos móviles, el usuario debe de dar clic en el punto de su interés. Esto mostrará una ventana de confirmación con un botón llamado «Ver detalles», el cual abrirá un modal con la información del vértice (Fig. 13).




Figura 13: Consulta de información para dispositivos móviles

Sobre la interfaz gráfica del mapa en ambos tipos de dispositivos (Fig. 14), en la esquina superior derecha se ubica el botón de acceso al glosario de conceptos geodésicos (Fig. 14a), y en la esquina inferior derecha se muestra un menú de visualización de variables geodésicas que tematiza por colores cada punto según sus valores de altura ortométrica, gravedad y ondulación geoidal (Fig. 14b).




(a) Botón de glosario. (b) Menú de visualización.

Figura 14: Elementos de Interfaz Gráfica.

De esta manera, al interactuar con los puntos, el usuario puede consultar sus valores geodésicos, ficha técnica y fotografía de referencia de cada vértice. Con el glosario geodésico

se pueden entender y relacionar los conceptos presentes en el geoportal y con el menú de visualización se puede tematizar por colores los puntos según sus valores para realizar un análisis rápido del comportamiento de los datos.

## 5.3. Herramientas de apoyo

En la interfaz gráfica del geoportal para dispositivos de escritorio se encuentra disponible un botón para la descarga masiva de los datos geodésicos (Fig. 15). Esta función permite al usuario disponer de la información para su uso en prácticas académicas, análisis complementarios o proyectos que requieran georreferencia dentro del campus. Para dispositivos móviles esta opción se deshabilitó por la limitación de procesamiento de datos geográficos.



Figura 15: Botón de descarga de datos en dispositivos de escritorio

Así mismo, se incorpora una herramienta de consulta que ejecuta Google Maps para revisar la ruta de llegada hacia el vértice de interés desde la ubicación del usuario tanto para dispositivos de escritorio como para móviles (Fig. 16). Con esta función se amplía el uso de las coordenadas geográficas para tareas de evaluación de ruta, reconocimiento y localización en campo.




Figura 16: Consulta de rutas

## 5.4. Variables y acervo técnico

El geoportal cuenta también con las fichas técnicas que fueron construidas para cada vértice, lo que permite vincular la infraestructura materializada dentro del campus con su información técnica de procesamiento. El usuario puede seleccionar desde cualquier dispositivo la consulta y/o descarga de este documento en la ventana de información de cada punto con el botón «Descargar Ficha Técnica» (Fig. 17).




Figura 17: Botón de consulta de ficha técnica

El contenido de cada documento es el siguiente:

Tabla 2: Información contenida en fichas técnicas

| **Parámetro** | **Descripción** |
|---|---|
| Nombre del punto | Identifica el vértice al que corresponde la solución mostrada en el reporte. |
| Fecha de levantamiento | Es la fecha en la que se realizó el levantamiento. |
| Inicio de observación | Hora en la que comenzó el levantamiento (UTC). |
| Fin de observación | Hora en la que finalizó el levantamiento (UTC). |
| Duración de observación | Tiempo total del levantamiento. |
| Fecha y hora de procesamiento | Fecha y hora en la que se procesaron los datos GNSS. |
| Tipo de levantamiento | Especifica la metodología ejecutada para el levantamiento. |
| Contenido gráfico | Gráficos de Elipse de Error, Errores ENU y Residuales de Código y Fase. |
| Constelaciones observadas | Las constelaciones que se utilizaron para el procesamiento de datos. |
| Ángulo de la máscara de elevación | Ángulo mínimo a partir del cual se consideran válidas las señales satelitales. |
| Épocas rechazadas | Son las observaciones descartadas en el procesamiento de los datos. |
| Ambigüedades solucionadas | Es el porcentaje de ambigüedades resueltas correctamente. |
| Altura ortométrica | La distancia desde la superficie del geoide, a lo largo de la dirección del Vector de Gravedad, hasta el punto en superficie. |
| Equipo | Señala la marca del receptor empleado para el levantamiento de datos en campo. |
| Altura del instrumento y punto base | Son el valor de la altura instrumental reportada en la observación y la estación base empleada en el procesamiento. |
| Coordenadas | Se encuentran en formato sexagesimal y decimal referidas a ITRF08. |
| Altura elipsoidal | La distancia entre un punto y el elipsoide de referencia, medida a lo largo de la perpendicular que va del elipsoide hasta el punto. |

**Enlaces de acceso:**

https://computo.dicyg.fi-c.unam.mx/geodesiando/RedGeodesica.html

https://geodesiando.dicyg.fi-c.unam.mx/RedGeodesica.html

# 6. Conclusiones

Se desarrolló un sitio web didáctico e interactivo que centraliza la consulta y difusión de los resultados del proyecto PAPIIT IN115724.

La implementación de la librería de Leaflet permitió la creación de un visor cartográfico dinámico con más capacidades que la visualización tradicional, pues hizo posible integrar una capa interactiva en la que el usuario puede desplazarse, cambiar sus propiedades de color y al mismo tiempo mostrar la ubicación e información geodésica de cada placa.

Con el uso de Bootstrap se pudo configurar de manera eficiente un sitio web responsivo, pues tiene la capacidad de adaptar su configuración, aspecto y opciones según el tipo de dispositivo del usuario, generando así un mayor alcance de uso.

Además, se logró una interoperabilidad de los datos con la tercerización de la geolocalización mediante el servicio de Google Maps y la habilitación de la descarga de los datos, lo que permite que el geoportal funcione como una herramienta operativa para planificar y ejecutar proyectos académicos.

Como proyección futura, la estructura del proyecto permite la actualización de datos y la implementación de nuevas funciones, ya que el uso de los lenguajes HTML, CSS y JS, junto con la lectura de archivos CSV, otorga una gran capacidad de personalización.

Finalmente, este geoportal cumple con el propósito de acercar la Geodesia Física a la comunidad universitaria al centralizar y mostrar múltiples conceptos y variables técnicas en un mismo lugar, convirtiéndose en una herramienta didáctica e interactiva de análisis geoespacial en asignaturas como Topografía I y II, Fotogrametría, Geodesia II y III, Cartografía, Sistemas de Información Geográfica I, Sistemas de Posicionamiento Global y Cartografía Digital, así como áreas afines que recurran al uso y estudio de datos geodésicos.

# Referencias


Asamblea General de las Naciones Unidas. (2015, 26 de febrero). *Resolución 69/266: Marco de referencia geodésico mundial para el desarrollo sostenible* (A/RES/69/266). Biblioteca Digital de las Naciones Unidas. https://digitallibrary.un.org/record/790376

Bootstrap. (s. f.). *Introduction*. Consultado el 24 de febrero de 2026. https://getbootstrap.com/docs/5.0/getting-started/introduction/

International Association of Geodesy. (2015). *Resolution 1: Definition and realization of an International Height Reference System (IHRS)*. https://cloud.geodesy.science/public.php/dav/files/public/IAG/IAG-Resolutions/2015_IAG-Resolution_Prague-CzechRepublic.pdf

Leaflet. (s. f.). *Documentation - Leaflet - a JavaScript library for interactive maps*. Consultado el 24 de febrero de 2026. https://leafletjs.com/reference.html

MDN Web Docs. (2026a, 10 de abril). *CSS*. Consultado el 14 de abril de 2026. https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/CSS

MDN Web Docs. (2025b, 20 de junio). *HTML: Lenguaje de marcado de hipertexto*. Consultado el 24 de febrero de 2026. https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML

MDN Web Docs. (2025c, 2 de octubre). *JavaScript*. Consultado el 24 de febrero de 2026. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript

Veenendaal, B., Brovelli, M. A. y Li, S. (2017). Review of web mapping: Eras, trends and directions. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 6*(10), Artículo 317. https://doi.org/10.3390/ijgi6100317

# Anexos

## Evidencias visuales del geoportal




Figura A.1: Página «Inicio» en escritorio (Naranja) y dispositivos móviles (Verde).

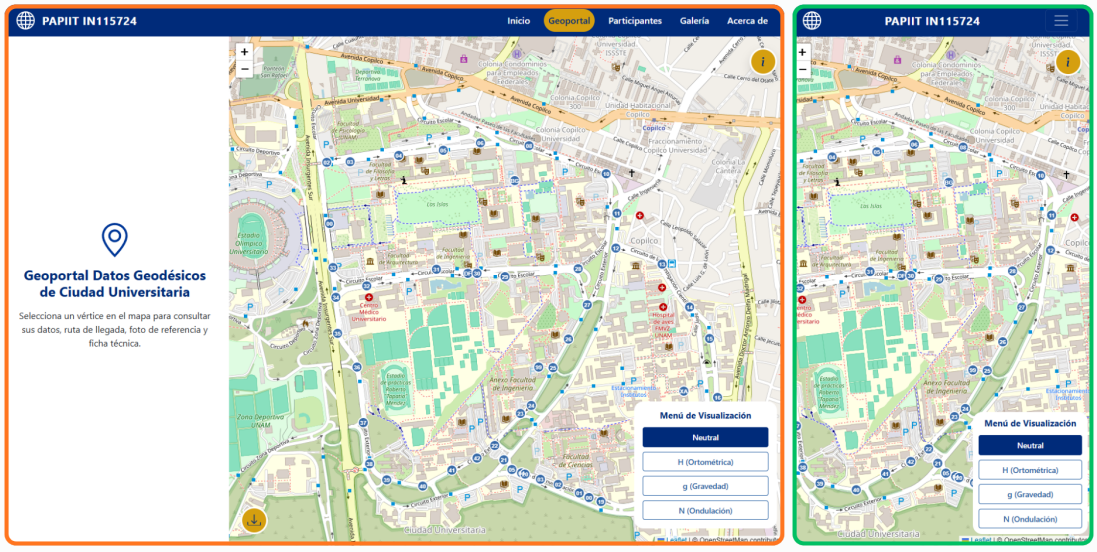



Figura A.2: Página «Geoportal» en escritorio (Naranja) y dispositivos móviles (Verde).

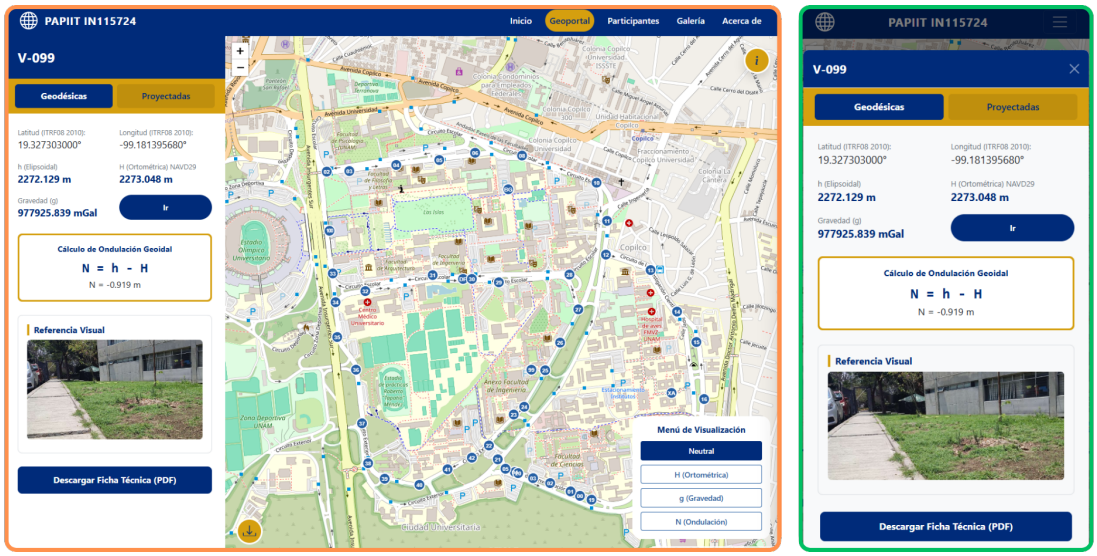



Figura A.3: Muestra de datos en escritorio (Naranja) y dispositivos móviles (Verde).

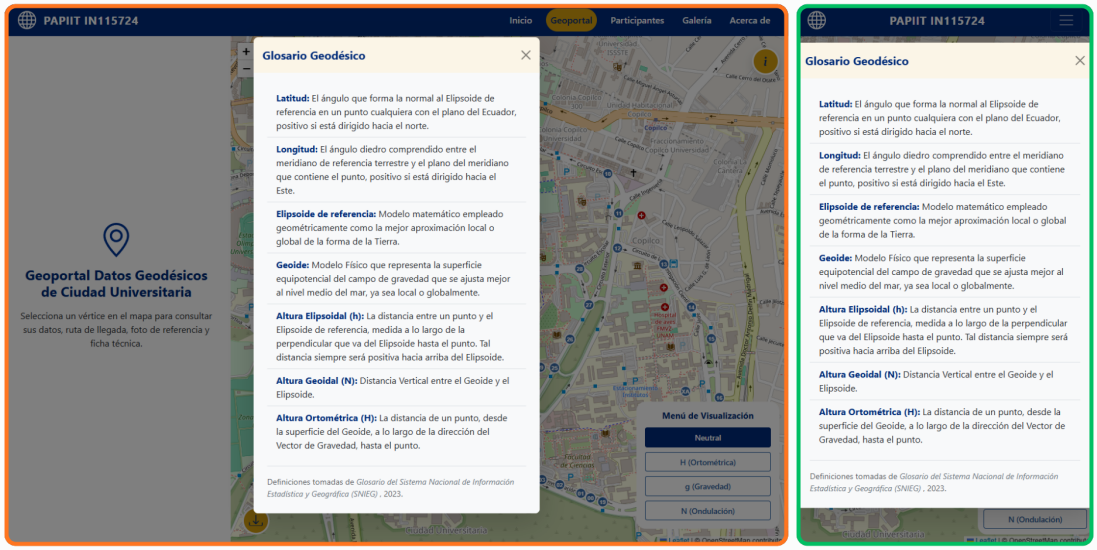



Figura A.4: Vista de glosario en escritorio (Naranja) y dispositivos móviles (Verde).




Figura A.5: Página «Participantes» en escritorio (Naranja) y dispositivos móviles (Verde).




Figura A.6: Página «Galería» en escritorio (Naranja) y dispositivos móviles (Verde).

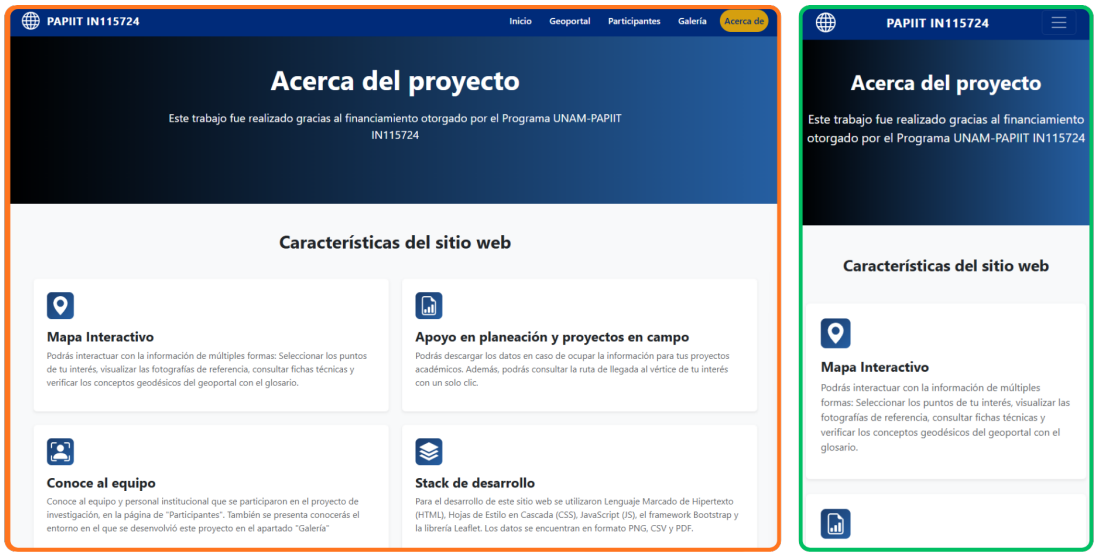



Figura A.7: Página «Acerca de» en escritorio (Naranja) y dispositivos móviles (Verde).

## Punto GNSS BN07DF, (10/06/2025)

**PAPIIT**

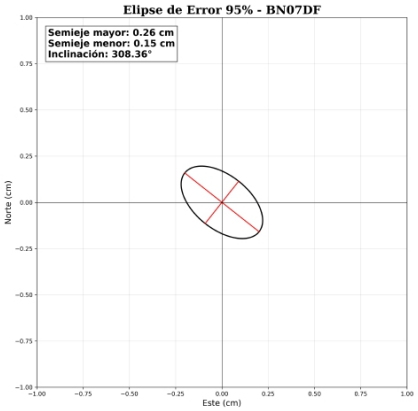
Jorge Manuel Ayala Chavez
Mtra. María Elena Osorio Tai
Dr. Roberto René Manzano Islas
Ing. Eduardo Lemus Mendoza

| **Inicio de observación** 18:42:28 | **Fin de observación** 19:02:42 | **Duración de observación** 00:20:13 |
|---|---|---|
| **Procesado el** (UTC-6) 06:58 16/04/2026 | **Levantamiento** Estático | **Contenido** Elipse de error Gráfica de Errores ENU Residuales de Código y Fase |
| **Constelaciones** | GPS (L1, L2) | |
| **Elevación de la máscara** 15° | **Épocas rechazadas** 0.43 % | **Ambigüedades solucionadas** 99.57 % |
| **Altura Ortométrica** 2276.5655 | **Equipo** Emlid | **Altura del instrumento:** 1.758 m **Punto Base:** V-099 |

### Coordenadas del punto BN07DF

| | **Latitud** | **Longitud** | **Altura elipsoidal** |
|---|---|---|---|
| **ITRF08** | $19°19'50{,}2499''N$ | $99°11'2{,}5652''W$ | 2287.9431 m |
| **Decimales** | 19.33062497° | -99.18404590° | 2287.9431 m |

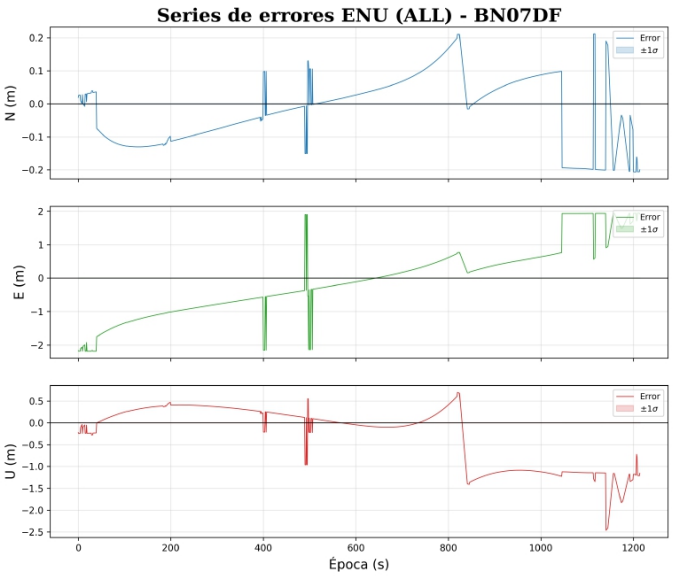
### Elipse de Error



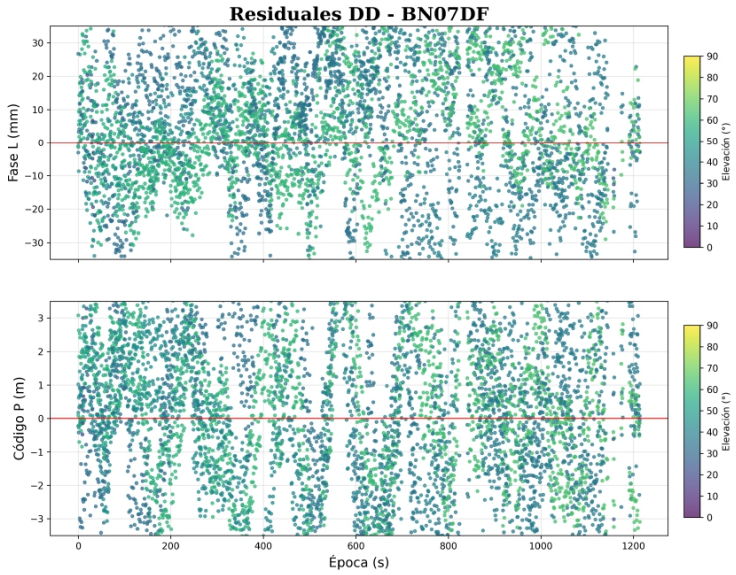

1

Figura A.8: Muestra de Ficha Técnica, Página 1

## Gráfica de Errores ENU




## Residuales de Código y Fase




2

Figura A.9: Muestra de Ficha Técnica, Página 2