

# **UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN GEOTECNOLOGÍA Y DESARROLLO DE  
PROYECTOS SIG**

**DEPARTAMENTO DE (Explotación y Prospección de Minas)  
AREA DE (Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría)**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

## **GENERACIÓN DE UN SIG WEB CON HERRAMIENTAS OPENSOURCE PARA LA VISUALIZACIÓN DE RUTAS EN PARQUES NATURALES**

**AUTOR: Ana Buceta Rodríguez**

**TUTOR: Raquel Perdiguer López**

**COTUTOR: Susana del Carmen Fernández Menéndez**

**JULIO, 2024**

## Tabla de contenido

<b>TRABAJO FIN DE MÁSTER</b> .....	0
1 INTRODUCCIÓN .....	1
2 OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo principal.....	3
2.1.1 Capacidad de la gestión de un SIG de rutas utilizando tecnología SIGWEB. 3	
2.2 Objetivos Secundarios .....	3
2.2.1 Aplicación y configuración de Geoserver para la gestión de datos en SIGWEB 3	
2.2.2 Uso de la biblioteca Leaflet para la creación de mapas interactivos .....	3
3 LOCALIZACIÓN .....	4
3.1 Parques Naturales.....	6
3.1.1 Parque Natural de Fuentes del Narcea, Degaña e Ibias .....	6
3.1.2 Parque Natural de las Ubiñas-La Mesa.....	7
3.1.3 Parque Natural de Ponga.....	9
3.1.4 Parque Natural de Redes.....	10
3.1.5 Parque Natural de Somiedo .....	12
4 METODOLOGÍA.....	14
4.1 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	14
4.1.1 Rutas .....	14
4.1.2 Cartografía .....	16
4.2 HERRAMIENTAS, TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES.....	17
4.2.1 Visual Studio Code .....	17
4.2.2 Leaflet .....	17
4.2.3 Geoserver .....	18
4.2.4 QGIS .....	18
4.2.5 HTML.....	19
4.2.6 CSS .....	19
4.2.7 JavaScript.....	19
4.3 FLUJO DE TRABAJO .....	20
4.3.1 Adquisición de datos .....	20
4.3.2 Preparación de datos.....	20
4.3.3 Almacenamiento de datos.....	21
4.3.4 Creación de código .....	22
5 RESULTADOS .....	29

5.1	Desarrollo y Funcionalidades del Visor web.....	29
5.2	Evaluación de la Utilidad del Visor.....	29
5.3	Impacto en la comunidad .....	32
6	CONCLUSIONES .....	33
7	BIBLIOGRAFÍA .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de situación (Fuente: Elaboración propia) .....	5
Figura 2: Paisaje del Parque Natural (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Grupo desarrollo rural Alto Narcea Muniellos) .....	6
Figura 3: Río Muniellos (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Grupo desarrollo rural Alto Narcea Muniellos).....	7
Figura 4: Monte Coto de Lindes (Quirós) (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © M. Calvo) .8	
Figura 5: Braña el Rebellón (Teverga) (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © M. Calvo) .....	8
Figura 6: Arcenorio (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Asociación Tiatordos) .....	9
Figura 7: Desfiladero de Los Beyos (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Asociación Tiatordos).....	10
Figura 8: Soto de Agues (Sobrescobio) (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Manuel S. Calvo) .....	11
Figura 9: Panorámica de Redes (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Manuel S. Calvo) ..	11
Figura 10: Lago de Somiedo (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Luis F. Alonso Sierra Lago de Somiedo).....	12
Figura 11: Teitos (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Luis F. Alonso Sierra).....	13
Figura 12: Mapa de ubicación de las rutas de senderismo (Fuente: Elaboración propia) 15	
Figura 13: Imagen OSM (Fuente: Elaboración propia) Figura 14: Imagen PNOA (Fuente: Elaboración propia) .....	16
Figura 15: Logo Visual Studio Code (Fuente: <a href="https://code.visualstudio.com/">https://code.visualstudio.com/</a> ) .....	17
Figura 16: Logo biblioteca Leaflet (Fuente: <a href="https://leafletjs.com/">https://leafletjs.com/</a> ) .....	18
Figura 17: Logo Geoserver (Fuente: <a href="https://geoserver.org/about/">https://geoserver.org/about/</a> ) .....	18
Figura 18: Logo QGIS (Fuente: <a href="https://www.qgis.org/es/site/about/index.html">https://www.qgis.org/es/site/about/index.html</a> ) .....	18
Figura 19: Tabla de atributos de la capa de rutas de senderismo (Fuente: Elaboración propia) .....	21
Figura 20: Visualización de capas en QGIS (Fuente: Elaboración propia).....	21
Figura 21: Espacio de trabajo Geoserver (Fuente: Elaboración propia) .....	22
Figura 22: Contenido carpeta del visor (Fuente: Elaboración propia) .....	22
Figura 23: Cabecera del HTML (Fuente: Elaboración propia) .....	23
Figura 24: Encabezado de la página web (Fuente: Elaboración propia) .....	23
Figura 25: Contenedor del mapa (Fuente: Elaboración propia).....	23
Figura 26: Plugins Leaflet (Fuente: Elaboración propia) .....	24
Figura 27: Inicialización del mapa en el Principado de Asturias (Fuente: Elaboración propia) .....	24
Figura 28: Inserción de las capas base del mapa (Fuente: Elaboración propia) .....	24
Figura 29: inserción capas de información (Fuente: Elaboración propia) .....	24
Figura 30: Agregar estilo a la capa (Fuente: Elaboración propia) .....	25
Figura 31: Función Popups (Fuente: Elaboración propia) .....	25
Figura 32: Inserción capa de rutas (Fuente: Elaboración propia) .....	25
Figura 33: Inserción capa cargada por el usuario (Fuente: Elaboración propia) .....	26
Figura 34: Función para que no se dupliquen las capas (Fuente: Elaboración propia) ....	26
Figura 35: Función de control de capas (Fuente: Elaboración propia) .....	26

Figura 36: Función mini mapa, control de coordenadas, control de escala, pantalla completa. (Fuente: Elaboración propia).....	27
Figura 37: Función leyenda del mapa (Fuente: Elaboración propia) .....	27
Figura 38: Contenido carpeta CSS del proyecto (Fuente: Elaboración propia).....	27
Figura 39: Contenido carpeta JS del proyecto (Fuente: Elaboración propia) .....	28
Figura 40: Imagen Popups con la información de la ruta (Fuente: Elaboración propia) ..	29
Figura 41: Visualización capa rutas de senderismo en el visor (Fuente: Elaboración propia) .....	30
Figura 42: Visualización capa parques naturales en el visor (Fuente: Elaboración propia) .....	30
Figura 43: Visualización capa concejos en el visor (Fuente: Elaboración propia) .....	31
Figura 44: Visualización carga de archivo KML (Fuente: Elaboración propia) .....	31

## **RESUMEN**

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) consiste en la elaboración de un Sistema de Información Geográfica (SIG) web mediante el uso de herramientas de código abierto, destinado a la visualización de rutas de senderismo en los parques naturales del Principado de Asturias. La iniciativa responde a la creciente necesidad de soluciones digitales que faciliten la planificación, gestión y visualización de rutas, en un contexto donde el senderismo ha ganado considerable popularidad desde 2021, promoviendo tanto el bienestar físico como mental.

El desarrollo de este proyecto se ha basado en el uso de herramientas de software libre, tales como Geoserver, Visual Studio Code, Leaflet y QGIS. Estas herramientas han sido integradas para conformar un visor web interactivo, que permite a los usuarios consultar detalles específicos de las rutas, visualizar diferentes capas de información geográfica y cargar sus propios archivos de rutas. Esta integración no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también optimiza los procesos de planificación y selección de rutas.

Entre las funcionalidades sobresalientes del visor web se encuentran la capacidad de proporcionar información detallada sobre las rutas, la visualización de múltiples capas (incluyendo rutas, parques naturales y concejos) y la opción de carga de archivos de rutas propios.

## **ABSTRACT**

This Master's Thesis (TFM) involves the development of a web-based Geographic Information System (GIS) using open-source tools, aimed at visualizing hiking routes in the natural parks of the Principality of Asturias. The initiative addresses the growing need for digital solutions that facilitate the planning, management, and visualization of routes in a context where hiking has gained considerable popularity since 2021, promoting both physical and mental well-being.

The development of this project was based on the use of free software tools such as Geoserver, Visual Studio Code, Leaflet, and QGIS. These tools have been integrated to create an interactive web viewer that allows users to consult specific details of the routes, visualize different layers of geographic information, and upload their own route files. This integration not only enhances the user experience, but also optimizes the planning and route selection processes.

Among the outstanding features of the web viewer are the ability to provide detailed information about the routes, the visualization of multiple layers (including routes, natural parks, and municipalities), and the option to upload personal route files.

## 1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el senderismo se ha consolidado como una de las actividades más populares al aire libre, atrayendo a un gran número de entusiastas de la naturaleza. Esta actividad, a partir del 2021, ha sido una de las actividades deportivas que más ha crecido, promoviendo tanto el bienestar físico como mental. A medida que el número de aficionados al senderismo aumenta, también lo hace la demanda de herramientas digitales que faciliten la planificación, gestión y visualización de rutas de senderismo.

La planificación y gestión de rutas requiere de herramientas precisas y accesibles que permitan a los usuarios visualizar y analizar las rutas. Por este motivo los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han sido una solución poderosa en este ámbito, convirtiéndose en esenciales, para la gestión y visualización de los datos.

Un SIG es un sistema que crea, gestiona, analiza y mapea todo tipo de datos, conectando los datos a un mapa e integrando los datos de ubicación con todo tipo de información descriptiva. (ESRI, s.f.)

Los SIG han evolucionado significativamente desde sus inicios en los años sesenta, mientras emergían las computadoras y los primeros conceptos de geografía cuantitativa y computacional (Aeroterra, s.f.). El primer SIG surge de la mano de Roger Tomlinson, un reputado geógrafo inglés, considerado como el padre del SIG, encargado de desarrollar el Sistema de Información Geográfica de Canadá en 1963.

Los SIG integran hardware y software diseñado específicamente para la adquisición, mantenimiento y uso de datos cartográficos, (Olaya, 2014) además, permiten la captura, gestión, análisis y visualización de datos georreferenciados, lo que resulta esencial para una amplia gama de aplicaciones, desde la planificación urbana hasta la gestión de recursos naturales y la navegación (Lucy Mulongo Mamai, 2017).

No hay límite para el tipo de información que se puede analizar utilizando tecnología SIG. (Paul A. Longley, 2005)

El avance de las redes locales e Internet ha facilitado el acceso a la información geográfica contenida en un SIG mediante tecnologías de *Web Mapping*. Estas tecnologías permiten incorporar las ideas de los SIG dentro de páginas Web, utilizando un navegador Web como aplicación principal (Geographic, National, 2024). Este avance ha dado origen a los SIG Web, que permiten a los usuarios manipular datos geográficos de manera interactiva y en tiempo real, sin necesidad de instalar software especializado. Esto democratiza el acceso a la información y amplía sus aplicaciones prácticas.

Las tecnologías de código abierto juegan un papel muy importante en el desarrollo de aplicaciones SIG Web, como se tendrá oportunidad de mostrar en este Trabajo Fin de Máster (TFM). El software de código abierto es software desarrollado y mantenido a través de una colaboración abierta, y disponible, normalmente de forma gratuita, para que cualquiera pueda utilizarlo y modificarlo. (IBM, s.f.)

En este trabajo hemos utilizado varios softwares de código abierto como son:

- **Geoserver:** Es un servidor de datos espaciales, diseñado para la interoperabilidad, el cual hemos usado para compartir y publicar los datos.
- **Visual Studio Code:** Es el editor de código fuente que hemos utilizado en el trabajo para desarrollar el código de nuestro visor web.
- **Leaflet:** Es la biblioteca JavaScript de código abierto que hemos utilizado para crear el mapa interactivo.
- **QGIS:** Es una herramienta de Sistema de Información Geográfica de fácil uso y de código abierto, que hemos utilizado para la creación, edición y visualización de toda la información geoespacial de nuestro trabajo.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo principal

#### 2.1.1 Capacidad de la gestión de un SIG de rutas utilizando tecnología SIGWEB.

El objetivo principal de este TFM es demostrar la capacidad de gestión de un Sistema de Información Geográfica (SIG) aplicado a rutas de senderismo mediante el uso de tecnología SIGWEB. Esto implica la integración de diversas herramientas y tecnologías que permiten la captura, almacenamiento, análisis y visualización de datos geospaciales en un entorno web accesible y dinámico. La gestión eficiente de estos datos es esencial para proporcionar a los usuarios una herramienta fiable y accesible para la planificación y explotación de rutas, es aquí donde se refleja la capacidad de gestión de un SIG.

### 2.2 Objetivos Secundarios

#### 2.2.1 Aplicación y configuración de Geoserver para la gestión de datos en SIGWEB

Geoserver es una plataforma de servidor de código abierto diseñada para la publicación y edición de datos geospaciales. Este objetivo secundario se centra en la implementación y configuración de esta tecnología para la gestión de datos geospaciales en un entorno SIGWEB. Se incluyen tareas como:

- Publicación de capas de datos geospaciales utilizando servicios OGC (*Open Geospatial Consortium*) como WMS (*Web Map Service*).
- Integración de Geoserver con otras tecnologías SIGWEB para asegurar la interoperabilidad y eficiencia en la gestión de datos.

#### 2.2.2 Uso de la biblioteca Leaflet para la creación de mapas interactivos

Leaflet es una biblioteca JavaScript de código abierto utilizada para crear mapas interactivos, como ya hemos mencionado anteriormente. Este objetivo se enfoca en la utilización de esta biblioteca para desarrollar un visor web que permita al usuario explorar y analizar las rutas de senderismo.

Las actividades asociadas incluyen:

- Integración de Leaflet en el interfaz web para visualizar mapas interactivos.
- Implementación de funcionalidades específicas al visor como consulta de información detallada, visualizar diferentes capas, visualizar las rutas.

### 3 LOCALIZACIÓN

La zona de estudio seleccionada para este trabajo ha sido la red de parques naturales del Principado de Asturias. Esta región del Norte de España es conocida por su rica biodiversidad, sus impresionantes paisajes y una vasta red de rutas de senderismo que la convierten en un destino popular para los amantes de la naturaleza y los entusiastas del senderismo.

El Principado de Asturias se sitúa en el tercio noroccidental de la Península Ibérica, limitado al Norte por el Mar Cantábrico, que baña sus 334 km de costa, al sur por la Cordillera Cantábrica, que separa al Principado de la Meseta, al este por Cantabria y al Oeste por Galicia. Esta región, con una superficie de aproximadamente 10.602,32 km<sup>2</sup>, que cuenta con una población que supera el millón de personas, es conocida por sus paisajes variados que incluyen montañas, valles, ríos y costas, lo que la convierte en un entorno ideal para actividades al aire libre, especialmente el senderismo (Ministerio de Agricultura, 2020).

El clima, influido de manera determinante por el mar y la montaña, es atlántico, húmedo y con temperaturas suaves. Al situarse justamente en el centro de la región cantábrica, la zona de régimen térmico más templado de Europa, las temperaturas medias anuales fluctúan en torno a los 14°C. Las precipitaciones, son abundantes y se distribuyen de manera uniforme a lo largo de todo el año, con valores que se sitúan en torno a los 1.100 mm anuales (IDEPA, 2023).

Los parques Naturales, zona en la que se centra este trabajo, son espacios definidos en la Ley 5/91, de 5 de abril, de protección de los espacios naturales, como áreas naturales poco transformadas por la explotación u ocupación humana que, en razón de la belleza de sus paisajes, la representatividad de sus ecosistemas o la singularidad de su flora, su fauna o de sus formaciones geomorfológicas, poseen unos valores ecológicos, estéticos, educativos y científicos cuya conservación merece una atención preferente.

En la Red de Espacios Naturales Protegidos propuesta en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de Asturias (PORN), se incluían tres Parques Naturales, algunos de los territorios propuestos han sido ampliados y declarados Parques independientes. En la actualidad se encuentran declarados por la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales Gobierno del Principado de Asturias cinco Parques Naturales, distribuidos por la zona más montañosa de la Región, agrupando aquellas áreas mejor conservadas de la Cordillera Cantábrica:

- Parque Natural de Fuentes del Narcea, Degaña e Ibias
- Parque Natural de las Ubiñas- La Mesa
- Parque Natural de Ponga
- Parque Natural de Redes
- Parque Natural de Somiedo

La situación de estos cinco parques se puede ver en la Figura 1.

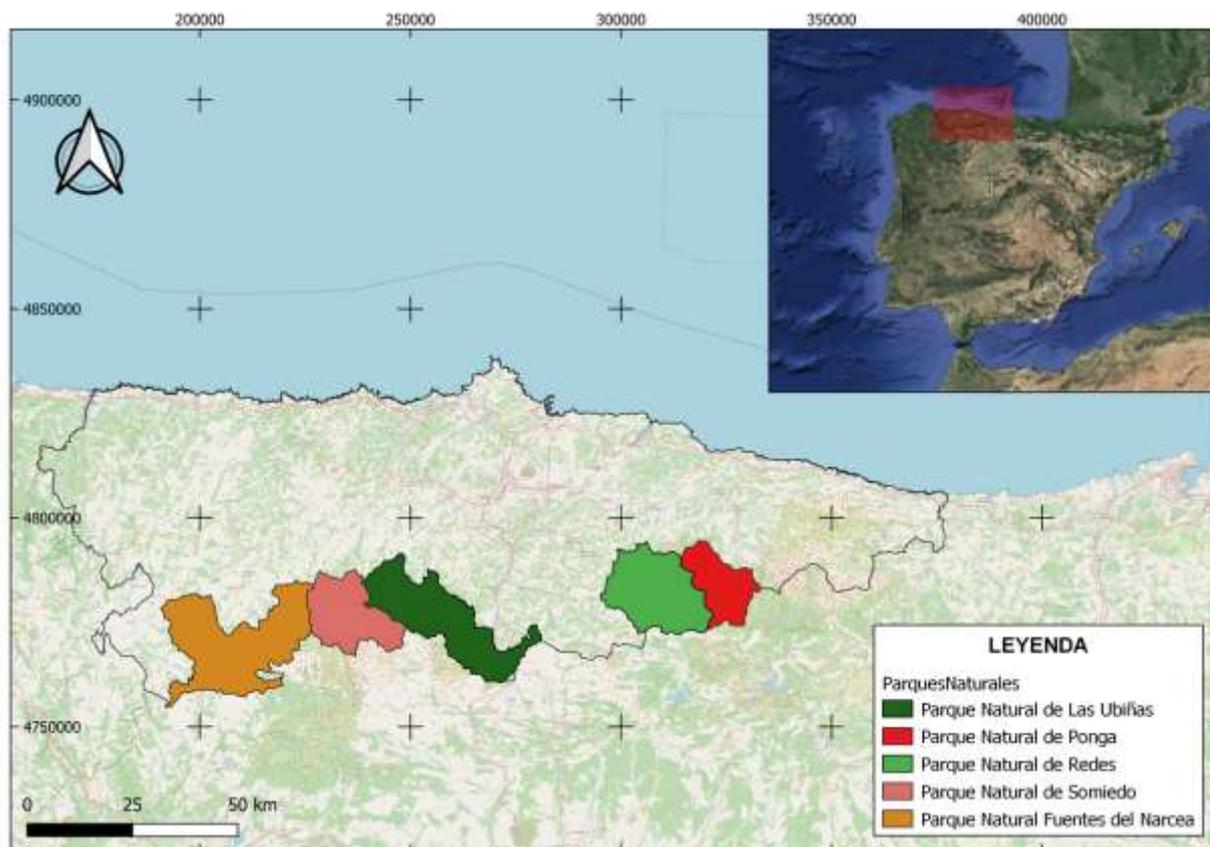


Figura 1: Mapa de situación (Fuente: Elaboración propia)

### 3.1 Parques Naturales

#### 3.1.1 Parque Natural de Fuentes del Narcea, Degaña e Ibias

- **Descripción:** Según la [Ley 12/2002](#), el Parque Natural de las Fuentes del Narcea, Degaña e Ibias se declara sobre terrenos pertenecientes a los concejos de Cangas del Narcea, Degaña e Ibias, convirtiéndose en el tercero de los Parques Naturales del Principado de Asturias. (Asturias, s.f.)
- **Datos básicos:**
  - Año de declaración: 2002
  - Normativa de declaración: [Ley 12/2002, de 13 de diciembre, de declaración del Parque Natural de las Fuentes del Narcea, Degaña e Ibias. BOE núm. 25, de 29 de enero de 2003.](#)
  - Municipios: Cangas de Narcea, Degaña e Ibias.
  - Superficie: 47.589 ha.

Imágenes del parque natural de Fuentes de Narcea, figura 2 y 3.



*Figura 2: Paisaje del Parque Natural (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Grupo desarrollo rural Alto Narcea Muniellos)*



Figura 3: Río Muniellos (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Grupo desarrollo rural Alto Narcea Muniellos)

### 3.1.2 Parque Natural de las Ubiñas-La Mesa

- **Descripción:** El Parque Natural de Las Ubiñas-La Mesa es el último de los Parques Naturales declarados en el Principado de Asturias. Se encuentra en el sector meridional de la Región, en la zona central de la cordillera Cantábrica. Incluye la totalidad del concejo de Teverga, la parte de Quirós al sur del río del mismo nombre, que constituye el 64% de la superficie del concejo, y una estrecha banda montañosa al sur del concejo de Lena, que supone el 45% de la superficie de este.
- **Datos básicos:**
  - Año de declaración: 2006
  - Normativa de declaración: [Ley 5/2006, de 30 de mayo, del Parque Natural de Las Ubiñas-La Mesa. BOE núm. 188 de 8 de agosto de 2006.](#)
  - Municipios: Lena, Quirós y Teverga
  - Superficie: 45.163 ha

Imágenes del parque natural de las Ubiñas, figura 4 y 5.



*Figura 4: Monte Coto de Lindes (Quirós) (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © M. Calvo)*



*Figura 5: Braña el Rebellón (Tevera) (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © M. Calvo)*

### 3.1.3 Parque Natural de Ponga

- **Descripción:** Declarado por Ley 4/2003, el Parque Natural de Ponga mantiene una elevada diversidad ambiental, representativa de las montañas centro-orientales de Asturias, así como un notable grado de conservación de sus recursos naturales (geológicos, vegetales y animales).  
Posee una superficie de 20.533 ha y su delimitación comprende los límites administrativos del concejo de Ponga.
- **Datos básicos:**
  - Año de declaración: 2003
  - Normativa de declaración: [Ley 4/2003, de 24 de marzo, de declaración del Parque Natural de Ponga. BOE núm. 112, de sábado 10 de mayo de 2003.](#)
  - Municipios: Ponga
  - Superficie: 20.533ha

Imágenes del parque natural de Ponga, figura 6 y 7.



Figura 6: Arcenorio (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Asociación Tiatordos)



Figura 7: Desfiladero de Los Beyos (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Asociación Tiatordos)

#### 3.1.4 Parque Natural de Redes

- **Descripción:** El Parque Natural de Redes se declara por Ley 8/1996 en el territorio de los concejos de Caso y de Sobrescobio, convirtiéndose así en el segundo de los Parques naturales del Principado de Asturias.

En Redes se conservan algunos de los más valiosos paisajes y ecosistemas de la Cordillera Cantábrica.

En esta zona confluyen una orografía extremadamente abrupta y bella, amplios bosques naturales bien conservados, en su mayor parte de haya, que convierten este territorio en el más arbolado de toda la región, una elevada riqueza faunística, tanto de especies cinegéticas como protegidas, y la cuenca fluvial completa que abastece de agua a la zona central de Asturias.

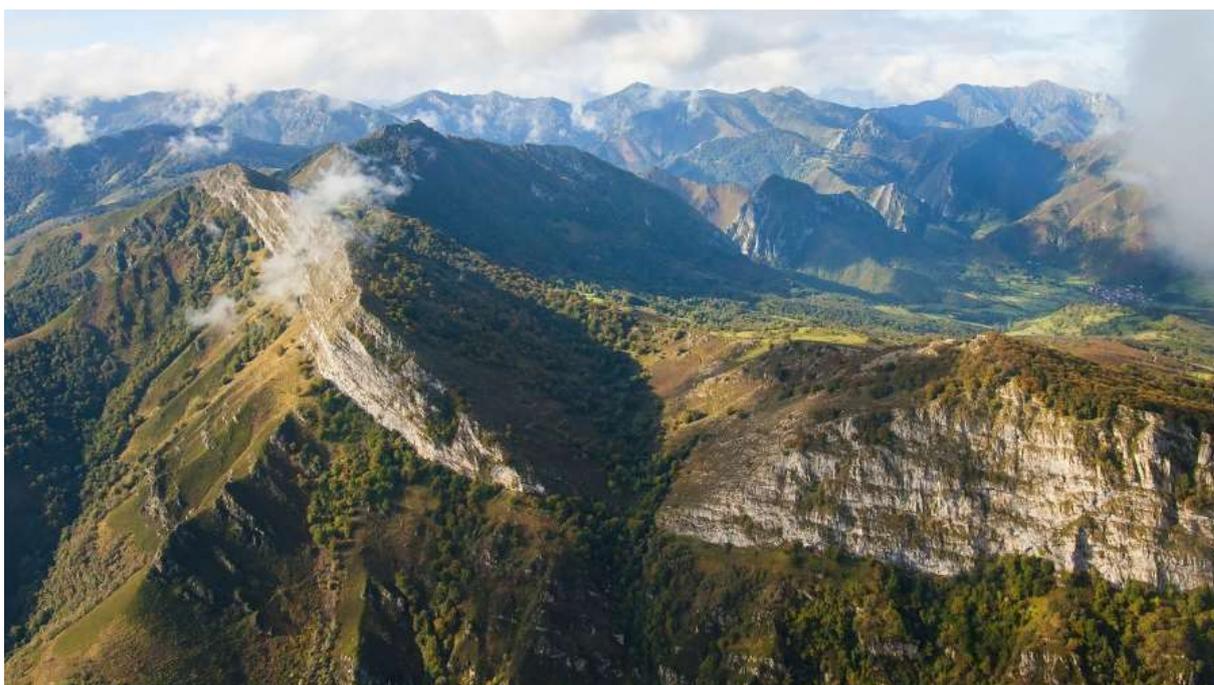
- **Datos básicos:**
  - Año de declaración: 1996
  - Normativa de declaración: [Ley 8/1996, de 27 de diciembre, de declaración del Parque Natural de Redes. BOE núm. 33, de 7 de febrero de 1997.](#)
  - Municipios: Caso y Sobrescobio

- Superficie: 37.802ha

Imágenes del parque natural de Redes, figura 8 y 9.



*Figura 8: Soto de Agues (Sobrescobio) (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Manuel S. Calvo)*



*Figura 9: Panorámica de Redes (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Manuel S. Calvo)*

### 3.1.5 Parque Natural de Somiedo

- **Descripción:** Somiedo es el primero de los Parques Naturales declarados en el Principado de Asturias y su delimitación comprende los límites administrativos del concejo homónimo.

Este territorio posee un variado sustrato rocoso, que, unido a su acusado relieve y a las condiciones climáticas reinantes configura un conjunto de ecosistemas y paisajes de extraordinario valor. Por ello su declaración por Ley 2/1988 tiene como finalidad garantizar la conservación de los valores naturales del área, haciéndolos compatibles con el mantenimiento y mejora de las actividades tradicionales, con el desarrollo social de la zona y con el fomento y disfrute de dichos valores, tanto por la población local como la foránea.

- **Datos básicos:**
  - Año de declaración: 1988
  - Normativa de declaración: [Ley 2/1988, de 10 de junio, por la que se declara el Parque Natural de Somiedo. BOE núm 183, de 1 de agosto de 1988.](#)
  - Municipios: Somiedo
  - Superficie: 29.164 ha

Imágenes del parque natural de Somiedo, figura 10 y 11.



Figura 10: Lago de Somiedo (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Luis F. Alonso Sierra Lago de Somiedo)



*Figura 11: Teitos (Fuente: NaturalezadeAsturias.es © Luis F. Alonso Sierra)*

## 4 METODOLOGÍA

En este apartado se recogen los materiales y métodos utilizados para la creación de un visor web de rutas de senderismo, los cuales son fundamentales para alcanzar los resultados deseados y los objetivos mencionados anteriormente.

### 4.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la adquisición de los datos, se accede a ellos de manera online. Aquellos que requerían ser descargados fueron almacenados en un ordenador local, mientras que otros no era necesaria su descarga para su tratamiento.

#### 4.1.1 Rutas

Para un visor de rutas de senderismo el dato más importante son las propias rutas. En Asturias hay multitud de rutas de senderismo, pero este trabajo se ha centrado en las rutas de los parques naturales, concretamente, se han escogido las rutas mejor puntuadas y con mayor atractivo paisajístico, entendiendo que, la metodología llevada a cabo para estas, sería aplicable a cualquier otro conjunto de rutas.

Estas son las rutas, ordenadas por Parques Naturales, que componen el visor:

- **Parque Natural de Fuentes del Narcea**
  - Ruta del Puerto Miravalles
  - Ruta de Rabo de asno
  - Ruta de Lagos de Sisterna
  - Ruta de Leitariegos
  - Ruta de Pico Rubio
  - Ruta del Bosque de Muniellos
  - Ruta del Carbachu – El llanu Siero
  - Ruta del Cabril
- **Parque Natural de las Ubiñas-La Mesa**
  - Ruta de la Cascada del Xiblú
  - Ruta de los Molinos de Corroriu
  - Ruta de Hayedo de Lindes
  - Ruta de las Brañas de Teverga
  - Ruta de Vaqueira
  - Ruta de la Cueva Huerta
- **Parque Natural de Ponga**
  - Ruta del Valle de Ponga
  - Ruta del Bosque de Peloño
  - Ruta del Pierzo
  - Ruta de Peña Subes
  - Ruta de la Senda del cartero
  - Ruta de Ventanielle
- **Parque Natural de Redes**
  - Ruta de la cascada de Tabayón del Mongayo
  - Ruta del Alba

- Ruta de Brañagallones
- Ruta de Cuyargayos
- Ruta de Pendones – Orlé
- Ruta de los Arrudos
- Ruta de Tiatordos y el cordal de Ponga
- **Parque Natural de Somiedo**
  - Ruta de la Braña de Mumián
  - Ruta de Castro
  - Ruta del Valle de Pigüeña
  - Ruta del Valle del Lago
  - Ruta del Real Camín de la Mesa
  - Ruta de la Braña de Sousas
  - Ruta del Real Camín de la Mesa – La Bustariega
  - Ruta de las Brañas de Saliencia
  - Ruta de la Peral – Villar de Vildas
  - Ruta de los lagos de Somiedo
  - Ruta del puerto – Valle del Lago
  - Ruta del Cornón

La ubicación de las rutas de senderismo se puede ver en la Figura 12.

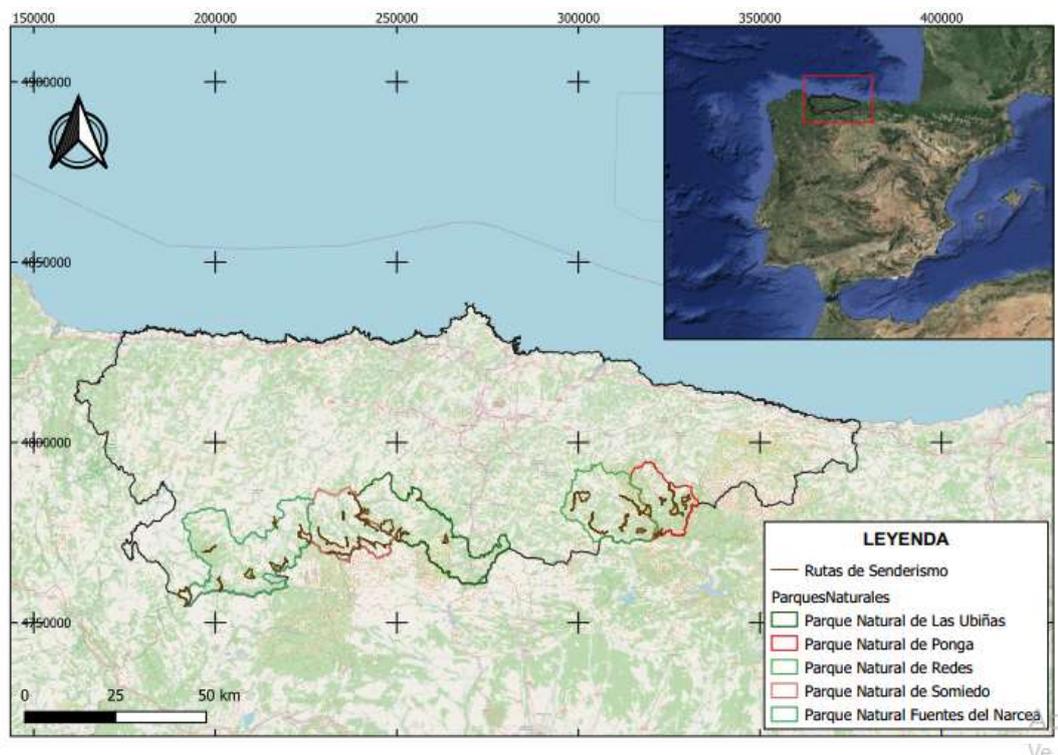


Figura 12: Mapa de ubicación de las rutas de senderismo (Fuente: Elaboración propia)

### 4.1.2 Cartografía

Un elemento esencial en cualquier SIG web, es la cartografía que se va a visualizar cuando se inicializa el visor.

- **Capa base**

En las aplicaciones SIG web, el mapa base proporciona contexto geográfico para cada aplicación. Este visor de rutas necesita un mapa base Topográfico, el cual, contiene límites administrativos, ciudades, entidades de agua, entidades fisiográficas, parques, hitos, transporte y edificios. [8]

Para el desarrollo del visor hemos programado dos capas base: una topográfica que será añadida desde OSM (*OpenStreetMap*) como mapa web gratuito (Figura 13) y otra capa que será la ortofoto del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) de máxima actualidad (Figura 14), que se integra en el visor a través de una conexión WMS.



*Figura 13: Imagen OSM (Fuente: Elaboración propia) Figura 14: Imagen PNOA (Fuente: Elaboración propia)*

- **Capas de información**

Las capas de información en este proyecto son las encargadas de darle valor al visor web. Algunas de estas capas se han cargado mediante servicios WMS a través de una conexión con Geoserver, a excepción de la capa de rutas que ha sido cargada a partir de un archivo GEOJSON.

Como capas de información en este trabajo tenemos las siguientes:

- **Capa de Parques Naturales:** Esta capa cargada por conexión WMS a través de Geoserver y muestra la información de los diferentes parques naturales del Principado de Asturias.
- **Capa de Rutas Senderismo:** Esta capa es creada a partir de un archivo GEOJSON, que fue elaborado en QGIS con toda la información relativa a las diferentes rutas de nuestro visor web.
- **Capa de Concejos:** Capa cargada por conexión WMS a través de Geoserver, la cual muestra la información de los diferentes concejos del Principado de Asturias.

- **Capa Cargada por el usuario:** Otra capa que pueden formar parte del visor son los elementos cargados por el usuario. En el visor se ha implementado una función que permite al usuario añadir uno o varios archivos en diferentes formatos (.geojson, .gpx o .kml) para su visualización.

## 4.2 HERRAMIENTAS, TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES

En este apartado se van a describir las herramientas y tecnologías necesarias para la generación de un SIG Web que se han utilizado en este trabajo:

### 4.2.1 Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de código optimizado que admite operaciones de desarrollo como depuración, ejecución de tareas y control de versiones. Su objetivo es proporcionar solo las herramientas que necesite el desarrollador para un ciclo rápido de compilación de código y depuración.

Este editor de código es gratis y ha sido desarrollado con código abierto.

Es un editor potente gracias a sus extensiones que permiten personalizar y agregar funcionalidades a gusto del usuario. (Visual Studio Code, s.f.)

Para este trabajo se ha utilizado Visual Code versión 1.90.0 para elaborar toda la parte de programación del código (Figura 15).



Figura 15: Logo Visual Studio Code (Fuente: <https://code.visualstudio.com/>)

### 4.2.2 Leaflet

Leaflet es la biblioteca líder de código abierto de *JavaScript* (JS) para mapas interactivos compatibles con dispositivos móviles (Figura 16). Con un peso de tan solo 42 kb de JS, tiene todas las funciones de mapeo que la mayoría de los desarrolladores necesitan.

Esta biblioteca está diseñada teniendo en cuenta la simplicidad, el rendimiento y la facilidad de uso. Funciona de manera eficiente en todas las principales plataformas de escritorio y móviles y se puede ampliar con muchos complementos (Leaflet, s.f.).

Este trabajo se ha desarrollado utilizando la biblioteca Leaflet por su facilidad de uso y el amplio abanico de funcionalidades que tiene esta biblioteca (Figura 16).



Figura 16: Logo biblioteca Leaflet (Fuente: <https://leafletjs.com/>)

#### 4.2.3 Geoserver

Geoserver es un servidor basado en Java que permite a los usuarios ver y editar datos geoespaciales (Figura 17). Geoserver utiliza estándares abiertos establecidos por el *Open Geospatial Consortium* (OGC), lo permite una gran flexibilidad en la creación de mapas y el intercambio de datos (Geoserver, s.f.).

Geoserver es un software libre y de código abierto que combinado con Leaflet ha proporcionado una solución de código abierto esencial para las necesidades de nuestro visor.



Figura 17: Logo Geoserver (Fuente: <https://geoserver.org/about/>)

Geoserver nos ha permitido almacenar la información necesaria para nuestro visor, en un espacio de trabajo que hemos creado. Los datos almacenados se publican a través de interfaces basadas en estándares como WMS, WFS, WCS, WPS, Tile Caching entre otros, pero en este trabajo se ha utilizado el WMS.

#### 4.2.4 QGIS

QGIS es una aplicación profesional de SIG construida sobre Software Libre y de código abierto (Figura 18). Esta aplicación es el SIG líder de código abierto para escritorio.

QGIS es un proyecto oficial de *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo).



Figura 18: Logo QGIS (Fuente: <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>)

Funciona en varios sistemas operativos como Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos (QGIS, s.f.).

En este trabajo QGIS nos ha servido para crear, editar y visualizar los datos de las diferentes capas del proyecto.

Antes de almacenar la información en Geoserver, hemos utilizado QGIS para depurar, corregir y crear todas las capas de información del visor.

#### 4.2.5 HTML

El lenguaje de Marcado de Hipertexto (HTML) es el código que se utiliza para estructurar y desplegar una página web y sus contenidos, es el componente más básico de la web. Un archivo HTML contiene una serie de elementos o marcas empleadas para etiquetar las diferentes partes del contenido (texto, imágenes y otro contenido) de modo que se muestre en el navegador de una determinada manera. Además de HTML, generalmente se utilizan otras tecnologías para describir la apariencia/presentación de una página web (CSS) o la funcionalidad/comportamiento (*JavaScript*) (MDN, s.f.).

Su uso en este trabajo ha estado enfocado en la elaboración de las diferentes partes del visor web, de enlace con los archivos de JavaScript, CSS y los distintos plugin empleados.

#### 4.2.6 CSS

Hojas de Estilo en Cascada (del inglés *Cascading Style Sheets*) o CSS es el lenguaje de estilos utilizados para describir la apariencia de documentos HTML

CSS describe cómo debe ser renderizado el elemento estructurado en la pantalla. Es una tecnología usada por muchos sitios web. Son archivos independientes de los HTML y se pueden utilizar con cualquier lenguaje de marcado basado en XML.

En este trabajo se ha usado para establecer los estilos de las diferentes estructuras y funcionalidades del visor web diseñado (MDN, s.f.).

#### 4.2.7 JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación o de secuencias de comandos que te permite implementar funciones complejas en páginas web. Te permite crear contenido de actualización dinámica, controlar multimedia, animar imágenes y otras muchas funciones.

Es una fuente abierta (*Open Source*) orientada a objetos, empleada principalmente para crear páginas web dinámicas.

En este trabajo se ha usado el lenguaje JavaScript para el desarrollo de las funciones del visor web. (MDN, s.f.)

## 4.3 FLUJO DE TRABAJO

### 4.3.1 Adquisición de datos

Para obtener los datos necesarios para la creación de un visor de rutas de senderismo, lo primero que se hace es descargar todos los datos pertinentes para la composición del visor.

- Se descarga la cartografía relativa a los Parques Naturales de Asturias, que será una capa de información del visor.
- Esta información se descarga del SITPA-IDEAS (Sistema de información Territorial e Infraestructura de Datos Espaciales de Asturias) (IDEPA, 2023).
- Se descarga la cartografía de los concejos que componen el Principado de Asturias, que será otra capa de información del visor  
Esta información se descarga del SITPA-IDEAS (Sistema de información Territorial e Infraestructura de Datos Espaciales de Asturias).
- Se descargan los GPX de todas las rutas de senderismo que van a formar el visor web.  
Los archivos correspondientes a las rutas que forman el visor se han descargado de páginas como Wikiloc (wikiloc, s.f.) y AllTrails (Alltrails, s.f.) ,que son dos páginas especializadas en rutas de senderismo.

### 4.3.2 Preparación de datos

Una vez obtenidos todos los datos de información para las capas del visor, se procede a la preparación de los datos en QGIS.

En QGIS cargamos todas las GPX de las rutas que forman el visor, editamos la cartografía y los campos de atributo que nos interesan según la información que va a mostrar el visor.

Una vez editado todas las rutas, las unimos todas en una única capa de rutas con toda la información pertinente, como podemos ver en la Figura 20.

	Nombre	Dificultad	Tiempo	Parque	Descrip	Distancia	Accesibilidad
1	Ruta de lagos de Sistema	Media	6 horas	Parque Natural ...	Ruta que parte ...	13,3 km	No
2	Ruta de Laitanejos	Difícil	6 horas 30 min...	Parque Natural ...	Ruta que parte ...	20,25 km	No
3	Ruta de pico Rubio	Media	6 horas 45 min...	Parque Natural ...	Ruta para subir ...	11,84 km	No
4	Ruta de rabo de burro	Fácil	3 horas 50 min...	Parque Natural ...	Ruta de ida y v...	11,26 km	Si
5	Ruta del Bosque de Muniños	Media	5 horas 10 min...	Parque Natural ...	Ruta por un sen...	10,67 km	No
6	Ruta del Cabril	Media	5 horas 20 min...	Parque Natural ...	Ruta desde el p...	14,02 km	No
7	Ruta del Carbacho - el Ramo siem	Fácil	2 horas 30 min...	Parque Natural ...	Ruta sencilla y...	6,64 km	Si
8	Ruta del puerto Miravalles	Difícil	8 horas 50 min...	Parque Natural ...	Ruta circular co...	21,75 km	No
9	Ruta de Collada les Bedules	Fácil	3 horas	Parque Natural ...	La ruta se inicia...	8,17 km	Si

Figura 19: Tabla de atributos de la capa de rutas de senderismo (Fuente: Elaboración propia)

Una vez preparada la capa de rutas, cargamos la cartografía de concejos y de Parques Naturales y se visualizan todos los datos en QGIS para tener una idea de cómo será el visor, como se refleja en la siguiente imagen. (Figura 21)

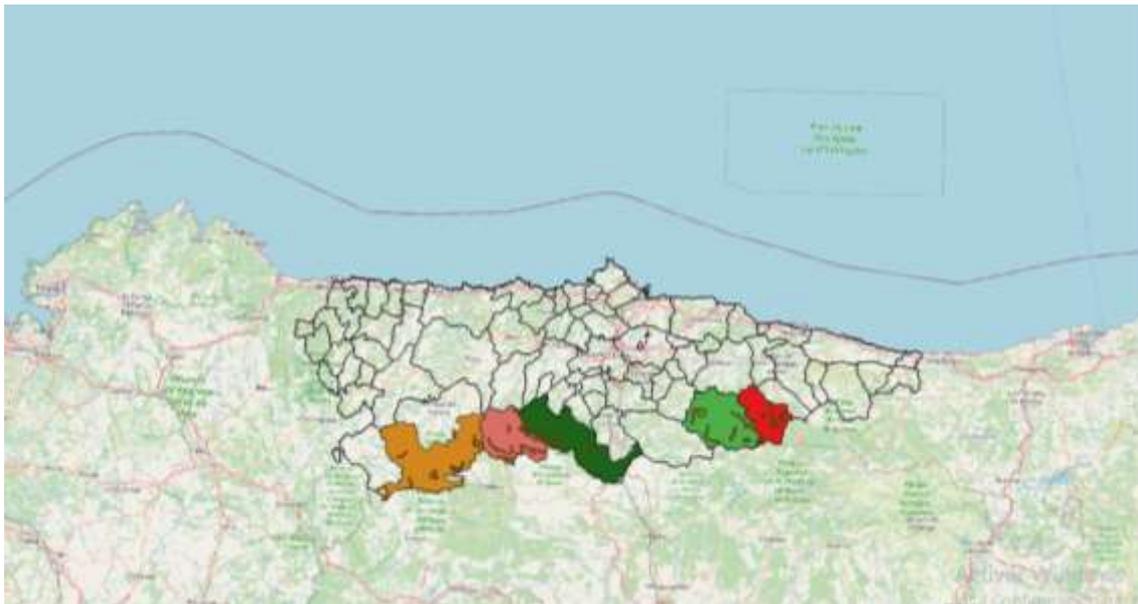


Figura 20: Visualización de capas en QGIS (Fuente: Elaboración propia)

### 4.3.3 Almacenamiento de datos

Una vez los datos están depurados y editados para ser usados en el visor, se usa Geoserver, un servidor de código abierto, que permite a los usuarios compartir y editar los datos geoespaciales.

La principal virtud de Geoserver es su interoperabilidad, con lo que es posible publicar diferentes tipos de datos espaciales.

Se inicializa Geoserver y se crea un espacio de trabajo que se usará como contenedor de las capas del visor.

Una vez está creado el espacio de trabajo se procede a cargar las capas, que toda capa que se carga debe ir asociada a un espacio de trabajo. Se cargan las capas:

- Rutas de senderismo
- Concejos
- Parques Naturales

Estas capas se ven en Geoserver en la Figura 22



<input type="checkbox"/>	Tipo	Title	Nombre de la capa	Almacén	Habilitada?	SRS nativo
<input type="checkbox"/>	■	CONCEJOS	Rutas_Senderismo:CONCEJOS	Concejos	✓	EPSG:25830
<input type="checkbox"/>	■	ParquesNaturales	Rutas_Senderismo:ParquesNaturales	Parques Naturales	✓	EPSG:25830
<input type="checkbox"/>	↗	Rutas_PN_Asturias_2	Rutas_Senderismo:Rutas_PN_Asturias_2	Rutas_Senderismo	✓	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	↗	Rutas_PN_Asturias	Parques_Naturales:Rutas_PN_Asturias	rutasturias	✓	EPSG:4326

Figura 21: Espacio de trabajo Geoserver (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.3.4 Creación de código

Con todos los datos editados y preparados, tras analizar todas las fuentes de información necesaria, se procede a escribir el código para desarrollar el visor web. Para desarrollar la página web se crean varios archivos que quedan ordenados de la siguiente manera:

Un archivo HTML donde se estructura la página web, una carpeta llamada CSS donde se encuentran los archivos CSS, que son los archivos que establecen la apariencia de la página, una carpeta llamada JS, con archivos *JavaScripts*, donde se establecen algunas de las funcionalidades del visor, una carpeta de imágenes donde se almacenan las imágenes necesarias para el visor y una carpeta *GeoJson* donde se encuentran archivos en ese formato. (Figura 23)

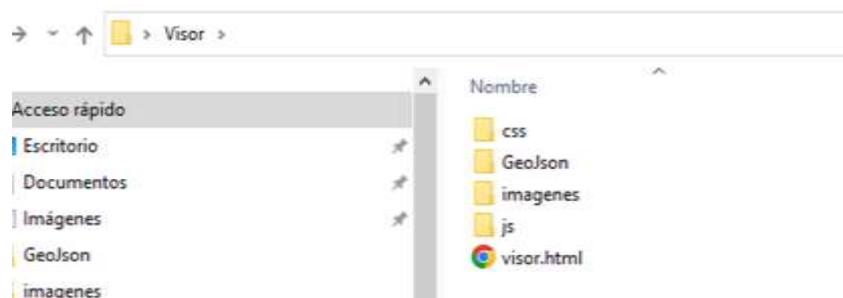


Figura 22: Contenido carpeta del visor (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se explica detenidamente el documento HTML:

- Documento HTML

En las primeras líneas se define la estructura básica del HTML. En la cabecera (<head>) se definen los metadatos y se enlazan la hoja de estilo (CSS) y los scripts (JS) necesarios para crear la página, incluyendo también la biblioteca Leaflet y otros plugins para funcionalidades adicionales. (Figura 24)

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Trabajo Final de Master</title>
  <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet/dist/leaflet.css" />
  <link rel="stylesheet" href="css/styles.css" />
  <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet-coordinates/dist/leaflet.coordinates.css" />
  <script src="js/geohash.js"></script>
  <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/geohash.js@0.8.0/dist/geohash.min.js"></script>
  <link rel="stylesheet" href="css/Control.PanosePosition.css"/>
  <link rel="stylesheet" href="css/Control.FullScreen.css"/>
  <link rel="stylesheet" href="css/Control.Locate.Mid.css"/>
  <link rel="stylesheet" href="css/Control.Minimap.css"/>
  <link rel="stylesheet" href="css/leaflet-legend.css"/>
  <link rel="stylesheet" href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/lightbox2/2.11.3/css/lightbox.min.css">
  <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/lightbox2/2.11.3/js/lightbox.min.js"></script>
</head>

```

Figura 23: Cabecera del HTML (Fuente: Elaboración propia)

En la parte del cuerpo (<Body>) comenzamos con el encabezado donde se define el título del proyecto, subtítulo, los logos de la universidad y el nombre del autor. (Figura 25)

```

<body>
  <header class="header">
    
    <div class="header-content">
      <h1>Visor web de Rutas de Senderismo</h1>
      <h2>Desarrollo de un SIGWEB con Leaflet</h2>
    </div>
    
    <p>Autor: Ana Buceta Rodríguez</p>
  </header>

```

Figura 24: Encabezado de la página web (Fuente: Elaboración propia)

Una vez establecidas las divisiones se procede a inicializar el mapa y a la inserción de las capas del visor.

Mediante un div, establecemos cual será el contenedor donde se renderizará el mapa. (Figura 26)

```
<div id="map" style="height: 600px;"></div>
```

Figura 25: Contenedor del mapa (Fuente: Elaboración propia)

Se establecen los scripts necesarios para Leaflet y sus plugins. (Figura 27)

```

<script src="https://unpkg.com/leaflet/dist/leaflet.js"></script>
<script src="https://unpkg.com/leaflet.coordinates/dist/Leaflet.Coordinates-0.1.5.min.js"></script>
<script src="js/L.Control.MousePosition.js"></script>
<script src="js/Control.FullScreen.js"></script>
<script src="js/L.Control.Locate.min.js"></script>
<script src="js/Control.Minimap.js" type="text/javascript"></script>
<script src="js/leaflet-legend.js"></script>
<script type="text/javascript" src="js/Rutas2.js"></script>
<script src="https://unpkg.com/togeojson@0.16.0"></script>
<script src="https://unpkg.com/leaflet-filelayer@1.2.0"></script>

```

Figura 26: Plugins Leaflet (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se muestran algunas de las partes más significativas del código.

Se inicializa el mapa, para ello se crea el mapa y se establecen las coordenadas necesarias para centrar el mapa sobre el Principado de Asturias. (Figura 28)

```

<script>
  var map = L.map('map').setView([43.3619, -5.8593], 9);

```

Figura 27: Inicialización del mapa en el Principado de Asturias (Fuente: Elaboración propia)

Inserción de capas.

Primero se añaden las capas base del mapa, que son la de OSM y la capa del PNOA, del instituto geográfico nacional. Sirva como ejemplo la inserción de la primera capa base del OSM (Figura 29).

```

var osmlayer = L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  attribution: '©copy; <a href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a> contributors'
}).addTo(map);

```

Figura 28: Inserción de las capas base del mapa (Fuente: Elaboración propia)

Posteriormente se añaden las capas de información a través de una conexión WMS de Geoserver, estas capas son la capa de parques naturales y concejos. (Figura 30)

```

var wmslayer = L.tileLayer.wms('http://localhost:8080/geoserver/Rutas_Senderismo/wms', {
  layers: 'Rutas_Senderismo:ParquesNaturales',
  format: 'image/png',
  transparent: true,
  attribution: 'GeoServer'
}).addTo(map);

```

Figura 29: inserción capas de información (Fuente: Elaboración propia)

Se procede a definir un estilo para la capa y un Popups para agregar la información de cada ruta. (Figuras 31 y 32)

```
function getColor(d) {
  return d === 'Facil' ? '#28a745' :
         d === 'Media' ? '#ffc107' :
         d === 'Dificil' ? '#dc3545' :
         '#FFEDA0';
}

function style(feature) {
  return {
    fillColor: getColor(feature.properties.Dificultad),
    weight: 2,
    opacity: 1,
    color: 'brown',
    dashArray: '',
    fillOpacity: 0.7
  };
}
```

Figura 30: Agregar estilo a la capa (Fuente: Elaboración propia)

```
function onEachFeature(feature, layer) {
  if (feature.properties && feature.properties.Nombre) {
    var popupContent = "<strong>Nombre de la ruta:</strong> " + feature.properties.Nombre + "<br>" +
                      "<strong>Dificultad:</strong> " + feature.properties.Dificultad + "<br>" +
                      "<strong>Tiempo:</strong> " + feature.properties.Tiempo + "<br>" +
                      "<strong>Parque:</strong> " + feature.properties.Parque + "<br>" +
                      "<strong>Distancia:</strong> " + feature.properties.Distancia + "<br>" +
                      "<strong>Descripción:</strong> " + feature.properties.Descrip + "<br>" +
                      "<strong>Accesibilidad Silla de Ruedas:</strong> " + feature.properties.Accesibilidad;

    if (feature.properties.Imagen) {
      popupContent += "<br><a href="" + feature.properties.Imagen + "" data-lightbox='imagen' + feature.proppe" +
                    "<br><img src="" + feature.properties.Imagen + "" alt="" + feature.properties.Nombre + """;
    }

    layer.bindPopup(popupContent);
  }
}
```

Figura 31: Función Popups (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente añadimos la última capa del visor que corresponde a la capa de rutas de senderismo, esta capa se carga desde un archivo GeoJson. (Figura 33)

```
var rutasLayer = L.geoJson(Rutas2, {
  style: style,
  onEachFeature: onEachFeature
}).addTo(map);

var userLayers = L.LayerGroup();
```

Figura 32: Inserción capa de rutas (Fuente: Elaboración propia)

Se crea una opción al usuario que le permite la carga de archivos externos al mapa, dichos archivos tienen que estar en formato *GeoJSON*, *GPX* o *KML* para poder ser cargados. Se le asigna un estilo específico y se asegura de que no se puedan duplicar las capas, creando una función específica para ello. (Figuras 34 y 35)

```

var control = L.Control.fileLayerLoad({
  layer: L.geoJson,
  layerOptions: {
    style: userFileStyle,
    pointToLayer: function (data, latlng) {
      return L.circleMarker(latlng, { style: userFileStyle });
    }
  },
  addToMap: false,
  fileSizeLimit: 2024,
  formats: ['.geojson', '.gpx', '.kml']
}).addTo(map);

```

Figura 33: Inserción capa cargada por el usuario (Fuente: Elaboración propia)

```

function layerAlreadyAdded(filename) {
  var layers = layerControl._layers;
  for (var existingLayerId in layers) {
    if (layers.hasOwnProperty(existingLayerId) any
        var layer = layers[existingLayerId].layer;
        if (layer.options && layer.options.filename === filename) {
          return true;
        }
      }
    }
  return false;
}

```

Figura 34: Función para que no se dupliquen las capas (Fuente: Elaboración propia)

La última parte del código corresponde con las funciones del visor, aquí es donde añadimos todas las funcionalidades que le permiten al usuario interactuar con el visor. A continuación se explican las diferentes funciones:

- Control de capas: se define y añade controles de capas para cambiar entre las capas base y superponer diferentes capas. ( Figura 36)

```

var baseMaps = {
  "OpenStreetMap": osmLayer,
  "PNOA": pnoaLayer
};

var overlayMaps = {
  "Parques Naturales": wmsLayer,
  "Rutas Senderismo": rutasLayer,
  "Concejos": wmsLayer2,
  "Capas Cargadas": userLayers
};

var layerControl = L.control.layers(baseMaps, overlayMaps).addTo(map);

```

Figura 35: Función de control de capas (Fuente: Elaboración propia)

- Controles añadidos al mapa como: el mini mapa, el control de coordenadas, la barra de escala, el botón para que el usuario pueda ir a pantalla completa (Figura 37) o el de localización del usuario.

```

var osm2 = new L.TileLayer('http://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  minZoom: 0, maxZoom: 18, attribution: 'Map data &copy; <a href="http://openstreetmap.org">OpenStreetMap</a>'
});

var miniMap = new L.Control.MiniMap(osm2, { toggleDisplay: true }).addTo(map);

var coordinate = L.control.mousePosition({ position: 'bottomleft' });
map.addControl(coordinate);
L.control.scale().addTo(map);

map.addControl(new L.Control.FullScreen());

```

Figura 36: Función mini mapa, control de coordenadas, control de escala, pantalla completa. (Fuente: Elaboración propia)

- Leyenda correspondiente a la simbología del visor ( Figura 38)

```

var legend = L.control({ position: "bottomleft" });

legend.onAdd = function (map) {
  var div = L.DomUtil.create("div", "legend");
  div.innerHTML += '';

  return div;
};

legend.addTo(map);
</script>

```

Figura 37: Función leyenda del mapa (Fuente: Elaboración propia)

- Carpeta CSS

Esta carpeta que contiene archivos CSS (*Cascading Style Sheets*) es esencial en un proyecto web para definir y gestionar el diseño y la apariencia visual de la página web. Estructura y archivos de la carpeta CSS de este proyecto (Figura 39)

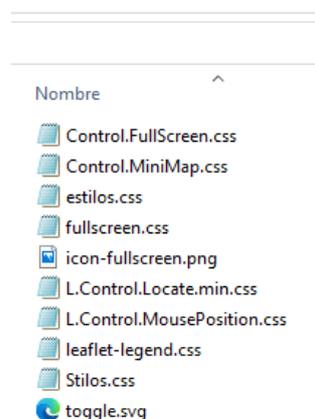


Figura 38: Contenido carpeta CSS del proyecto (Fuente: Elaboración propia)

- Carpeta JS

Esta carpeta del proyecto contiene los archivos Js (*JavaScript*) de este visor web de rutas. Estos archivos definen la funcionalidad y el comportamiento interactivo del sitio web. Podemos ver el contenido en la Figura 40

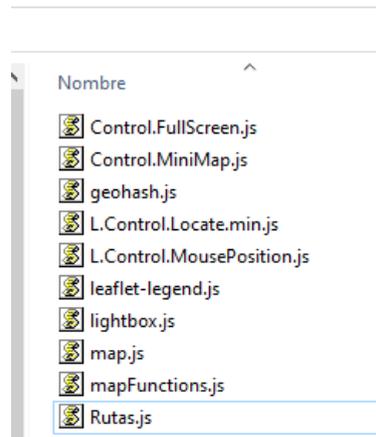


Figura 39: Contenido carpeta JS del proyecto (Fuente: Elaboración propia)

## 5 RESULTADOS

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto:

### 5.1 Desarrollo y Funcionalidades del Visor web

1. **Herramientas utilizadas:** Se han usado diferentes aplicaciones *Open Source* como Geoserver, Leaflet, Visual Studio Code y Qgis, que han sido fundamentales para la implementación y funcionalidad del visor.
2. **Creación y Gestión de Capas:** Se ha conseguido integrar de manera eficiente diversas capas de información geográfica, proyectadas y digitalizadas en Qgis.
3. **Interactividad:** Gracias al uso de la biblioteca Leaflet, el visor permite una interacción dinámica con el usuario, el cual puede visualizar y consultar las rutas de manera intuitiva y detallada.
4. **Publicación de datos:** Con el uso de Geoserver, los datos geoespaciales han sido publicados y compartidos utilizando servicios OGC (*Open Geospatial Consortium*) como WMS (*Web Map Service*), asegurando así la interoperabilidad y accesibilidad de la información.

### 5.2 Evaluación de la Utilidad del Visor

El visor web desarrollado proporciona una herramienta de gran valor para los usuarios interesados en el senderismo, facilitando los procesos de planificación y elección de rutas. Su diseño intuitivo y las funcionalidades incorporadas permiten:

1. **Consulta Detallada:** Los usuarios pueden acceder a información detallada de la ruta que le interese clicando sobre dicha ruta y pudiendo ver información como la distancia, el tiempo, si es accesible con sillas de ruedas y una breve descripción del itinerario. (Figura 41)

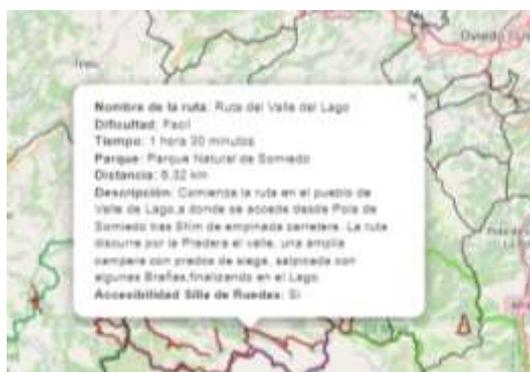


Figura 40: Imagen Popups con la información de la ruta (Fuente: Elaboración propia)

2. **Visualización de Capas:** Se pueden activar o desactivar diferentes capas de información para personalizar la visualización según las necesidades del usuario.

a. Capa rutas (Figura 42)

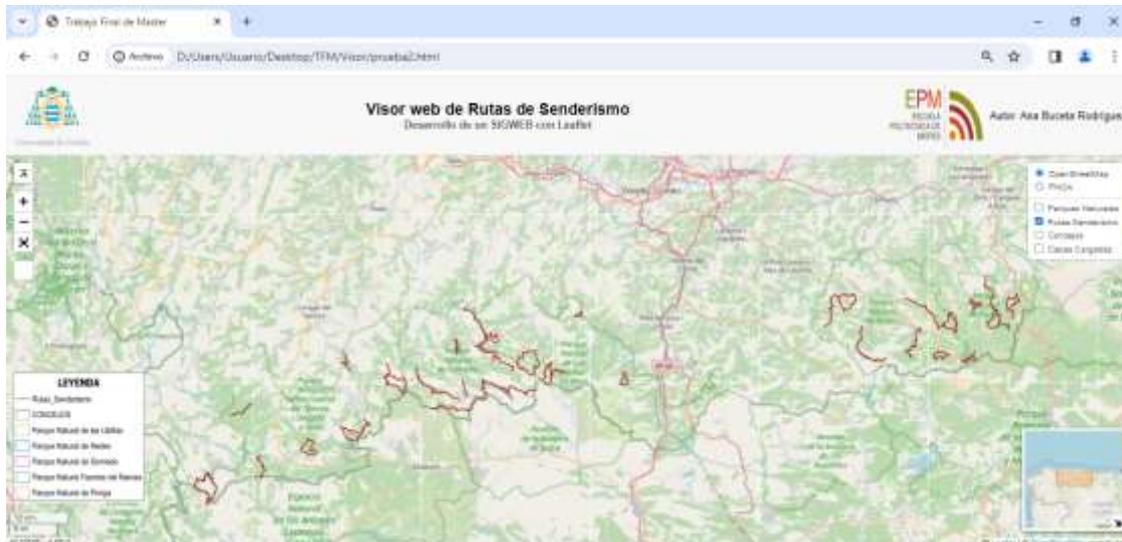


Figura 41: Visualización capa rutas de senderismo en el visor (Fuente: Elaboración propia)

b. Capa Parques Naturales (Figura 43)

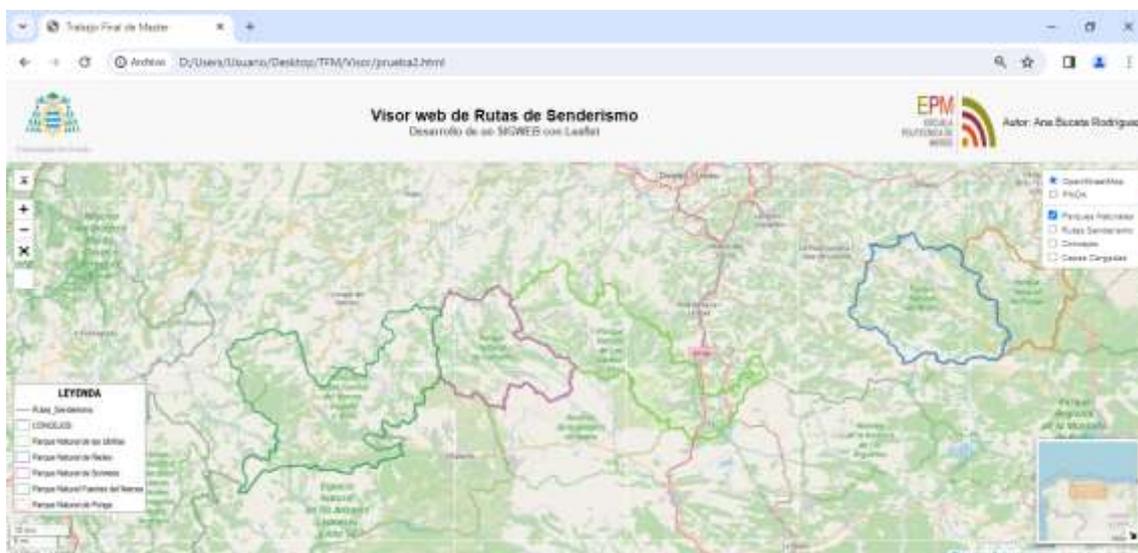


Figura 42: Visualización capa parques naturales en el visor (Fuente: Elaboración propia)

c. Capa Concejos (Figura 44)



Figura 43: Visualización capa concejos en el visor (Fuente: Elaboración propia)

d. Carga de Rutas propias

Los usuarios tienen la posibilidad de agregar sus propios archivos de rutas en varios formatos. Esto le permite al usuario la opción de personalizar, comparar y planificar una nueva ruta, pudiéndola visualizar previamente en el visor, aprovechando las ventajas de este, como los mapas base y los controles añadidos al visor (Figura 45).

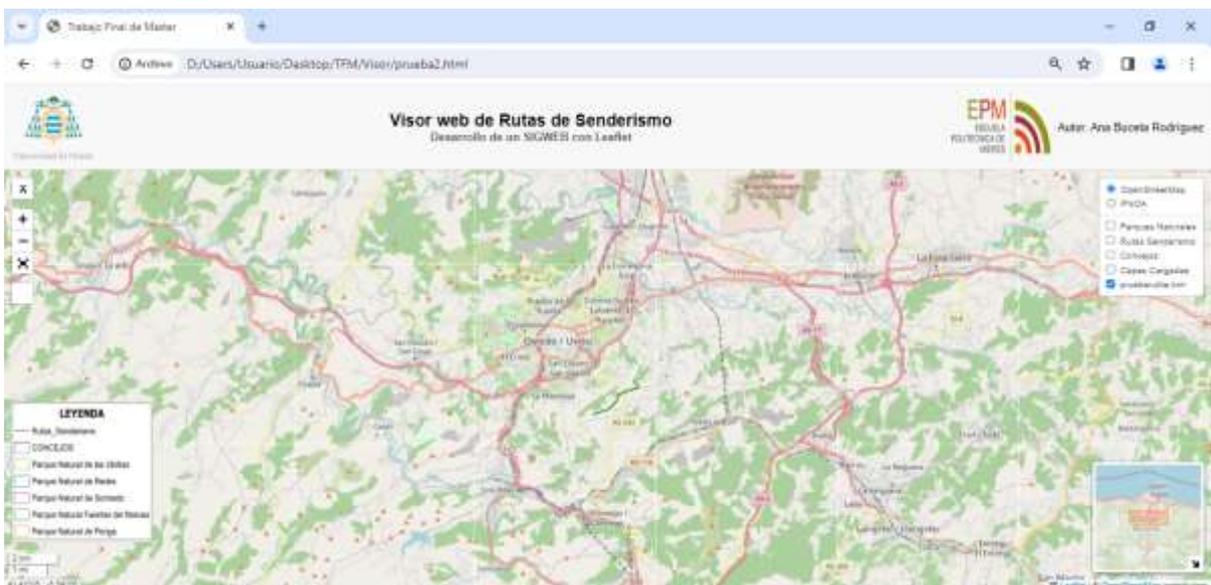


Figura 44: Visualización carga de archivo KML (Fuente: Elaboración propia)

### 5.3 Impacto en la comunidad

Este proyecto no solo demuestra la capacidad técnica y de gestión de un Sistema de información Geográfico (SIG) aplicado a las rutas de senderismo, sino que también:

1. **Fomenta el turismo:** Al proporcionar una herramienta accesible y detallada, se promueve el turismo en los Parques Naturales del Principado de Asturias.
2. **Apoya la conservación:** La disponibilidad de información detallada sobre las rutas y el entorno natural puede contribuir a una mayor conciencia y apreciación de la biodiversidad y paisajes de la región.
3. **Facilita la planificación:** Los senderistas pueden planificar mejor sus actividades, asegurando una experiencia más segura y agradable.

## 6 CONCLUSIONES

En este Trabajo Fin de Máster, se han utilizado diferentes herramientas *Open source*, tales como Geoserver, QGIS y Leaflet, para la creación de un visor interactivo de rutas de senderismo en los Parques Naturales del Principado de Asturias. Este proyecto no solo ha permitido aplicar los conocimientos adquiridos durante el Máster sino también desarrollar nuevas habilidades en el ámbito del desarrollo web.

El visor web desarrollado es capaz de plasmar de forma clara y concisa las diferentes rutas de senderismo, este visor ofrece una amplia gama de funcionalidades que mejoran la experiencia del usuario, tales como:

- Consulta detallada de las rutas del visor
- La visualización de diferentes capas
- Posibilidad de cargar archivos de rutas, propios del usuario

Estas características junto con una interfaz intuitiva y fácil de usar han dado como resultado una herramienta de gran valor para los senderistas, proporciona un alto interés al usuario para los procesos de planificación y elección de rutas de senderismo en el principado de Asturias.

Para futuras mejoras, se sugieren la integración de nuevas funcionalidades, como la generación de rutas dinámicas, análisis de elevación u opciones de filtrado avanzado. Estas mejoras potenciales incrementarían aún más el valor y la utilidad del visor web desarrollado, consolidándolo como una herramienta indispensable para la gestión y disfrute de las actividades de senderismo en la región.

En conclusión el visor web desarrollado no solo representa un logro técnico significativo, sino también una contribución valiosa para la comunidad de senderistas y la promoción del turismo de los Parques Naturales de Asturias.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Aeroterra. (s.f.). *Historia de los SIG*. Obtenido de Sistemas de Información Geográfica: <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/historia-de-gis>
- Alltrails. (s.f.). Obtenido de <https://www.alltrails.com/>
- Asturias, P. N. (s.f.). *Red Regional de Espacios Naturales Protegidos de Asturias*. Obtenido de Parques Naturales: <https://naturalezadeasturias.es/espacios/accede/protegidos/parques-naturales/>
- ESRI. (s.f.). *¿Que son los SIG?* Obtenido de <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>
- Geographic, National. (22 de Febrero de 2024). *GIS*. Obtenido de Geographic Information System: <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/>
- Geoserver. (s.f.). *Geoserver*. Obtenido de <https://geoserver.org/>
- IBM. (s.f.). *¿Qué es el software de código abierto?* Obtenido de <https://www.ibm.com/es-es/topics/open-source>
- IDEPA. (Febrero de 2023). *Agencia de Ciencia, Competitividad Empresarial e Innovación Asturiana*. Obtenido de Demografía: <https://www.idepa.es/conocimiento/asturias-en-cifras/demografia>
- IDEPA. (s.f.). *SITPA-IDEAS*. Obtenido de Sistema de Información Territorial e Infraestructura de Datos Espaciales de Asturias: <https://ideas.asturias.es/>
- Leaflet. (s.f.). *Biblioteca JavaScript*. Obtenido de <https://leafletjs.com/>
- Lucy Mulongo Mamai, M. G. (2017). Developing a Web-Based Water Distribution Geospatial Information System for Nairobi Northern Region. *Journal of Geographic Information System*.
- MDN. (s.f.). *MDN Web Docs*. Obtenido de <https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn>
- Ministerio de Agricultura, A. y. (19 de Febrero de 2020). Spain - Rural Development Programme (Regional) - Principado de Asturias. *Programa de desarrollo rural*. Asturias, España.
- Olaya, V. (2014). Sistemas de Información Geográfica. En V. Olaya, *Sistemas de Información Geográfica* (pág. 29).
- Paul A. Longley, M. F. (2005). *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- QGIS. (s.f.). *Open Source Geospatial Foundation*. Obtenido de OSGeo: <https://www.qgis.org/es/site/index.html>

Visual Studio Code. (s.f.). *Visual Studio Code*. Obtenido de <https://code.visualstudio.com/>

wikiloc. (s.f.). Obtenido de <https://es.wikiloc.com/>