



Escuela  
Politécnica  
Superior

# Sistemas de información geográfica para la gestión de datos en entornos pesqueros y de acuicultura



Grado en Ingeniería Informática

## Trabajo Fin de Grado

Autor:

Sebastian Pasker

Tutor/es:

Andrés Fuster Guilló

Javier Atalah



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Junio 2024



# Sistemas de información geográfica para la gestión de datos en entornos pesqueros y de acuicultura

---

## **Autor**

Sebastian Pasker

## **Directores**

Andrés Fuster Guilló

Javier Atalah

*Tecnología Informática y Computación*



GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA



Escuela  
Politécnica  
Superior



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

ALICANTE, 6 de julio de 2024



*Hay tres métodos para obtener la sabiduría:  
primero por la reflexión, la mas noble;  
segundo, por la imitación, que es la mas fácil;  
y tercero por la experiencia, que es la mas amarga.*

Atribuido al filósofo chino Confucio.



# Agradecimientos

Me gustaría agradecer a mi familia por apoyarme y educarme siempre, enseñándome como ser persistente para conseguir lo que uno quiere. A mis amigos, por estar ahí apoyándome día a día. Y a mis tutores, que me han ayudado a realizar el proyecto y me han acompañado en el proceso.





# Resumen

El presente trabajo fin de grado se enmarca en los proyectos de investigación Deepfish y Gloria. El proyecto Deepfish, combina datos de capturas de peces en lonja (especie y talla) con información georreferenciada de los barcos pesqueros. Para proporcionar información visual de intensidad de capturas en diferentes áreas marinas. El proyecto Gloria, aborda la problemática de los riesgos de escapes en piscifactorías, consecuencia de fenómenos climáticos extremos.

En este contexto, este trabajo fin de grado tiene como objetivo general la aplicación de sistemas de información geográfica para mejorar la gestión de datos procedentes de entornos pesqueros y de acuicultura. Para ello, se abordan dos casos de estudio de aplicación de tecnologías GIS en dichos ámbitos. El primer caso de estudio, aborda la visualización de datos de capturas de peces en lonja incorporando información georreferenciada de los barcos pesqueros. Permitiendo generar visualizaciones de intensidad pesquera en determinadas áreas marinas de la zona mediterránea levantina. El segundo caso de estudio, aborda el estudio y visualización de datos climatológicos en áreas de interés de piscifactorías. Para proporcionar un sistema predictivo de alertas, que permita anticipar eventos climáticos extremos que puedan producir fenómenos de escapes masivos.

Esto permitirá observar dos casos de uso con soluciones inteligentes. Que utilizan metodologías GIS (Geographical Information System), creando servidores que permiten el manejo, almacenamiento y procesamiento de información pesquera y marítima.

# Abstract

This final degree project is part of the Deepfish and Gloria research projects. The Deepfish project, combines data from fish catches in the fish market (species and size). With georeferenced information from fishing vessels to provide visual information on catch intensity in different marine areas. The Gloria project, addresses the problem of the risk of escapes in fish farms as a consequence of extreme climatic events.

In this context, the general objective of this final degree project, is the application of geographic information systems to improve the management of data from fishing and aquaculture environments. To this end, two case studies of the application of GIS technologies in these areas are considered. The first case study deals with the visualisation of fish catch data in fish markets. Incorporating georeferenced information from fishing vessels, making it possible to generate visualisations of fishing intensity in certain marine zones in the Levantine Mediterranean area. The second case study, deals with the study and visualisation of climatological data in areas of interest for fish farms. In order to provide a predictive warning system to anticipate extreme climatic events that could lead to massive escapes.

This will enable the observation of two use cases with intelligent solutions that use GIS (Geographical Information System) methodologies to create servers that allow the management, storage and processing of fisheries and maritime information.

# Resum

Aquest treball de fi de grau, s'emmarca en els projectes de recerca Deepfish i Gloria. El projecte Deepfish combina dades de captures de peixos a llotja (espècie i talla) amb informació georeferenciada dels vaixells pequers. Per proporcionar informació visual d'intensitat de captures a diferents àrees marines. El projecte Gloria, aborda la problemàtica dels riscos de fuites a piscifactories conseqüència de fenòmens climàtics extrems.

En aquest context, aquest treball fi de grau té com a objectiu general aplicar sistemes d'informació geogràfica per millorar la gestió de dades procedents d'entorns pesquers i d'aqüicultura. Per fer-ho, s'aborden dos casos d'estudi d'aplicació de tecnologies GIS en aquests àmbits. El primer cas destudi aborda la visualització de dades de captures de peixos en llotja. Incorporant informació georeferenciada dels vaixells pesquers, permetent generar visualitzacions d'intensitat pesquera en determinades àrees marines de la zona mediterrània llewantina. El segon cas d'estudi, aborda l'estudi i la visualització de dades climatològiques en àrees d'interès de piscifactories. Per proporcionar un sistema predictiu d'alertes que permeti anticipar esdeveniments climàtics extrems que puguin produir fenòmens de fuites massives.

Això permetrà observar dos casos d'ús amb solucions intel·ligents que utilitzen metodologies GIS (Geographical Information System) creant servidors que permeten el maneig, l'emmagatzematge i el processament d'informació pesquera i marítima.

# Índice general

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Motivación y contexto . . . . .	1
1.2	Estado del arte . . . . .	2
1.3	Objetivos . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Marco teórico</b>	<b>9</b>
2.1	GIS: Geographical Information System . . . . .	9
2.1.1	WebGIS . . . . .	11
2.2	AIS: Automatic Identification System . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Herramientas tecnológicas</b>	<b>15</b>
3.1	Frameworks de Desarrollo web . . . . .	15
3.1.1	Django . . . . .	15
3.1.2	Node.js . . . . .	16
3.2	Mapbox: Plataforma de cartografía y visualización geoespacial . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Casos de estudio</b>	<b>19</b>
4.1	webGIS aplicado a la pesca marítima del Mediterraneo. . . . .	19
4.1.1	Investigación previa . . . . .	20
4.1.2	Arquitectura . . . . .	21
4.1.3	Sistema . . . . .	24
4.1.4	Funcionamiento interno . . . . .	25

---

4.1.5	Optimización . . . . .	26
4.1.6	Programas de automatización . . . . .	26
4.1.7	Visualización de los datos . . . . .	27
4.2	Cuadros de mando aplicados a las piscifactorías . . . . .	32
4.2.1	Investigación previa . . . . .	32
4.2.2	Arquitectura . . . . .	34
4.2.3	Funcionamiento interno . . . . .	36
4.2.4	Visualización de los datos . . . . .	43
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>47</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>51</b>



# Índice de figuras

4.1	Diagrama de la estructura de la base de datos MySQL. . . . .	23
4.2	Arquitectura de capas de la webGIS. . . . .	24
4.3	Flujo de ejecución de la webGIS. . . . .	25
4.4	Recopilación de scripts de manejo de datos del proyecto. . . . .	27
4.5	Puntos de señales AIS en el mapa de enrutamiento. . . . .	28
4.6	Mapa de enrutamiento por partes. . . . .	29
4.7	Sistema de búsqueda del mapa de enrutamiento . . . . .	29
4.8	Visualización del mapa de calor de la webGIS. . . . .	30
4.9	Búsqueda en base al MMSI de la webGIS. . . . .	31
4.10	Arquitectura de la solución webGIS aplicado a piscifactorías. . . . .	35
4.11	Llamada a APIs desde nuestro servidor. . . . .	37
4.12	Diferencia geográfica entre un almacenamiento de datos de Copernicus- Marine y una piscifactoría. . . . .	38
4.13	Transformación de los datos CSV a GeoJSON. . . . .	39
4.14	Procesamiento de los datos por punto más cercano y por fecha. . . . .	40
4.15	Conjunto de procedimientos para el procesamiento de la información. . .	41
4.16	Colores semáforo para el riesgo de escape. . . . .	43
4.17	Parte frontend de la webGIS del riesgo de escape de las piscifactorías. . .	44
4.18	Panel lateral de la webGIS. . . . .	45



# 1 Introducción

## 1.1. Motivación y contexto

Mi interés por el mundo de la explotación de datos se inició cuando empecé a colaborar con el proyecto de Deepfish para crear un cuadro de mando. Estaba familiarizado con el desarrollo web y la automatización en sistemas linux, pero no en este nuevo tópico. Caminando a ciegas, me adentré dentro de este extenso mundo, aprendiendo y motivándome a crear un proyecto que estuviera a la altura con la ayuda de Andrés Fuster y Jorge Azorín.

Una vez desarrollado nuestra primera solución, Andrés Fuster me propuso una nueva colaboración para el futuro proyecto de Gloria 2 en conjunto con Javier Atalah. Relacionado con un estudio de factores de escape en piscifactorías, crear un cuadro de mando que represente aquellos datos de las piscifactorías de la costa mediterránea indicando factores de riesgo de escape.

Con unos conocimientos mas avanzados, me propuse realizar un proyecto que crease unos buenos cimientos para poder representar información marítima de interés para los piscifactorías.

Deepfish2 es un proyecto que se centra en la visión artificial de especímenes en lonjas. Tiene como objetivo general ampliar bases de datos de especie y talla, introduciendo

aspectos de trazabilidad mediante información georeferenciada. Además, busca mejorar un módulo de análisis y explotación de la información del proyecto anterior.

Por otro lado, el proyecto Gloria2 busca avanzar en el conocimiento y la gestión de escapes de peces desde instalaciones de acuicultura debido a eventos climáticos extremos. Creando un modelo predictivo de eventos de escapes a través del análisis de series temporales, junto a un análisis de los efectos sociales y económicos de los escapes.

Por ello, mi trabajo de fin de grado se ve orientado al estudio de la aplicación de tecnologías GIS en entornos pesqueros. Aplicándose en el primer caso con el proyecto de Deepfish2 que estudia el reconocimiento de especie y talla en las lonjas de Campello, y en el segundo caso con el proyecto de Gloria2, que estudia la posibilidad de escape de especies en piscifactorías.

## **1.2. Estado del arte**

Este apartado presenta la importancia de los estudios GIS dentro de entornos normales y pesqueros. Los GIS son indispensables para la gestión de recursos, en entornos terrestres como en marinos, proporcionando herramientas avanzadas para la recopilación, análisis y visualización de datos espaciales.

GIS (Geographical Information System) consiste en un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes que permiten el almacenamiento, gestión, manipulación y análisis de datos procedentes del mundo real.

El primer caso de estudio que abarcamos en este trabajo, es la aplicación de webGIS en la gestión de captura y el análisis de la biomasa marina. En este estudio se ha investigado principalmente en la aplicación de tecnologías GIS en entornos pesqueros, observando diversos casos de uso. Además, se ha estudiado el uso de tecnologías AIS (Automatic

Identification System), para la representación de datos en cuadros de mando. AIS es una tecnología que permite el intercambio en tiempo real de información de navegación y posición entre barcos, y entre barcos y estaciones de tierra. El estudio relacionado a destacar es el siguiente:

- **Sea use map: GIS supporting marine area's sustainable development.**

Habla sobre Sea Use Map (SUM) que es una base de datos GIS desarrollado para el conflicto en zonas costeras mediante la caracterización de recursos marinos y sus usos, en apoyo de la ordenación del espacio marítimo. Integra los usos costeros con datos medioambientales y métodos numéricos para identificar zonas adecuadas para nuevas actividades marinas, fomentando el desarrollo sostenible de los recursos humanos. [Marcelli et al., 2021]

- **Geographical Information System for Marine Applications.** Combina datos espaciales y no espaciales para la toma de decisiones en aplicaciones marinas, ganando relevancia en los 90s. Este artículo recalca la importancia de proveer diferentes perspectivas para la resolución de problemas y la toma de decisiones en entornos marinos. [TEMÍZ, 2023]

- **Marine GIS as a Tool to Support Backscatter Data Analysis for Zooplankton Investigations.** El estudio explica la aplicación de GIS en la gestión de datos backscatter para investigaciones de zooplankton, mostrando la utilidad de GIS en la recopilación y análisis de datos pesqueros. [Nardini et al., 2022]

- **The potential of Web-GIS and geovisual analytics in the context of marine cadastre.** Analiza el uso de la tecnología webGIS y la analítica geovisual en la gestión del registro marino. [Dawidowicz and Kulawiak, 2018]

- **Use of the geospatial technologies and its implications in the maritime transport and logistics.** Estudia tecnologías geoespaciales en la logística marina y su aplicación de la evaluación de riesgo en piscifactorías. Propone un sistema de gestión de buque-puerto para el futuro, empatizando en el rol de los GIS en la optimización electrónica de rutas. [Scarlat et al., 2023]
- **AIS Database Powered by GIS Technology for Maritime Safety and Security.** El documento se centra en la utilización de los datos AIS recogidos por el programa nacional canadiense de vigilancia aérea con fines de seguridad marítima. Concluye como las tecnologías AIS integradas con GIS demuestran ser una valiosa herramienta para mejorar la seguridad marítima. [Ou and Zhu, 2008]

El segundo caso se centra en GIS aplicado a factores de riesgo de escape en piscifactorías. Por lo que el proceso de investigación se enfoca en la aplicación de tecnologías GIS dentro de la acuicultura para la representación de datos. Dentro de los estudios, se destacan los siguientes:

- **Spatial decision support in aquaculture: The role of geographical information systems and remote sensing.** Habla sobre el papel que van teniendo los GIS dentro la acuicultura. Enseña como la elaboración de GIS para escenarios futuros de producción acuícola puede proporcionar herramientas de apoyo a la toma de decisiones en el sector. [Ross et al., 2009]
- **GIS Technologies for Sustainable Aquaculture.** Se enfoca en el uso de tecnologías GIS para apoyar acciones sostenibles en el sector acuícola. La investigación ha resaltado los beneficios de integrar GIS con otros modelos en la evaluación de aspectos como la dispersión de desechos y los impactos visuales de las actividades acuícolas. [Falconer et al., 2017]

La relevancia de este proyecto dentro del mundo marítimo pesquero y acuicultor es la siguiente:

- Se estudian nuevas maneras de crear tecnologías GIS en el mundo marítimo, proporcionando nuevas ideas de aplicación y representación de la información en dos contextos de utilidad real.
- A pesar que ya existen estudios dentro del sector marítimo GIS, aun falta mucho por avanzar. Fomentando este estudio potenciar el mismo y creando mas base tecnológica.
- Se enseñan procedimientos de como extraer información y transformarlo hasta un punto que los datos tengan utilidad visual.
- Se estudian soluciones con tecnologías de vanguardia que facilitan la automatización y procesamiento de los datos, además de su desarrollo creando soluciones ágiles y aplicables en casi cualquier entorno.

## 1.3. Objetivos

Este trabajo esta rodeado de dos principales objetivos a completar, estando enmarcado dentro del proyecto de Deepfish2 y Gloria.

El propósito este trabajo de fin de grado de manera general, es realizar un estudio sobre la aplicabilidad de aplicaciones GIS dentro de entornos marítimos. Buscando una representación de estos datos de manera geográfica y proporcionándonos información relevante para facilitar la interpretación de estos mismos.

Dentro de los proyectos de Deepfish2 y Gloria, se buscan los siguientes objetivos específicos relacionados a las necesidades que tiene cada uno:

- **Creación de un software de explotación y visualización de datos de descargas pesqueras con cuadro de mando.** Para este objetivo se busca crear un cuadro de mando que pueda representar la recopilación de datos de especie y talla de la herramienta de visión artificial de Deepfish2. Se ha establecido una serie de subobjetivos para cumplir estas pautas:
  - Estudio de métodos para la representación de la información geográfica.
  - Creación de una estructura teórica para una solución GIS que se adapte a las necesidades del proyecto.
  - Montar una estructura tecnológica relacionada a la teórica.
  - Procesamiento de la información AIS y pesquera recopilada de Deepfish.
  - Implementación y creación de una webGIS que satisfaga el propósito del proyecto.



- **Crear e implementar un cuadro de mando que represente datos relacionados con el riesgo de escape en el entorno de acuicultura de la costa Mediterránea.** Se buscará realizar un sistema similar aplicado a las características que nos pide Gloria, creando una webGIS con indicativos de factores de riesgo de escape.
  - Estudio de medios de recopilación de información de datos meteorológicos marinos.
  - Invención de una estructura teórica para una solución GIS que se adapte a las necesidades del proyecto.
  - Crear una estructura tecnológica que se oriente a las necesidades del proyecto.
  - Procesamiento, transformación y limpieza de la información recopilada adaptándola para la representación de los datos en las piscifactorías.
  - Implementación de los datos en de manera visual en un entorno geográfico.



## 2 Marco teórico

En esta sección se expondrán aquellos conceptos que son necesarios para comprender el proyecto.

### 2.1. GIS: Geographical Information System

Un **Sistema de Información Geográfica** es una arquitectura informática para el almacenamiento, captura, manipulación, gestión, análisis y representación de datos geográficos o espaciales. Se combinan diversas estructuras y técnicas que permiten analizar información del mundo real representándolo visualmente, facilitando la toma de decisiones basadas en datos geográficos. Un ejemplo es la planificación de espacios verdes urbanos en Etiopía, que con tecnologías ArcGIS y diversos criterios se identifican los mejores sitios para colocar espacios urbanos naturales. [Gelan, 2021]

GIS ha sido utilizado en campos como la epidemiología y la biodiversidad, entre muchos otros. Con el uso de GIS, se pueden superponer e integrar información diversificada, a través de la cual uno puede mapear patrones y relaciones espaciales de información.

Como se ha expuesto en el estado del arte, los GIS tienen aplicaciones múltiples en el ámbito marino. Son las herramientas primordiales para la gestión, análisis y visualización de datos espaciales. Tomando en cuenta que los datos espaciales provienen de diversas fuentes, el uso de los GIS no puede ser ignorado en la investigación científica y el uso sostenible de un país. En el caso del marino pesquero, los GIS son utilizados para llevar el control de poblaciones de peces y pesca. A través del cruce de datos de pesca, captura y esfuerzo pesquero, hábitats marinos, etc., pueden ser identificadas las zonas críticas para la conservación, lo que conlleva a la correcta explotación de las especies marinas. La posibilidad de cruzar datos espaciales hacen de los GIS una herramienta esencial para los barcos pesqueros y la biodiversidad.

Un Sistema de información geográfica (GIS) está conformado por diferentes componentes esenciales que trabajan en conjunto para la gestión de datos geoespaciales. Estos componentes incluyen:

- **Hardware:** Consiste en los equipos tecnológicos necesarios para ejecutar el software del GIS y manejar grandes conjuntos de datos.
- **Software:** Este componente incluye programas y aplicaciones que permiten procesar datos geográficos.
- **Datos:** Es el núcleo de un GIS. Se divide en datos espaciales que representa características geográficas y de coordenada y datos atributivos que es información adicional sobre esas características
- **Métodos:** Son los procedimientos y técnicas utilizadas para analizar y procesar datos geográficos.

Estos componentes trabajan juntos para proporcionar una plataforma poderosa que permite la toma de decisiones basada en datos espaciales en diversas aplicaciones.

### 2.1.1. WebGIS

Dentro de los GIS existe una categoría en particular que se llama Sistema de Información Geográfica Web (WebGIS), que es una forma avanzada del mismo que se implementa y se utiliza en plataformas web.

Una WebGIS además de estar compuesto por los componentes tradicionales de una GIS, tiene los siguientes componentes y funcionamiento

- Tiene que estar conformado por un servidor GIS y un cliente, donde el servidor responde a las solicitudes del cliente.
- Funciona por servicios web estándar (como HTTP/HTTPS) para la comunicación entre el servidor y el cliente.
- Un componente de mapa web que permite la integración de múltiple tipos de datos en una plataforma accesible a través de un navegador.

En este proyecto se ha decidido por la integración de sistemas webGIS las siguientes razones:

- **Accesibilidad y colaboración**, permitiendo a los usuarios acceder a datos geoespaciales y herramientas de análisis desde cualquier lugar con una conexión a internet.
- **Escalabilidad y flexibilidad**, pudiendo manejar grandes cantidades de usuarios simultáneamente y siendo adaptable a diversas necesidades.
- **Mejora en la toma de decisiones**, al permitir la visualización y análisis de datos geoespaciales, facilita la toma de decisiones informadas. Los usuarios pueden identificar patrones, tendencias y relaciones que nos serían evidentes de otra manera.

- **Integración de datos en tiempo real**, esto es esencial para la gestión de emergencias y la respuesta a incidentes. Los datos actualizados permiten una toma de decisiones más rápida y precisa en situaciones críticas.

## 2.2. AIS: Automatic Identification System

El sistema de identificación automática es un protocolo de comunicación y dispositivo obligatorio por la Organización Marítima Internacional (IMO) para mejorar la seguridad marítima para evitar colisiones y encallamientos [Wha, ]. AIS transmite y recibe información entre barcos y autoridades portuarias, sirviendo como una herramienta complementaria para la detección e identificación de barcos. Hay dos clases de AIS: Clase A, que es obligatorio para embarcaciones comerciales grandes, y la Clase B que puede ser voluntariamente usado por cualquier barco.

AIS provee dos tipos de servicios: AIS terrestre (T-AIS) y AIS satelital (S-AIS). T-AIS opera dentro de la línea de visión de estaciones costeras, extendiéndose típicamente hasta las 40 millas náuticas de la costa. Esta limitación de rango impulsó el desarrollo de S-AIS, que usa satélites para recibir señales globales, extendiendo considerablemente la zona de cobertura y asegurando que barcos en oceanos remotos puedan ser monitorizados efectivamente.

En la primera parte de nuestro estudio, veremos como se realiza una webGIS utilizando la tecnología AIS para posicionar geográficamente los barcos en el mar. Además de proveernos información de utilidad que nos enseñan el estado de varios factores de las embarcaciones.

Más adelante se especificará porque se ha elegido el protocolo AIS comparado con otras alternativas. Pero los datos AIS destacan por su accesibilidad y disponibilidad, siendo disponibles en tiempo real y accesible en diversas plataformas. La implementación y operación de AIS son relativamente económicas, pudiendo crear receptores con un costo bajo. Además, el protocolo AIS puede proporcionar detección en tiempo real.





## 3 Herramientas tecnológicas

En este capítulo se va a enseñar el contexto tecnológico necesario para entender el proyecto.

### 3.1. Frameworks de Desarrollo web

Un framework web es un conjunto de software que se utiliza para facilitar la creación de aplicaciones web. Dentro de este estudio se ha utilizado Django para el primer caso, y Node JS para el segundo.

#### 3.1.1. Django

Django es un framework de alto nivel para el desarrollo de aplicaciones web en python. Está diseñado para facilitar el desarrollo rápido y el diseño limpio y pragmático. Además, Django es compatible con una gran cantidad de características preconstruidas que podrían ayudar a desarrollar aplicaciones web robustas. [Dja, ]

Otra característica de Django es que tiene un ORM (Object-Relational Mapping) consciente incorporado, que es capaz de interactuar con bases de datos utilizando objetos de Python en lugar de SQL. Viene con seguridad incorporada contra una amplia gama de ataques, incluida la inyección de SQL, XSS y CSRF. Además, tiene una interfaz de administración generada automáticamente para los modelos de datos.

Se ha seleccionado este framework para el primer estudio porque para el manejo de datos y procesamiento de la información se ha utilizado python scripting, facilitando la integración a posteriori en django, ya que no hace falta una adaptación entre lenguajes.

Para este proyecto se ha necesitado integrar una estructura de base de datos relacional firme debido a la complejidad de la unión de los datos de diferentes fuentes. Para ello, hemos necesitado del uso de mySQL y Django al tener un ORM ya integrado nos permite interactuar con los datos de manera más fácil e integrada.

Django es un framework extensible, flexible y escalable. Que facilita a otros desarrolladores continuar el proyecto para futuras integraciones.

### 3.1.2. Node.js

Es un entorno de ejecución que permite a los desarrolladores ejecutar código Javascript en un servidor. Se ha creado para crear aplicaciones escalables y de alto rendimiento, utilizando modelos de E/S sin bloqueo y orientado a eventos. [Nod, ]

Tiene como características clave que es asíncrono y orientado a eventos, permitiendo manejar múltiples conexiones simultáneamente sin bloquear hilos de ejecución. Es un framework altamente escalable que permite crear aplicaciones de gran escala que requieren alta concurrencia. Gracias al manejador de paquetes npm (Node Package Manager) además, permite integrar una gran cantidad de módulos.

Se ha seleccionado este framework para el segundo estudio por proporcionar librerías que facilitan la creación de servidores web y APIs RESTful como express js. Los datos del segundo proyecto principalmente han sido de tipo JSON, Node js al utilizar Javascript maneja JSON de forma nativa, facilitando la manipulación y procesamiento de datos geoespaciales. Además, facilita la integración de Mapbox js, que es una librería hecha en Javascript para creación de mapas online.

## **3.2. Mapbox: Plataforma de cartografía y visualización geoespacial**

Mapbox es un servicio de creación de mapas en línea que ofrece facilidades y opciones para el desarrollo de aplicaciones dinámicas y interactivas que contienen información geoespacial, pudiendo representar información de todo tipo. [map, ]

Dentro de Mapbox se encuentra Mapbox GL JS, que es una biblioteca de JavaScript de código abierto que se utiliza para crear mapas interactivos dinámicos en servicios web. Mapbox GL JS funciona con javascript siendo fácilmente integrable.

Se ha utilizado Mapbox por su rendimiento y eficiencia, debido a que se hace el renderizado en la parte del cliente reduciendo la carga en el servidor. En otras tecnologías como ArgGIS, se hace la renderización de parte del servidor, pudiendo resultar lento en tiempos de respuesta. Una de las ventajas de Mapbox GL JS es que está diseñado para integrarse específicamente en aplicaciones web modernas, utilizando tecnologías como JavaScript, HTML5 y CSS3. Además, tiene una documentación muy extensa que facilita el desarrollo.



## 4 Casos de estudio

En este capítulo se va a detallar los dos casos de estudio, sus diferencias y la elaboración para cada caso particular. Siendo el primero una webGIS aplicado a la pesca marítima del Mediterráneo y el segundo un cuadro de mando aplicado a la visualización espaciotemporal del riesgo de escape en piscifactorías.

### 4.1. webGIS aplicado a la pesca marítima del Mediterráneo.

Este proyecto se centra en la representación visual de datos de embarcaciones pesqueras cruzado con información pesquera. Para las embarcaciones utilizaremos datos AIS (Automatic Identification System) que permite compartir la posición geográfica de la embarcación, además de otra información que puede ser relevante para el sector. Para las cantidades de pesca se ha utilizado los datos recopilados del sistema de reconocimiento de especies y tallas del proyecto de Deepfish.

El resultado final ha sido una simulación del potencial que tiene como producto, colaborando con empresas como el Centro Tecnológico Naval que han adaptado y cedido datos AIS de Cabo de Palos, Murcia.

### 4.1.1. Investigación previa

Se ha investigado previamente las opciones de las que se dispone para detectar las coordenadas del barco. Dentro de esta investigación se ha visto diferentes protocolos para poder visualizar la posición geográfica de los barcos, pero los que mas han destacado han sido tres:

VBS (VIIRS Boat Detection) es un sistema que utiliza la tecnología de la Suite de Radiómetro de Imágenes Infrarroja Visible (VIIRS) con base orbital en un satélite. Monitorizando embarcaciones recopilando información de baja luz que se utiliza para luces de origen humano [Elvidge et al., 2015]. Lo bueno de este método es que no necesita de ninguna instalación en la embarcación pero sus información es de acceso privado las condiciones ambientales pueden afectar a los resultados.

VMS (Vessel Monitoring System), también denominado Sistema de Monitoreo de Embarcaciones, es un sistema de rastreo de posición geográfica, está restringido históricamente al uso de reguladores gubernamentales u otras autoridades pesqueras [NOA, ]. Este sistema permite seguimiento continuo a las embarcaciones pero su instalación y mantenimiento tiene puede ser costoso, pudiendo afectar especialmente a pequeñas empresas.

AIS presenta ventajas en respecto al resto de protocolos comentados como que tiene una fácil accesibilidad, teniendo datasets públicos y al ser una tecnología radar existe la posibilidad de recopilar información de manera propia.

Tanto VMS como VBS se han descartado, principalmente por la dificultad de la entidad investigadora para conseguir los datos, siendo estos privados. Ofrecen diferentes ventajas en otro contexto como que VMS suele ser mas preciso para el seguimiento regular y constante que el protocolo AIS. Esto se debe a que depende de satélites para su seguimiento, en cambio AIS, a pesar de que existe S-AIS, por lo general usa señales de radio.

En cambio, AIS presenta las siguientes ventajas para este proyecto en comparación al resto de metodologías comentadas:

- Fácil accesibilidad. A pesar que los precios de datasets históricos y la recopilación de información desde otras entidades como MarineTraffic o VesselFinder son bastante elevados, hay datasets públicos y se puede recopilar información en cualquier espacio creando un antena que recopile información AIS.
- Bajo coste. Se puede montar sistemas AIS por costes realmente bajos utilizando materiales baratos.

### 4.1.2. Arquitectura

En esta parte se explicará la arquitectura del cuadro de mando. Está creada por diferentes capas, estando conformado por la capa web, la capa GIS y la capa DDBB.

#### Capa Web

La capa web es un programa informático que procesa una aplicación del lado del servidor, realizando conexiones bidireccionales con el cliente. Para la capa web se ha utilizado Django por su robustez y su escalabilidad. Maneja una gestión eficiente de las solicitudes HTTP y permite una integración ágil con el resto de capas.

## Capa GIS

Dentro de las opciones para el servidor GIS se ha planteado tecnologías como GeoDjango, GeoServer, Mapnik, MapServer o GeoServer. Al final se ha seleccionado Mapbox, precisamente Mapbox GL JS. Esto permite crear una solución fácilmente integrable para entornos inteligentes con componentes como HTML, CSS y Bootstrap. Y siendo una librería que es altamente personalizable y ajustable al usarse con Javascript.

## Capa DDBB

Para la capa de la base de datos se ha decidido utilizar MySQL. Esta se encarga de almacenar la información AIS y de pesca en una estructura que relaciona los diferentes componentes de una manera que luego se pueda exportar y visualizar en la webGIS. MySQL asegura un formato sólido a la hora de integrar los datos, se pasan los datos a GeoJSON posteriormente en tiempo real para poder visualizarlo con Mapbox.

Para la estructura de la base de datos se ha relacionado los datos AIS, los datos que se obtienen de la bandeja (en cada bandeja con peces hay un QR con información relevante del mismo) y la información relevante de cada barco en la lonja de Campello recopilados en tierra.

La Fig. 4.1 detalla la estructura de la BBDD creada. Esta BBDD contiene cuatro tablas. La tabla AISVessel tiene el mismo formato que los datos obtenidos con AIS, y la tabla de la bandeja refleja como se registra la información en la lonja de Campello. Dentro de una bandeja hay varios resultados obtenidos con el sistema de deepfish de recopilación de cantidad y talla.



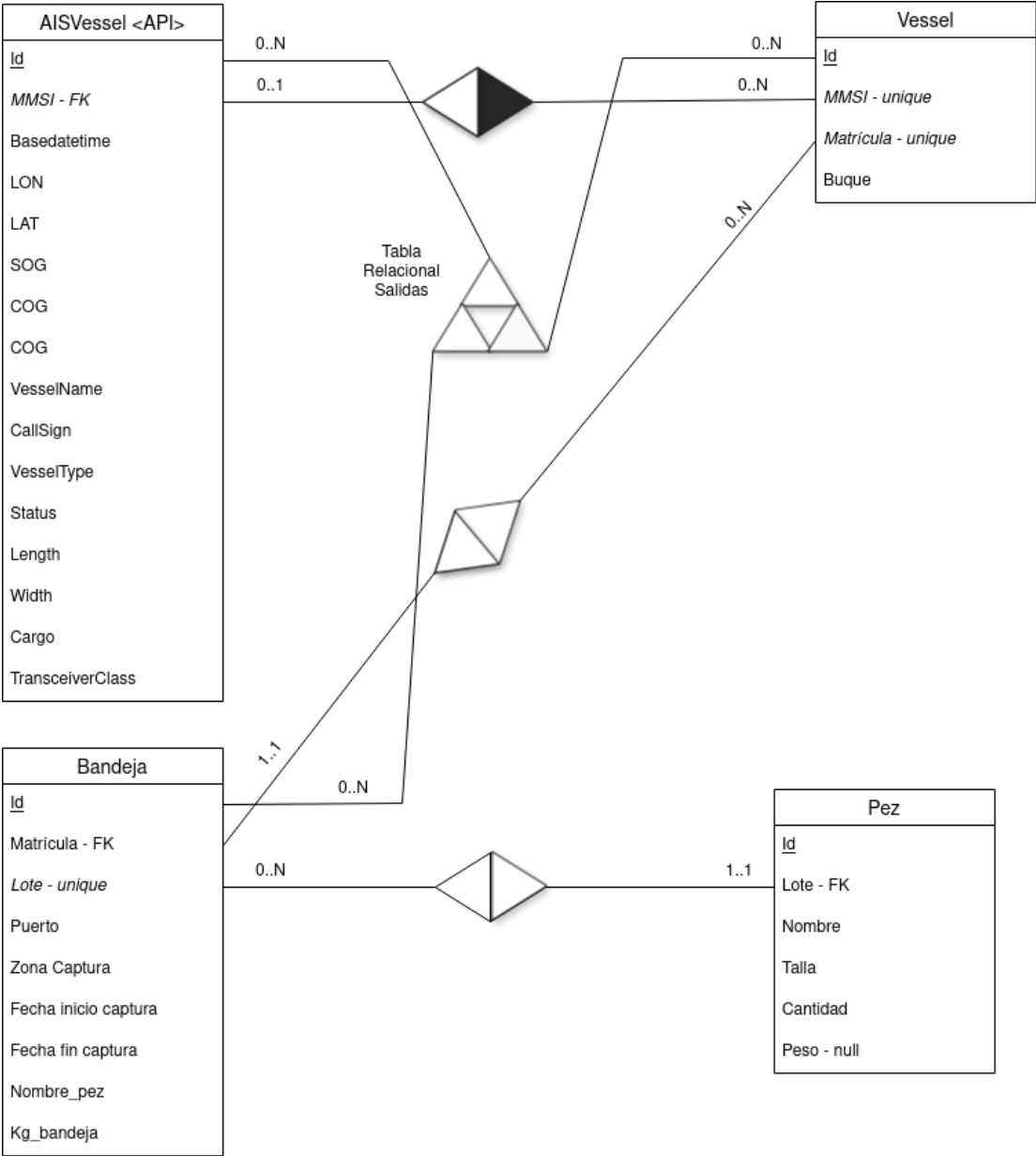


Figura 4.1: Diagrama de la estructura de la base de datos MySQL.

### 4.1.3. Sistema

Se ha utilizado un servidor Ubuntu 22.04 para integrar las tres capas. Es fácilmente replicable en cualquier ordenador porque requiere únicamente de python, con ello se puede instalar las dependencias con pip.

Mapbox solventa una parte interna del servidor pues facilita algunas funcionalidades para el procesamiento de la información. Además, permite el análisis de los datos mediante la creación de mapas de calor, densidad, etc.

A continuación se puede visualizar las tecnologías que utiliza cada capa:

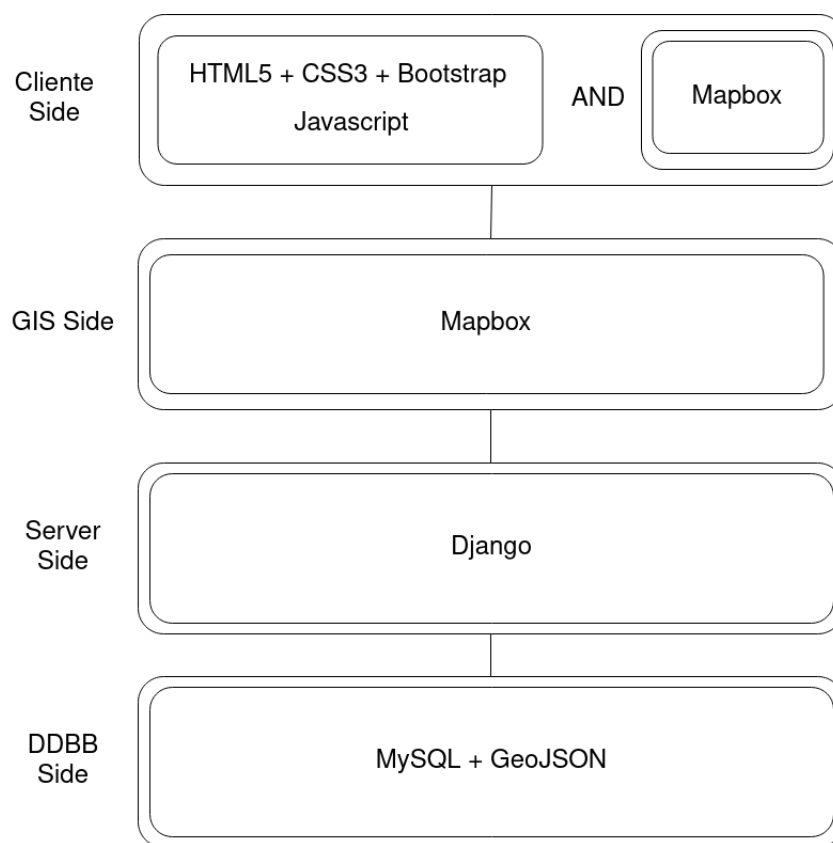


Figura 4.2: Arquitectura de capas de la webGIS.

4.1.4. Funcionamiento interno

Cuando un cliente realiza una petición al servidor, se realiza un filtrado de la información en el que se buscan los datos AIS en base a las variables de búsqueda que ponga el cliente y el tipo de mapeado que se busque (líneas, puntos o un mapa de calor). De manera independiente se relaciona los datos AIS con los pesos (cantidad pescada) correspondiente. Relacionamos el barco con su respectivo AIS y su bandeja y se pasan los datos a GeoJSON como respuesta para visualizarlo de parte del cliente.

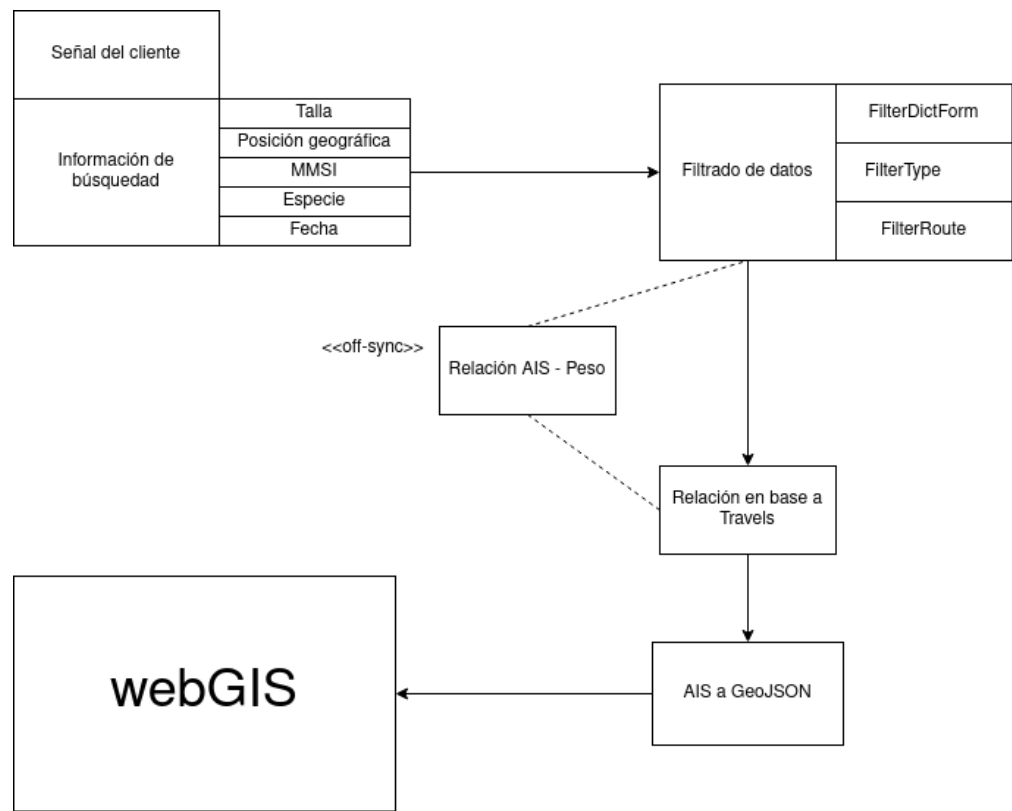


Figura 4.3: Flujo de ejecución de la webGIS.

### 4.1.5. Optimización

Para acelerar el funcionamiento del sistema se ha implementado dos mejoras. El primero es el guardado asíncrono de los trayectos, haciendo una triple relación entre los resultados de los datos AIS, el barco y la bandeja. Esto reduce las búsquedas a tiempo real a la hora de realizar la GIS. El procedimiento de relacionar el AIS con los pesos se ejecuta una vez al día con cron (administrador de procesos de linux), que se encarga de ejecutar el script de manera periódica.

La otra manera de optimizar el sistema, ha sido mediante el procesado y escritura de los datos AIS en base a la cantidad pescanda de manera asíncrona. Esto reduce de cantidad notable las búsquedas complejas de información acelerando el procedimiento.

### 4.1.6. Programas de automatización

A la hora de realizar el proyecto se ha recurrido principalmente a la automatización para la generación de datos y transformación de datos. Se han desarrollado una variedad de programas con este mismo fin.

Django nos permite la posibilidad de crear comandos personalizados, se ha realizado una variedad de métodos con esta herramienta para importar los datos dentro del proyecto. Para poder optimizar el sistema con funcionalidades como las mencionadas en el apartado anterior, se han creado programas de exportación de datos en los cuales cogemos los datos en la base de datos local MySQL y los transformamos a tipo GeoJSON para poder implementarlo dentro de Mapbox.

También se han creado scripts para la generación aleatoria de datos para poder visualizar y testear el sistema, además de conversión de datos.

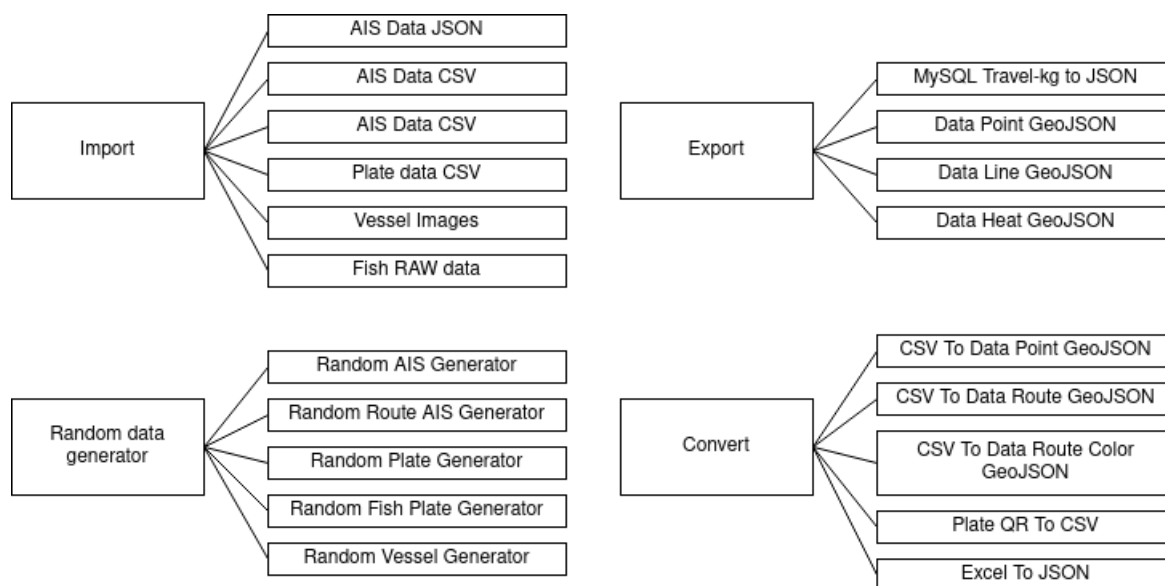


Figura 4.4: Recopilación de scripts de manejo de datos del proyecto.

#### 4.1.7. Visualización de los datos

La webGIS de Deepfish está conformado por un mapa de enrutamiento y un mapa de calor. El mapa de enrutamiento es encargado de visualizar la información únicamente relacionada con la embarcación y el mapa de calor muestra los datos en base a la cantidad pescada por zonas, enseñando por qué zonas ha habido una mayor cantidad pescada de parte de las embarcaciones.

Para la representación de datos en forma de demo hemos utilizado datos AIS ubicado en Cabo de Palos en Murcia de doce embarcaciones pesqueras y los resultados obtenidos del sistema de reconocimiento de talla y especie de Deepfish aplicado en la lonja de Campello.

## Mapa de enrutamiento

El mapa de enrutamiento es un mapa geográfico de puntos, en el que se visualiza las embarcaciones por color. Permite filtrar visualizando que barco recorre que zona y viendo sus trayectos a lo largo del tiempo.

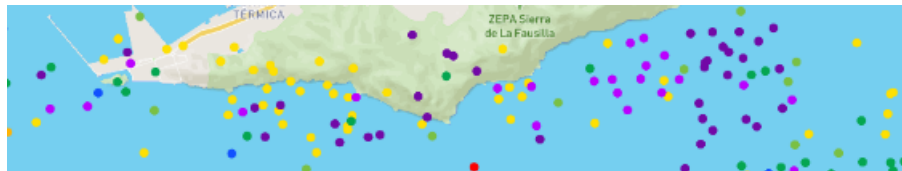


Figura 4.5: Puntos de señales AIS en el mapa de enrutamiento.

El mapa de enrutamiento Fig. 4.6 está conformado por un cuadro desplegable que enseña información sobre la embarcación si se pulsa sobre un punto AIS del mapa (cuadro 1), en este se incluye información como el MMSI, el nombre de la embarcación, la matrícula, la longitud y latitud desde donde se ha enviado la señal, la velocidad, la fecha en la que se ha enviado la señal, el tipo de barco (tamaño), etc. El botón de la lupa (cuadro 2) despliega un menú para filtrar la información de cada embarcación (se detallará con mayor profundidad a continuación), tiene un cuadro de filtrado que permite quitar y poner capas del mapa (cuadro 3) y un botón para transicionar al mapa de calor (cuadro 4).

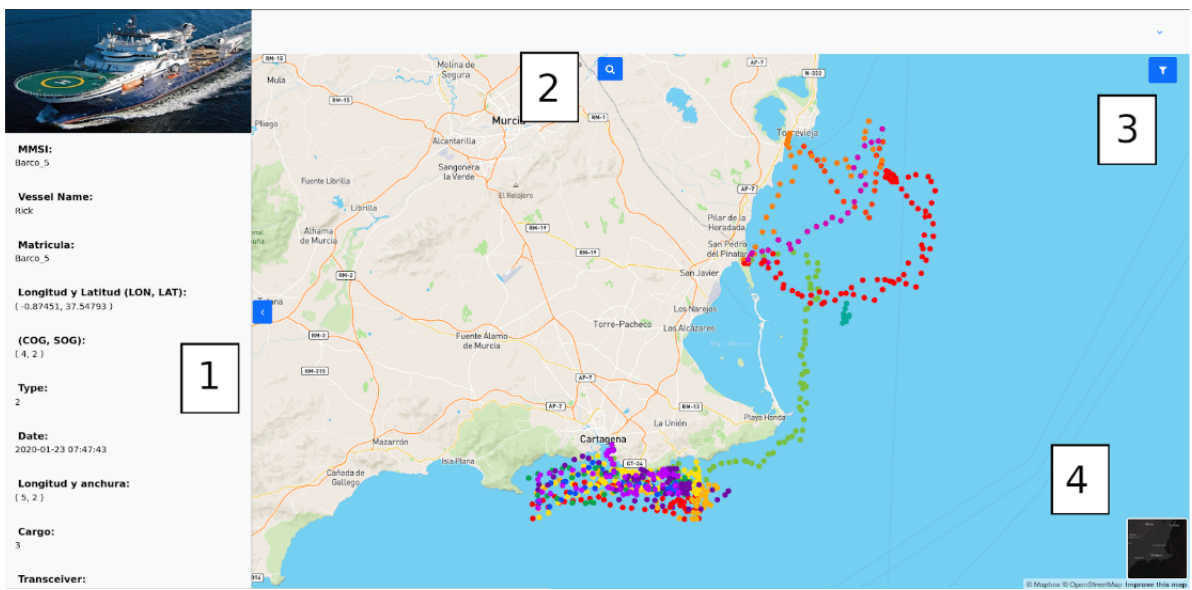


Figura 4.6: Mapa de enrutamiento por partes.

El menú de búsquedas Fig. 4.7 tiene como opción hacer una búsqueda en base al MMSI, especie del pez que se ha pescado, un rango de fechas, la zona de una posición geográfica en concreto y la talla del pez. Tiene un menú desplegable donde se introduce el tipo de dato que queremos filtrar y su valor.

The figure shows a search system interface. It features a map in the background with a search overlay. The overlay contains a form with the following fields: MMSI (with a dropdown arrow), Fecha inicio (with a dropdown arrow), Fecha fin (with a dropdown arrow), Talla (with a dropdown arrow), and Especie (with a dropdown arrow). A 'Search' button is located to the right of the MMSI field. The map shows the same Murcia region as Figure 4.6, with colored dots representing fishing routes.

Figura 4.7: Sistema de búsqueda del mapa de enrutamiento

## Mapa de calor

En el mapa de calor se visualizan aquellos datos relacionados con la cantidad pescada por zonas. Por puntos de iluminación, se puede observar la zonas donde la pesca ha sido mas concurrida. Estos datos se crean en base al valor y la frecuencia de puntos por zonas. Esto nos indica la cantidad pescada, pudiéndose clasificar por talla y especie. Permite también realizar un registro histórico de cuanto se ha pescado por fecha.

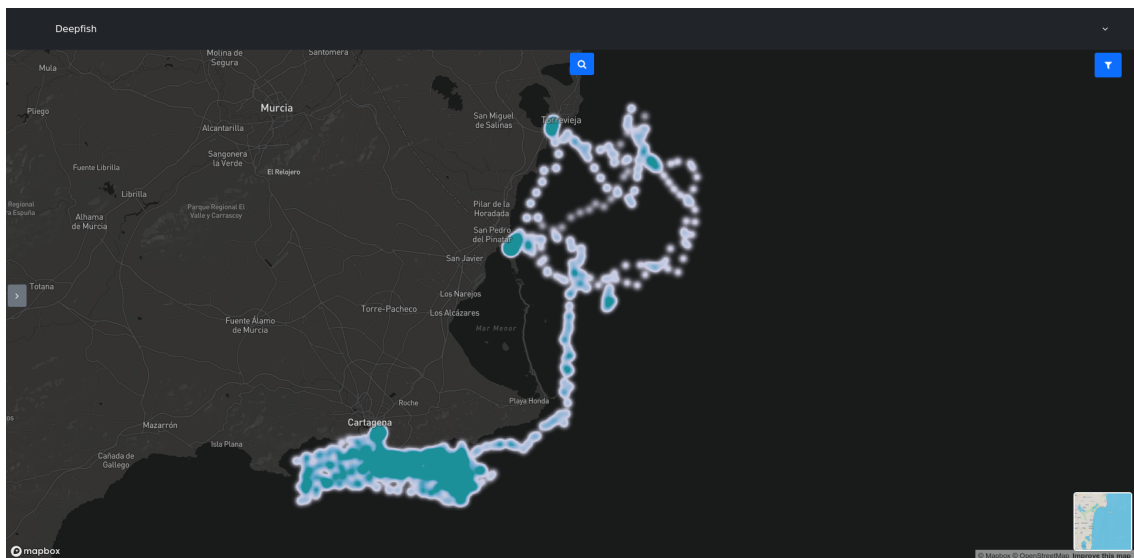


Figura 4.8: Visualización del mapa de calor de la webGIS.



A continuación se puede observar un filtrado por MMSI (identificador del barco) en una zona en concreto, viendo por que zonas ha pescado mas y que ha estado el mayor tiempo.

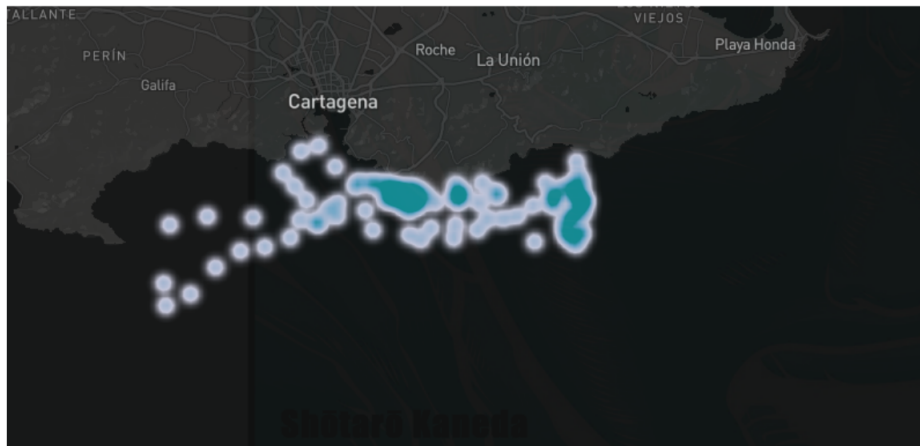


Figura 4.9: Búsqueda en base al MMSI de la webGIS.

Como resultado obtenemos una visualización de datos AIS que nos permite reconocer las diferentes embarcaciones y visualizar las cantidades pescadas por zonas. Permitiendo filtrar los datos, filtrar las capas y ver los datos particulares de cada barco.

## 4.2. Cuadros de mando aplicados a las piscifactorías

En esta sección se va a hablar del desarrollo del proyecto orientado a un cuadro de mando aplicado a las piscifactorías. Este proyecto se centra en la representación de datos de riesgo de escape en las piscifactorías de la costa Mediterránea. Para ello, se ha creado un sistema webGIS en el que se extrae información de APIs externas y se muestra información de relevancia para el entorno marino relacionado.

### 4.2.1. Investigación previa

Dentro de la investigación previa, se ha analizado cual es el medio adecuado para obtener la información necesitando datos marítimos de interés. Se ha necesitado saber como obtener la información teniendo dos opciones, Copernicus Marine y ECWMF.

Copernicus Marine es un programa de la Unión Europea dedicado a proporcionar datos y servicios de monitorización de los océanos, ofreciendo información detallada de datos marítimos como la temperatura, la corriente y otros parámetros oceánicos. Apoyando la investigación científica y la gestión ambiental.

ECMWF (Centro Europeo de Predicción del Tiempo a Medio Plazo) es una organización intergubernamental que proporciona predicciones meteorológicas y climáticas a medio plazo.

Después de mucho estudio, se ha decantado por Copernicus Marine por las siguientes razones:

- **Enfoque específico en los Óceanos:** Copernicus Marine está específicamente diseñado para monitorizar los océanos y mares del mundo, proporcionando datos detallados sobre las condiciones marinas. ECMWF aunque también proporciona información sobre los océanos, se centra más en la predicción meteorológica.
- **Datos de alta resolución:** En general, los datos del sistema de Copernicus Marine, en la mayoría de los casos, tiene una alta resolución espacial y temporal. Esto se vuelve extremadamente importante para lograr un análisis detallado de los fenómenos marinos.
- **Monitoreo Biogeoquímico:** Copernicus Marine monitoriza datos biogeoquímicos del océano. Pudiendo mirar parámetros como la concentración de clorofila, oxígeno disuelto, nutrientes y el pH del agua.
- **Acceso libre y gratuito:** Los datos de Copernicus Marine están disponibles de manera gratuita y libre para todos los usuarios. ECMWF también ofrece algunos productos de forma gratuita pero muchos de sus datos pueden requerir suscripción o estar disponible solo para usuarios autorizados.

### 4.2.2. Arquitectura

La webGIS tiene una base estructural rodeada en base a un servidor que recibe la información de APIs, de manera interna realiza un procedimiento de procesamiento y transformación de los datos obtenidos para poder visualizar el factor de riesgo de escape de manera correcta, se guarda en la base de datos local, y mediante mas procesamiento del servidor se ajusta los datos a las necesidades del servicio web.

Como se puede observar en la Fig. 4.10, el servidor llama a las APIs de Copernicus Marine y Openweather, transforma y procesa la información con python scripting, automatizando periódicamente con cron y se guardan los datos en formato GeoJSON. Desde el servidor web se solicita la información de Node js, desplegando la información con mapbox desde la parte del cliente.

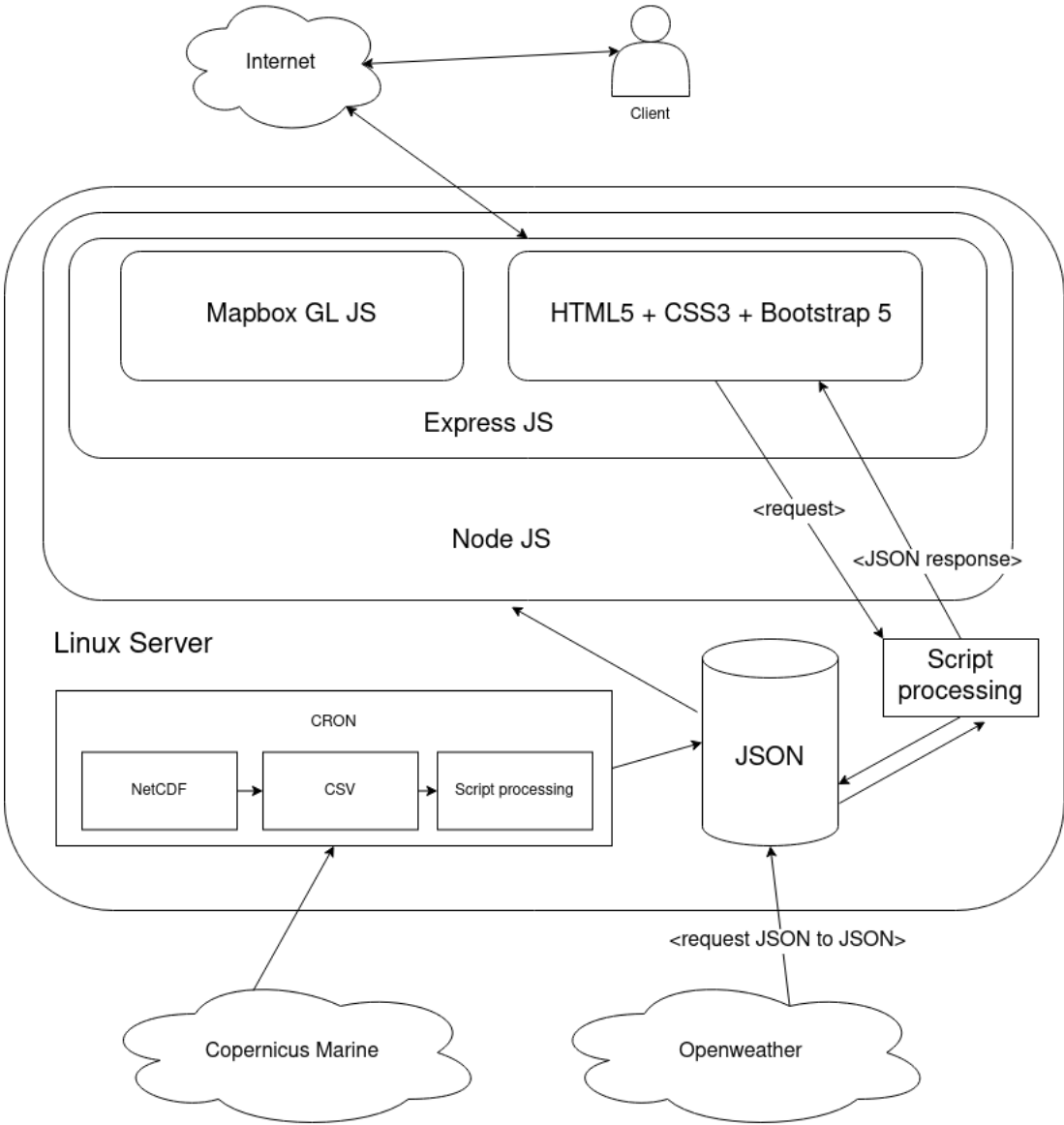


Figura 4.10: Arquitectura de la solución webGIS aplicado a piscifactorías.

### 4.2.3. Funcionamiento interno

En esta sección se mostrará el funcionamiento interno del servidor. Desde la llamada a las APIs hasta desplegarlo en Mapbox.

#### Extracción de datos y llamadas por APIs

Para la extracción de la información se ha utilizado una librería externa de CopernicusMarine de python, que nos permite extraer la información de manera externa [cop, a]. La información se extrae de la base de datos de **Copernicus Mediterranean Sea Waves Analysis and Forecast** [cop, c] para obtener datos del oleaje y **Mediterranean Sea Biogeochemistry Analysis and Forecast** [cop, b] para datos relacionados de los componentes en el agua como puede ser el oxígeno en el agua. Estos datos se guardan en un archivo netCDF, siendo este un tipo de dato que sirve para retener información geoespacial científica. Este archivo netCDF viene en un formato de puntos geolocalizados que representa el centro de un área.

Por otra parte, obtenemos información meteorológica con la API de OpenWeather llamada **One Call API 3.0**, en particular una llamada por timestamp, que es una codificación de la hora actual a un formato Unix. Esta API se llama por cada petición del cliente, llamando a cada ubicación en coordenadas de las piscifactorías de la costa mediterránea de manera paralela con threads. Estos datos llegan como una JSON response.

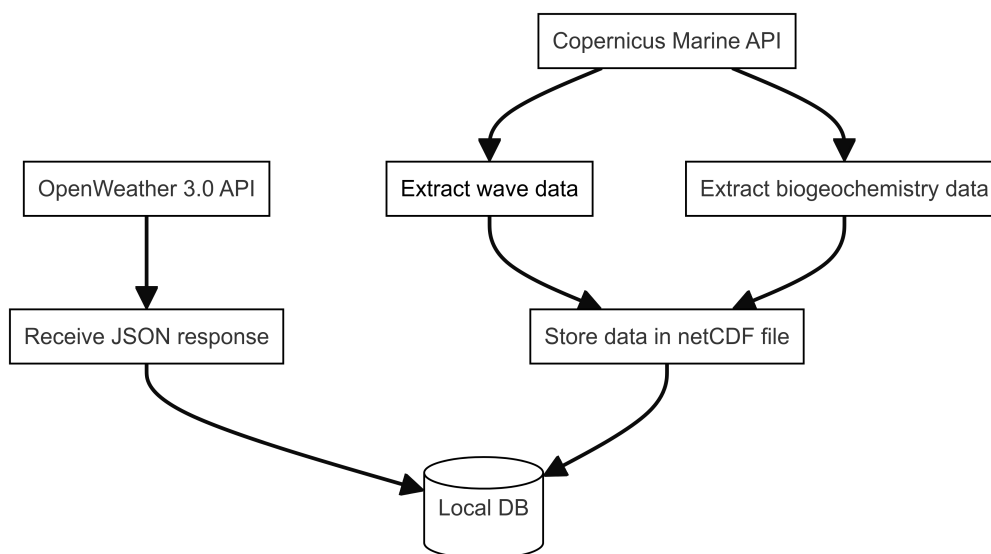


Figura 4.11: Llamada a APIs desde nuestro servidor.

## Transformación y limpieza de los datos

Para la transformación y limpieza de datos se ha llevado dos flujos de ejecución, una parte estática que ha sido para obtener la información de las piscifactorías. Y otra parte dinámica, en la que transformamos la información obtenida de CopernicusMarine hasta poder visualizarlo en nuestra webGIS.

Desde la parte estática, se ha obtenido la información de las localizaciones de las piscifactorías desde un shapefile que es un tipo de archivo georeferenciado. Pasándolo a geojson con un conversor llamado MyGeodataConverter, este convierte las piscifactorías a un conjunto de polígonos que representan su área. Para compararlo a posteriori con los datos de CopernicusMarine, se calcula el centro de cada polígono.

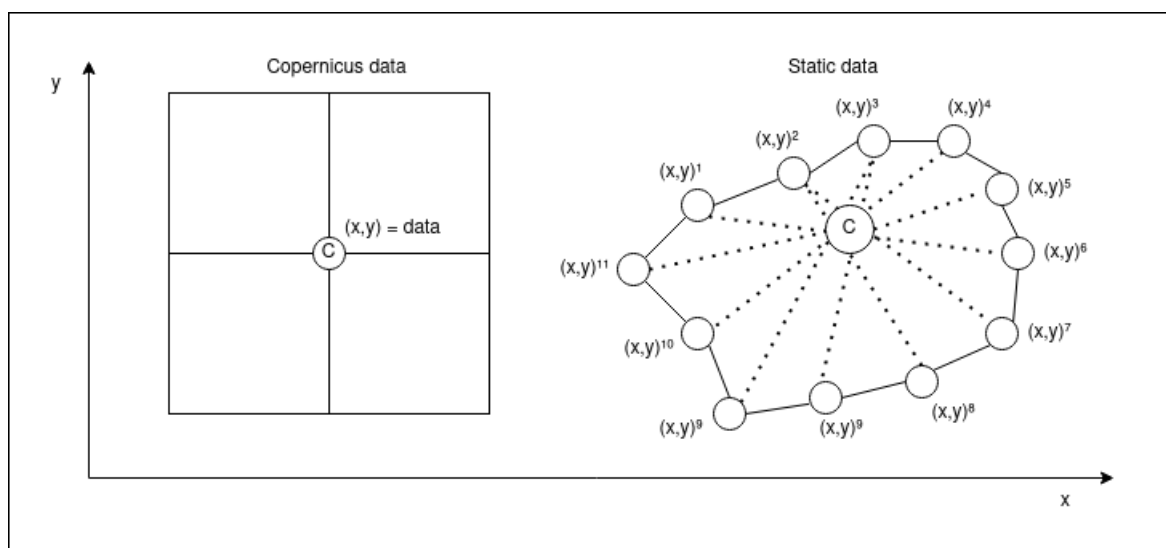


Figura 4.12: Diferencia geográfica entre un almacenamiento de datos de CopernicusMarine y una piscifactoría.

Dentro de la parte dinámica, que será la parte de que se ejecutará de manera diaria. Una vez obtenida la información de CopernicusMarine en formato netCDF, lo transformamos a CSV con la librería integrada de python. Esto se utilizará como proceso intermedio de transición al formato final que queremos obtener el archivo.

Dentro del archivo CSV, para cada fecha tenemos una coordenada con datos. Se ha querido invertir el formato, haciendo que para cada coordenada tengamos una fecha con los datos. Esto se debe a que nos facilitará la representación de datos en Mapbox, ya que es el formato que se pide para GeoJSON. Una vez conseguido las fechas con datos por coordenadas, lo pasamos a GeoJSON y lo pasamos a la base de datos local. Antes de juntar la información estática con la dinámica, se limpiado los datos de tierra para que no aparezcan puntos innecesarios.



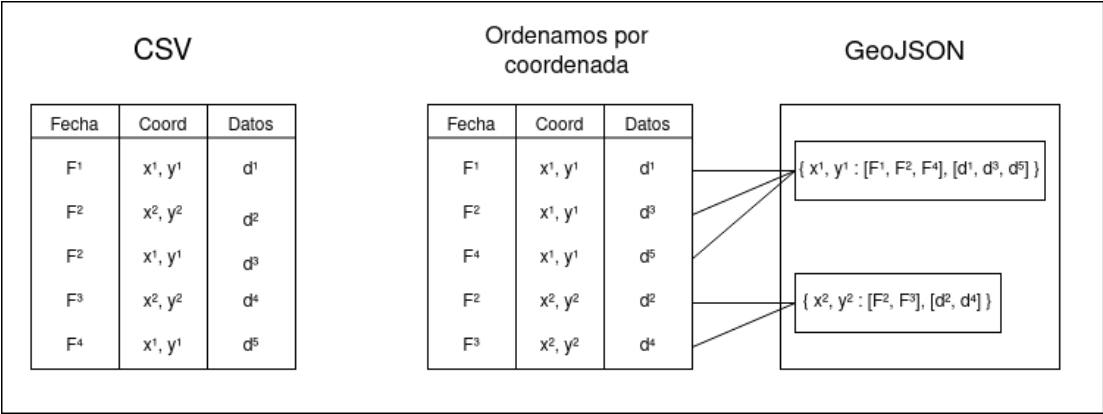


Figura 4.13: Transformación de los datos CSV a GeoJSON.

Procesamiento de los datos

Una vez que ya se tiene la parte estática (datos de piscifactorías) y la parte dinámica (datos de Copernicus Marine) en el formato GeoJSON y con limpieza de valores, se procede al procesamiento de los datos. Se busca separar los datos por fecha en archivos separados para facilitar su lectura y búsqueda de parte del servidor web cuando el cliente requiera de los datos un día en concreto.

Después se juntan ambos conjuntos en un archivo común para a posteriori poder representarlo. Para ello se calcula el punto más cercano, basándose en la coordenada con menor diferencia entre la longitud y la latitud entre ambos conjuntos de datos. Guardando únicamente aquellos valores que son el mas cercano a cada coordenada de las piscifactorías con la posicion de datos de CopernicusMarine. Una vez se tienen los puntos mas cercanos, se unen convirtiéndose en una solo conjunto de datos.

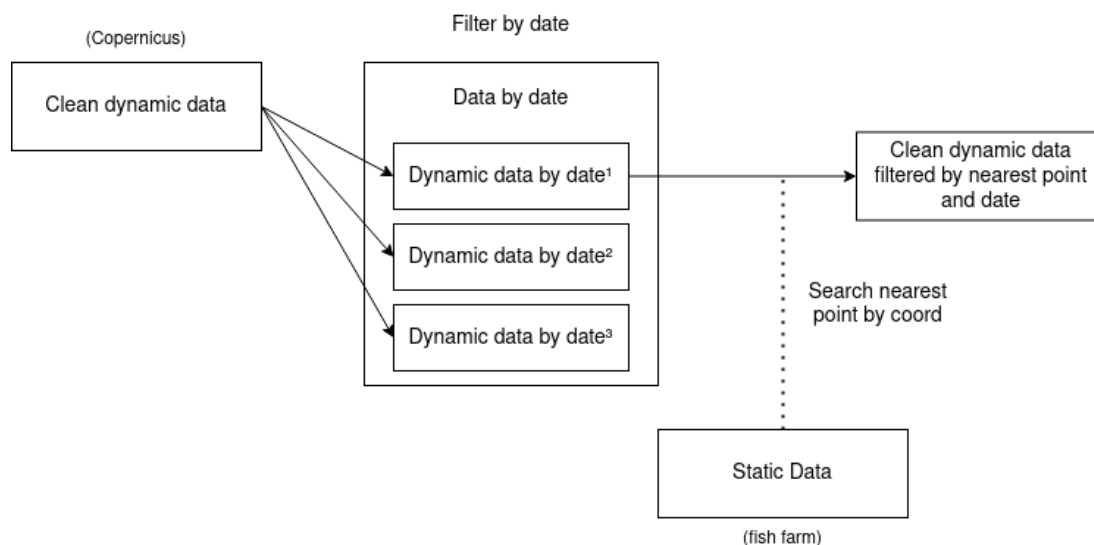


Figura 4.14: Procesamiento de los datos por punto más cercano y por fecha.

### Automatización del flujo de ejecución

Para la automatización del flujo de ejecución de los datos, se ha utilizado bash scripting. Automatizando el script de manera periódica con cron. Cron es un programador de tareas en sistemas operativos Unix, como Linux. Permite automatizar la ejecución de comandos o scripts en intervalos de tiempo específico.

Para ello, se realiza una ejecución diaria del script en el que coge los datos de copernicus. Se transforma al formato que se necesita y se filtra por fecha y coordenada para poder desplegarlo de manera sencilla, como se ha explicado en la sección de procesamiento de los datos.

Aclarando todo el procedimiento de transformación, limpieza y procesamiento de los datos. Se ha obtenido la información de las piscifactorías leyendo un archivo shapefile y convirtiéndolo a GeoJSON, se calcula el centro de la piscifactoría para simplificar posteriormente la búsqueda del punto más cercano de los datos de Copernicus, una vez calculado el centro se introduce en la base de datos local. Para obtener los datos

dinámicos en un flujo de ejecución diario de CopernicusMarine, se obtiene la información con su librería de python,y se convierte el archivo a un formato final de GeoJSON. Se limpian los datos de tierra y filtrando los datos por fecha y por el punto más cercano de las piscifactorías. Por cada ejecución de request del cliente, se busca el archivo en la fecha solicitada y añadimos la información en Mapbox para mostrarselo al cliente.

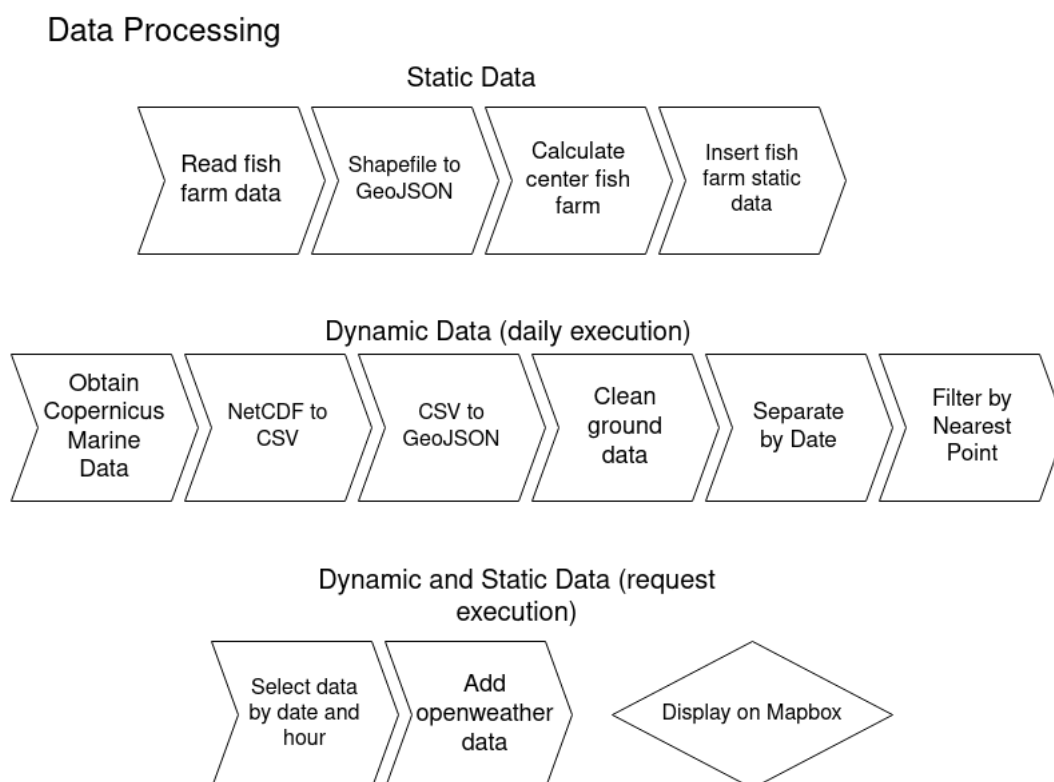


Figura 4.15: Conjunto de procedimientos para el procesamiento de la información.

### Capa web server

Para el funcionamiento de la capa web server se ha utilizado Node.js. Dentro de Node.js, utilizamos una librería llamada Express.js que permite desplegar páginas web de manera de manera concisa, segura y sencilla.

Con ello desplegamos una solicitud GET, que obtiene la página principal de la webGIS. Esta se encarga de coger los datos en base a la fecha actual y la hora actual (a menos que se solicite lo contrario), para filtrarlo de la base de datos local y enviárselo a Mapbox JS GL. Se puede escoger otra día con un filtrado que hay en la página, esto llamará a un POST que filtrará por fecha escogiendo el que corresponda al solicitado por el cliente.

Se filtra primero por fecha desde la solicitud, y después por hora en la página HTML. Esto permite solicitar una fecha e ir cambiando la hora de manera dinámica, para poder visualizarlo con un tiempo de respuesta mínimo.

#### 4.2.4. Visualización de los datos

Para la visualización de los datos se representa un mapa semáforo con las piscifactorías y los lonjas asociadas. El color de la piscifactoría será mas cálido cuando el riesgo de escape sea alto, y mas frío cuando el riesgo de escape sea bajo.

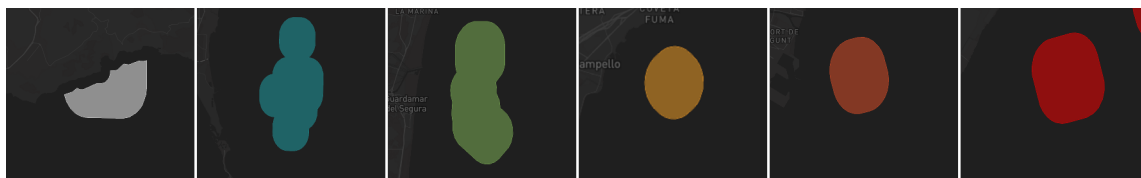


Figura 4.16: Colores semáforo para el riesgo de escape.

Como se puede observar en la Fig. 4.17, la webGIS tiene diferentes partes. En el punto numero uno se puede visualizar información de cada piscifactoría, pulsando sobre cada uno podremos saber el riesgo de escape y mas datos de interés. El segundo punto, enseña la localización de las piscifactorías y una rápida visualización de si tienen riesgo de escape en la fecha y hora indicada. El punto número tres, es un botón que permite una búsqueda por fecha y hora. Y en el punto número cuatro, se enseña la fecha y hora de búsqueda actual.

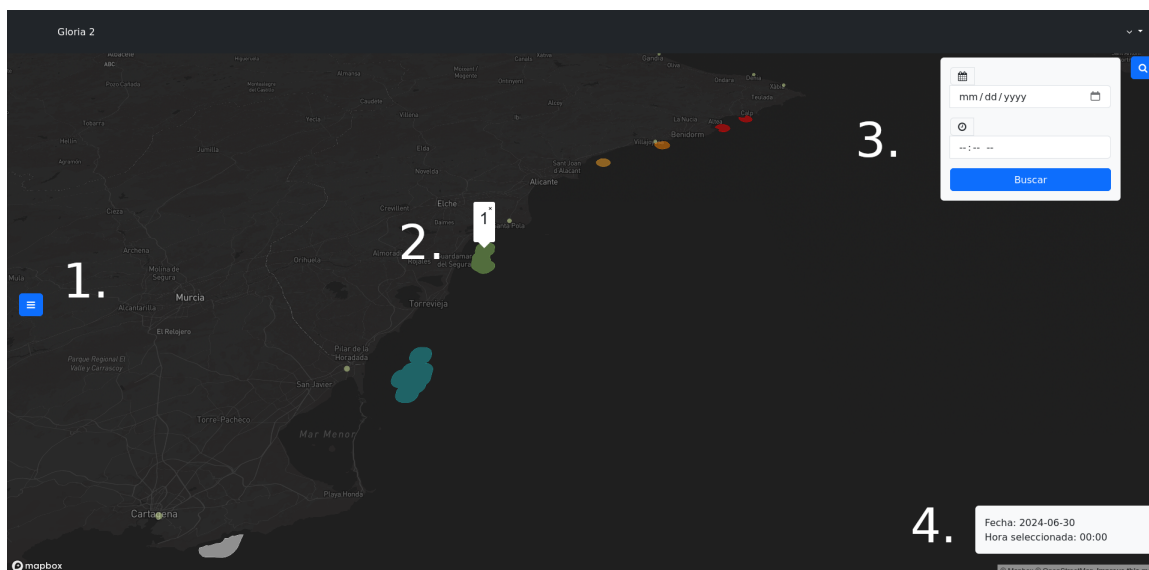


Figura 4.17: Parte frontend de la webGIS del riesgo de escape de las piscifactorías.

La webGIS dispone de un panel lateral que enseña Fig. 4.18 la información correspondiente con la piscifactoría que vamos pulsando. Muestra una imagen de la lonja mas cercana y enseña datos como la lonja y datos metereológicos. Además, enseña si el riesgo de escape es bajo (verde), medio (amarillo) o alto (rojo).



Figura 4.18: Panel lateral de la webGIS.





## 5 Conclusiones

El trabajo de fin de grado ha profundizado en la creación de webGIS en entornos pesqueros, empleando herramientas vanguardistas como Django, Node.js y Mapbox creando unos entornos web dinámicos y con rápidos tiempos de respuesta. Durante el proyecto, se ha demostrado como crear sistemas GIS eficientes, fiables y automatizados. Se ha creado el propósito general de estudiar la aplicabilidad de aplicaciones GIS dentro de entornos marítimos, esto se ha cumplido pues en todo el proyecto se ha demostrado crear dos soluciones que pueden ayudar tanto en el mundo marítimo de la pesca como en el mundo acuicultor.

Para el primer proyecto, se ha creado un caso de uso específico para la pesca. Utilizando la explotación de datos para juntar protocolos radares como AIS, y la cantidad pescada juntándolo en bases de datos MySQL. Cruzando datos de Cabo de Palos en Murcia y datos recopilados del sistema de visualización artificial Deepfish de tallaje y cantidad pescada, para obtener una webGIS que nos permite visualizar mapas de calor y visualización de enrutamientos de embarcaciones. Proporcionándonos propiedades de los barcos y las cantidades pescadas con filtrados por propiedades como la fecha, el MMSI, talla y especie.

Se cumple con el objetivo propuesto de crear un software de explotación y visualización de datos de descargas pesqueras. Estudiando diversos métodos para representar la información geográfica con AIS, creando una estructura GIS separada por capas con su respectiva estructura tecnológica e implementando como resultado una webGIS que

cumple su propósito y demuestra el potencial GIS en entornos marítimos pesqueros.

Para el segundo proyecto, se ha llevado el entorno GIS al mundo acuicultor. Utilizando APIs como CopernicusMarine y Openweather para la obtención de datos meteorológicos y oceanográficos. Creando un procesamiento de datos preciso y eficiente con bash, python scripting y automatizado con Cron. Manejando los datos con un servidor web utilizando Node js y Express js y representando los datos con Mapbox.

El objetivo propuesto de crear e implementar un cuadro de mando que represente datos relacionados con riesgo de escape en el entorno de acuicultura de la Costa Mediterránea se cumple. Esto se ha demostrado con el sistema webGIS creado, utilizando datos como la altura de la ola para preveer cronológicamente si va a haber riesgo de escape en cada piscifactoría. Esto se demuestra con una representación con mapas semáforo que indican con colores si hay riesgo o no.

Se han cumplido los objetivos del estudio de medios de recopilación de datos meteorológicos marinos probando entre diferentes alternativas y utilizando CopernicusMarine. Se ha inventado una estructura teórica y tecnológica que sigue las metodologías GIS permitiendo representar la información a un cliente remoto. Limpiando, transformando y procesando la información para poder representarlo posteriormente de manera visual.

Esto demuestra la potencia y relevancia que puede tener un sistemas GIS para la toma de decisiones en el mundo marítimo. Siendo una herramienta potente que permite analizar la información, obteniendo resultados que a la simple vista no son perceptibles. Y observando que es posible crear una solución independiente que cree entornos eficientes y rápidos para la visualización de la información.

# Bibliografía

[NOA, ] Commercial vessel monitoring system | noaa fisheries.

[cop, a] copernicusmarine · pypi.

[Dja, ] Django documentation | django documentation | django.

[spa, ] Empower your mapping skills: Essential components of gis | spatial post.

[glo, ] Gloria 2: Global change resilience in aquaculture-2 - fundación biodiversidad.

[Nod, ] Index | node.js v22.3.0 documentation.

[map, ] Mapbox gl js | mapbox.

[cop, b] Mediterranean sea biogeochemistry analysis and forecast | copernicus marine service.

[cop, c] Mediterranean sea waves analysis and forecast | copernicus marine service.

[dee, ] Proyecto. inteligencia artificial aplicada al sector pesquero.

[geo, ] Webgis section 1 - a quick introduction to gis and webgis - geography realm.

[Wha, ] What is automatic identification system (ais)- types and working (faqs).

[esr, ] What is web gis?

[Dawidowicz and Kulawiak, 2018] Dawidowicz, A. and Kulawiak, M. (2018). The potential of web-gis and geovisual analytics in the context of marine cadastre. *Survey Review*, 50:501–512.

[Elvidge et al., 2015] Elvidge, C. D., Zhizhin, M., Baugh, K., and Hsu, F. C. (2015). Automatic boat identification system for viirs low light imaging data. *Remote Sensing 2015, Vol. 7, Pages 3020-3036*, 7:3020–3036.

[Falconer et al., 2017] Falconer, L., Telfer, T., Pham, K. L., and Ross, L. (2017). Gis technologies for sustainable aquaculture. *Comprehensive Geographic Information Systems*, 3:290–314.

[Firouraghi et al., 2022] Firouraghi, N., Kiani, B., Jafari, H. T., Learnihan, V., Salinas-Perez, J. A., Raeesi, A., Furst, M. A., Salvador-Carulla, L., and Bagheri, N. (2022). The role of geographic information system and global positioning system in dementia care and research: a scoping review. *International Journal of Health Geographics 2022 21:1*, 21:1–13.

[Gelan, 2021] Gelan, E. (2021). Gis-based multi-criteria analysis for sustainable urban green spaces planning in emerging towns of ethiopia: the case of sululta town. *Environmental Systems Research*, 10:1–14.

[Goodchild, 2010] Goodchild, M. F. (2010). Twenty years of progress: Giscience in 2010. *Journal of Spatial Information Science*, 1:3–20.

[Harati-Mokhtari et al., 2007] Harati-Mokhtari, A., Wall, A., Brooks, P., and Wang, J. (2007). Automatic identification system (ais): Data reliability and human error implications. *The Journal of Navigation*, 60:373–389.

[Jiamin et al., 2017] Jiamin, Y., Hua, Z., Shuai, L., Zhonghao, W., and Wencheng, X.

- (2017). Application of open source gis technology in seismic analysis and forecasting system. *2017 4th International Conference on Systems and Informatics, ICSAI 2017*, 2018-January:1621–1624.
- [Marcelli et al., 2021] Marcelli, M., Frattarelli, F. M., Piermattei, V., Scanu, S., Bonamano, S., Piazzolla, D., and Zappalà, G. (2021). Sea use map: gis supporting marine area’s sustainable development. *WIT transactions on engineering sciences*, 130:15–26.
- [Nardini et al., 2022] Nardini, R., Picco, P., Ciuffardi, T., Bozzano, R., Demarte, M., Raiteri, G., Bordone, A., and Pensieri, S. (2022). Marine gis as a tool to support backscatter data analysis for zooplankton investigations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11:22–22.
- [Ou and Zhu, 2008] Ou, Z. and Zhu, J. (2008). Ais database powered by gis technology for maritime safety and security. *Journal of Navigation*, 61:655–665.
- [Ross et al., 2009] Ross, L. G., Handisyde, N., and Nimmo, D. C. (2009). Spatial decision support in aquaculture: The role of geographical information systems and remote sensing. *New Technologies in Aquaculture: Improving Production Efficiency, Quality and Environmental Management*, pages 707–749.
- [Scarlat et al., 2023] Scarlat, C., Ioanid, A., and Andrei, N. (2023). Use of the geospatial technologies and its implications in the maritime transport and logistics. *International Maritime Transport and Logistics Conference*, 12:19–19.
- [TEMİZ, 2023] TEMİZ, N. (2023). Geographical information systems for marine applications. *Mersin University journal of maritime faculty*, 5:15–21.