



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Desarrollo de cuadros de información operativa táctica en
operaciones de desembarco naval mediante SIAAMETOC y LaTeX.*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Mario Martínez Iglesias

DIRECTORES: Carlos Pérez Collazo
Jorge Eiras Barca

CURSO ACADÉMICO: 2024-2025

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Desarrollo de cuadros de información operativa táctica en
operaciones de desembarco naval mediante SIAAMETOC y LaTeX.*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Infantería de Marina

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

Las operaciones anfibias representan una de las maniobras más complejas y críticas dentro del ámbito militar, debido a su alta dependencia de factores meteo-oceanográficos y a la coordinación simultánea de múltiples unidades en el litoral. En este contexto, el uso de herramientas avanzadas como el Sistema Integrado de Apoyo Automático Meteo-oceanográfico (SIAAMETOC) cobra especial relevancia, al proporcionar datos precisos, estructurados y orientados a la toma de decisiones. Este Trabajo de Fin de Grado se centra en el desarrollo de cuadros de información operativa táctica (STOIC), integrando las capacidades de SIAAMETOC y herramientas de redacción técnica basadas en LaTeX.

El trabajo se articula en torno a la generación de un documento técnico, que sintetiza información crítica sobre el área de desembarco, incluyendo variables como oleaje, viento y matrices de impacto sobre los vectores de proyección de la fuerza de desembarco. Para ello, se ha desarrollado un flujo de trabajo automatizado mediante Python, que permite obtener imágenes desde servicios WMS y extraer contenidos relevantes desde informes de SIAAMETOC, integrándolos directamente en una plantilla LaTeX. Este enfoque mezcla herramientas tecnológicas y modelos que ayudan a predecir el comportamiento del entorno, ofreciendo una herramienta funcional que mejora el apoyo al planeamiento y la ejecución de operaciones anfibias.

PALABRAS CLAVE

STOIC, SIAAMETOC-OM, LaTeX, Operación Anfibia, WMS, Python.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quería agradecer a todas las personas que me han apoyado incondicionalmente durante esta etapa de cinco años, a mis padres y hermanos, mis abuelos, tíos, primos y amigos que han estado siempre ahí cuando lo he necesitado.

Agradecer a todo el personal de la Escuela Naval Militar, tanto civiles como militares, que han intervenido en nuestra formación como oficiales de Armada y a mis tutores por su ayuda en este trabajo.

Por último, quiero acordarme de todos mis compañeros de la promoción 425-155, que han sido no solo amigos sino una familia durante esta etapa. Gracias por acompañarme durante estos años.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
1 Introducción y objetivos	6
1.1 Contexto y motivación	6
1.2 Objetivos y metodología	7
1.2.1 Objetivo general.....	7
1.2.2 Objetivos específicos	8
1.3 Estructura	9
2 Estado del arte	10
2.1 SIAAMETOC: Sistema Integrado de Apoyo Automático Meteo-oceanográfico	10
2.1.1 Definición y objetivos de SIAAMETOC	10
2.1.2 Características y funcionamiento de SIAAMETOC.....	11
2.1.3 Aplicaciones operacionales y validación de SIAAMETOC.....	12
2.2 Recognized Environmental Picture.....	13
2.2.1 Definición y principios del REP	13
2.2.2 Integración del REP en operaciones	14
2.3 Cuadros de información operativa táctica.....	15
2.3.1 Definición y propósito de un STOIC.....	15
2.3.2 Componentes de un STOIC	15
2.3.3 Importancia del STOIC en operaciones anfibias	20
2.4 Servicios geoespaciales y cartografía interoperable en el entorno militar.....	21
2.4.1 La Infraestructura de Datos Espaciales de España	21
2.4.2 Web Map Service	22
2.4.3 Aplicación de servicios WMS en operaciones militares	23
3 Desarrollo del TFG.....	25
3.1 Herramientas empleadas en el desarrollo del STOIC	25
3.1.1 Python: Automatización del proceso	25
3.1.2 LaTeX: Estructuración del documento STOIC	26
3.1.3 Visual Studio Code: Entorno de desarrollo	27
3.1.4 TeXworks: Compilación del documento	27
3.1.5 SIAAMETOC: Fuente de información meteorológica y oceanográfica	28
3.2 Procedimiento para la elaboración del STOIC	28

3.2.1 Selección del área de estudio	28
3.2.2 Estructurar la información del STOIC	30
3.2.3 Selección de capas del IGN	31
3.2.4 Obtención del perfil batimétrico mediante QGIS	35
3.2.5 Selección de información relevante de SIAAMETOC-OM	36
3.2.6 Automatización del flujo de trabajo con Python	38
3.2.7 Inserción de la información en el documento LaTeX	44
4 Resultados	48
4.1 Generación del documento final (STOIC)	48
4.2 Estructura y organización del STOIC final	48
5 Conclusiones y líneas futuras	57
5.1 Conclusiones	57
5.2 Líneas futuras	58
6 Bibliografía.....	59
Anexo I: Implicaciones sociales, económicas y ambientales	61
Anexo II: Reflexiones Éticas y Sociales	63
Anexo III: Código de Python para obtener las imágenes del STOIC	64
Anexo IV: Código de LaTeX para crear la plantilla del STOIC	67
Anexo V: Resultado Final del STOIC	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ejercicio anfibio de la Cía. de Alumnos (autoría propia).....	6
Figura 2-1 Pantalla de inicio de herramienta SIAAMETOC-OM [2].....	11
Figura 2-2 Ventana de base de datos de SIAAMETOC-OM [2].	11
Figura 2-3 Ejemplo de salida de resultados de SIAAMETOC-OM [2].	12
Figura 2-4 Pilares del concepto GEOMETOC (autoría propia).	14
Figura 2-5 Componentes de un STOIC [13].	15
Figura 2-6 Mapas de un STOIC [13].....	16
Figura 2-7 Reporte de playa de un STOIC [13].	17
Figura 2-8 Gradiente de la playa de un STOIC [13].	18
Figura 2-9 Condiciones meteorológicas dentro de un STOIC [13].....	19
Figura 2-10 Información de iluminación y fases lunares dentro de un STOIC [13].....	20
Figura 2-11 Imágenes de la playa dentro de un STOIC [13].	20
Figura 2-12 Página de inicio del IDEE [16].....	22
Figura 2-13 Esquema funcionamiento WMS (autoría propia).	23
Figura 3-1 Esquema uso de Python en el trabajo (autoría propia).	26
Figura 3-2 Código de LaTeX en TeXworks (autoría propia).....	27
Figura 3-3 Script de Python en VS Code (autoría propia).	27
Figura 3-4 Compañía de Alumnos realizando ejercicios anfibios (autoría propia).....	29
Figura 3-5 Área de estudio dentro la Ría de Pontevedra (autoría propia).....	29
Figura 3-6 Área de estudio (autoría propia).	30
Figura 3-7 Boceto estructura información de STOIC (autoría propia).	30
Figura 3-8 Página inicial de servicios WMS del IDEE (autoría propia).....	32
Figura 3-9 Administrador de fuentes de datos de QGIS (autoría propia).	32
Figura 3-10 Capas superpuestas en QGIS (autoría propia).	33
Figura 3-11 Plano topográfico de la zona de estudio (autoría propia).	33
Figura 3-12 Imagen satelital de la zona de estudio (autoría propia).	34
Figura 3-13 Carta náutica de la zona de estudio (autoría propia).....	35
Figura 3-14 Capa de la batimetría de las Rías Bajas (autoría propia)	35
Figura 3-15 Herramienta <i>Profile Tool</i> de QGIS (autoría propia).....	36
Figura 3-16 Página inicial del documento “Informe forzamiento” (autoría propia).	37
Figura 3-17 Histórico de viento en la zona de estudio (autoría propia).	38
Figura 3-18 Carpeta del proyecto (autoría propia).	39
Figura 3-19 Servicios WMS utilizados en el STOIC (autoría propia)	39

Figura 3-20 Código de descarga de capas de WMS (autoría propia).....	41
Figura 3-21 Código Python para malla georreferenciada (autoría propia).....	41
Figura 3-22 Las tres capturas de las tres capas descargadas en la carpeta del proyecto (autoría propia).	42
Figura 3-23 Argumentos de la función “capture_pdf_images” (autoría propia).....	42
Figura 3-24 Función “capture_pdf_images” (autoría propia).	43
Figura 3-25 Captura de pantalla de las tres páginas seleccionadas del pdf (autoría propia).	43
Figura 3-26 Función “main” del script (autoría propia).	44
Figura 3-27 Terminal de Python después de compilar el código (autoría propia).	44
Figura 3-28 Paquetes utilizados en el documento LaTeX (autoría propia).....	45
Figura 3-29 Código LaTeX para formato de STOIC (autoría propia).	46
Figura 3-30 Código LaTeX para primer bloque del STOIC (autoría propia).	46
Figura 3-31 Código LaTeX para segundo bloque del STOIC (autoría propia).....	47
Figura 3-32 Código LaTeX para tercer bloque del STOIC (autoría propia).....	47
Figura 4-1 Sección 1 del STOIC (autoría propia).	49
Figura 4-2 Sección 2 del STOIC (autoría propia).	50
Figura 4-3 Sección 3 del STOIC (autoría propia).	50
Figura 4-4 Sección 4 del STOIC (autoría propia).	51
Figura 4-5 Sección 5 del STOIC (autoría propia).	51
Figura 4-6 Sección 6 del STOIC (autoría propia).	52
Figura 4-7 Sección 7 del STOIC (autoría propia).	53
Figura 4-8 Sección 8 del STOIC (autoría propia).	54
Figura 4-9 Sección 9 del STOIC (autoría propia).	55
Figura 4-10 Sección 10 del STOIC (autoría propia).	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Parámetros definidos dentro del archivo separado por comas (autoría propia).....	40
Tabla 3-2 Coordenadas de la zona de estudio general (autoría propia).	40
Tabla 3-3 Coordenadas de la zona de estudio en zoom (autoría propia).....	40

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Contexto y motivación

Las operaciones anfibias (Figura 1-1) constituyen una de las operaciones militares más complejas, exigiendo coordinación entre múltiples factores y recursos en condiciones constantemente cambiantes. La planificación y ejecución dependen de la capacidad de integrar y presentar información clave que permita a los mandos tomar decisiones acertadas para la operación. En este contexto, los cuadros de información operativa táctica (STOIC) desempeñan un papel fundamental al proporcionar datos relevantes en formatos claros, visuales y accesibles [1].



Figura 1-1 Ejercicio anfibio de la Cía. de Alumnos (autoría propia)

El desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado se centra en la generación de STOIC para operaciones anfibias, utilizando el Sistema Integrado de Apoyo Automático Meteo- oceanográfico para Operaciones Marítimas (SIAAMETOC) como fuente principal de datos. Este sistema, desarrollado por el Instituto Hidrográfico de la Marina en colaboración con el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria, tiene la finalidad de proporcionar apoyo táctico durante las operaciones navales. SIAAMETOC destaca por integrar información meteo-oceanográfica oficial de fuentes globales y regionales.

Entre las características principales de SIAAMETOC se encuentran su automatización y flexibilidad, diseñadas para adaptarse a las exigencias de las operaciones militares modernas. El sistema incorpora datos provenientes de fuentes abiertas, como Puertos del Estado, AEMET, Copernicus-CMEMS o NOAA, así como de fuentes clasificadas del Instituto Hidrográfico de la Marina, proporcionando una cobertura prácticamente global [3]. A través de su interfaz gráfica intuitiva, SIAAMETOC permite a los usuarios definir escenarios de operación específicos, procesar datos en tiempo real y generar productos personalizados, como mapas de oleaje, perfiles de viento y matrices de impacto operativas. Estos productos son presentados en formatos accesibles y diseñados para facilitar la toma de decisiones en escenarios militares complejos, como desembarcos anfibios, donde la precisión y la rapidez en la evaluación de las condiciones ambientales son fundamentales.

Un STOIC diseñado para una operación anfibia incluye información clave que abarca aspectos geográficos, ambientales y tácticos de la zona de desembarco. Por ejemplo, incorpora mapas topográficos y satelitales detallados que permiten evaluar la geografía del terreno y su accesibilidad, así como reportes sobre la playa que incluyen datos como el gradiente del terreno, el perfil costero y la composición del suelo, aspectos fundamentales para la planificación de estas operaciones. Además, integra gráficas específicas que visualizan el perfil de la playa y permiten evaluar la viabilidad de las operaciones, junto con información sobre las condiciones atmosféricas y meteo-oceanográficas, como el estado del tiempo, la iluminación de la luna y las fases lunares, esenciales para determinar el momento óptimo del desembarco. Finalmente, el STOIC puede complementarse con imágenes detalladas de la playa y sus alrededores para facilitar una comprensión visual del terreno.

La creación de estos cuadros se llevará a cabo utilizando Python como herramienta principal para procesar y analizar los datos. Este lenguaje de programación ofrece integrar múltiples fuentes de información y generar productos personalizados. A su vez, el diseño final de los STOIC se realizará mediante LaTeX, asegurando un formato estructurado y estandarizado que cumpla con los requisitos de la Armada.

Decidí desarrollar este Trabajo de Fin de Grado por dos razones principales: su relación con el ámbito de las operaciones anfibias y su potencial para avanzar en la digitalización de herramientas utilizadas en estas operaciones. El enfoque del trabajo no solo busca mejorar el apoyo táctico a la Armada Española en misiones de desembarco anfibio, sino también sentar las bases para la integración futura de sistemas operativos con capacidades tecnológicas aún más avanzadas.

1.2 Objetivos y metodología

1.2.1 Objetivo general

El objetivo general de este Trabajo de Fin de Grado es desarrollar cuadros de información operativa táctica adaptados específicamente para operaciones anfibias, integrando datos meteo-oceanográficos, geoespaciales y atmosféricos de diversas fuentes. Estos cuadros buscan proporcionar una herramienta eficaz para los equipos de planeamiento tácticos, consolidando información en formatos visuales y estructurados que permitan facilitar la toma de decisiones en tiempo real. En el marco de las operaciones anfibias, donde las condiciones ambientales y las características del terreno desempeñan un papel crucial, los STOIC constituyen un apoyo indispensable para minimizar riesgos y maximizar la eficiencia operativa.

El proyecto persigue no solo la consolidación de datos provenientes de fuentes abiertas, como Puertos del Estado, AEMET e IGN, sino también de fuentes cerradas y clasificadas como las gestionadas por el Instituto Hidrográfico de la Marina. Esta integración asegura que la información utilizada sea precisa, actualizada y relevante para cada operación. Además, el desarrollo de estos cuadros se apoya en herramientas tecnológicas avanzadas, como Python para el procesamiento y análisis de datos, y LaTeX para la generación de productos finales profesionales y estandarizados. De esta forma, el objetivo no se limita a la generación de información visual, sino también a la automatización y optimización de

procesos que permitan a los mandos obtener información clara y organizada. Adicionalmente, se ha hecho uso de inteligencia artificial generativa como herramienta de apoyo durante el desarrollo aprovechando su capacidad de redacción técnica, generación de código y estructuración de contenidos.

El alcance de este objetivo general también incluye garantizar que los cuadros STOIC sean aplicables en una amplia gama de escenarios operativos. Desde mapas y gráficas detalladas sobre la geografía de la playa hasta reportes técnicos que describan el gradiente y la composición del terreno, los productos generados estarán diseñados para cubrir todas las necesidades operativas. En definitiva, este objetivo general busca proporcionar una herramienta práctica y tecnológicamente avanzada que fortalezca la capacidad de planificación y ejecución de las fuerzas armadas en escenarios críticos.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado, es necesario desglosar el proceso en una serie de objetivos específicos que permitan estructurar cada etapa del proyecto de manera eficiente. Estos objetivos intermedios están diseñados para cubrir desde la selección y análisis de datos hasta el desarrollo técnico y la validación de los productos generados. Cada uno de ellos desempeña un papel clave en la consolidación de STOIC como herramientas funcionales y adaptadas a las necesidades de las operaciones anfibas. A continuación, se detallan los objetivos específicos definidos para este proyecto.

1. **Selección y clasificación de los datos más relevantes para un STOIC:** Identificar las fuentes de información esenciales, tanto abiertas (Puertos del Estado, AEMET, IGN, WMS) como cerradas (Instituto Hidrográfico de la Marina, SIAAMETOC), y determinar qué datos son más relevantes para las operaciones anfibas. Esto incluye aspectos como mapas topográficos, gradientes de playa, condiciones meteorológicas y lunares.
2. **Implementación de Python para el procesamiento y análisis de datos:** Desarrollar scripts en Python para automatizar la extracción, procesamiento y visualización de los algunos de los datos recopilados, optimizando el manejo de grandes volúmenes de información. Esto incluirá la integración de bibliotecas específicas para el análisis numérico, la representación gráfica y la gestión de datos geoespaciales.
3. **Integración de LaTeX para la generación de productos finales:** Diseñar un modelo de STOIC estandarizado y profesional utilizando LaTeX, garantizando que los productos generados sean claros y compatibles con los requerimientos de la Armada. Esto incluirá la incorporación de mapas, tablas, gráficas y reportes técnicos en un formato específico.
4. **Diseño y validación de un modelo de STOIC:** Crear una plantilla base de cuadro STOIC que pueda adaptarse a distintos escenarios operativos, asegurando que incluya todos los elementos necesarios, como mapas, reportes técnicos, gráficos del gradiente de la playa y condiciones meteo-oceanográficas. La validación se realizará a través de pruebas simuladas para evaluar su funcionalidad y utilidad operativa.
5. **Evaluación de la viabilidad operativa de los productos generados:** Probar los cuadros STOIC desarrollados en escenarios simulados y obtener retroalimentación sobre su aplicabilidad, claridad y capacidad para asistir en la toma de decisiones tácticas. Esto garantizará que los productos finales estén alineados con las necesidades de los mandos y unidades operativas.

1.3 Estructura

El trabajo se estructura en cinco capítulos principales que abordan de forma progresiva el contexto, el desarrollo técnico y los resultados obtenidos en torno a la generación del STOIC. El primer capítulo se centra en la introducción y los objetivos del proyecto, abordando la motivación que ha impulsado el trabajo, los objetivos generales y específicos que se pretenden alcanzar, así como la metodología aplicada.

El segundo capítulo corresponde al estado del arte, donde se realiza un análisis profundo de los conceptos fundamentales que sustentan el trabajo. Se presenta el sistema SIAAMETOC, detallando sus objetivos, funcionamiento y utilidad en entornos operacionales. A continuación, se introduce el concepto de Recognized Environmental Picture (REP) y su aplicación en operaciones anfibias. El capítulo continúa con una revisión del concepto de STOIC, desglosando su definición, componentes y relevancia táctica, y concluye con un análisis del uso de servicios geoespaciales interoperables, incluyendo el papel de la IDEE y los servicios WMS en entornos militares.

El capítulo tres constituye el núcleo del desarrollo del TFG, en el que se describen de manera detallada las herramientas empleadas (Python, LaTeX, Visual Studio Code, TeXworks y SIAAMETOC) y el procedimiento completo seguido para la elaboración del STOIC. Este bloque incluye la selección del área de estudio, la organización del contenido, la elección de capas cartográficas y de datos meteo-oceanográficos, y la automatización del flujo de trabajo mediante scripts en Python. Finalmente, se expone la forma en que toda la información es integrada dentro de una plantilla LaTeX prediseñada, que da forma al producto final.

La cuarta y quinta parte del documento recogen los resultados obtenidos, donde se exponen cada una de las partes del STOIC, y las conclusiones del trabajo, así como posibles líneas de mejora o ampliación futura.

2 ESTADO DEL ARTE

Este capítulo aborda los conceptos clave para entender el desarrollo de cuadros de información operativa táctica en operaciones anfibias. En primer lugar, se analiza la herramienta de SIAAMETOC, un sistema fundamental para la recopilación y análisis de datos meteorológicos y oceanográficos, utilizada por la Armada Española para mejorar la planificación operativa. Luego, se introduce el *Recognized Environmental Picture* (REP), un sistema empleado por la OTAN para compartir información sobre el entorno operativo en tiempo real, asegurando la interoperabilidad entre fuerzas aliadas. A continuación, se presenta el concepto de STOIC y la composición de este. Y por último algunos servicios geoespaciales que serán de utilidad para la generación del STOIC.

2.1 SIAAMETOC: Sistema Integrado de Apoyo Automático Meteo-oceanográfico

2.1.1 Definición y objetivos de SIAAMETOC

SIAAMETOC es una herramienta desarrollada por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, en colaboración con el Instituto Hidrográfico de la Armada entre 2019 y 2021, diseñada para proporcionar información meteo-oceanográfica clave en operaciones navales. Su nombre proviene de la combinación de Sistema Integrado de Apoyo Automático y el término METOC, que hace referencia a los datos meteorológicos y oceanográficos esenciales para la planificación y ejecución de operaciones en el marco naval. Este sistema nació como una evolución del Sistema Operacional de Predicción para las Operaciones Anfibias (SOPROA), con el objetivo de mejorar la recopilación y análisis de datos ambientales en tiempo real [4].

El propósito principal de SIAAMETOC es recopilar, procesar y transformar información sobre el estado de la mar y la atmósfera en productos específicos para la toma de decisiones en operaciones militares. Este sistema también se integra con los estándares de la OTAN, lo que permite que su información pueda ser utilizada por diferentes fuerzas aliadas dentro del marco de operaciones conjuntas [2].

Gracias a su automatización y capacidad de análisis detallado, SIAAMETOC se ha convertido en una herramienta fundamental para la Armada Española en escenarios reales. Ha sido validado en ejercicios militares y misiones operativas, donde ha demostrado su eficacia en la identificación de zonas de desembarco, la planificación de rutas seguras y la optimización de operaciones en superficie. Además, su evolución sigue en marcha, con mejoras en la integración de inteligencia artificial y automatización avanzada para procesar datos de forma más rápida y precisa. Esto garantiza que el sistema siga siendo una pieza clave en la modernización de las operaciones navales [5].

2.1.2 Características y funcionamiento de SIAAMETOC

El sistema (Figura 2-1) se diseñó con el propósito de proporcionar a la Armada una herramienta avanzada para el análisis de datos meteorológicos y oceanográficos en operaciones navales. Este sistema se caracteriza por su alta automatización y flexibilidad, lo que permite a los mandos militares obtener información en tiempo real sin necesidad de conocimientos avanzados en modelado numérico [4].

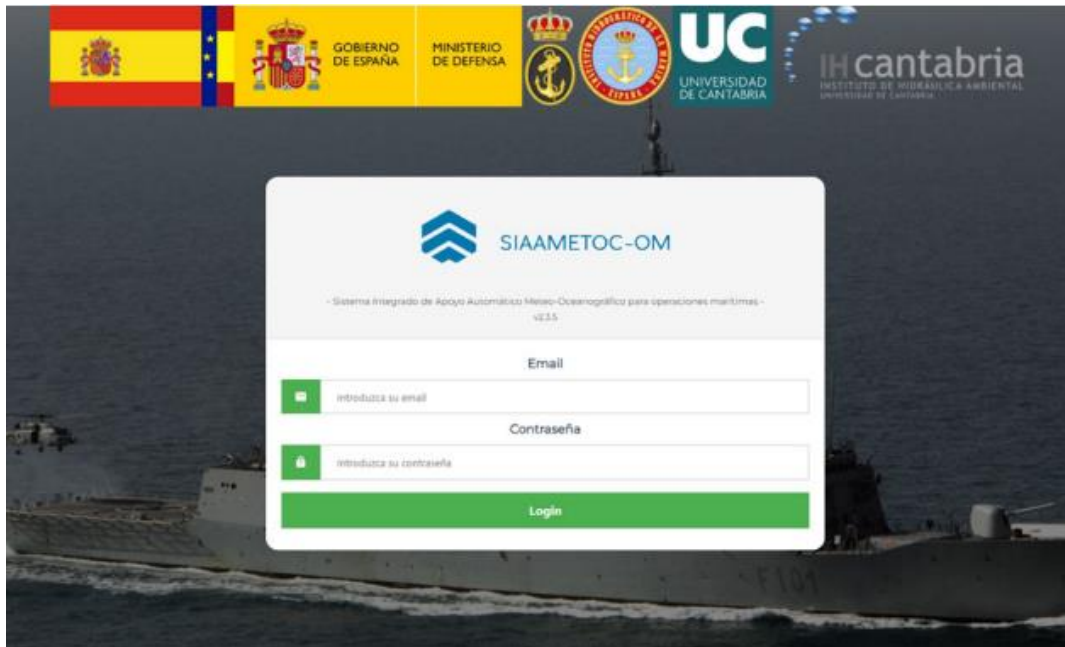


Figura 2-1 Pantalla de inicio de herramienta SIAAMETOC-OM [2].

SIAAMETOC se basa en un sistema que ajusta los modelos de predicción del oleaje a áreas concretas para mejorar su precisión (Figura 2-2), lo que significa que toma datos de fuentes globales y los adapta a la escala regional de interés. Para ello, utiliza dos enfoques principales: HINDCAST, que analiza datos históricos para conocer las condiciones típicas de una zona, y FORECAST, que realiza predicciones en tiempo real sobre variables como oleaje, corrientes y viento. El sistema permite definir áreas operacionales específicas, acceder a bases de datos meteorológicas y oceanográficas de organismos reconocidos como Puertos del Estado, Copernicus-CMEMS o NOAA, y generar informes de impacto operativo para misiones concretas [4].

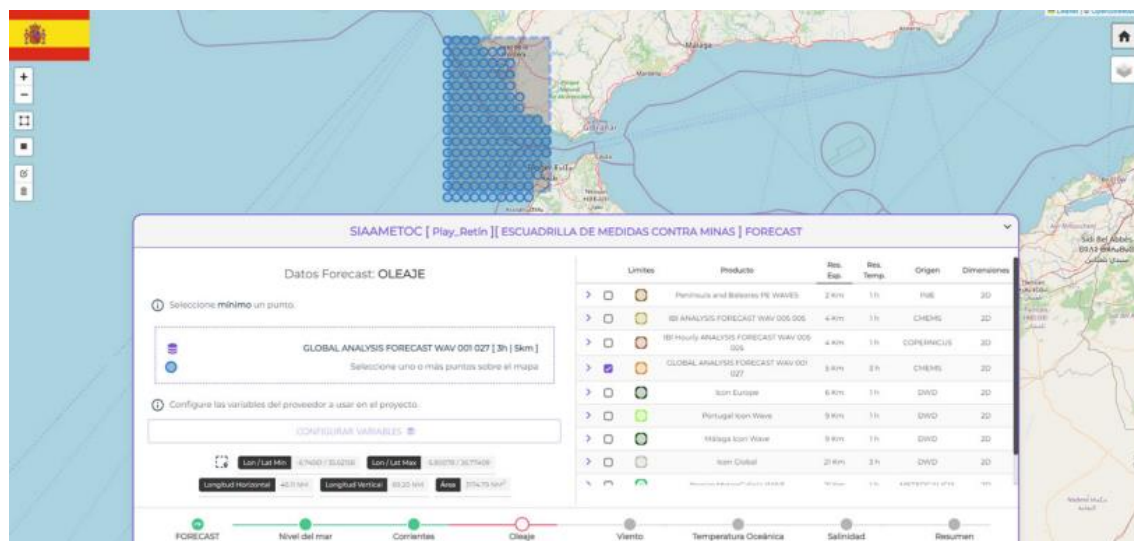


Figura 2-2 Ventana de base de datos de SIAAMETOC-OM [2].

Una de las características más innovadoras de SIAAMETOC es su interfaz gráfica de usuario (GUI) (Figura 2-3), que simplifica el acceso a la información y permite a los usuarios personalizar los parámetros de la simulación según el tipo de operación. La GUI está diseñada para su uso a bordo de buques y en bases operativas, permitiendo que los comandantes puedan interpretar los datos fácilmente sin depender de personal especializado. Además, el sistema se integra con los procedimientos de *Rapid Environmental Assessment* (REA) de la OTAN, asegurando su compatibilidad con las metodologías operacionales aliadas [2].

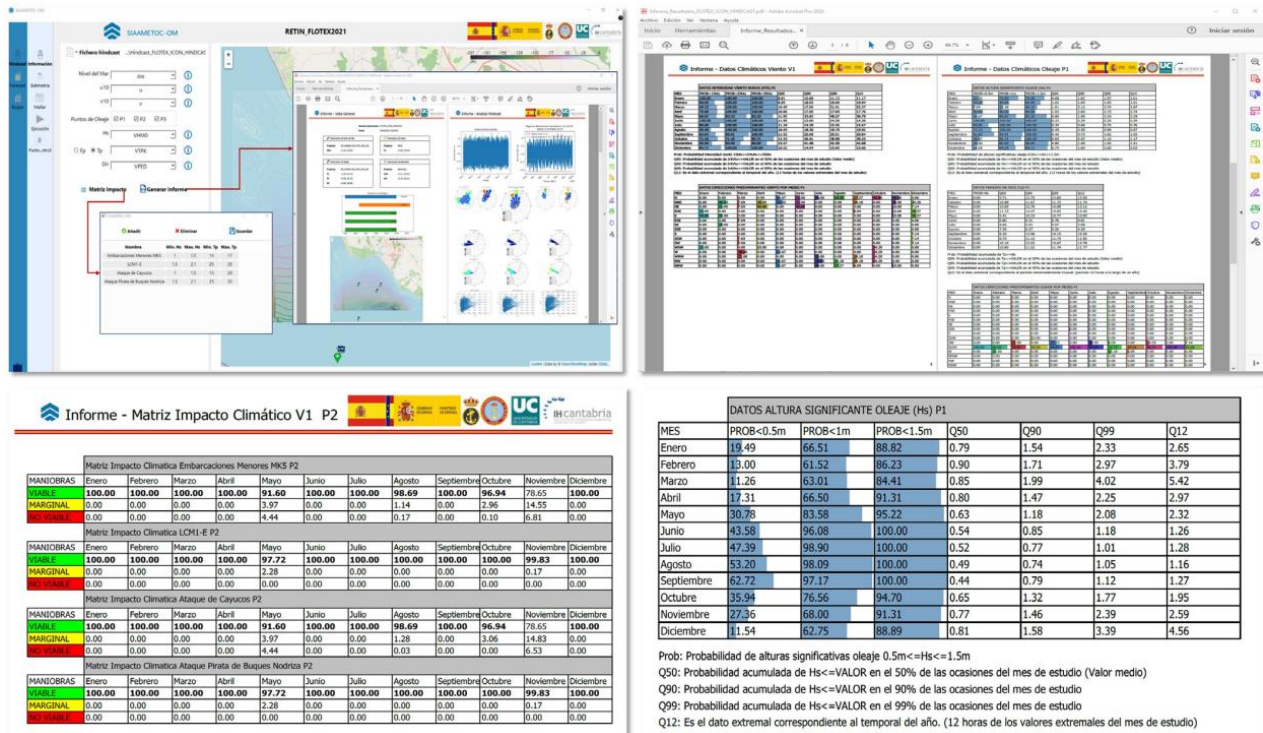


Figura 2-3 Ejemplo de salida de resultados de SIAAMETOC-OM [2].

2.1.3 Aplicaciones operacionales y validación de SIAAMETOC

El sistema ha demostrado ser una herramienta fundamental en la planificación y ejecución de misiones navales, principalmente en operaciones anfibia, operaciones de medidas contra minas (MCM), maniobras de superficie y en el despliegue de vehículos autónomos submarinos (AUV) y no tripulados de superficie (USV).

Las operaciones anfibia son de las más críticas dentro del ámbito naval, ya que dependen directamente de las condiciones meteorológicas y oceanográficas en las zonas de desembarco. SIAAMETOC se ha implementado en ejercicios como el GRUFLEX y MARFIBEX, donde ha permitido optimizar la selección de playas de desembarco y reducir los riesgos asociados a la maniobra. Este sistema proporciona predicciones sobre el oleaje, las corrientes y la batimetría, elementos clave para evaluar la viabilidad de una playa de desembarco [5].

Durante ejercicios como el GRUFLEX, SIAAMETOC fue empleado para evaluar la capacidad de acceso de las embarcaciones de Infantería de Marina *Landing Craft Mechanized* (LCM) en diferentes playas, asegurando que las condiciones de gradiente y estabilidad del suelo fuesen óptimas para el desembarco. En MARFIBEX, el sistema fue utilizado para planificar maniobras de aproximación y evaluar las condiciones meteorológicas adversas que podrían afectar la viabilidad de la operación. En ambos casos, la integración de modelos numéricos avanzados permitió proporcionar datos precisos a los comandantes en tiempo real, mejorando significativamente la capacidad de reacción ante contingencias [6].

Además de su uso en operaciones anfibias, SIAAMETOC ha sido utilizado en otros escenarios tácticos [7]:

- Operaciones de Medidas Contra Minas (MCM): Permite analizar las corrientes y la turbidez del agua para optimizar el uso de equipos de detección y neutralización de amenazas submarinas.
- Operaciones de superficie: Ayuda a la planificación de rutas de navegación seguras y reduce la exposición de buques a condiciones adversas.
- Despliegue de vehículos autónomos (AUV y USV): Proporciona información geoespacial clave para la navegación y exploración de zonas de alto riesgo.

SIAAMETOC ha sido validado mediante su aplicación en más de 20 ejercicios y operaciones navales, demostrando su precisión y fiabilidad en la predicción de condiciones meteo-oceanográficas. Su evolución continúa con la integración de nuevas tecnologías como inteligencia artificial y “*machine learning*”, que permiten mejorar la precisión de los modelos predictivos y reducir la incertidumbre en la toma de decisiones. La automatización del sistema también ha permitido una mejor gestión de datos, optimizando los tiempos de respuesta en situaciones operativas reales.

Con estas mejoras, SIAAMETOC se consolida como un elemento esencial en la modernización de la Armada Española, proporcionando una ventaja táctica clave en escenarios de alta exigencia. Su capacidad para adaptarse a distintos entornos operacionales y su integración con los estándares de la OTAN lo posicionan como una herramienta de referencia en la planificación y ejecución de misiones marítimas [4].

2.2 Recognized Environmental Picture

2.2.1 Definición y principios del REP

El *Recognized Environmental Picture* (REP) es la “representación completa de GEOMETOC para la planificación y realización de operaciones conjuntas en un área específica” [8], se trata de un concepto desarrollado por la OTAN con el objetivo de proporcionar una visión detallada, precisa y en tiempo real de las condiciones geoespaciales, meteorológicas y oceanográficas en un área de operaciones. Su propósito principal es mejorar la toma de decisiones al integrar información ambiental relevante en una única plataforma accesible para todas las unidades implicadas [9].

El REP forma parte del *Common Operational Picture* (COP), asegurando que todos los niveles de mando trabajen con la misma información para coordinar operaciones conjuntas de manera efectiva. Este sistema se basa en la recopilación y procesamiento de datos de múltiples fuentes, incluyendo sensores satelitales, estaciones meteorológicas, plataformas ISR (*Intelligence, Surveillance & Reconnaissance*) y modelos numéricos de predicción. La información obtenida se distribuye en tiempo real a los centros de mando y unidades desplegadas, mejorando la capacidad de adaptación a cambios en el entorno operativo [9].

El REP juega un papel clave dentro de la doctrina de la OTAN, ya que facilita la integración de datos GEOMETOC (Figura 2-4) para la planificación y ejecución de misiones. Este sistema permite la identificación de condiciones adversas, la evaluación de amenazas ambientales y la optimización de rutas de navegación y despliegue. La interoperabilidad del REP con otros sistemas de información táctica garantiza su aplicación en operaciones marítimas, anfibias, aéreas y terrestres, proporcionando una conciencia situacional completa para los mandos operacionales [10].

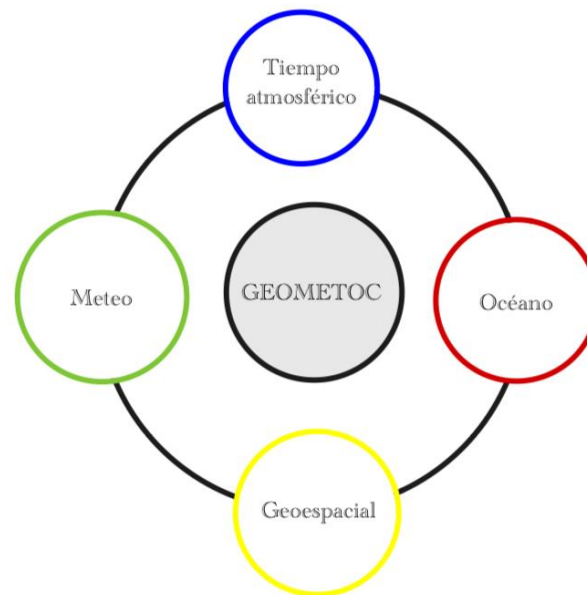


Figura 2-4 Pilares del concepto GEOMETOC (autoría propia).

El desarrollo del REP dentro de la OTAN ha sido impulsado por la necesidad de mejorar la conciencia situacional común (*Common Situational Awareness*, CSA) en operaciones militares. Su implementación ha sido validada en ejercicios como CWIX (*Coalition Warrior Interoperability eXploration, eXperimentation, eXamination, eXercise*) [11] y REPMUS (*Robotic Experimentation and Prototyping using Maritime Unmanned Systems*) [12], donde se ha demostrado su capacidad para mejorar la coordinación entre unidades navales y aéreas.

2.2.2 Integración del REP en operaciones

El REP se ha implementado en una amplia gama de operaciones dentro de la OTAN, facilitando la interoperabilidad entre fuerzas aliadas. Entre sus principales aplicaciones destacan:

- Operaciones anfibas: Permite evaluar las condiciones meteorológicas y oceanográficas en zonas de desembarco, garantizando que los vehículos y tropas puedan operar de manera segura. En ejercicios como REPMUS y CWIX, se ha utilizado para predecir la altura de las olas y la sedimentación costera, optimizando las maniobras de aproximación.
- Operaciones aéreas y terrestres: Proporciona datos meteorológicos detallados, reduciendo los riesgos en misiones de inserción y extracción de tropas. También facilita el despliegue de aeronaves al ofrecer predicciones sobre turbulencias y visibilidad en zonas de operación.
- Gestión de crisis y respuesta a desastres: En situaciones de emergencia, el REP se usa para analizar el impacto ambiental de fenómenos naturales y coordinar respuestas humanitarias, asegurando que los equipos de rescate operen con información actualizada.

El REP está diseñado para integrarse con otros sistemas de la OTAN, asegurando la interoperabilidad entre diferentes comandos y unidades militares. Gracias a su implementación dentro del *Federated Mission Networking* (FMN), permite compartir datos en tiempo real con altos estándares de seguridad, mejorando la coordinación operativa [13].

Uno de los elementos clave del REP es su capacidad de adaptabilidad. Dependiendo de la misión, el sistema puede personalizarse para incluir modelos de predicción específicos, garantizando que la información proporcionada sea relevante para cada operación. Esto ha sido validado en ejercicios de interoperabilidad como el CWIX, donde se han probado nuevas metodologías para la generación de REP ajustados a misiones concretas [14].

2.3 Cuadros de información operativa táctica

2.3.1 Definición y propósito de un STOIC

Los Cuadros de Información Operativa Táctica son herramientas esenciales en la planificación y ejecución de operaciones militares, especialmente en el ámbito naval y anfibio. Su objetivo principal es recopilar y presentar información clave en un formato visual estructurado, permitiendo a los mandos evaluar la viabilidad de las operaciones y mitigar riesgos en tiempo real [1].

El propósito fundamental del STOIC es proporcionar un recurso operativo que reúna datos geoespaciales, meteorológicos, oceanográficos y tácticos, ofreciendo una visión integral del entorno operativo. Al sintetizar información de múltiples fuentes, estos cuadros facilitan la toma de decisiones y la coordinación efectiva entre las unidades de combate y apoyo al combate [2].

El *Situational Awareness* (SA) o conciencia situacional es un elemento clave en la operatividad de las fuerzas militares, y los STOIC contribuyen significativamente a mejorar esta capacidad al presentar información en tiempo real sobre la zona de operaciones. Según la doctrina militar, el SA se define como la percepción y comprensión del entorno táctico y la capacidad de anticiparse a su evolución para tomar decisiones efectivas [8]. En este sentido, los STOIC permiten a los comandantes analizar factores como la geografía del terreno, las condiciones meteorológicas y oceanográficas, la iluminación natural y otros elementos críticos que pueden afectar a la ejecución de la misión.

2.3.2 Componentes de un STOIC

Los STOIC (Figura 2-5) proporcionan una representación estructurada y visual de información clave en operaciones militares. En el contexto de las operaciones anfibias, estos cuadros de información consolidan datos provenientes de múltiples fuentes, incluyendo el sistema SIAAMETOC, el cual genera productos específicos para el planeamiento y ejecución de operaciones militares en base a información meteo-oceanográfica y geoespacial [3].

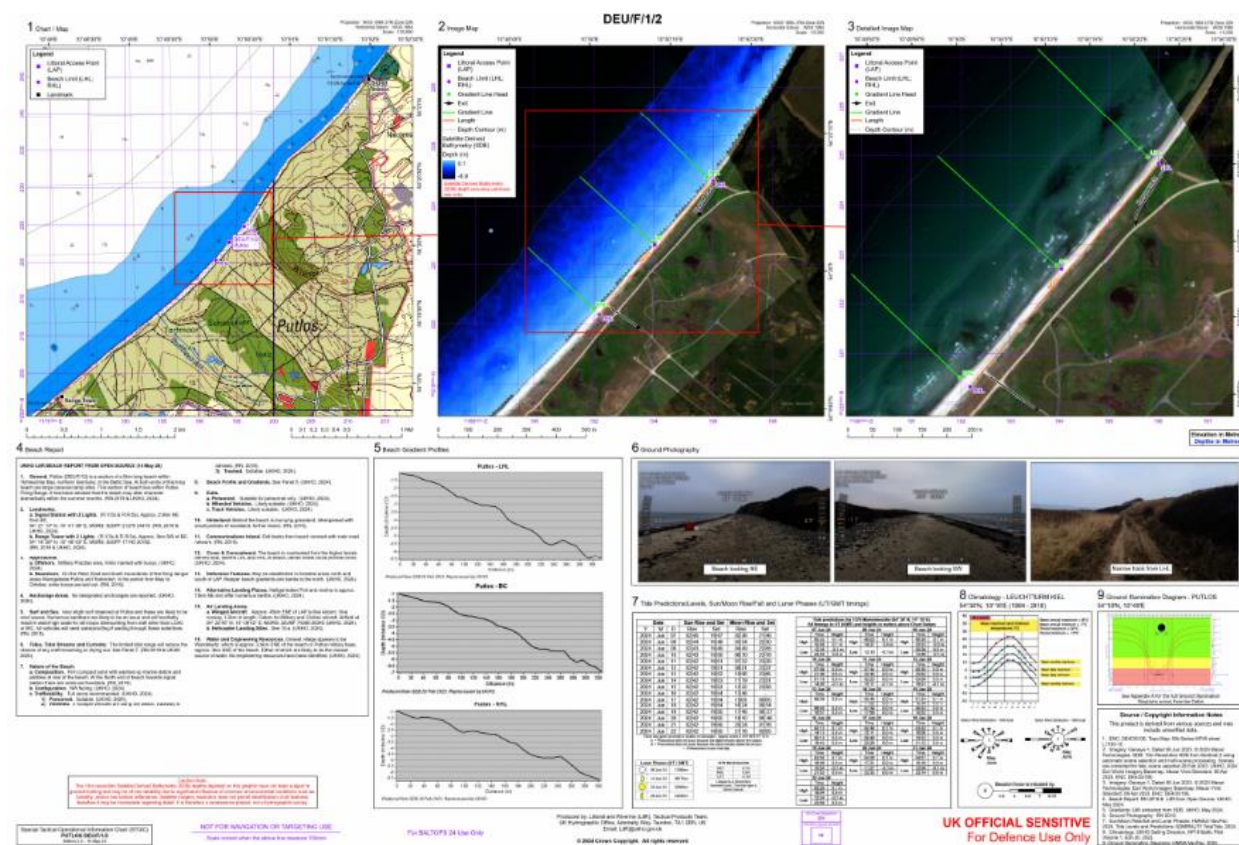


Figura 2-5 Componentes de un STOIC [14].

A continuación, se describen los principales componentes de un STOIC, su relevancia operativa y la forma en que contribuyen al éxito de las operaciones anfibas.

- **Mapa topográfico y satelital**

Los mapas topográficos y las imágenes satelitales (Figura 2-6Figura 2-7) de la zona de desembarco proporcionan una representación detallada del terreno, destacando elementos como la morfología costera, la batimetría, los accesos a la playa y las infraestructuras en las proximidades de la playa de desembarco [1]. La integración de datos geoespaciales en los STOIC permite a los comandantes evaluar con precisión la viabilidad del área de desembarco y planificar maniobras con base en información actualizada.

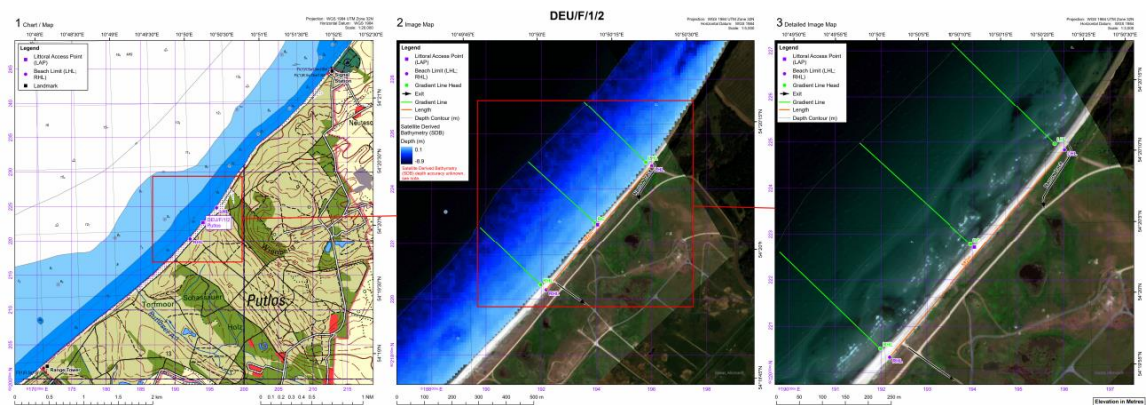


Figura 2-6 Mapas de un STOIC [14].

El uso de imágenes satelitales de alta precisión y datos geoespaciales procesados a través de herramientas como SIAAMETOC facilita la identificación de obstáculos y rutas óptimas para el desembarco [3].

- **Reporte de playa**

El reporte de playa (Figura 2-7) es un componente clave de un STOIC, ya que proporciona información detallada sobre la morfología costera y el perfil del terreno, factores esenciales para la movilidad y estabilidad de vehículos y tropas. Incluye datos como:

- Aspectos generales de la playa: Este apartado incluye información sobre la longitud, ancho y pendiente de la playa, así como la profundidad del agua en la línea de costa y la presencia de obstáculos naturales o artificiales. La evaluación de estos factores permite seleccionar las zonas más seguras para el despliegue de medios anfibios y minimizar riesgos operacionales.
- Marcas notables en tierra: La identificación de referencias visuales en la línea de costa y en el interior permite la orientación de las unidades durante las fases de aproximación y desembarco. Estas marcas pueden incluir edificaciones, formaciones geográficas prominentes, infraestructuras como muelles o carreteras, y cualquier otro punto de referencia fácilmente identificable desde el mar. Según la doctrina de planeamiento anfibio de la Armada Española, la correcta identificación de estos puntos facilita la navegación de las embarcaciones de asalto y mejora la coordinación entre las unidades de desembarco y los elementos de apoyo logístico [8].
- Oleaje y estado de la mar: Las condiciones del oleaje y la estabilidad del mar son determinantes para la seguridad de las embarcaciones y la eficacia del desembarco. Factores como la altura y dirección de las olas, la intensidad del viento y la presencia de corrientes pueden afectar la

maniobrabilidad de las lanchas de desembarco y comprometer la estabilidad de los vehículos anfibios al tocar tierra.

- d) Composición de la playa: La naturaleza del suelo en la zona de desembarco es un factor crítico que influye en la tracción y movilidad de los medios de proyección de la fuerza. El análisis de la composición de la arena, la presencia de barro, rocas o vegetación, así como la capacidad de carga del terreno, determina la viabilidad de la operación y la necesidad de medios adicionales para la movilidad terrestre. Ensayos realizados en la playa del Retín han demostrado que ciertas condiciones del sustrato pueden limitar la operatividad de vehículos anfibios, requiriendo la implementación de soluciones logísticas específicas [5].
- e) Puntos alternativos de varada: La planificación de contingencias es un principio fundamental en la doctrina de operaciones anfibias. La identificación de zonas alternativas permite ajustar la estrategia en caso de que la playa de desembarco principal se vuelva inaccesible debido a cambios en las condiciones meteorológicas, presencia enemiga o imprevistos operacionales. La doctrina OTAN establece que la selección de puntos de desembarco secundarios debe realizarse con la misma rigurosidad que la planificación del área principal, asegurando que cuenten con condiciones operacionales óptimas y accesibilidad para las unidades desplegadas [8].

4 Beach Report

UKHO LitR BEACH REPORT FROM OPEN SOURCE (14 May 24) 1. General. Putlos (DEU/F/12) is a section of a 5km long beach within Hohwachter Bay, northern Germany, in the Baltic Sea. At both ends of this long beach are large caravan/camp sites. This section of beach lies within Putlos Firing Range. It has been advised that the beach may alter character dramatically within the summer months. (RN 2019 & UKHO, 2024). 2. Landmarks. a. Signal Station with 2 Lights. (FL.Y.5s & FL.R.5s). Approx. 2.9km NE from BC. 54° 21' 13" N, 10° 51' 58" E, MGRS: 32UPF 21276 24473. (RN, 2019 & UKHO, 2024). b. Range Tower with 2 Lights. (FL.Y.5s & FL.R.5s). Approx. 3km SW of BC. 54° 18' 58" N, 10° 48' 03" E, MGRS: 32UPF 17143 20192. (RN, 2019 & UKHO, 2024). 3. Approaches. a. Offshore. Military Practise area, limits marked with buoys. (UKHO, 2024). b. Nearshore. On the West, East and South boundaries of the firing danger areas Wargebiete Putlos and Todendorf, in the period from May to October, extra buoys are laid out. (RN, 2019). 4. Anchorage Areas. No designated anchorages are reported. (UKHO, 2024). 5. Surf and Sea. Very slight surf observed at Putlos and these are likely to be wind waves. Numerous sandbars are likely to be an issue and will inevitably result in waist high wade for all troops dismounting from craft other than LCAC or IRC. All vehicles will need waterproofing if wading through these waterlines. (RN, 2019). 6. Tides, Tidal Streams and Currents. The limited tidal range will reduce the chance of any craft broaching or drying out. See Panel 7. (RN 2019 & UKHO 2024). 7. Nature of the Beach. a. Composition. Firm compact sand with washed-up marine debris and pebbles at rear of the beach. At the North end of beach towards signal station there are rocks and boulders. (RN, 2019). b. Configuration. NW facing. (UKHO, 2024). c. Trafficability. Full recce recommended. (UKHO, 2024). 1) Personnel. Suitable. (UKHO, 2024). 2) Wheeled. If multiple vehicles are using the beach, trackway is	advised. (RN, 2019). 3) Tracked. Suitable. (UKHO, 2024). 8. Beach Profile and Gradients. See Panel 5. (UKHO, 2024). 9. Exits. a. Personnel. Suitable for personnel only. (UKHO, 2024). b. Wheeled Vehicles. Likely suitable. (UKHO, 2024). c. Track Vehicles. Likely suitable. (UKHO, 2024). 10. Hinterland. Behind the beach is low lying grassland, interspersed with small pockets of woodland, further inland. (RN, 2019). 11. Communications Inland. Exit tracks from beach connect with main road network. (RN, 2019). 12. Cover & Concealment. The beach is overlooked from the higher terrain behind BoB. Behind LHL and RHL of beach, dense forest could provide cover. (UKHO, 2024). 13. Defensive Features. May be established in forested areas north and south of LAP. Steeper beach gradients and banks to the north. (UKHO, 2024). 14. Alternative Landing Places. Heiligenhafen Port and marina is approx. 10km NE and offer numerous berths. (UKHO, 2024). 15. Air Landing Areas. a. Winged Aircraft. Approx. 45km ENE of LAP is Kiel Airport. One runway, 1.2km in length. Caters for Military and Civilian aircraft. Airfield at 54° 22'45" N, 10° 08'42" E, MGRS: 32UNF 74385 26345 (UKHO, 2024). b. Helicopter Landing Sites. See 15.a. (UKHO, 2024). 16. Water and Engineering Resources. Closest village appears to be Wandelwitz, which is approx. 2.9km ENE of the beach or Putlos military base, approx. 3km SSE of the beach. Either of which are likely to be the closest source of water. No engineering resources have been identified. (UKHO, 2024).
---	--

Figura 2-7 Reporte de playa de un STOIC [14].

Según el NATO *Geospatial Maritime Working Group* (GMWG), esta información es crucial para el planeamiento de desembarcos, ya que permite anticipar posibles dificultades y seleccionar los mejores puntos de entrada a la costa [1].

- **Gráfica del gradiente de la playa**

La gráfica del gradiente de la playa (Figura 2-8) proporciona una representación visual de la pendiente costera y su impacto en el acceso de embarcaciones y vehículos anfibios. Este análisis permite identificar áreas seguras de desembarco y mitigar riesgos operacionales. Estudios como los realizados en la playa del Retín, en Cádiz, han demostrado la importancia de estos datos para evaluar la viabilidad de las operaciones anfibias y minimizar el impacto de las condiciones del terreno [5].

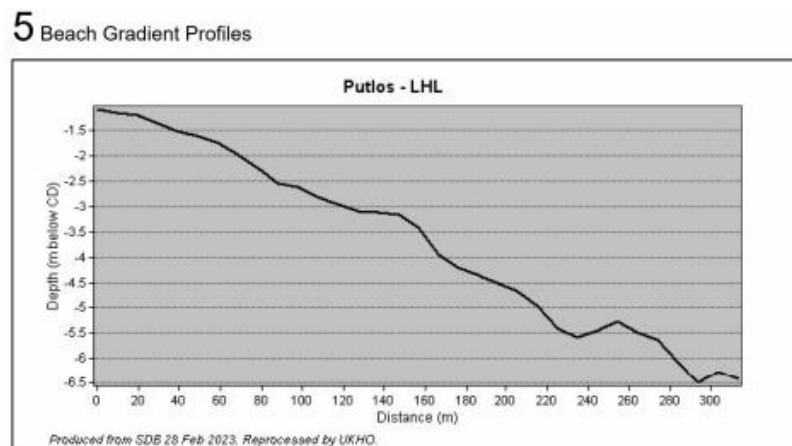


Figura 2-8 Gradiente de la playa de un STOIC [14].

- **Condiciones meteorológicas**

Las condiciones meteorológicas (Figura 2-9) son factores determinantes en la ejecución de operaciones anfibias, ya que compromete la seguridad en el desembarco y el éxito en la misión. Un STOIC incluye información sobre:

- f) Estado del tiempo: Previsiones meteorológicas a corto y mediano plazo, incluyendo temperatura, viento y precipitaciones.
- g) Condiciones del mar: Datos sobre oleaje, corrientes y mareas, esenciales para la seguridad del desembarco.
- h) Visibilidad y efectos atmosféricos: Información sobre niebla, precipitaciones y otros fenómenos que pueden afectar la operación.

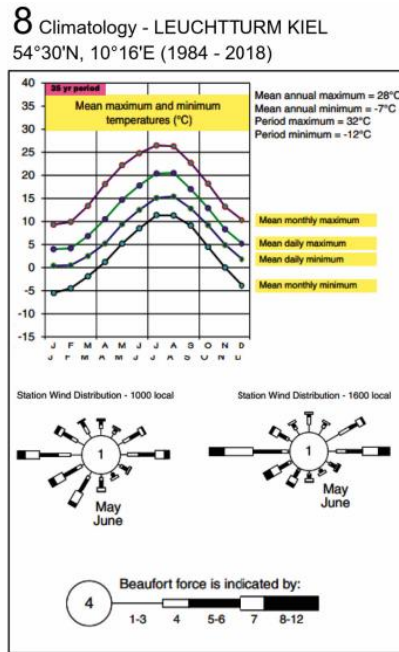


Figura 2-9 Condiciones meteorológicas dentro de un STOIC [14].

El sistema SIAAMETOC, permite modelar estas condiciones en tiempo real, asegurando una mejor planificación y ejecución de operaciones navales.

- **Iluminación y fases lunares**

La iluminación lunar es un factor a tener en cuenta durante el desarrollo de operaciones nocturnas. Un STOIC incorpora información sobre las fases lunares y la intensidad de la luz natural (Figura 2-10) en distintos momentos de la noche, así como el orto y el ocaso del sol y la luna. La iluminación lunar puede influir en la visibilidad de las tropas y en la detección de amenazas, por lo que su análisis es fundamental en la planificación de misiones [9].

7 Tide Predictions/Levels, Sun/Moon Rise/Fall and Lunar Phases (UT/GMT timings)

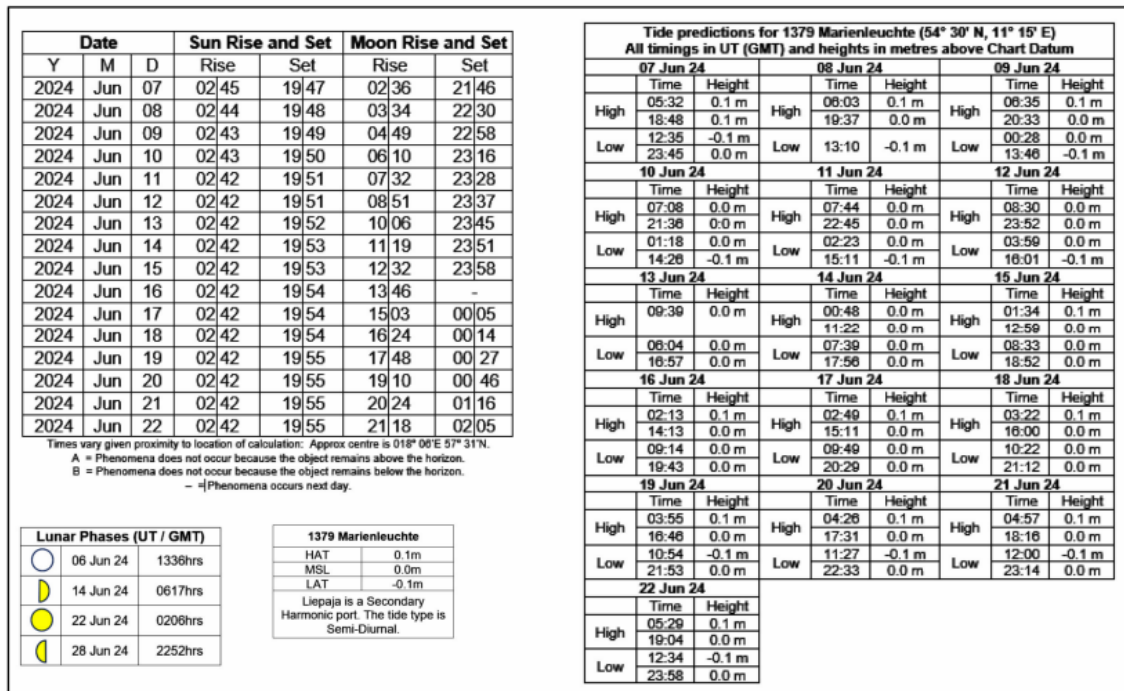


Figura 2-10 Información de iluminación y fases lunares dentro de un STOIC [14].

El análisis de estos datos permite ajustar horarios de desembarco para aprovechar condiciones óptimas de iluminación o minimizar la exposición a detección enemiga en operaciones cuya clave del éxito es la sorpresa.

• Imágenes de la playa

Las imágenes reales de la playa (Figura 2-11) permiten al mando tener una referencia visual clara del área de operaciones, facilitando la identificación de puntos clave en el terreno y la validación de la información contenida en mapas y reportes [5].

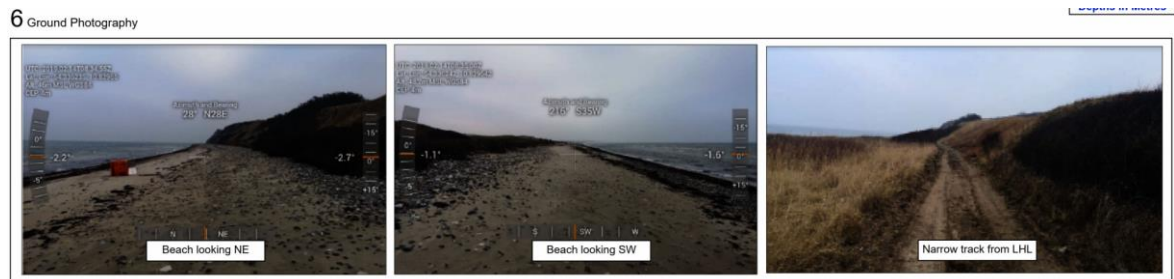


Figura 2-11 Imágenes de la playa dentro de un STOIC [14].

El uso de fotografías recientes y en alta resolución es particularmente útil para detectar cambios en la morfología del terreno que no sean reflejados en mapas estáticos, como acumulaciones de arena, erosión costera o presencia de estructuras artificiales [10].

2.3.3 Importancia del STOIC en operaciones anfibas

Las operaciones anfibas presentan un alto nivel de complejidad debido a la combinación de factores tácticos, meteorológicos y geoespaciales que afectan directamente a su ejecución. Para minimizar los riesgos y mejorar la capacidad de planificación, el STOIC se ha convertido en una herramienta clave

dentro del proceso de planeamiento anfibio, proporcionando a los mandos militares una visión detallada y actualizada del entorno operativo [1]. La información contenida en un STOIC permite evaluar la viabilidad de una zona de desembarco y anticipar riesgos, minimizando el impacto de condiciones adversas. En la doctrina de planeamiento anfibio de la Armada Española, se establece la necesidad de contar con información precisa y actualizada para la toma de decisiones en escenarios de alta variabilidad operativa. De igual manera, la doctrina OTAN refuerza este concepto, indicando que la integración de datos meteo-oceanográficos y geoespaciales en los procesos de planeamiento mejora significativamente la conciencia situacional y la capacidad de reacción de las fuerzas [8].

La importancia del STOIC se ha confirmado en ejercicios y misiones reales, donde el acceso a información detallada sobre la zona de desembarco ha permitido optimizar la fase de planeamiento y ejecución. En la Operación *Overlord*, durante el desembarco de Normandía en 1944, la recopilación de datos meteorológicos y oceanográficos desempeñó un papel crítico en la decisión de retrasar la operación 24 horas, evitando condiciones adversas que habrían comprometido su éxito [10]. En la actualidad, sistemas como SIAAMETOC proporcionan una capacidad similar mediante el análisis de modelos digitales y mediciones reales que permiten generar un STOIC preciso y adaptado a las condiciones reales del entorno operativo. El desarrollo de estos cuadros en tiempo real ha demostrado ser esencial en la fase de planeamiento de operaciones anfibias, permitiendo adaptar la maniobra en función de la evolución de las condiciones ambientales y tácticas. Estudios recientes han confirmado que la implementación de modelos operacionales de apoyo en desembarcos anfibios, como los validados en la playa del Retín, Cádiz, han mejorado la precisión de las previsiones meteo-oceanográficas, reduciendo significativamente los riesgos operacionales y facilitando el proceso de toma de decisiones [5].

Desde una perspectiva doctrinal, el uso de STOIC en el planeamiento anfibio se encuentra alineado con la doctrina de planeamiento de operaciones anfibias, la cual destaca la importancia de la integración de información geoespacial y ambiental en las fases de planificación y ejecución de la operación [8]. La OTAN, en su manual de estándares AML, también resalta la necesidad de generar productos geoespaciales adaptados a los requerimientos operativos de cada misión, asegurando que la información proporcionada sea precisa, oportuna y relevante para los mandos [1]. En este sentido, los STOIC representan una herramienta fundamental para la modernización de los procesos de planificación de operaciones anfibias, proporcionando una ventaja táctica y operativa. La continua evolución de estos sistemas, combinada con el uso de tecnologías avanzadas para la adquisición y procesamiento de datos, garantiza su relevancia en escenarios operacionales futuros, donde la capacidad de adaptación a entornos complejos es un factor determinante para el éxito de las operaciones.

2.4 Servicios geoespaciales y cartografía interoperable en el entorno militar.

2.4.1 La Infraestructura de Datos Espaciales de España

La Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) (Figura 2-12) es un sistema colaborativo formado por múltiples organismos públicos que permite acceder, compartir y reutilizar información geográfica mediante el uso de estándares y servicios interoperables. Su principal objetivo es facilitar el uso conjunto de datos espaciales en distintos niveles administrativos, garantizando su coherencia, accesibilidad y disponibilidad. La IDEE está alineada con la Directiva Europea INSPIRE [15], cuyo propósito es crear una infraestructura de información espacial en Europa para apoyar las políticas medioambientales y otras que puedan tener impacto territorial [16].



Figura 2-12 Página de inicio del IDEE [16].

La IDEE está coordinada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y cuenta con la participación de otras entidades clave como el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) y diversas administraciones autonómicas y locales. A través del portal oficial del IDEE se ofrece acceso libre a servicios cartográficos, bases de datos geoespaciales, visualizadores y catálogos de metadatos, todo ello cumpliendo con los estándares definidos por el *Open Geospatial Consortium* (OGC). Entre los recursos disponibles se encuentran ortofotos, cartografía topográfica, redes de transporte, límites administrativos, hidrografía y modelos digitales del terreno, entre otros [17].

En el ámbito militar, la utilidad de la IDEE es su capacidad para proporcionar información geográfica de alta precisión y en tiempo real, compatible con sistemas de información geográfica (SIG) tanto civiles como militares. El acceso a través de servicios web (como WMS, WFS o WMTS) permite integrar directamente estas capas de información en herramientas como QGIS, ArcGIS o entornos personalizados mediante programación. Esto representa una gran ventaja operativa, ya que elimina la necesidad de almacenamiento local de grandes volúmenes de datos cartográficos y permite acceder a información constantemente actualizada. La IDEE, por tanto, se presenta como una herramienta clave para el apoyo a la planificación y ejecución de operaciones, en especial en escenarios que requieren un conocimiento preciso y detallado del terreno.

2.4.2 Web Map Service

Los servicios WMS son uno de los pilares fundamentales en la difusión de información geoespacial en entornos tanto civiles como militares. Se trata de un estándar definido por el OGC que permite solicitar y visualizar mapas generados a partir de datos geográficos almacenados en servidores remotos. Estos mapas se renderizan en tiempo real y se devuelven al usuario como imágenes georreferenciadas (en formatos como PNG, JPEG o TIFF), listas para su visualización en navegadores, aplicaciones SIG o entornos de desarrollo personalizados [18].

El funcionamiento básico de un servicio WMS (Figura 2-13) se basa en tres operaciones estándar: *GetCapabilities*, *GetMap* y *GetFeatureInfo* [19].

- *GetCapabilities* devuelve un documento XML con los metadatos del servicio, incluyendo las capas disponibles, sistemas de referencia espacial (CRS), formatos soportados y estilos de representación.

- *GetMap* es la operación más importante, ya que permite solicitar una imagen de una o varias capas específicas para una zona geográfica determinada, indicando el sistema de coordenadas, el tamaño de la imagen y el formato de salida.
- *GetFeatureInfo*, aunque opcional, permite consultar información numérica asociada a elementos del mapa, siempre que el servidor lo permita.

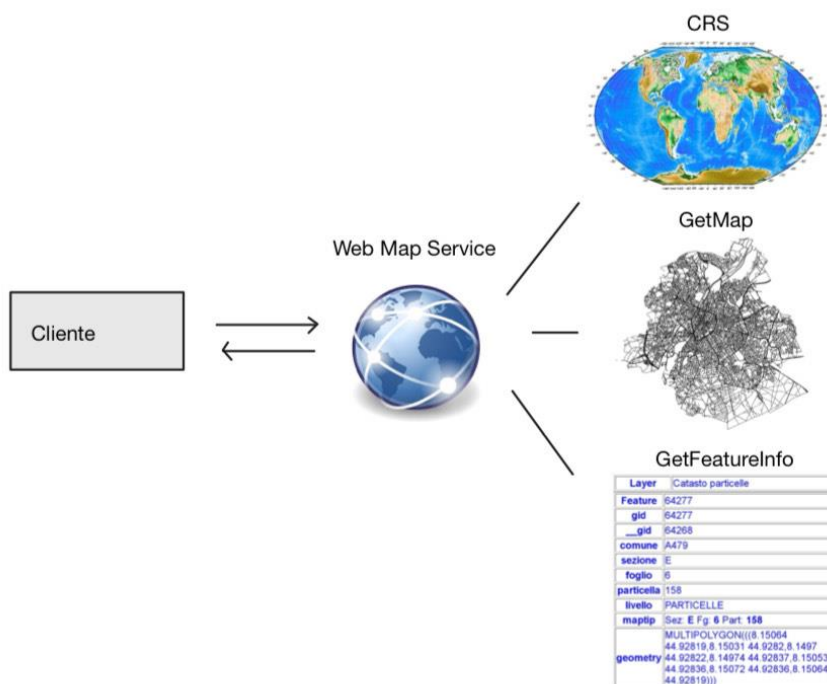


Figura 2-13 Esquema funcionamiento WMS (autoría propia).

Una de las grandes ventajas de los servicios WMS es que permiten centralizar y mantener actualizada la cartografía sin necesidad de descargar grandes volúmenes de datos. Esto facilita su integración en plataformas como QGIS, gvSIG o aplicaciones personalizadas con Python. Los servicios WMS garantizan además la interoperabilidad entre diferentes sistemas gracias al cumplimiento de los estándares OGC, lo que los convierte en una herramienta clave en contextos como el militar, donde se requiere integrar capas temáticas diversas (batimetría, hidrografía, imágenes satelitales, límites administrativos, etc.) provenientes de fuentes distintas [20].

2.4.3 Aplicación de servicios WMS en operaciones militares

El empleo de servicios WMS en entornos militares ha supuesto una evolución significativa en la forma de acceder, visualizar y emplear información geoespacial durante las fases de planificación y ejecución de operaciones. Su principal ventaja es la capacidad de acceder en tiempo real a datos cartográficos actualizados, sin necesidad de almacenar grandes volúmenes de información localmente. Esto resulta especialmente útil en contextos de operaciones expedicionarias o de despliegue rápido, donde el acceso a información de calidad y actualizada puede marcar la diferencia en la toma de decisiones tácticas.

En operaciones anfibas, los servicios WMS permiten visualizar capas temáticas clave como batimetría, relieve costero, cobertura terrestre o infraestructuras cercanas al área de desembarco. A través de herramientas SIG como QGIS, o mediante programación personalizada es posible automatizar la

descarga de imágenes de alta resolución con un nivel de precisión ajustado a los requerimientos operativos.

Además, el uso de servicios WMS está alineado con los principios de interoperabilidad definidos en entornos OTAN y nacionales. Diversos organismos de defensa en España, como el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) o el Centro Geoespacial de la Defensa (CEGEODEF), ofrecen ya servicios interoperables que pueden ser integrados en entornos de planificación conjunta. El uso de estos servicios permite, por ejemplo, que diferentes unidades accedan a la misma fuente de datos cartográficos desde ubicaciones distintas, garantizando unidad de criterio y minimizando errores derivados del uso de información obsoleta o inconsistente.

3 DESARROLLO DEL TFG

El desarrollo del trabajo se centra en la generación de Cuadros de Información Operativa Táctica, herramientas esenciales en la planificación de operaciones anfibia. Para ello, se ha diseñado un sistema que permite la extracción y estructuración de datos geoespaciales, meteorológicos y oceanográficos en un formato estandarizado, facilitando su interpretación y análisis.

El proceso se lleva a cabo mediante el uso de Python como lenguaje de programación principal, en combinación con herramientas especializadas como los servicios web del IDEE para la obtención de imágenes georreferenciadas, SIAAMETOC como fuente de información ambiental y LaTeX para la generación del documento final.

Este desarrollo proporciona un método eficiente y preciso para la obtención de información operativa, optimizando la toma de decisiones en escenario de operaciones.

3.1 Herramientas empleadas en el desarrollo del STOIC

3.1.1 Python: Automatización del proceso

Python ha sido la herramienta central en el desarrollo del sistema de automatización de los STOIC, debido a su versatilidad, facilidad de integración con otros sistemas (Figura 3-1) y su amplio ecosistema de bibliotecas especializadas. Para este proyecto, se ha trabajado con Python 3.10, una versión compatible con las principales bibliotecas necesarias para la extracción de datos, procesamiento geoespacial y generación de documentos en LaTeX.

Para integrar información de SIAAMETOC en el producto final, se ha optado por un enfoque visual mediante capturas de pantalla automatizadas de las páginas clave de los informes de SIAAMETOC, utilizando la biblioteca “pdf2image”. Esta herramienta permite convertir páginas de un archivo PDF en imágenes de alta calidad, lo cual resulta especialmente útil cuando se quiere preservar el formato, la estructura y los elementos visuales originales del documento.

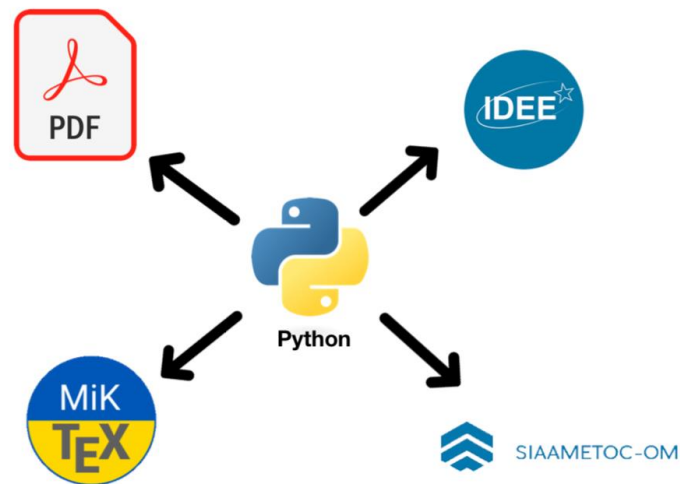


Figura 3-1 Esquema uso de Python en el trabajo (autoría propia).

En el ámbito geoespacial, el servicio WMS se ha convertido en una herramienta clave para interactuar con datos geoespaciales y obtener imágenes de diferentes capas proporcionadas por fuentes del IDEE. Mediante el uso del código desarrollado, específicamente con la función de solicitudes “GetMap”, se automatiza la descarga de imágenes desde estos servicios WMS. Este proceso facilita la obtención de mapas en distintos formatos, asegurando que las imágenes seleccionadas sean adecuadas para ser insertadas en el documento LaTeX.

Para la generación del documento final, se ha optado por trabajar con una plantilla desarrollada en LaTeX, donde la estructura y el formato del cuadro STOIC quedan establecidos. El script en Python se limita a actualizar los contenidos visuales y la información relevante, como las imágenes descargadas de servicios WMS o extraídas de documentos PDF. Además, en el diseño del documento se ha utilizado el paquete “tcolorbox”, que permite resaltar información específica dentro de bloques encuadrados, mejorando así la legibilidad y organización del contenido extraído.

3.1.2 LaTeX: Estructuración del documento STOIC

LaTeX ha sido una herramienta clave para la generación del documento STOIC, permitiendo estructurar la información en un formato visual y atractivo para el usuario. La arquitectura de LaTeX permite la definición precisa de secciones, márgenes y distribución del contenido, asegurando que el documento final esté bien organizado.

En este desarrollo, se ha utilizado LaTeX con la distribución “TeXworks” (Figura 3-2), junto con diversas librerías para mejorar la estructura y presentación del documento. La geometría del documento se ha definido con el paquete “geometry”, configurando un diseño en A1 horizontal “alpaper, landscape, margin=2cm”, asegurando que toda la información se ajuste adecuadamente a la página. La inclusión de imágenes ha sido gestionada con el paquete “graphicx”, que permite insertar y escalar imágenes extraídas de servicios como el IDEE.

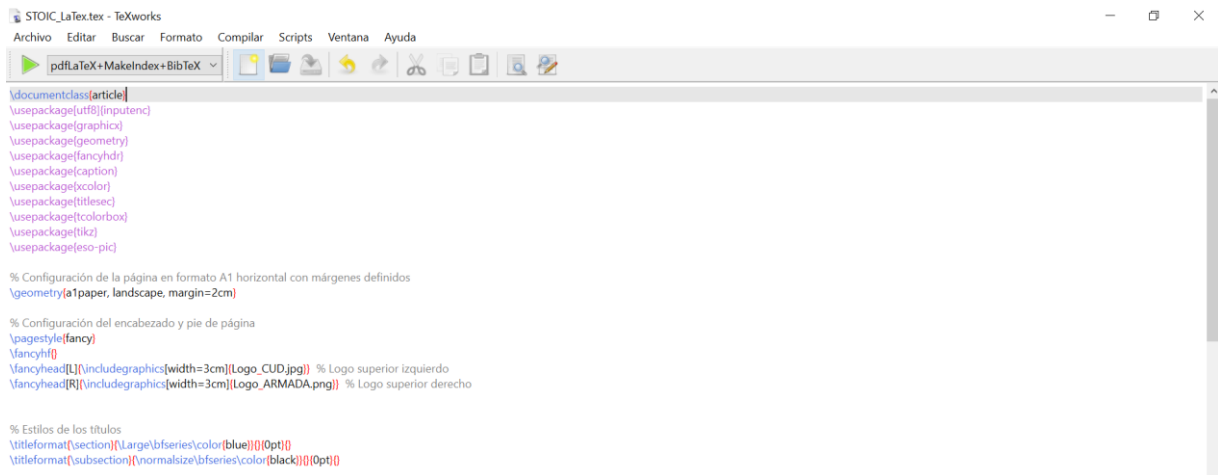


Figura 3-2 Código de LaTeX en TeXworks (autoría propia).

3.1.3 Visual Studio Code: Entorno de desarrollo

Visual Studio Code (VS Code) ha sido el entorno de desarrollo utilizado para la implementación del sistema de automatización de los STOIC. VS Code (Figura 3-3) ha permitido gestionar el código de Python.

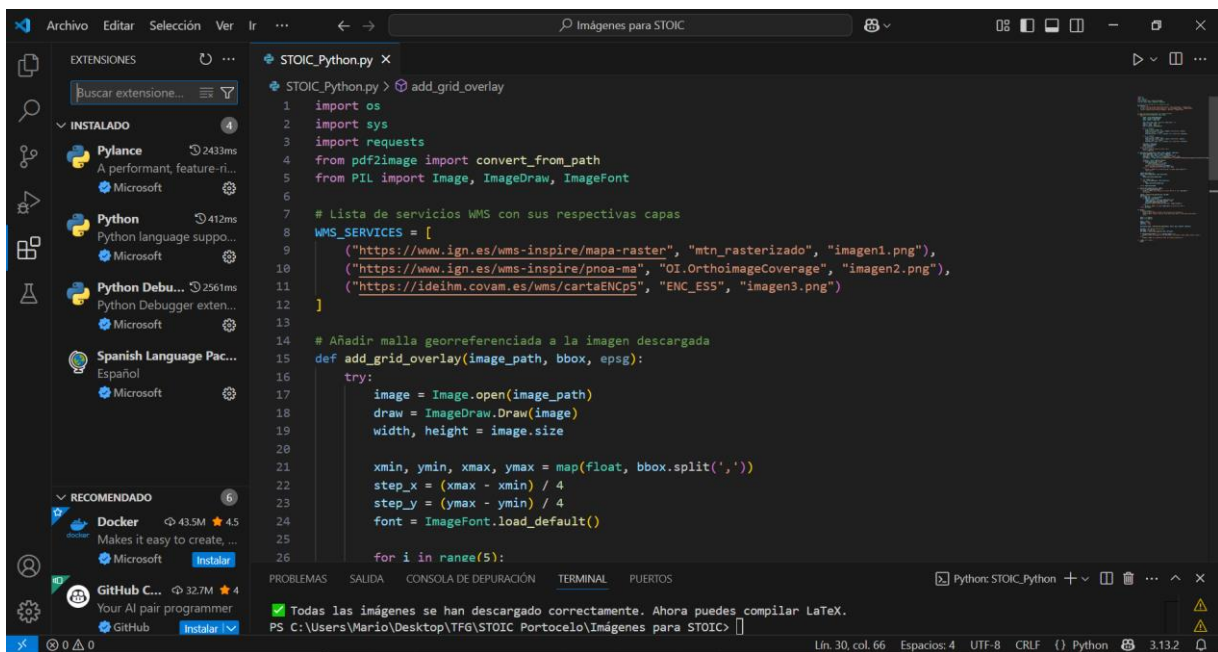


Figura 3-3 Script de Python en VS Code (autoría propia).

Para optimizar el trabajo, se han utilizado extensiones específicas dentro de VS Code. La extensión “Python” ha facilitado la ejecución y depuración del código.

3.1.4 TeXworks: Compilación del documento

TeXworks ha sido la herramienta empleada para la compilación del documento LaTeX en formato PDF, garantizando que toda la información generada y organizada en el archivo “.tex” se convierta en un documento final con la estructura del STOIC previamente establecida. Esta interfaz gráfica, diseñada para facilitar el trabajo con proyectos LaTeX, permite visualizar, editar y compilar el documento de manera sencilla e intuitiva, sin necesidad de recurrir a líneas de comandos complejas ni configuraciones avanzadas.

Uno de los puntos fuertes del uso de TeXworks en este desarrollo ha sido su compatibilidad con proyectos complejos que integran múltiples imágenes y elementos gráficos, como los mapas obtenidos mediante WMS o las capturas extraídas de los informes generados por SIAAMETOC. A través del motor de compilación “pdfLaTeX”, el archivo “.tex” ya predefinido se actualiza con las imágenes generadas por Python y las generadas manualmente, integrando todos los componentes del documento de manera automatizada y sin intervención manual directa sobre el código fuente. Esto ha permitido mantener un flujo de trabajo eficiente, estable y fácilmente reproducible en futuras operaciones.

3.1.5 SIAAMETOC: Fuente de información meteorológica y oceanográfica

Para la elaboración del cuadro STOIC, el sistema ha suministrado informes técnicos específicos en formato PDF, generados a partir de modelos históricos de datos (HINDCAST), basados en la zona geográfica de interés.

Estos informes denominados como “Informe de Forzamiento” e “Informe de Resultados” siguen una estructura estándar que facilita su tratamiento automatizado. Incluyen información valiosa como análisis históricos de parámetros críticos, estadísticas mensuales de altura significativa de ola o intensidad de viento, así como representaciones gráficas y tablas comparativas por meses o estaciones del año. Este tipo de datos resulta especialmente útil para identificar ventanas de oportunidad tácticas, seleccionar medios de desembarco apropiados y reducir el riesgo operacional.

La extracción de estos datos se ha realizado mediante el uso de Python y la biblioteca “PyMuPDF”, que permite acceder al contenido de los archivos PDF generados por el sistema SIAAMETOC. La extracción de información del documento tipo PDF se realiza mediante dos posibles métodos. A través de un algoritmo de búsqueda basado en palabras clave, se identifica el párrafo relevante dentro del documento y se extrae automáticamente para su inclusión en el documento LaTeX. O bien, realizando capturas de pantalla automatizadas mediante código de información o gráficas relevantes.

3.2 Procedimiento para la elaboración del STOIC

3.2.1 Selección del área de estudio

Para el desarrollo del trabajo y como primer paso en la generación del STOIC para un área de desembarco, se ha seleccionado una zona de estudio que incluye una posible playa apta para este tipo de operaciones.

La elección de esta playa se ha basado en varios factores clave que influyen en la elaboración de los cuadros de información. El principal criterio ha sido la experiencia previa en operaciones en la zona, ya que se encuentra cerca del recinto de la Escuela Naval Militar (ENM) y ha sido utilizada en múltiples ocasiones para ejercicios por parte de la compañía de alumnos de Infantería de Marina (Figura 3-4) de la ENM. Esta experiencia operativa proporciona un conocimiento detallado de la playa, facilitando la generación del STOIC y asegurando que la información recopilada sea relevante y útil.



Figura 3-4 Compañía de Alumnos realizando ejercicios anfibios (autoría propia).

La playa seleccionada para el estudio es la playa de Portocelo (Figura 3-6), la cual se encuentra ubicada en la Ría de Pontevedra (Figura 3-5) y a menos de 1 kilómetro de distancia de la ENM. Es una playa apta para la realización de ejercicios de desembarcos anfibios de baja entidad, pudiendo desembarcar a la vez hasta una compañía de fusiles.



Figura 3-5 Área de estudio dentro la Ría de Pontevedra (autoría propia).

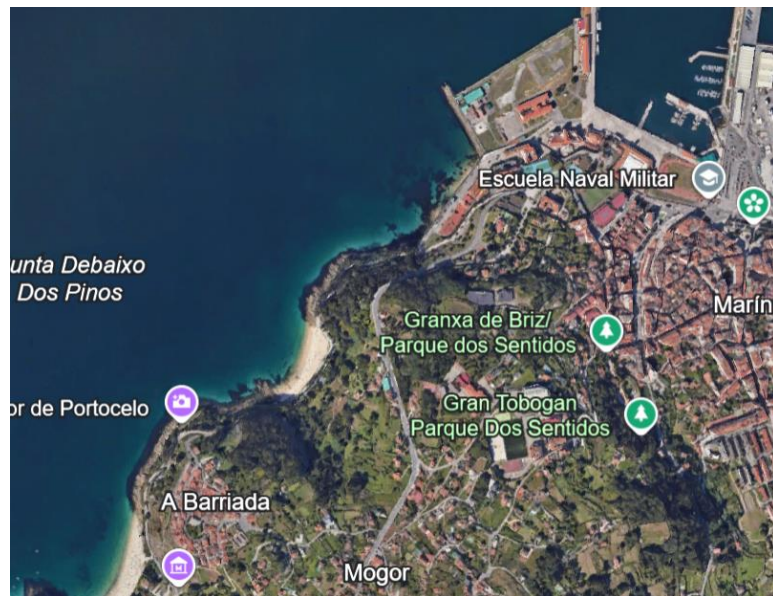


Figura 3-6 Área de estudio (autoría propia).

3.2.2 Estructurar la información del STOIC

A la hora de diseñar y estructurar el STOIC, ha sido fundamental organizar de manera clara y ordenada los distintos elementos visuales y datos que lo componen. Debido a la cantidad de información relevante para la planificación de operaciones anfibas, se ha optado por emplear un formato A1 en horizontal, lo que permite distribuir de manera eficiente la información sin comprometer el orden del documento. La disposición de los elementos ha sido definida a partir de un boceto inicial realizado en Paint (Figura 3-7), en el que se han determinado las secciones clave del documento, asegurando que cada parte de la información tenga su propio espacio.



Figura 3-7 Boceto estructura información de STOIC (autoría propia).

La parte superior del STOIC se compone de tres elementos clave obtenidos a través de servicios WMS. En primer lugar, se incluye una cartografía militar general del área de estudio, que proporciona una visión global del terreno desde el punto de vista estratégico. Esta capa sirve como marco de referencia inicial y facilita el reconocimiento de las principales rutas, accidentes geográficos y elementos de interés militar. A continuación, se presenta una imagen satelital extraída del PNOA (Plan Nacional de Ortografía Aérea), que permite observar con gran detalle las características de la zona costera, la vegetación y la infraestructura. Finalmente, se introduce una carta náutica específica de la playa, también obtenida vía WMS, que aporta información precisa sobre profundidades, peligros para la navegación y elementos útiles para la aproximación desde el mar.

Debajo de este primer bloque se encuentra un panel central con imágenes obtenidas de Google Earth y otros visores del terreno, que muestran una representación visual actualizada del entorno, facilitando el análisis del acceso terrestre, urbanización cercana y posibles obstáculos. Acompañando a este bloque, se ubica una gráfica de la batimetría de la playa, esencial para comprender los perfiles del fondo marino, la pendiente de entrada, y su influencia sobre la maniobrabilidad de las embarcaciones.

En una tercera franja informativa se organiza una serie de documentos específicos orientados a la toma de decisiones tácticas. Se incluye un reporte técnico sobre la playa, donde se detallan características del terreno, accesibilidad, riesgos y recomendaciones. Junto a él se ubican tres bloques extraídos del sistema SIAAMETOC: el histórico de viento, que describe la frecuencia, dirección y fuerza media de los vientos predominantes; el histórico de oleaje, que ofrece datos de altura, periodo y dirección de las olas a lo largo del año; y una matriz de impacto para vehículos anfibios como LCM o embarcaciones 470, que facilita la evaluación operativa de los posibles días de desembarco en función de las condiciones ambientales.

Por último, en la esquina inferior derecha del documento, se reservan dos recuadros más compactos: uno dedicado a condiciones climatológicas referentes a temperatura y otro para notas y referencias, donde se recopilan las fuentes utilizadas, los créditos cartográficos y observaciones relevantes para el usuario.

La estructura del STOIC se ha establecido con el propósito de proporcionar una visión clara, ordenada y jerárquica de la información. Al organizar la información en niveles, se facilita una lectura fluida, permitiendo que el usuario pueda interpretar rápidamente los distintos conjuntos de datos sin generar confusión o desorden visual. Esta disposición estructurada no solo optimiza la presentación de los datos, sino que también refuerza la funcionalidad del STOIC como herramienta de referencia en la toma de decisiones dentro del ámbito de las operaciones anfibias.

3.2.3 Selección de capas del IGN

La selección de capas geoespaciales es un paso clave, ya que estas contienen la información cartográfica necesaria para representar el área de estudio con precisión. La selección de capas ha sido realizada en función de su relevancia para las operaciones anfibias, asegurando que la información extraída permita un estudio detallado de la geografía del área de interés.

En este caso, se han utilizado servicios WMS del Instituto Geográfico Nacional (IGN), con el fin de establecer 3 capas de las que mediante capturas de pantallas definidas por 2 coordenadas se insertan en el STOIC, dando una visión topográfica, espacial e hidrográfica. Las capas son seleccionadas desde el servicio WMS del IGN (Figura 3-8), el cual ofrece numerosas capas en función de la necesidad del usuario.



Figura 3-8 Página inicial de servicios WMS del IDEE (autoría propia).

Las capas seleccionadas de este servicio pueden ser visualizadas mediante el software QGIS, el cual ofrece herramientas para el trabajo con dichas capas y obtener un análisis más detallado de las capas. Para cargar las capas en el software QGIS (Figura 3-9) se realiza mediante el URL que conecta con el servicio WMS de capa de una de las capas.

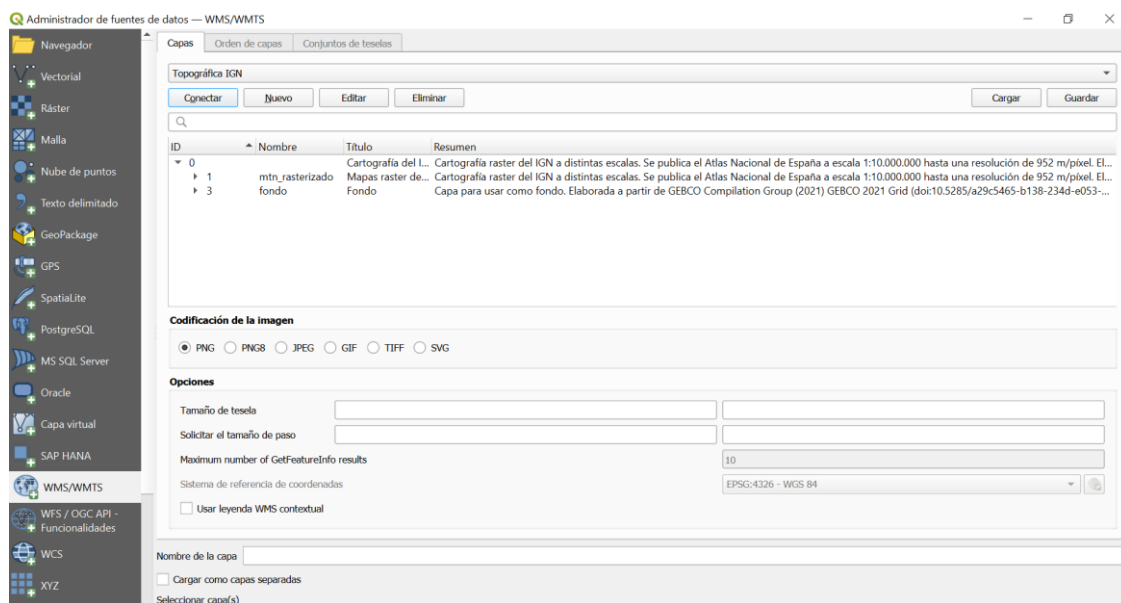


Figura 3-9 Administrador de fuentes de datos de QGIS (autoría propia).

El software permite al usuario la opción de superponer las capas para obtener más información de una misma zona, como se puede ver en la imagen a continuación (Figura 3-10), aparecen dos capas (satelital y carta náutica) superpuestas del área de estudio.

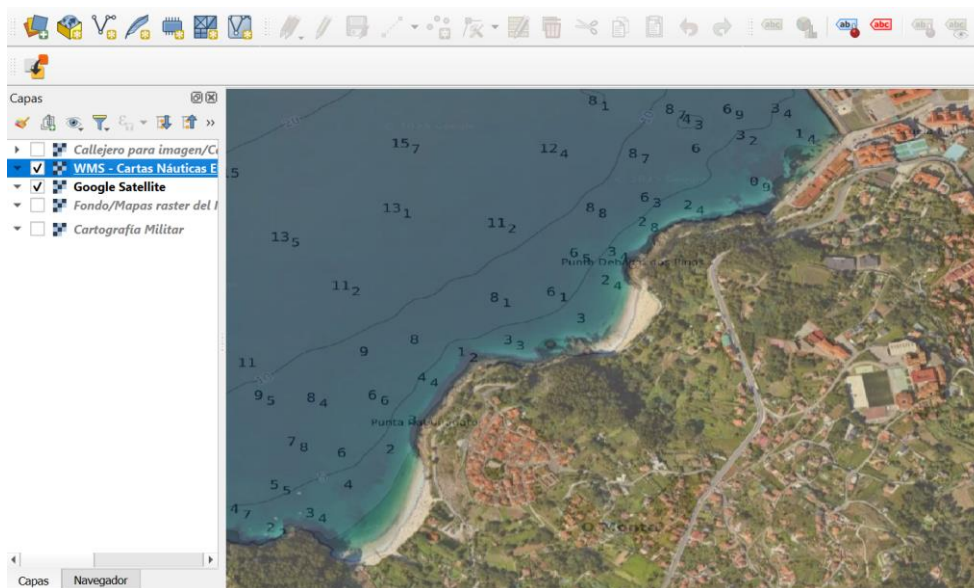


Figura 3-10 Capas superpuestas en la zona de estudio QGIS (autoría propia).

Finalmente, la selección de las capas a introducir dentro del STOIC se ha llevado a cabo en base a la necesidad de información que presentan los desembarcos anfibios para su planeamiento.

En primer lugar, una imagen que represente un plano topográfico militar de la zona general de desembarco, ya que muestra las características físicas del área de desembarco, incluyendo elevaciones, pendientes, depresiones y obstáculos naturales o artificiales. Esto permite evaluar la viabilidad del terreno para el acceso de vehículos anfibios, unidades de infantería y equipamiento pesado. También proporciona información táctica militar para el estudio de los factores del terreno como la observación y campos de tiro, la ocultación y cubierta, puntos clave en el terreno o principales avenidas de aproximación tanto para las fuerzas propias como para el enemigo. A continuación, se puede ver una imagen de un plano topográfico del área de estudio (Figura 3-11).

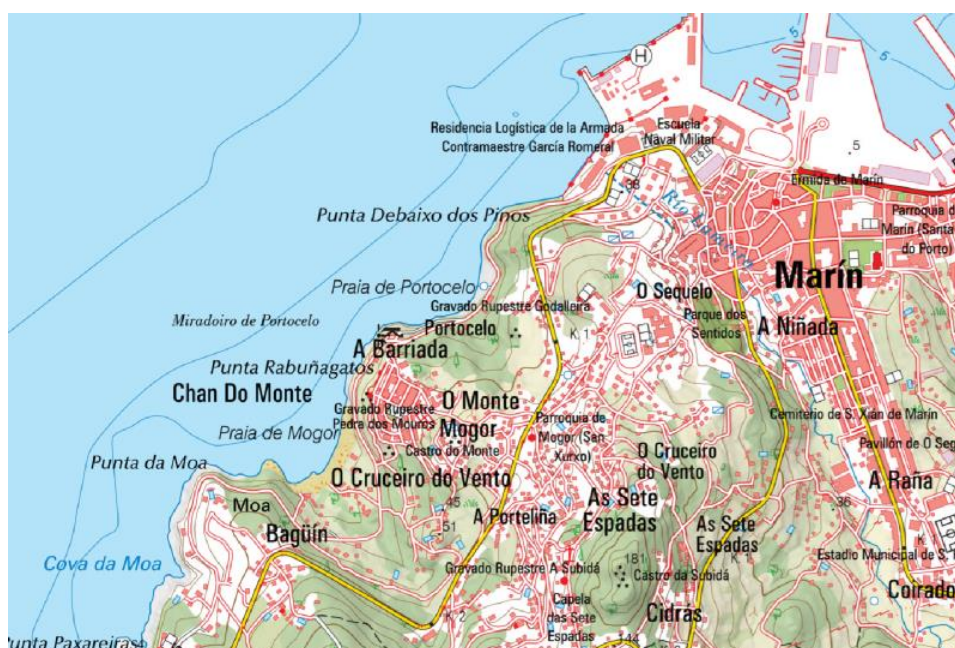


Figura 3-11 Plano topográfico de la zona de estudio (autoría propia).

Por otro lado, la siguiente capa que se ha seleccionado para el STOIC es la de ortofotos del PNOA con un zoom mayor en la playa específica de desembarco, ya que una imagen satelital permite analizar

la disposición real del terreno y detectar elementos que podrían influir al desembarco como muelles, edificaciones o carreteras de acceso. También muestran la zona de desembarco desde un punto de vista actualizado, proporcionando información más detallada sobre zonas de vegetación que proporcionan ocultación para el desembarco. A continuación, se muestra una imagen satelital de la zona de desembarco (Figura 3-12).

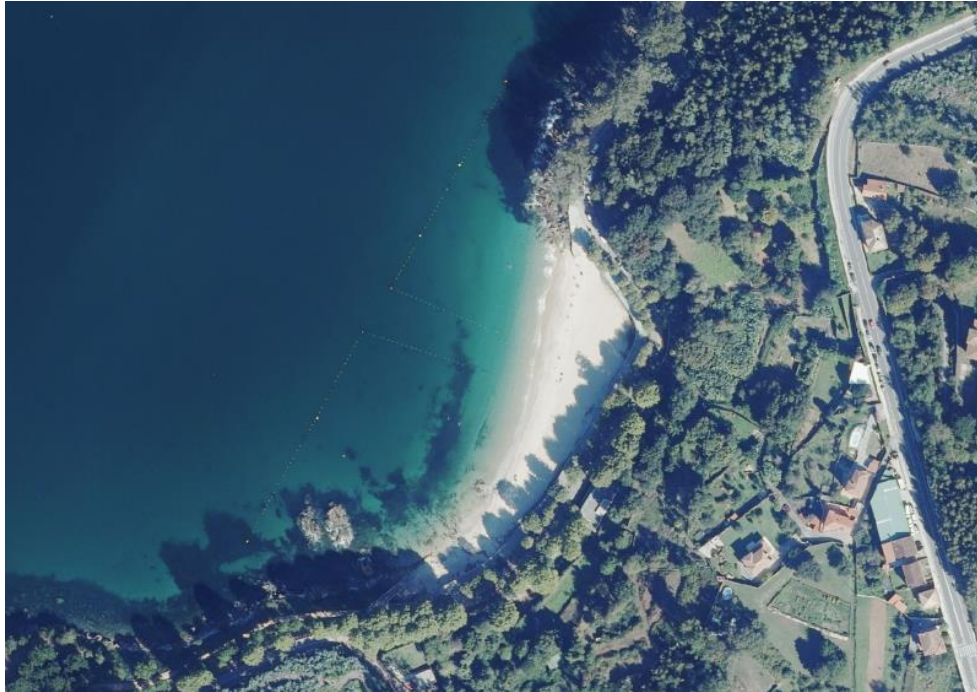


Figura 3-12 Imagen satelital de la zona de estudio (autoría propia).

Por último, la tercera capa que se ha seleccionado para el STOIC es la de carta náutica electrónica, al igual que la imagen satelital, esta imagen hace zoom en la playa de desembarco específica. Esta capa permite a los equipos de planeamiento anfibia determinar la viabilidad del desembarco desde el punto de vista marítimo, seleccionando las rutas óptimas para el movimiento buque costa. Además, integra información sobre balizamiento, señales marítimas y restricciones de navegación.

Una de las decisiones básicas dentro de una operación anfibia es la selección de la playa de desembarco, para ello se debe tener en cuenta la batimetría de la playa.

Asimismo, las cartas náuticas permiten identificar zonas con profundidad suficiente para que las embarcaciones de desembarco puedan aproximarse a la playa sin riesgo de encallamiento, también permiten establecer las zonas de apoyo para buques que proporcionen apoyo de fuegos naval y apoyo logístico. A continuación, se muestra una imagen de carta náutica de la zona de estudio (Figura 3-13).



Figura 3-13 Carta náutica de la zona de estudio (autoría propia).

3.2.4 Obtención del perfil batimétrico mediante QGIS

Una de las secciones del STOIC contiene un perfil batimétrico de la playa de estudio, consiste en un perfil del fondo marino tomado desde el punto central de la playa hacia mar adentro. Este perfil batimétrico se ha obtenido mediante el empleo de la herramienta QGIS.

En primer lugar, es necesario cargar en el programa la capa referente a la batimetría de la zona (Figura 3-14), en este caso, ha sido proporcionada por el IHM.

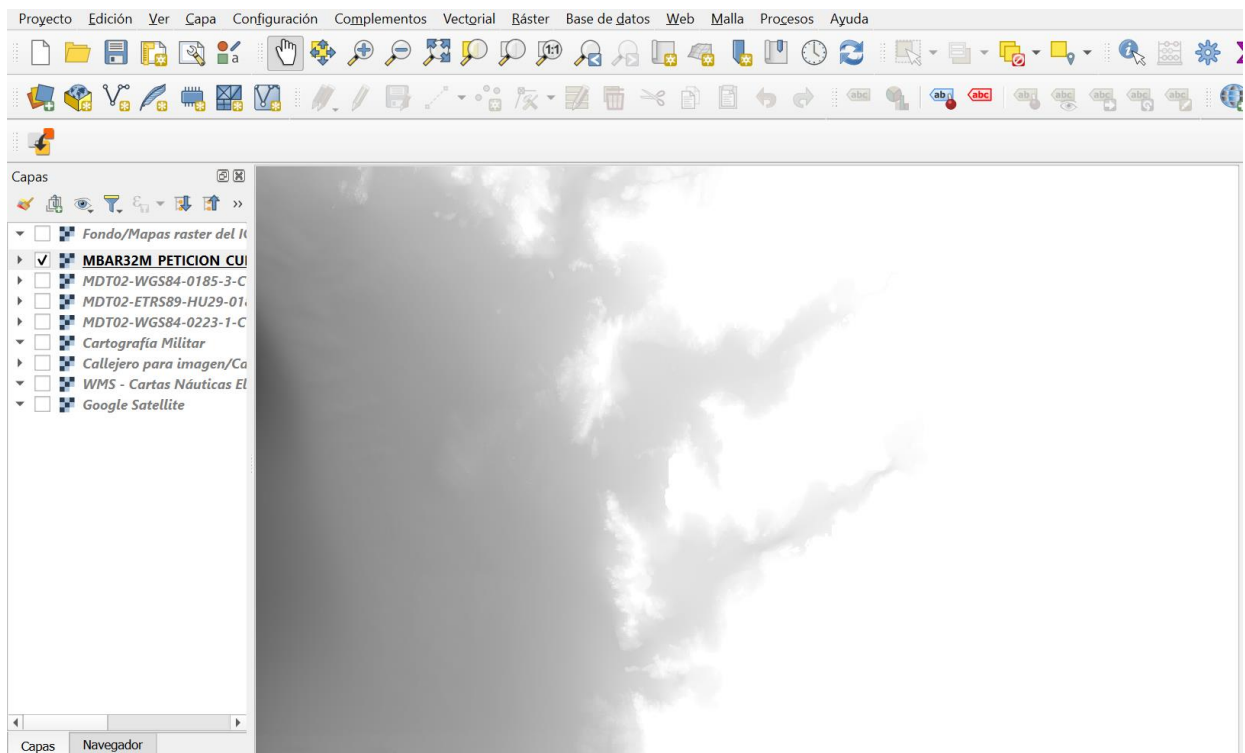


Figura 3-14 Capa de la batimetría de las Rías Bajas (autoría propia)

A continuación, mediante la herramienta *Profile tool* (Figura 3-15) y sobre una capa que nos permita visualizar donde estamos seleccionando, se traza una línea desde el centro de la playa, hacia mar adentro y perpendicular a esta, de la distancia deseada. Es necesario cargar en la herramienta la capa sobre la que queremos que lea el perfil, utilizando *Add layer*.

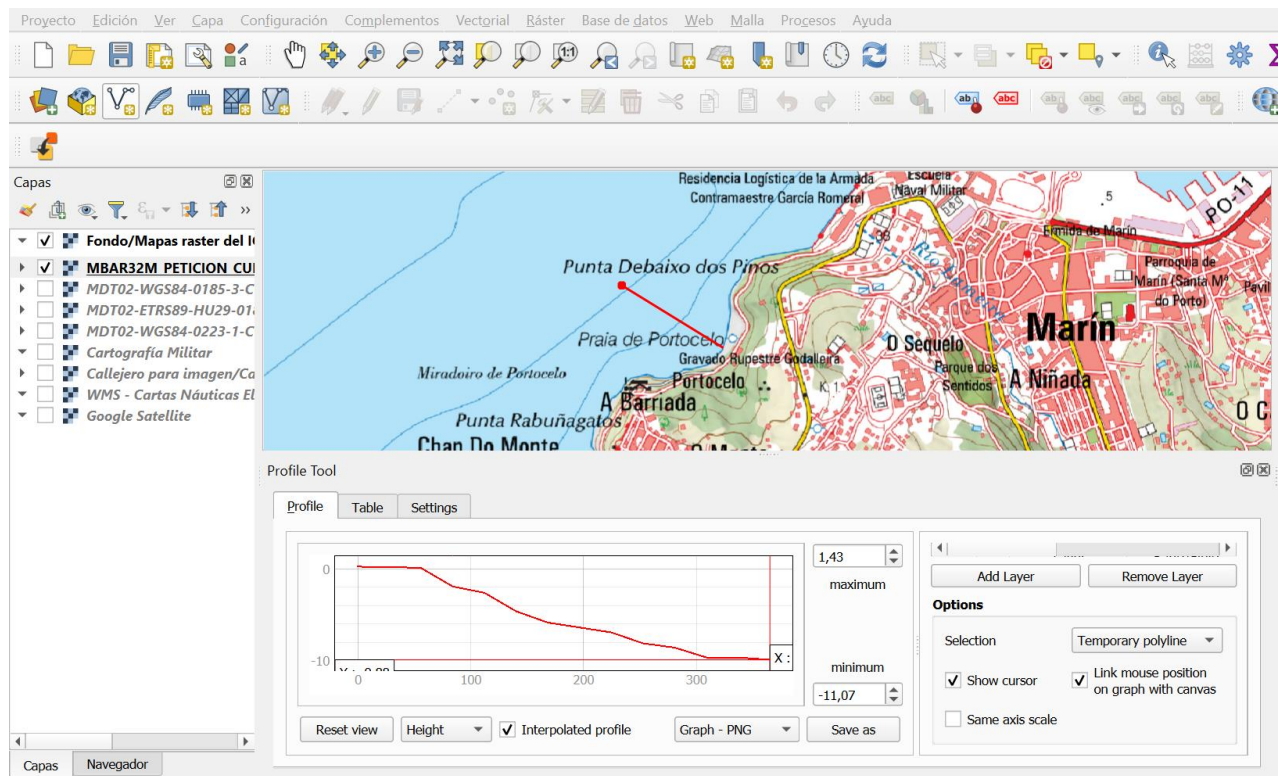


Figura 3-15 Herramienta *Profile Tool* de QGIS (autoría propia).

La herramienta genera una gráfica relacionando la distancia desde la costa (eje x) con la profundidad del mar (eje y) en metros. Mediante *Save as* se guarda la imagen en la carpeta del proyecto para su posterior inserción en el documento final mediante LaTeX.

3.2.5 Selección de información relevante de SIAAMETOC-OM

Un aspecto clave ha sido la selección de la información meteorológica y oceanográfica, proporcionada en este caso a través de la herramienta SIAAMETOC. Como se ha comentado anteriormente, esta información irá reflejada en tres “gaps” en la parte inferior del STOIC.

Concretamente, para este trabajo, el IHM proporcionó una serie de productos estandarizados en formato PDF correspondientes a la zona geográfica de estudio seleccionada. Estos productos, titulados “Informe forzamiento” e “Informe resultados” (Figura 3-16), mantienen siempre una estructura fija, independientemente del área de análisis. Esta estandarización ha facilitado la automatización del proceso de selección de contenido relevante y ha permitido identificar con rapidez las páginas de interés en cada documento. Ambos informes contienen información de tipo histórico, incluyendo variables como oleaje, viento, batimetría, así como matrices de impacto sobre los vectores de proyección de la fuerza, entre los que se encuentran medios como SCAT o LCM, fundamentales en maniobras de desembarco.

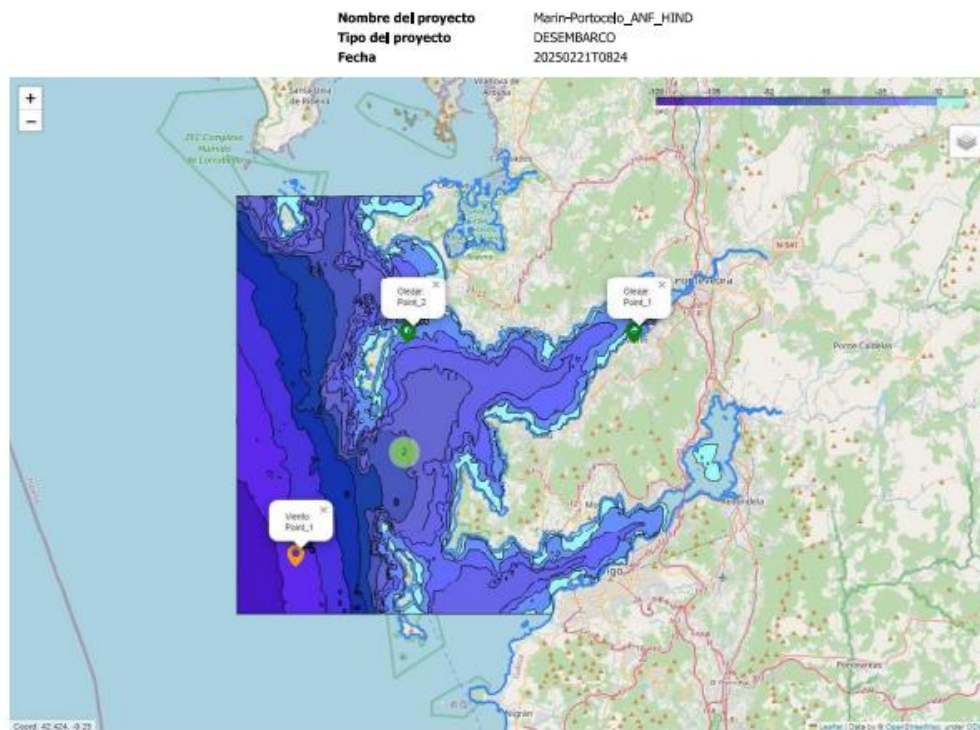


Figura 3-16 Página inicial del documento “Informe forzamiento” (autoría propia).

Tras un análisis detallado del contenido completo de ambos informes, se ha decidido seleccionar e integrar en el STOIC únicamente la información más útil desde el punto de vista táctico y de planificación: el histórico de oleaje, el histórico de viento (Figura 3-17) y las matrices de impacto para medios de desembarco. Esta selección se ha hecho atendiendo a la necesidad de ofrecer, dentro del documento, un resumen claro y directo de las condiciones ambientales predominantes en la zona, así como su influencia operativa sobre los sistemas de proyección de la fuerza. Es decir, no se ha pretendido incluir todos los datos disponibles, sino únicamente aquellos que, por su impacto directo en la maniobra, aportan un valor añadido real al proceso de toma de decisiones.



DATOS INTENSIDAD VIENTO NUDOS (KTS) Point_1							
MES	PROB<15kts	PROB<25kts	PROB<35kts	Q50	Q90	Q99	Q12
Enero	68,75	96,39	99,96	11,52	21,04	28,61	32,70
Febrero	66,61	95,42	99,81	11,35	21,09	31,09	35,43
Marzo	68,41	96,94	99,96	11,39	20,54	28,13	31,44
Abril	77,56	99,36	100,00	10,12	18,37	24,32	28,00
Mayo	77,34	99,79	100,00	10,44	17,66	22,40	25,48
Junio	83,93	99,80	100,00	9,92	16,24	21,28	26,09
Julio	84,44	100,00	100,00	9,84	16,08	19,29	21,65
Agosto	82,72	99,90	100,00	9,96	16,45	20,21	23,78
Septiembre	86,94	99,42	99,98	8,16	15,86	22,36	29,56
Octubre	78,66	98,01	99,99	8,80	18,71	26,73	31,19
Noviembre	69,46	97,07	99,99	11,38	20,02	28,06	32,25
Diciembre	68,91	96,09	99,91	10,69	21,21	29,22	34,18

Q50: Probabilidad acumulada de IntVto<=VALOR en el 50% de las ocasiones del mes de estudio (Valor medio)

Q90: Probabilidad acumulada de IntVto<=VALOR en el 90% de las ocasiones del mes de estudio

Q99: Probabilidad acumulada de IntVto<=VALOR en el 99% de las ocasiones del mes de estudio

Q12: Es el dato extremo correspondiente al temporal del año, (12 horas de los valores extremos del mes de estudio)

	DATOS DIRECCIONES PREDOMINANTES VIENTO POR MESES Point_1											
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
N	7.62	7.71	8.53	9.04	13.33	15.80	18.85	19.25	12.64	8.14	8.34	5.87
NNE	11.76	12.51	11.55	13.00	14.68	11.42	12.41	16.47	14.58	10.35	12.50	9.86
NE	10.68	10.33	8.95	6.97	5.47	4.64	2.78	5.66	7.39	8.31	9.33	8.98
ENE	5.16	5.07	5.10	4.25	2.63	1.81	1.25	1.31	4.65	5.13	5.41	5.45
E	3.96	5.14	4.67	3.69	1.98	0.99	0.66	0.62	2.81	5.86	5.19	7.19
ESE	3.40	3.39	2.77	1.99	1.16	0.90	0.62	0.66	1.48	2.97	3.03	6.34
SE	2.76	2.32	1.58	1.80	1.44	1.02	0.78	0.99	1.84	3.15	2.15	4.82
SSE	6.94	4.35	3.19	3.56	2.89	2.53	2.03	2.12	4.88	8.10	5.38	7.30
S	10.21	7.68	8.15	6.92	7.20	5.84	5.24	5.68	7.90	14.72	9.45	12.82
SSW	8.44	7.61	7.97	7.65	7.28	6.73	6.13	5.22	5.68	8.58	7.44	7.59
SW	5.89	6.35	7.44	6.57	7.24	6.46	5.19	4.59	4.34	4.87	6.27	5.04
WSW	4.90	5.21	5.56	6.43	4.55	4.89	4.95	3.27	4.23	2.79	4.53	4.52
W	4.04	4.95	5.62	5.30	4.17	5.50	5.17	3.66	3.80	2.63	3.71	4.08
WNW	3.91	4.63	5.72	7.18	5.70	6.90	6.98	5.99	6.24	3.26	4.65	3.27
NW	4.92	6.19	5.98	7.78	9.67	10.72	10.70	10.30	8.19	4.60	6.25	2.66
NNW	5.43	6.53	7.24	7.88	10.61	13.86	15.26	14.21	9.36	5.54	6.36	4.23

Figura 3-17 Histórico de viento en la zona de estudio (autoría propia).

La incorporación de estas secciones al STOIC se ha realizado a través de un procedimiento automatizado mediante Python, desarrollando un script capaz de realizar capturas de pantalla exactas de las páginas necesarias dentro de los documentos PDF. Dado que la estructura de los informes es común, se ha podido programar el script para que extraiga siempre las mismas páginas, independientemente del área analizada. Estas capturas han sido posteriormente convertidas en imágenes y vinculadas en el documento LaTeX correspondiente al STOIC.

En cuanto a su utilidad, los históricos de oleaje y viento permiten conocer los valores medios y extremos de esas variables en la zona en función de las estaciones del año, lo cual resulta de especial interés para el planeamiento temporal de operaciones. Por ejemplo, si el análisis muestra que en determinados meses del año se registran habitualmente alturas de ola superiores a 1.5 metros o rachas de viento que exceden ciertos umbrales operativos, se podría valorar evitar el despliegue en ese periodo o prever medios alternativos adaptados a esas condiciones. Por su parte, las matrices de impacto permiten valorar de forma cuantitativa la capacidad operativa de cada vector de desembarco bajo distintas condiciones meteorológicas y marítimas, proporcionando una estimación del riesgo operativo asociado a cada situación ambiental.

3.2.6 Automatización del flujo de trabajo con Python

Para garantizar una integración eficiente de los elementos visuales en el documento final del STOIC, se ha desarrollado un script en Python que automatiza la descarga de las imágenes necesarias a partir de

servicios WMS y la extracción de información relevante desde documentos PDF proporcionados por el IHM. Este enfoque ha permitido reducir al mínimo el trabajo manual, asegurando que el contenido del STOIC sea replicable, preciso y esté estructurado siempre del mismo modo.

El script se divide en tres bloques principales:

1. Descarga de imágenes cartográficas desde servicios WMS.
2. Extracción de capturas desde el PDF de SIAAMETOC.
3. Coordinación del proceso completo en una función principal “main”.

Para el correcto funcionamiento del código, es necesario que todas las imágenes, documentos y archivos que están implicadas en el mismo se encuentren ubicadas en la misma carpeta de trabajo (Figura 3-18).

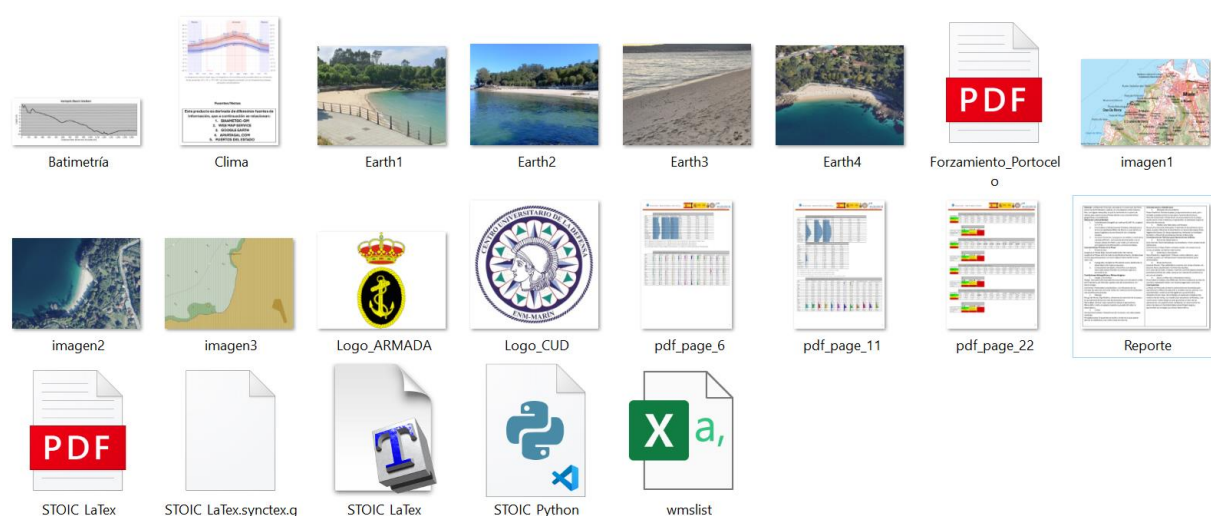


Figura 3-18 Carpeta del proyecto (autoría propia).

La primera parte del script está centrada en la función “download_wms_images”. Su objetivo es conectarse a distintos servicios WMS, solicitar imágenes de capas específicas y almacenarlas localmente con nombres predefinidos. En este trabajo se han utilizado tres servicios WMS (Figura 3-19) distintos que proporcionan: mapa topográfico, imagen satelital del PNOA, y carta náutica ENC.

```
WMS_SERVICES = [
    ("https://www.ign.es/wms-inspire/mapa-raster", "mtn_rasterizado", "imagen1.png"),
    ("https://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma", "OI.OrthoimageCoverage", "imagen2.png"),
    ("https://ideihm.covam.es/wms/cartaENCp5", "ENC_ES5", "imagen3.png")
]
```

Figura 3-19 Servicios WMS utilizados en el STOIC (autoría propia)

Cada servicio requiere una URL base, el nombre exacto de la capa y el nombre del archivo que se va a generar. Además, es necesario definir estos tres parámetros en un archivo de valores separados por comas (Tabla 3-1), el cual debe localizarse en la carpeta del proyecto.

https://www.ign.es/wms-inspire/mapa-raster	mtn_rasterizado	imagen3
https://ideihm.covam.es/wms/cartaENCp5	ENC_ES5	imagen2

https://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma	OI.OrthoimageCoverage	imagen3
---	-----------------------	---------

Tabla 3-1 Parámetros definidos dentro del archivo separado por comas (autoría propia)

La función toma como entrada una serie de parámetros definidos por el usuario: coordenadas del área de estudio en general (BBOX 1) y coordenadas del área de estudio específica (BBOX 2). Las coordenadas corresponden con el límite inferior izquierda del área deseada y el límite superior derecha, siempre en formato UTM. En el caso del área de estudio, son las siguientes (Tabla 3-2) y (Tabla 3-3):

Coordenadas zona de estudio general (BBOX 1)	Valor mínimo	Valor máximo
X	522000	525000
Y	4692000	4694000

Tabla 3-2 Coordenadas de la zona de estudio general (autoría propia).

Coordenadas zona de estudio general (BBOX 2)	Valor mínimo	Valor máximo
X	523200	523710
Y	4693000	4693360

Tabla 3-3 Coordenadas de la zona de estudio en zoom (autoría propia).

Además, para el proceso de descarga de las imágenes del servicio WMS es necesario definir unos parámetros, los cuales se ha preestablecido en el código:

- **EPSG (*European Petroleum Survey Group*)**: representa el sistema de referencia de coordenadas que debe coincidir con las coordenadas introducidas por el usuario. En este caso, se ha definido de forma predeterminada en el código el sistema (EPSG:25829), correspondiente a la proyección UTM para la zona 29N, adecuada para la localización geográfica del área de estudio.
- **Ancho de la imagen**: define la resolución con la que se descargan las capas cartográficas desde el servicio WMS. Este valor influye directamente en la calidad visual del producto final. Para este proyecto, se ha predefinido en el código un ancho de 800 píxeles.
- **Formato de descarga**: especifica el tipo de archivo en el que se almacenarán las imágenes obtenidas. En este caso, se ha establecido por defecto el formato PNG, debido a su compatibilidad con LaTeX.

A continuación, se muestra el código para la descarga de las imágenes del WMS (Figura 3-20):

```
def download_wms_images(bbox1, bbox2, epsg, imgwidth, imgformat):
    def fetch_image(bbox, wms_url, layer, filename):
        xmin, ymin, xmax, ymax = map(float, bbox.split(','))
        imgheight = ((ymax - ymin) * int(imgwidth)) / (xmax - xmin)
        wms_request = f'{wms_url}?SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&REQUEST=GetMap&LAYERS={layer}&STYLES=&CRS=EPSG:{epsg}&BBOX={bbox}&WIDTH={imgwidth}&HEIGHT={int(imgheight)}&FORMAT=image/{imgformat}'

        response = requests.get(wms_request)
        if response.status_code == 200:
            with open(filename, "wb") as file:
                file.write(response.content)
            print(f"✅ Imagen descargada: {filename}")
            return add_grid_overlay(filename, bbox, epsg)
        else:
            print(f"❌ ERROR: No se pudo descargar la imagen desde {wms_url}")
            return None

    images_downloaded = []
    img1 = fetch_image(bbox1, *WMS_SERVICES[0])
    if img1:
        images_downloaded.append(img1)

    for i in range(1, 3):
        img = fetch_image(bbox2, *WMS_SERVICES[i])
        if img:
            images_downloaded.append(img)

    return images_downloaded
```

Figura 3-20 Código de descarga de capas de WMS (autoría propia).

Por otro lado, con la finalidad de dar una escala y una referencia espacial a cada una de las capas se ha optado por superponer una malla de coordenadas acorde a cada capa. La malla se genera a partir del mismo bounding box (BBOX) introducido por el usuario, calculando automáticamente la densidad de líneas horizontales y verticales, así como sus valores de coordenadas. Mediante la biblioteca “Pillow”, se dibujan sobre cada imagen líneas y etiquetas con coordenadas UTM reales, tanto en el eje X como en el eje Y. El sistema garantiza así que la escala gráfica y georreferenciación estén reflejadas directamente en el producto visual del STOIC. A continuación, se relaciona el código para la generación de dicha malla (Figura 3-21):

```
def add_grid_overlay(image_path, bbox, epsg):
    try:
        image = Image.open(image_path)
        draw = ImageDraw.Draw(image)
        width, height = image.size

        xmin, ymin, xmax, ymax = map(float, bbox.split(','))
        step_x = (xmax - xmin) / 4
        step_y = (ymax - ymin) / 4
        font = ImageFont.load_default()

        for i in range(5):
            x_pos = int(i * width / 4)
            draw.line([(x_pos, 0), (x_pos, height)], fill="black", width=1)
            coord_x = xmin + i * step_x
            draw.text((x_pos + 2, 2), f"{coord_x:.0f}", fill="black", font=font)

        for j in range(5):
            y_pos = int(j * height / 4)
            draw.line([(0, y_pos), (width, y_pos)], fill="black", width=1)
            coord_y = ymax - j * step_y
            draw.text((2, y_pos + 2), f"{coord_y:.0f}", fill="black", font=font)

        grid_path = image_path
        image.save(grid_path)
        return grid_path
    except Exception as e:
        print(f"❌ ERROR al añadir la malla: {e}")
        return image_path
```

Figura 3-21 Código Python para malla georreferenciada (autoría propia).

Finalmente se generan las capturas de pantalla de las capas con la malla georreferenciada superpuesta como aparecen a continuación (Figura 3-22).

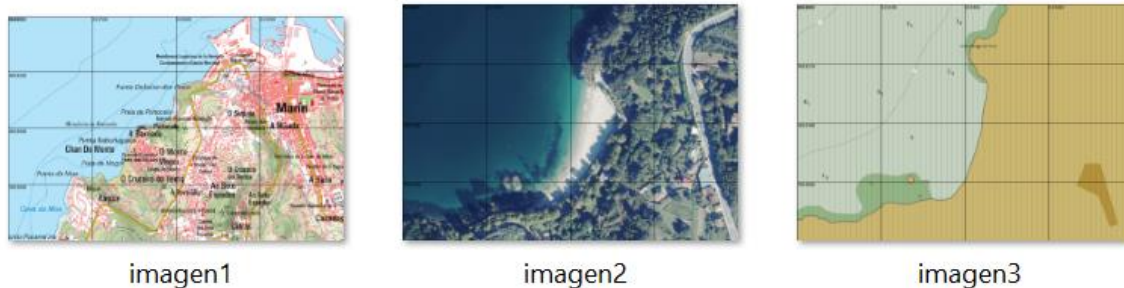


Figura 3-22 Las tres capturas de las tres capas descargadas en la carpeta del proyecto (autoría propia).

La segunda parte del script está dedicada a automatizar la extracción de imágenes desde un documento PDF generado por el sistema SIAAMETOC. Estos documentos, proporcionados por el IHM. Para este proyecto, el PDF seleccionado fue renombrado como “*Forzamiento_Portocelo.pdf*” y ubicado en la misma carpeta del script.

Para este proceso se ha utilizado la librería “pdf2image”, una herramienta de Python que permite convertir páginas concretas de un PDF en imágenes individuales de alta calidad. Esto resulta especialmente útil cuando el objetivo no es trabajar con texto plano, sino integrar visualmente fragmentos exactos del documento original en otros formatos, como LaTeX.

La función definida en el script, llamada “capture_pdf_images”, toma dos argumentos (Figura 3-23):

- La ruta del PDF
- Una lista de números de página (basados en índice cero) que indican qué páginas deben convertirse en imágenes.

```
pdf_path = "Forzamiento_Portocelo.pdf"
pdf_pages = [5, 10, 21]
pdf_images = capture_pdf_images(pdf_path, pdf_pages)
```

Figura 3-23 Argumentos de la función “capture_pdf_images” (autoría propia).

El código (Figura 3-24) permite comprobar que las páginas solicitadas existen dentro del PDF. Si es así, se convierten en archivos “.png” con nombres como “pdf_page_6.png”, “pdf_page_11.png”, etc. Estas imágenes se almacenan automáticamente en el directorio del proyecto y serán posteriormente insertadas en los gaps correspondientes del documento LaTeX.

```
def capture_pdf_images(pdf_path, pages):
    if not os.path.exists(pdf_path):
        print(f"❌ ERROR: No se encontró el archivo PDF en la ruta: {pdf_path}")
        sys.exit(1)

    images = convert_from_path(pdf_path, dpi=300)
    pdf_images = []
    for i, page_num in enumerate(pages):
        if page_num < len(images):
            image_filename = f"pdf_page_{page_num+1}.png"
            images[page_num].save(image_filename, "PNG")
            pdf_images.append(image_filename)
            print(f"✅ Captura de pantalla guardada: {image_filename}")
        else:
            print(f"❌ ERROR: La página {page_num+1} no existe en el PDF.")
    return pdf_images
```

Figura 3-24 Función “capture_pdf_images” (autoría propia).

El uso de “dpi=300” asegura que las imágenes generadas (Figura 3-25) tengan suficiente resolución para su uso impreso en tamaño A1, sin pérdida de legibilidad. Esto resulta eficaz, ya que permite integrar contenido original del IHM sin modificar los documentos fuente y sin necesidad de copiar manualmente texto.

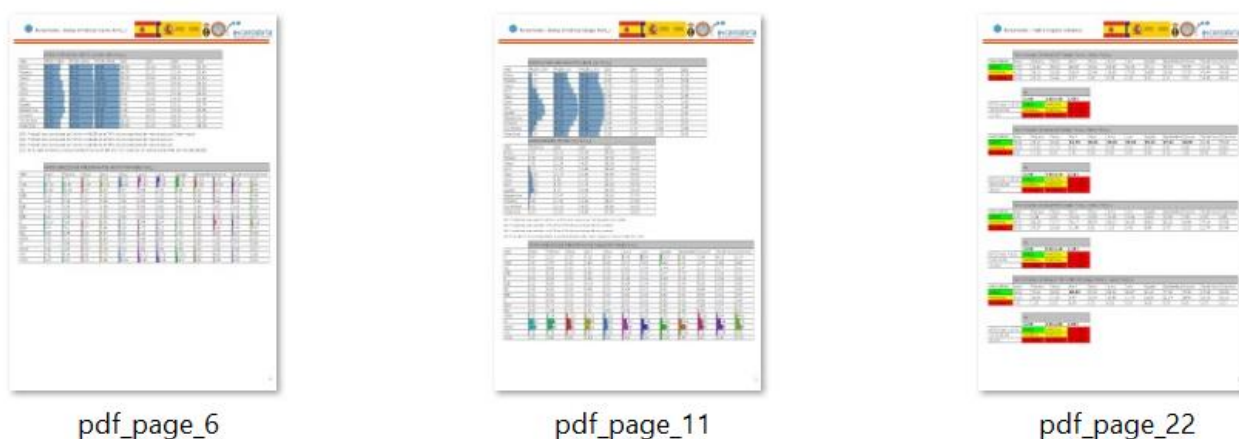


Figura 3-25 Captura de pantalla de las tres páginas seleccionadas del pdf (autoría propia).

La tercera y última parte del script (Figura 3-26) está centrada en la función “main”, que coordina todo el proceso de generación de los componentes que más adelante serán insertados en el documento LaTeX del STOIC. Esta función actúa como punto de entrada del programa y garantiza que la ejecución se realice de forma estructurada y controlada.

Una vez introducidas las coordenadas, el script:

1. Valida que la entrada es correcta.
2. Genera las imágenes WMS con los parámetros por defecto.
3. Extrae las páginas seleccionadas del PDF en formato imagen.
4. Comprueba que se han generado correctamente las seis imágenes necesarias para el documento LaTeX.

```
def main():
    if len(sys.argv) < 3:
        print("✗ ERROR: Debes introducir DOS conjuntos de coordenadas.")
        print('Ejemplo: python script.py "xmin1,ymin1,xmax1,ymax1" "xmin2,ymin2,xmax2,ymax2"')
        return

    bbox1 = sys.argv[1]
    bbox2 = sys.argv[2]

    epsg = "25829"
    imgwidth = "800"
    imgformat = "png"

    downloaded_images = download_wms_images(bbox1, bbox2, epsg, imgwidth, imgformat)

    pdf_path = "Forzamiento_Portocelo.pdf"
    pdf_pages = [5, 10, 21]
    pdf_images = capture_pdf_images(pdf_path, pdf_pages)

    if len(downloaded_images) == 3 and len(pdf_images) == 3:
        print("✓ Todas las imágenes se han descargado correctamente. Ahora puedes compilar LaTeX.")
    else:
        print("✗ ERROR: No se generaron todas las imágenes necesarias.")

if __name__ == '__main__':
    main()
```

Figura 3-26 Función “main” del script (autoría propia).

Finalmente, para obtener la descarga de imágenes de las diferentes fuentes, es necesario introducir en el terminal lo siguiente:

```
“python STOIC_Python.py "522000,4692000,525000,4694000"
    "523200,4693000,523710,4693360”
```

De forma que, una vez realizado todo el proceso de descargas, el terminal devolverá las siguientes indicaciones (Figura 3-27), confirmando que se las imágenes se han descargado correctamente, las capturas de pantalla guardadas y que el usuario puede compilar el código de LaTeX:

```
PS C:\Users\Mario\Desktop\TFG\STOIC Portocelo\Imágenes para STOIC> python STOIC_Python.py "522829,4692845,523835,4693474"
✓ Imagen descargada: imagen1.png
✓ Imagen descargada: imagen2.png
✓ Imagen descargada: imagen3.png
✓ Captura de pantalla guardada: pdf_page_6.png
✓ Captura de pantalla guardada: pdf_page_11.png
✓ Captura de pantalla guardada: pdf_page_22.png
✓ Todas las imágenes se han descargado correctamente. Ahora puedes compilar LaTeX.
```

Figura 3-27 Terminal de Python después de compilar el código (autoría propia).

3.2.7 Inserción de la información en el documento LaTeX

Una vez generadas todas las imágenes necesarias mediante Python (tanto las obtenidas desde los servicios WMS como las capturas extraídas del PDF del IHM), el siguiente paso consiste en integrarlas junto con otros componentes provenientes de diferentes fuentes dentro de un documento LaTeX diseñado específicamente para contener el STOIC .A diferencia de otros métodos más dinámicos en los que el archivo “.tex” se genera automáticamente en cada ejecución, en este proyecto se ha optado por utilizar una plantilla LaTeX predefinida, con una estructura fija y ya optimizada para su impresión en tamaño A1 en formato horizontal.

El documento “.tex” ha sido creado manualmente con el editor “TeXworks”, y se apoya en los siguientes paquetes (Figura 3-28).

```
\documentclass{article}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage{graphicx}
\usepackage{geometry}
\usepackage{fancyhdr}
\usepackage{xcolor}
\usepackage{titlesec}
\usepackage{tcolorbox}
\usepackage{multicol}
\usepackage{tikz}
```

Figura 3-28 Paquetes utilizados en el documento LaTeX (autoría propia).

- “inputenc”, permite que el documento interprete correctamente los caracteres especiales, como tildes y letras como “ñ”, directamente en el código fuente.
- “graphicx”, es uno de los paquetes más utilizados en LaTeX. Permite insertar y controlar imágenes dentro del documento, especificar su tamaño, posición y alineación. En este trabajo, se usa principalmente para cargar las seis imágenes que conforman el contenido gráfico del STOIC.
- “geometry”, permite definir el tamaño y los márgenes del documento. Gracias a este paquete, se ha establecido que el documento tenga formato A1 horizontal con márgenes personalizados.
- “fancyhdr”, se utiliza para personalizar el encabezado y el pie de página del documento. En el caso del STOIC, ha servido para insertar los logotipos de la Escuela Naval y de la Armada en las esquinas superiores, y para añadir el número de página centrado en la parte inferior.
- “tikz”, permite dibujar directamente sobre el documento, tanto formas simples como diagramas complejos. En este caso se ha usado para dibujar un marco interno que rodea todo el contenido del documento, a 1 cm del borde.
- “tcolorbox”, permite usar colores personalizados en texto, tablas, títulos, fondos, etc. En el STOIC se ha utilizado para definir colores que se aplican a los encabezados, celdas de tablas o cajas de información, mejorando la estética del documento.
- “titlesec”, permite modificar el estilo de los títulos de secciones y subsecciones.
- “colortbl”, paquete permite colorear filas, columnas o celdas específicas dentro de una tabla.
- “array”, complementa al entorno “tabular” y permite mayor control sobre la alineación, tamaño y estilo de columnas en tablas. Por ejemplo, permite centrar imágenes y controlar su separación horizontal.

La estructura del documento está dividida en tres grandes bloques visuales:

1. El grupo de las tres imágenes del WMS (topográfica, satelital del PNOA y carta náutica) con las mallas georreferenciadas superpuestas, a las que se le ha añadido una pequeña leyenda en la parte superior de cada imagen indicando el Datum y el EPSG.
2. Un segundo bloque, el cual se encuentra localizado en el medio del STOIC. Este se compone de un gráfico de la batimetría de la playa y por otro lado imágenes de la playa desde diferentes perspectivas.

3. Un último bloque compuesto por el reporte de la playa de estudio, las tres imágenes de las páginas del documento proporcionado por SIAAMETOC (histórico de viento, histórico de oleaje y matriz de impacto) y una gráfica de la climatología de la zona.

En primer lugar, se han definido una serie de funciones y parámetros que le proporcionan al STOIC una estructura clara y legible. Se ha establecido un tamaño de A1 en horizontal al documento y con márgenes de 2 cm. Por otro lado, se han insertado en el documento tanto el logo del centro universitario de la defensa como el escudo de la Armada, así como un título centrado y un marco exterior decorativo. El código empleado para estos parámetros es el siguiente (Figura 3-29):

```
\geometry{alpaper, landscape, margin=2cm}
\pagestyle{fancy}
\fancyhf{}
\fancyhead[L]{\includegraphics[width=3cm]{Logo_CUD.jpg}}
\fancyhead[R]{\includegraphics[width=3cm]{Logo_ARMADA.png}}
\titleformat{\section}{\Large\bfseries\color{blue}}{}{0pt}{}
\titleformat{\subsection}{\normalsize\bfseries\color{black}}{}{0pt}{}
\begin{document}
\begin{tikzpicture}[remember picture, overlay]
\draw [line width=3pt,rounded corners=15pt]
([xshift=0.5cm, yshift=-0.5cm]current page.north west) --
([xshift=-0.5cm, yshift=-0.5cm]current page.north east) --
([xshift=-0.5cm, yshift=0.5cm]current page.south east) --
([xshift=0.5cm, yshift=0.5cm]current page.south west) -- cycle;
\end{tikzpicture}
\begin{center}
{\Huge \textbf{Cuadro de Información Operativa Táctica (STOIC)}}\par
\vspace{0.5cm}
{\Large \textbf{Playa de Portocelo}}\par
\vspace{0.5cm}
\today
\end{center}
```

Figura 3-29 Código LaTeX para formato de STOIC (autoría propia).

Continuando con el código, para definir el primero de los bloques (imágenes WMS), cada una de las tres imágenes se inserta dentro de un “minipage” alineado horizontalmente. Se añade un título a la izquierda y metadatos de proyección a la derecha de forma manual, véase el código a continuación (Figura 3-30):

```
\begin{tabular}{ccc}
\begin{minipage}[t]{0.32\textwidth}
\raggedright \textbf{1.Cartografía militar}\\
\hfill \scriptsize{Poyección: ETRS 89, UTM 29 N\EPG:25829}\vspace{0.2cm}\\
\includegraphics[width=\textwidth]{imagen1_grid.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.32\textwidth}
\raggedright \textbf{2.Imagen satelital}\\
\hfill \scriptsize{Poyección: ETRS 89, UTM 29 N\EPG:25829}\vspace{0.2cm}\\
\includegraphics[width=\textwidth]{imagen2_grid.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.32\textwidth}
\raggedright \textbf{3.Carta Náutica}\\
\hfill \scriptsize{Poyección: ETRS 89, UTM 29 N\EPG:25829}\vspace{0.2cm}\\
\includegraphics[width=\textwidth]{imagen3_grid.png}
\end{minipage}
\end{tabular}

\vspace{1cm}
```

Figura 3-30 Código LaTeX para primer bloque del STOIC (autoría propia).

Para el siguiente bloque del STOIC, las imágenes se insertan dentro de un “minipage” y en este caso no todas las imágenes tienen un título, sino que hay un título por cada uno de los gaps del STOIC. Se muestra el código del bloque a continuación (Figura 3-31):

```
\begin{tabular}{ccccc}
\begin{minipage}[t]{0.20\textwidth}
  \raggedright \textbf{4.Batimetría}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Batimetría.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.1\textwidth}
  \raggedright \textbf{5.Google Earth e imágenes del terreno}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth4.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.1\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth1.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.1\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth2.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.1\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth3.png}
\end{minipage} \\
\begin{minipage}[t]{0.11\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth5.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.11\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth6.png}
\end{minipage} \\
\end{tabular}
```

Figura 3-31 Código LaTeX para segundo bloque del STOIC (autoría propia).

Para el último bloque se ha procedido al igual que en los anteriores, esta vez añadiendo un título en la parte superior de cada una de las imágenes, véase el código (Figura 3-32):

```
\begin{center}
\begin{tabular}{ccccc}
\begin{minipage}[t]{0.25\textwidth}
  \raggedright \textbf{6.Reporte de playa}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Reporte.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.19\textwidth}
  \raggedright \textbf{7.Histórico de Viento (SIAAMETOC)}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{pdf_page_6.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.19\textwidth}
  \raggedright \textbf{8.Histórico de Oleaje (SIAAMETOC)}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{pdf_page_11.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.19\textwidth}
  \raggedright \textbf{9.Matriz de Impacto (SIAAMETOC)}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{pdf_page_22.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.15\textwidth}
  \raggedright \textbf{10.Climatología}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Clima.png}
\end{minipage} \\
\end{tabular}
\end{center}
```

Figura 3-32 Código LaTeX para tercer bloque del STOIC (autoría propia).

4 RESULTADOS

En este capítulo se exponen los principales resultados obtenidos tras la implementación y ejecución del sistema desarrollado para la generación de cuadros de información. Se describirá detalladamente el producto final generado, su estructura visual y técnica, así como la precisión y utilidad de los datos integrados. Los resultados obtenidos demuestran que el enfoque seguido funciona bien y cumple con el objetivo planteado, combinando herramientas como Python, servicios WMS, documentos PDF estructurados de SIAAMETOC y LaTeX, y lo que muestra que esta herramienta puede ser muy útil para ayudar en el planeamiento de operaciones anfibia. Este análisis permitirá establecer, en el siguiente capítulo, conclusiones fundamentadas sobre la viabilidad, aplicabilidad y posibles líneas de mejora del sistema.

4.1 Generación del documento final (STOIC)

El resultado principal ha sido la creación de un documento técnico en formato A1 horizontal, que sintetiza de forma estructurada y visualmente clara toda la información táctica relevante para una operación anfibia.

El documento final se trata de un archivo en formato pdf generado por un entorno LaTeX el cual se compone de 10 secciones diferenciadas y numeradas en orden desde la parte superior del STOIC hasta la inferior derecha. Estas secciones abordan información relevante a los servicios WMS, batimetría, imágenes del terreno, reporte de playa, información proporcionada por SIAAMETOC y climatología.

Una vez obtenidas todas las imágenes necesarias, se insertan dentro de un documento LaTeX diseñado, que ha sido estructurado para garantizar una presentación limpia, profesional y funcional en entornos operativos reales. El diseño incorpora también un encabezado con logotipos (como el de la Armada y el Centro Universitario de la Defensa), un título centrado, márgenes uniformes, y una tabla organizada que asegura la alineación perfecta de todos los elementos.

Además, el formato A1 permite imprimir el documento y utilizarlo directamente como material de apoyo en sesiones de planeamiento, gracias a la alta resolución de las imágenes generadas.

4.2 Estructura y organización del STOIC final

El documento generado presenta una estructura clara y segmentada, pensada para facilitar su lectura, interpretación y aplicación en planeamientos anfibios. En concreto, el producto final queda dividido en 10 secciones principales, cada una con una función específica dentro del STOIC. Esta organización ha sido diseñada para ofrecer una visión rápida pero completa del entorno de operación.

1. Cartografía militar (Figura 4-1)

Esta sección se encuentra situada en la parte superior izquierda del STOIC, y muestra una sección de plano topográfico referente al área de estudio, esta primera imagen muestra una visión global del entorno en el que se encuentra la playa de desembarco, esto se consigue proporcionando unas coordenadas más alejadas de la playa de estudio tanto en el límite inferior izquierdo como en el límite superior derecho.

Por otro lado, a esta sección se le ha añadido una malla georreferenciada con coordenadas en los laterales de la imagen para proporcionar al usuario una escala sobre la zona. Además, en la parte superior de la imagen aparecen indicaciones referentes al EPSG y la proyección de la zona.



Figura 4-1 Sección 1 del STOIC (autoría propia).

2. Imagen satelital (Figura 4-2)

La segunda sección del STOIC se trata de una imagen satelital obtenida del PNOA, esta imagen muestra de manera más detallada la playa de desembarco, esto se consigue proporcionando las coordenadas de un área más reducida en comparación con el área de la imagen anterior. Al igual que en la primera sección, se ha superpuesto una malla georreferenciada en la imagen satelital, así como unas indicaciones en la parte superior referentes al EPSG y la proyección de la zona.

2.Imagen satelital

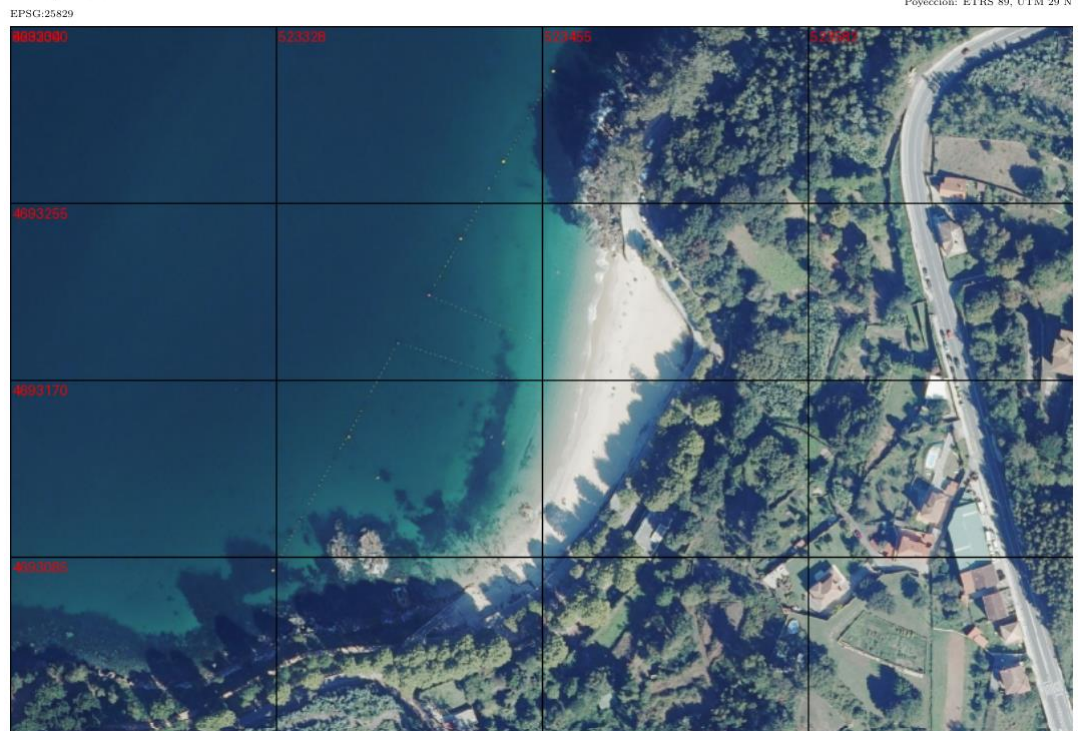


Figura 4-2 Sección 2 del STOIC (autoría propia).

3. Carta náutica (Figura 4-3)

En cuanto a la tercera sección, al igual que las dos anteriores cuenta con una malla de coordenadas, así como información de referencia en la parte superior. En este caso se trata de una imagen de una carta náutica con el mismo zoom que la imagen anterior.

3.Carta Náutica



Figura 4-3 Sección 3 del STOIC (autoría propia).

4. Batimetría (Figura 4-4)

Este apartado del STOIC se trata de un gráfico batimétrico sobre un punto centrado de la playa de desembarco. Este gráfico proporciona una visión general de la batimetría en la playa, esto es de gran utilidad para estudiar cuales de los medios de proyección disponibles son capaces de desembarcar en la playa de estudio. En la gráfica se observa la profundidad a la que se encuentra el fondo marino (eje y) con respecto a la distancia desde la costa (eje x). El perfil se encuentra situado en la zona central-izquierda del STOIC.

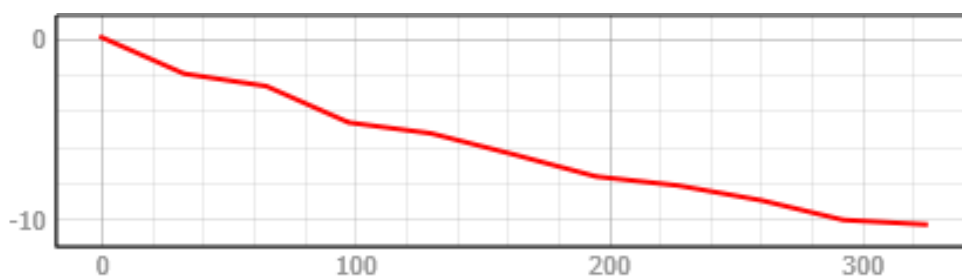


Figura 4-4 Sección 4 del STOIC (autoría propia).

5. Google Earth e imágenes del terreno (Figura 4-5)

La quinta sección del STOIC recoge una serie de imágenes tanto de diferentes perspectivas de la playa como del terreno. Estas imágenes proporcionan al usuario una visión más realista y desde un punto de vista que es decisivo para el planeamiento. Aparecen un total de 6 imágenes alineadas horizontalmente y localizadas en el centro del STOIC, a la derecha del gráfico de batimetría.



Figura 4-5 Sección 5 del STOIC (autoría propia).

6. Reporte de playa (Figura 4-6)

Este apartado consiste en una imagen de un documento que contiene un reporte de la playa de estudio, este a su vez se encuentra dividido en varios subapartados:

- General
- Ubicación y accesibilidad
- Características físicas de la playa
- Condiciones hidrográficas y meteorológicas
- Infraestructuras y obstáculos
- Consideraciones tácticas para operaciones anfibias
- Conclusiones

6.Reporte de playa

General: La Playa de Portocelo, ubicada en el municipio de Marín, provincia de Pontevedra, Galicia, es una playa de arena blanca y fina, con aguas tranquilas, lo que la convierte en un punto de interés para operaciones anfibas debido a sus características geográficas y accesibilidad. Ubicación y Accesibilidad: 1. Coordenadas Geográficas: Latitud 42.395° N, Longitud 8.713° O. 2. Proximidad a Infraestructuras Militares: Situada cerca de la Escuela Naval Militar de Marín, lo que facilita el apoyo logístico y la coordinación con unidades navales. 3. Accesos Terrestres: La playa es accesible a través de la carretera PO-551, conectando directamente con el núcleo urbano de Marín y, por ende, con otras vías principales hacia Pontevedra y otras localidades. Características Físicas de la Playa 1. Dimensiones: Longitud en Marea Baja: Aproximadamente 442 metros. Longitud en Marea Alta: Se reduce significativamente, dividiéndose en tres pequeñas playas con una longitud media de 68 metros cada una. 2. Topografía y Gradiente: Pendiente suave, facilitando el desembarco de tropas y equipos. 3. Composición del Suelo: Arena fina y compacta, adecuada para el tránsito de vehículos ligeros y personal a pie. Condiciones Hidrográficas y Meteorológicas 1. Oleaje y Corrientes: Oleaje: Generalmente bajo debido a la protección natural de la Ría de Pontevedra, permitiendo operaciones de desembarco con menor riesgo. Corrientes: Moderadas y predecibles, con influencia de las mareas. Es esencial consultar tablas de mareas actualizadas para una planificación precisa. 2. Mareas: Rango de Marea: Significativo, afectando la extensión de la playa y la operatividad de las lanchas de desembarco. Marea Baja: Ofrece mayor superficie útil para operaciones. Marea Alta: Limita el espacio operativo y puede dificultar el desembarco. 3. Clima: Vientos Dominantes: Predominan del noroeste, con velocidades variables. Precipitaciones: Frecuentes en otoño e invierno, lo que puede afectar la visibilidad y las condiciones del terreno.	Infraestructura y Obstáculos: 1. Infraestructura Existente: Paseo Marítimo: Bordea la playa, proporcionando acceso, pero también posibles restricciones para movimientos tácticos. Muro de Contención: Presente en la parte posterior de la playa, puede servir como cobertura o representar un obstáculo según la dirección del avance. 2. Obstáculos Naturales y Artificiales: Rocas y Formaciones Naturales: Presentes en los extremos de la playa, pueden dificultar el desembarco en esas áreas específicas. Vegetación Densa: En áreas adyacentes, limitando la movilidad terrestre y ofreciendo posibles puntos de emboscada. Consideraciones Tácticas para Operaciones Anfibas 1. Puntos de Desembarco: Zona Central: Recomendada por su amplitud y menor presencia de obstáculos. Extremos de la Playa: Deben evitarse debido a la presencia de rocas y posibles corrientes más fuertes. 2. Cobertura y Ocultación: Muro Posterior y Vegetación: Ofrecen cierta cobertura, pero también pueden ser utilizados por fuerzas adversarias para emboscadas. 3. Rutas de Avance: Hacia el Interior: Vías asfaltadas conectan con áreas urbanas y la Escuela Naval, facilitando movimientos rápidos. A lo Largo de la Costa: El paseo marítimo permite desplazamientos paralelos a la línea de costa, aunque con exposición potencial al ser una vía abierta. 4. Zonas de Reunión y Reabastecimiento: Proximidad a Instalaciones Militares: Permite establecer puntos de reunión y reabastecimiento con relativa seguridad y cercanía. Conclusiones La Playa de Portocelo presenta características favorables para operaciones anfibas de pequeña a mediana escala, gracias a su accesibilidad, condiciones hidrográficas y proximidad a infraestructuras clave. Sin embargo, es esencial considerar las variaciones de marea, los obstáculos naturales y artificiales, y las condiciones meteorológicas para garantizar el éxito de las operaciones. Una planificación detallada y el reconocimiento previo del área son fundamentales para mitigar riesgos y aprovechar las ventajas que ofrece este entorno.
--	--

Figura 4-6 Sección 6 del STOIC (autoría propia).

7. Histórico de viento (SIAAMETOC) (Figura 4-7)

Esta sección muestra un histórico del viento en los diferentes meses del año de la zona de estudio. Por un lado, muestra una tabla con la intensidad del viento en la zona y, por otro lado, una tabla referente a la dirección del viento. Esta información viene proporcionada por SIAAMETOC mediante un documento en formato pdf denominado “Forzamiento_Portocelo”.

7. Histórico de Viento (SIAAMETOC)

Forzamiento • Datos Climáticos Viento Point_1



MES	PROB<15kts	PROB<25kts	PROB<35kts	Q50	Q90	Q99	Q12
Enero	68.75	95.39	99.96	11.52	21.04	28.61	32.70
Febrero	66.61	95.42	99.91	11.35	21.09	31.09	35.43
Marzo	68.41	95.94	99.98	11.39	23.54	28.13	31.44
Abril	77.56	99.36	100.00	10.12	28.37	24.32	28.00
Mayo	77.34	99.79	100.00	10.44	27.65	22.40	25.48
Junio	83.93	99.80	100.00	9.92	26.24	21.28	26.09
Julio	84.44	100.00	100.00	9.64	25.08	19.28	21.65
Agosto	82.72	99.90	100.00	9.96	26.45	20.21	23.78
Septiembre	85.94	99.42	99.98	8.16	25.86	22.36	29.56
Octubre	78.65	98.02	99.99	8.80	28.71	26.73	31.19
Noviembre	69.46	97.07	99.99	11.38	23.02	28.06	32.25
Diciembre	68.91	95.09	99.91	10.69	22.21	29.22	34.18

Q50: Probabilidad acumulada de $\text{InVto} \leq \text{VALOR}$ en el 50% de las ocasiones del mes de estudio (Valor medio)

Q90: Probabilidad acumulada de $\text{InVto} \leq \text{VALOR}$ en el 90% de las ocasiones del mes de estudio

Q99: Probabilidad acumulada de $\text{InVto} \leq \text{VALOR}$ en el 99% de las ocasiones del mes de estudio

Q12: Es el dato extremal correspondiente al temporal del año. (12 horas de los valores extremos del mes de estudio)

MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
N	7.62	7.71	5.53	5.04	3.32	5.63	3.85	3.25	2.64	3.14	6.34	5.87
NNE	11.76	12.51	1.55	3.00	4.68	11.42	12.41	15.47	4.58	10.35	12.50	5.86
NNE	10.68	10.33	3.95	6.97	5.47	4.64	2.78	5.66	7.39	6.31	6.33	3.98
ENE	5.16	5.07	5.10	4.25	2.63	1.81	1.25	1.31	4.65	6.13	5.41	5.45
E	3.96	5.14	4.57	3.69	1.98	0.99	0.66	0.62	2.81	5.86	5.19	7.19
ESE	3.40	3.39	2.77	1.99	1.16	0.90	0.62	0.66	1.48	2.97	3.03	5.34
SE	2.76	2.32	1.58	1.80	1.44	1.02	0.78	0.99	1.84	3.15	2.15	4.82
SSE	5.94	4.35	3.19	3.56	2.89	2.53	2.03	2.12	4.88	5.10	5.38	7.30
S	10.21	7.68	5.15	6.92	7.20	5.84	5.24	5.68	7.90	4.72	6.45	12.80
SSW	8.44	7.61	7.97	7.65	7.28	5.73	5.13	5.22	5.68	5.58	7.44	7.59
SW	4.89	6.35	7.44	6.57	7.34	5.46	5.19	4.59	4.34	4.87	6.27	5.64
WSW	4.50	5.21	5.56	6.43	4.55	4.89	4.95	3.27	4.23	2.79	4.53	4.52
W	4.04	4.95	5.62	5.30	4.17	5.50	5.17	3.66	3.80	2.63	3.71	4.68
WVW	3.91	4.63	5.72	7.18	5.70	5.90	5.98	5.99	5.24	3.26	4.65	3.27
NW	4.92	6.19	5.98	7.78	5.67	10.72	13.70	10.30	6.29	4.60	6.25	2.66
NNW	5.43	5.53	7.24	7.88	10.63	10.86	5.26	4.21	5.36	5.94	6.36	4.23

Figura 4-7 Sección 7 del STOIC (autoría propia).

8. Histórico de oleaje (SIAAMETOC) (Figura 4-8)

Al igual que la sección anterior, este apartado proporciona información histórica de la playa de desembarco, en este caso referente al oleaje. También es información sacada del informe generado por SIAAMETOC.

8. Histórico de Oleaje (SIAAMETOC)



DATOS ALTURA SIGNIFICANTE OLEAJE (Hs) Point_1						
MES	PROB<0.5m	PROB<1m	PROB<1.5m	Q50	Q99	Q12
Enero	16.76	36.82	79.32	0.92	2.02	4.30
Febrero	18.00	40.00	77.18	0.87	2.21	5.24
Marzo	19.51	49.23	84.64	0.76	1.78	4.96
Abril	35.40	80.33	85.38	0.61	1.33	3.19
Mayo	44.44	93.38	96.72	0.53	0.93	2.56
Junio	58.43	95.90	99.64	0.46	0.76	1.80
Julio	67.20	98.63	99.89	0.43	0.66	1.43
Agosto	68.66	98.35	99.89	0.42	0.67	1.83
Septiembre	58.09	93.35	96.84	0.46	0.86	2.23
Octubre	36.66	80.22	92.86	0.60	1.35	3.23
Noviembre	25.56	65.93	85.98	0.78	1.70	3.66
Diciembre	17.91	40.37	81.17	0.85	1.95	5.66

DATOS PERIODO DE P500 (Tp) Point_1					
MES	PROB<5s	Q50	Q90	Q99	Q12
Enero	2.23	13.34	15.05	17.45	19.09
Febrero	2.88	13.09	15.36	17.30	18.96
Marzo	1.51	12.38	14.50	16.29	17.93
Abril	0.10	11.22	13.44	15.40	16.80
Mayo	16.49	10.33	12.44	14.58	15.63
Junio	18.81	9.56	11.32	13.41	14.26
Julio	22.01	9.18	11.14	13.33	15.19
Agosto	24.82	9.07	10.98	13.76	15.95
Septiembre	11.17	10.47	13.31	15.03	17.83
Octubre	5.81	11.30	13.89	16.17	17.95
Noviembre	5.60	12.35	14.53	16.68	19.25
Diciembre	2.59	12.60	14.89	17.00	18.89

Q50: Probabilidad anualizada de exceder en el 50% de las ocasiones del mes de estudio (valor medio)

Q90: Probabilidad anualizada de exceder en el 90% de las ocasiones del mes de estudio

Q99: Probabilidad anualizada de exceder en el 99% de las ocasiones del mes de estudio

Q12: Es el dato extremar correspondiente al periodo de retorno medio anual (periodo 12 meses a lo largo de un año)

DATOS DIRECCIONES PREDOMINANTES OLEAJE POR MESES Point_1												
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
N	0.97	2.27	2.29	3.02	5.08	5.55	7.59	0.10	5.82	1.34	4.12	3.14
NNE	1.27	1.57	1.08	1.43	4.23	3.17	3.31	6.28	4.33	1.73	1.86	1.69
NE	1.06	0.90	0.30	1.01	1.02	2.02	3.04	2.44	2.47	1.17	0.77	0.61
ENE	1.10	0.22	0.25	0.65	0.18	0.53	0.40	0.47	0.79	0.22	0.29	0.18
E	0.00	0.03	0.02	0.25	0.00	0.28	0.04	0.04	0.18	0.11	0.29	0.20
ESE	0.00	0.00	0.11	0.14	0.00	0.04	0.04	0.03	0.04	0.06	0.03	0.09
SE	0.01	0.00	0.23	0.09	0.00	0.04	0.01	0.01	0.02	0.04	0.05	0.05
SSE	0.04	0.00	0.11	0.13	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.04	0.07
S	0.03	0.00	0.15	0.15	0.12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06	0.40
SSW	0.39	0.13	0.31	0.53	0.77	0.51	0.03	0.66	0.42	1.08	1.07	3.26
SW	2.20	3.54	4.04	3.61	3.86	3.52	2.19	0.90	3.25	5.30	2.17	5.52
WSW	7.53	5.14	1.03	10.10	11.52	5.15	4.32	2.93	5.15	1.83	3.84	14.60
W	34.22	40.02	31.02	34.08	24.81	21.20	2.26	5.82	5.24	24.43	21.95	27.73
WNW	42.16	34.45	39.02	33.01	23.72	32.05	1.12	5.39	4.06	33.39	21.19	33.14
NW	7.32	7.18	10.33	5.67	2.80	0.88	4.87	2.35	3.69	7.22	10.25	5.58
NNW	1.60	3.80	4.89	3.44	0.08	0.06	0.39	0.18	0.56	4.01	4.43	3.74

Figura 4-8 Sección 8 del STOIC (autoría propia).

9. Matriz de impacto (SIAAMETOC) (Figura 4-9)

La matriz de impacto que aparece reflejada en la novena sección del STOIC, relaciona los fenómenos atmosféricos importantes de cara a un desembarco anfibio (viento y oleaje) con los diferentes medios de desembarco que tiene la Armada (SCAT, LCM, 4-70 y ZH 753).

9. Matriz de Impacto (SIAAMETOC)



Figura 4-9 Sección 9 del STOIC (autoría propia).

10. Climatología (Figura 4-10)

Este último apartado muestra un gráfico referente a la climatología de la zona de estudio, en particular muestra datos de temperaturas máximas y mínimas en un gráfico y durante los diferentes meses del año.

10.Climatología

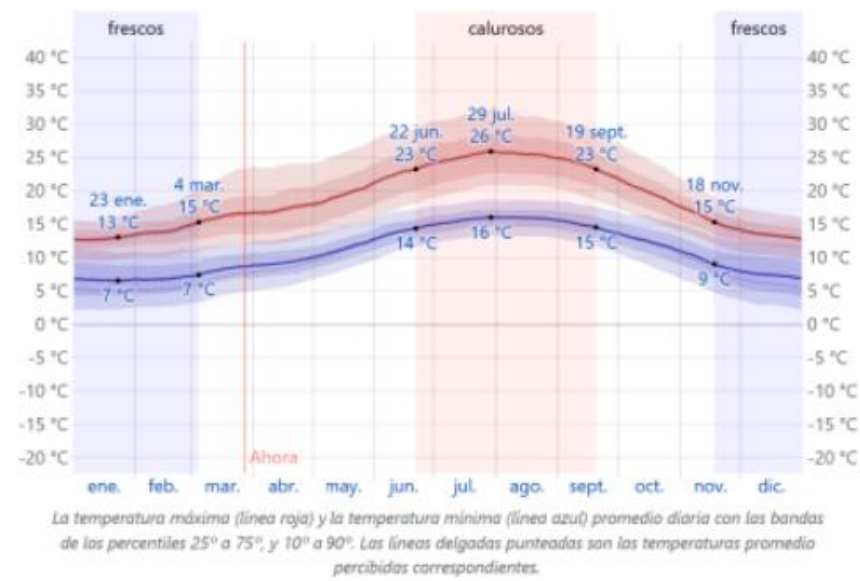


Figura 4-10 Sección 10 del STOIC (autoría propia).

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Una vez generado y obtenido el producto final del STOIC en base a diferentes fuentes para el apoyo al planeamiento de operaciones anfibias, se pueden determinar una serie de conclusiones:

- En primer lugar y en relación con los objetivos expuestos inicialmente, se han llegado a alcanzar aquellos que hacen referencia a objetivos intermedios para alcanzar el desarrollo final del cuadro de información, es decir, la selección de los datos más importantes para el STOIC, la implementación tanto de Python como de LaTeX para el desarrollo final y el diseño y la validación del modelo de STOIC.
- Por otro lado, el último objetivo reflejado, el de evaluar la viabilidad operativa del producto generado, no se ha llegado a alcanzar debido a que no se han realizado pruebas en buques o unidades de la Armada, sobre como de viable es la implementación de este sistema en los diferentes medios que posee la Armada.
- En relación con el producto generado, el STOIC es una herramienta de gran utilidad para proporcionar una visión centralizada de todos los posibles factores que pueden intervenir durante el planeamiento de operaciones anfibias. Sin embargo, el cuadro generado muestra información histórica de la zona seleccionada, esto limita el uso de esta herramienta a predecir que etapas del año son más viables para la realización de operaciones o ejercicios anfibios en la zona de estudio.
- Además, el STOIC se ve condicionado a las fuentes de donde proviene la información de este, es decir, para la generación del STOIC es necesario que en la zona de estudio haya información recogida, como por ejemplo imágenes del terreno sacadas desde Google Earth o información climatológica recogida durante varios años. Por lo tanto, en zonas donde no es posible la recopilación de esta información, el STOIC no podrá estar completo con toda la información establecida.
- Por último, el trabajo ha buscado la transformación digital en la elaboración de productos operativos tácticos, proponiendo una estructura pionera dentro de las Fuerzas Armadas en la generación del STOIC. El proceso se ha centrado fundamentalmente en el diseño conceptual del producto, priorizando la organización, clasificación y representación de la información. Si bien el proyecto ha logrado automatizar parcialmente tareas como la descarga de imágenes geoespaciales o la extracción de información específica desde informes en PDF, no se ha

alcanzado una automatización completa del sistema. El enfoque ha estado dirigido principalmente a establecer las bases sobre las que pueda construirse, en el futuro, un sistema integral y operativo para la generación automatizada de STOIC.

5.2 Líneas futuras

Teniendo en cuenta las conclusiones obtenidas del desarrollo del STOIC, se pueden llevar a cabo una serie de mejoras en la generación de los cuadros de información, es por ello por lo que se exponen a continuación posibles mejoras de cara a ser desarrolladas en un futuro:

- En primer lugar, incorporar en el STOIC no solo datos históricos (HINDCAST), sino también datos en tiempo real o de predicción (FORECAST) proporcionados por SIAAMETOC. Esto permitiría a las unidades de mando contar con información actualizada durante el desarrollo de la operación, mejorando la capacidad de reacción ante cambios meteorológicos, oleaje u otros factores geoespaciales críticos. Para ello, se podría explorar el uso de API REST o automatizar la descarga de informes PDF en tiempo real y su procesamiento.
- Otra línea futura sería la validación del modelo de generación automática del STOIC en distintos escenarios geográficos y con diferentes configuraciones de misión. Esto implicaría adaptar las coordenadas, seleccionar nuevas capas WMS relevantes (como zonas urbanas, áreas protegidas, etc.) y configurar nuevas plantillas LaTeX específicas para escenarios terrestres, urbanos o costeros complejos. Este enfoque contribuiría a la estandarización del producto dentro de las distintas unidades operativas de la Armada.
- Por último, el desarrollo de una interfaz gráfica para el usuario. Actualmente, el proceso depende de la ejecución de scripts desde el terminal. Un desarrollo a medio plazo podría consistir en crear una interfaz gráfica que permita al usuario seleccionar una zona en un mapa, definir fechas o parámetros deseados, y generar automáticamente el documento STOIC sin necesidad de conocimientos técnicos en programación o LaTeX. Esta GUI podría estar desarrollada en Python, aumentando así la accesibilidad y operatividad del sistema.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] *NATO AML handbook*, 5.^a ed. NATO's Geospatial Maritime Working, 2022. [En línea]. Disponible en: https://assets.admiralty.co.uk/public/2022-06/20220322_NATO%20AML%20Handbook%20Edition%205.pdf?VersionId=in9okGHLWSu0hqMdO0ihTlNgWggo86hq
- [2]: SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, «Boletín de Observación Tecnológica en Defensa», vol. 84, p. 18, segundo trimestre de 2024.
- [3] «3ª jornada de Luso-Españolas de hidrografía», en *Metocean support for Spanish Navy operations: The SIAAMETOCOM operational system*, Cádiz: Secretaría general técnica, oct. 2024.
- [4] A. Ortega Felipe, *Libro resúmenes comunicaciones DESEi+d 2024*. Paseo de la Castellana 109, 28046 Madrid: Secretaría general técnica, 2024.
- [5] J. C. Fernández Caballero, «Validación y valoración técnica inter-modelos para el apoyo al desembarco anfibio en la playa del Retén, Cádiz», Universidad de Cantabria, Santander, 2020.
- [6] Comunicacion.IHCantabria, «IHCantabria desarrollará el sistema operacional de apoyo meteoceanográfico a las operaciones marinas de la Armada Española < IHCantabria Hidrodinámica e Infraestructuras Costeras», IHCantabria. Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ihcantabria.com/ihcantabria-desarrollara-el-sistema-operacional-de-apoyo-meteoceanografico-a-las-operaciones-marinas-de-la-armada-espanola/>
- [7] J. S. Troncoso, J. L. L. Soto, y R. M. Vázquez, «Francisco Javier Rodríguez Berrocal Almudena Fernández Briera José Luis Vázquez López».
- [8] Centro de doctrina de la flota, «D-AF-03 PLANEAMIENTO ANFIBIO». noviembre de 2021.
- [9] NATO STANDARDIZATION OFFICE, «ATP-102 NATO PROCEDURES FOR MARITIME INTELLIGENCE, SURVEILLANCE AND RECONNAISSANCE». ALLIED TACTICAL PUBLICATION, enero de 2020.
- [10] A. Ortega Felipe, «El apoyo GEOMETOC en la Armada y la OTAN», octubre de 2020.
- [11] P. Giordano, «25 Years of CWIX: Largest-Ever Interoperability Exercise Kicks Off», NATO's ACT. Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.act.nato.int/article/cwix-2024-kicks-off/>
- [12] NATO, «NATO's Digital Ocean Initiative gets a boost in Portugal», NATO. Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_228959.htm
- [13] «What is the NATO Warfighting Capstone Concept?», NATO's ACT. Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.act.nato.int/activities/federated-mission-networking/>
- [14] «Building a Recognized Environmental Picture for COP integration present and future». 2024. [En línea]. Disponible en: https://cdn.asp.events/CLIENT_Defence__8EE24275_D70D_4386_936BB8991B847FF8/sites/N

avy-Leaders-2022/media/libraries/cne24-presentations/Day-2-UDSB-1515-LCDR_CONSTANTINOIU_MGEOMETOC_COE_CNE24.pdf

- [15] *Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)*. 2007. [En línea]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj/eng>
- [16] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, «Instituto Geográfico Nacional, “Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)», Online. Accedido: 21 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.idee.es>
- [17] «La Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE), un referente de la información geoespacial | datos.gob.es». Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://datos.gob.es/es/blog/la-infraestructura-de-datos-espaciales-de-espana-idee-un-referente-de-la-informacion>
- [18] «Open Geospatial Consortium, Web Map Service (WMS) Implementation Specification». [En línea]. Disponible en: <https://www.ogc.org/standards/wms>
- [19] N. Losada, «Qué es un WMS o Web Map Services y cómo usarlos en QGIS», Geoinnova. Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/wms-en-qgis/>
- [20] GEOScéntricos, «Web Map Service (WMS) en QGIS», Medium. Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://medium.com/@geos.centricos/web-map-services-wms-en-qgis-2ea4cebbf8b3>

ANEXO I: IMPLICACIONES SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES

El desarrollo de un sistema automatizado para la generación de STOIC tiene relevantes repercusiones en distintos ámbitos más allá del técnico y operativo. En este contexto, las implicaciones sociales, económicas y ambientales derivadas de la implementación de tecnologías de automatización y análisis geoespacial deben ser consideradas para evaluar su impacto en la planificación y ejecución de operaciones militares. La transformación digital en el ámbito naval puede traer consigo beneficios en términos de eficiencia y precisión, pero también plantea desafíos relacionados con la accesibilidad, costos y la sostenibilidad de los procesos.

- **Implicaciones Sociales**

La digitalización y automatización de la generación de STOIC tienen un impacto directo en la forma en que se procesan y utilizan los datos en las operaciones militares. Uno de los principales efectos es la optimización en la gestión de la información táctica, permitiendo que el personal militar acceda a datos actualizados de manera rápida y estructurada. Esto reduce la carga de trabajo manual en la recopilación de información y disminuye el margen de error humano en el análisis de datos operativos. La capacidad de integrar datos geoespaciales, meteorológicos y oceanográficos en un solo informe automatizado mejora la toma de decisiones en situaciones críticas, garantizando una respuesta más eficiente en escenarios de despliegue y planificación.

No obstante, la dependencia de herramientas automatizadas también plantea desafíos en términos de capacitación y adaptación del personal. La implementación de sistemas como Python y LaTeX en la generación de informes requiere que los operadores militares cuenten con una formación técnica adecuada para manejar estos entornos. Esto implica una evolución en los perfiles profesionales dentro del ámbito naval, donde el dominio de herramientas digitales se convierte en una competencia clave. Además, la automatización de ciertos procesos podría generar una reducción en la necesidad de personal para tareas de recopilación manual de datos, lo que podría impactar en la redistribución de funciones dentro de las unidades.

- **Implicaciones Económicas**

Desde una perspectiva económica, la automatización de los STOIC permite una reducción significativa en los costos operativos relacionados con la recopilación, procesamiento y análisis de datos. Al eliminar la necesidad de realizar estos procesos de forma manual, se optimiza el tiempo del personal y se minimizan los errores que podrían generar costes adicionales en la planificación de operaciones. Además, el uso de tecnologías como SIAAMETOC y herramientas de información geoespacial permite una mayor eficiencia en la asignación de recursos, facilitando una planificación más precisa y reduciendo el desperdicio de materiales y equipos en misiones tácticas.

Sin embargo, la implementación de un sistema automatizado conlleva una inversión inicial significativa en infraestructura tecnológica y formación del personal. La adquisición de software especializado y la configuración de entornos de desarrollo requieren recursos económicos que deben ser contemplados dentro del presupuesto operativo. Es necesario establecer estrategias para garantizar que la transición hacia un modelo digitalizado sea sostenible y accesible para todas las unidades operativas. Además, el mantenimiento de estos sistemas, incluyendo actualizaciones de software y compatibilidad con nuevas tecnologías, supone un costo recurrente que debe ser gestionado de manera eficiente.

- **Implicaciones Ambientales**

El impacto ambiental es un factor que no debe pasarse por alto. Uno de los principales beneficios es la reducción del uso de materiales físicos, como la impresión de mapas, informes y documentos operativos en papel. La transición hacia un modelo completamente digital contribuye a la disminución de residuos y optimiza la gestión de la información en formatos electrónicos, favoreciendo la sostenibilidad en las operaciones militares.

No obstante, la digitalización también conlleva un consumo energético considerable, derivado del uso de servidores, estaciones de trabajo y software de procesamiento de datos en tiempo real. La implementación de estos sistemas debe considerar estrategias para optimizar el uso de recursos y reducir la huella de carbono asociada al procesamiento masivo de información. Asimismo, la recopilación y análisis de datos geoespaciales puede contribuir a la identificación de zonas de especial interés ambiental, promoviendo la adopción de prácticas operativas más sostenibles y minimizando el impacto de las actividades militares en el ecosistema marino.

ANEXO II: REFLEXIONES ÉTICAS Y SOCIALES

El desarrollo de este trabajo plantea una serie de implicaciones éticas y sociales relevantes que conviene analizar. En primer lugar, es necesario considerar la responsabilidad que conlleva el uso de tecnologías aplicadas al ámbito de la defensa. Automatizar procesos para mejorar el planeamiento de operaciones anfibia implica una mejora directa en la eficacia táctica, pero también requiere un compromiso con los principios de proporcionalidad, necesidad y respeto al derecho internacional humanitario. El tratamiento y visualización de datos geoespaciales y meteorológicos debe garantizar que su uso sea únicamente con fines operativos legítimos, evitando derivaciones hacia usos no autorizados o intrusivos.

Desde el punto de vista de la privacidad, aunque el proyecto se basa en datos abiertos y accesibles (como los servicios WMS del IGN), es fundamental ser conscientes de los límites en el manejo de la información. Si bien no se ha utilizado ningún dato sensible o clasificado, la capacidad de integrar y visualizar información precisa sobre zonas concretas puede suponer un riesgo si se utiliza fuera del entorno autorizado. Por ello, es imprescindible que todo este sistema esté restringido al uso militar bajo los criterios y políticas de seguridad establecidas por las Fuerzas Armadas.

Por último, este proyecto representa también una oportunidad para extender el acceso a la tecnología dentro del entorno militar. El uso de software libre (Python, LaTeX, QGIS) y la automatización de tareas facilita que personal no especializado en programación pueda generar productos técnicos complejos, promoviendo así la autonomía tecnológica y reduciendo la dependencia de soluciones propietarias. A su vez, esta accesibilidad puede tener un impacto social positivo, fomentando la formación técnica de los futuros oficiales y su capacidad de adaptación a los nuevos entornos operativos, cada vez más digitalizados. El equilibrio entre el progreso tecnológico y el cumplimiento de los principios éticos será clave para garantizar un uso responsable, eficiente y humano de este tipo de desarrollos en el futuro.

ANEXO III: CÓDIGO DE PYTHON PARA OBTENER LAS IMÁGENES DEL STOIC

```
import os
import sys
import requests
from pdf2image import convert_from_path
from PIL import Image, ImageDraw, ImageFont

# Lista de servicios WMS con sus respectivas capas
WMS_SERVICES = [
    ("https://www.ign.es/wms-inspire/mapa-raster", "mtn_rasterizado",
    "imagen1.png"),
    ("https://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma", "OI.OrthoimageCoverage",
    "imagen2.png"),
    ("https://ideihm.covam.es/wms/cartaENCp5", "ENC_ES5", "imagen3.png")
]

def add_grid_overlay(image_path, bbox, epsg):
    try:
        image = Image.open(image_path)
        draw = ImageDraw.Draw(image)
        width, height = image.size

        xmin, ymin, xmax, ymax = map(float, bbox.split(', '))
        step_x = (xmax - xmin) / 4
        step_y = (ymax - ymin) / 4
        font = ImageFont.load_default()

        for i in range(5):
            x_pos = int(i * width / 4)
            draw.line([(x_pos, 0), (x_pos, height)], fill="black", width=1)
            coord_x = xmin + i * step_x
            draw.text((x_pos + 2, 2), f"{coord_x:.0f}", fill="black", font=font)

        for j in range(5):
            y_pos = int(j * height / 4)
            draw.line([(0, y_pos), (width, y_pos)], fill="black", width=1)
            coord_y = ymax - j * step_y
            draw.text((2, y_pos + 2), f"{coord_y:.0f}", fill="black", font=font)

        grid_path = image_path
        image.save(grid_path)
        return grid_path
    except Exception as e:
        print(f"✗ ERROR al añadir la malla: {e}")
        return image_path

def download_wms_images(bbox1, bbox2, epsg, imgwidth, imgformat):
    def fetch_image(bbox, wms_url, layer, filename):
        xmin, ymin, xmax, ymax = map(float, bbox.split(', '))
        imgheight = ((ymax - ymin) * int(imgwidth)) / (xmax - xmin)
        wms_request = f"{wms_url}?SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&REQUEST=GetMap&LAYERS={layer}&STYLES=&CRS=EPSG:{epsg}&BBOX={bbox}&WIDTH={imgwidth}&HEIGHT={int(imgheight)}&FORMAT={imgformat}"

        response = requests.get(wms_request)
        if response.status_code == 200:
            with open(filename, "wb") as file:
                file.write(response.content)
            print(f"✓ Imagen descargada: {filename}")
```

```
        return add_grid_overlay(filename, bbox, epsg)
    else:
        print(f"✗ ERROR: No se pudo descargar la imagen desde {wms_url}")
        return None

images_downloaded = []
img1 = fetch_image(bbox1, *WMS_SERVICES[0])
if img1:
    images_downloaded.append(img1)

for i in range(1, 3):
    img = fetch_image(bbox2, *WMS_SERVICES[i])
    if img:
        images_downloaded.append(img)

return images_downloaded

def capture_pdf_images(pdf_path, pages):
    if not os.path.exists(pdf_path):
        print(f"✗ ERROR: No se encontró el archivo PDF en la ruta: {pdf_path}")
        sys.exit(1)

    images = convert_from_path(pdf_path, dpi=300)
    pdf_images = []
    for i, page_num in enumerate(pages):
        if page_num < len(images):
            image_filename = f"pdf_page_{page_num+1}.png"
            images[page_num].save(image_filename, "PNG")
            pdf_images.append(image_filename)
            print(f"✓ Captura de pantalla guardada: {image_filename}")
        else:
            print(f"✗ ERROR: La página {page_num+1} no existe en el PDF.")
    return pdf_images

def main():
    if len(sys.argv) < 3:
        print("✗ ERROR: Debes introducir DOS conjuntos de coordenadas.")
        print('Ejemplo: python script.py "xmin1,ymin1,xmax1,ymax1"
"xmin2,ymin2,xmax2,ymax2"')
        return

    bbox1 = sys.argv[1]
    bbox2 = sys.argv[2]

    epsg = "25829"
    imgwidth = "800"
    imgformat = "png"

    downloaded_images = download_wms_images(bbox1, bbox2, epsg, imgwidth,
imgformat)

    pdf_path = "Forzamiento_Portocelo.pdf"
    pdf_pages = [5, 10, 21]
    pdf_images = capture_pdf_images(pdf_path, pdf_pages)

    if len(downloaded_images) == 3 and len(pdf_images) == 3:
        print(f"✓ Todas las imágenes se han descargado correctamente. Ahora puedes
compilar LaTeX.")
    else:
        print(f"✗ ERROR: No se generaron todas las imágenes necesarias.")
```

```
if __name__ == '__main__':  
    main()
```

ANEXO IV: CÓDIGO DE LATEX PARA CREAR LA PLANTILLA DEL STOIC

```
\documentclass{article}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage{graphicx}
\usepackage{geometry}
\usepackage{fancyhdr}
\usepackage{xcolor}
\usepackage{titlesec}
\usepackage{tcolorbox}
\usepackage{multicol}
\usepackage{tikz}

\geometry{alpaper, landscape, margin=2cm}
\pagestyle{fancy}
\fancyhf{}
\fancyhead[L]{\includegraphics[width=3cm]{Logo_CUD.jpg}}
\fancyhead[R]{\includegraphics[width=3cm]{Logo_ARMADA.png}}
\titleformat{\section}{\Large\bfseries\color{blue}}{}{0pt}{}
\titleformat{\subsection}{\normalsize\bfseries\color{black}}{}{0pt}{}
\begin{document}
\begin{tikzpicture}[remember picture, overlay]
  \draw [line width=3pt,rounded corners=15pt]
    ([xshift=0.5cm, yshift=-0.5cm]current page.north west) --
    ([xshift=-0.5cm, yshift=-0.5cm]current page.north east) --
    ([xshift=-0.5cm, yshift=0.5cm]current page.south east) --
    ([xshift=0.5cm, yshift=0.5cm]current page.south west) -- cycle;
\end{tikzpicture}
\begin{center}
  {\Huge \textbf{Cuadro de Información Operativa Táctica (STOIC)}}\par
  \vspace{0.5cm}
  {\Large \textbf{Playa de Portocelo}}\par
  \vspace{0.5cm}
  \today
\end{center}

\vspace{1cm}

\begin{tabular}{ccc}
  \begin{minipage}[t]{0.32\textwidth}
    \raggedright \textbf{1.Cartografía militar}\\
    \hfill \scriptsize{Poyección: ETRS 89, UTM 29  
N\EPG:25829}\vspace{0.2cm}
    \includegraphics[width=\textwidth]{imagen1_grid.png}
  \end{minipage} &
  \begin{minipage}[t]{0.32\textwidth}
    \raggedright \textbf{2.Imagen satelital}\\
    \hfill \scriptsize{Poyección: ETRS 89, UTM 29  
N\EPG:25829}\vspace{0.2cm}
    \includegraphics[width=\textwidth]{imagen2_grid.png}
  \end{minipage} &
  \begin{minipage}[t]{0.32\textwidth}
    \raggedright \textbf{3.Carta Náutica}\\
    \hfill \scriptsize{Poyección: ETRS 89, UTM 29  
N\EPG:25829}\vspace{0.2cm}
    \includegraphics[width=\textwidth]{imagen3_grid.png}
  \end{minipage}
\end{tabular}
```

```
\vspace{1cm}

\begin{tabular}{cccccc}
\begin{minipage}[t]{0.20\textwidth}
  \raggedright \textbf{4.Batimetría}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Batimetría.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.1\textwidth}
  \raggedright \textbf{5.Google Earth e imágenes del}
terreno\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth4.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.1\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth1.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.1\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth2.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.1\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth3.png}
\end{minipage}
\begin{minipage}[t]{0.11\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth5.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.11\textwidth}
  \raggedright \textbf{} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Earth6.png}
\end{minipage}
\end{tabular}

\vspace{1cm}

\begin{center}
\begin{tabular}{cccc}
\begin{minipage}[t]{0.25\textwidth}
  \raggedright \textbf{6.Reporte de playa}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Reporte.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.19\textwidth}
  \raggedright \textbf{7.Histórico de Viento (SIAAMETOC)} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{pdf_page_6.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.19\textwidth}
  \raggedright \textbf{8.Histórico de Oleaje (SIAAMETOC)} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{pdf_page_11.png}
\end{minipage} &
\begin{minipage}[t]{0.19\textwidth}
  \raggedright \textbf{9.Matriz de Impacto (SIAAMETOC)} \vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{pdf_page_22.png}
\end{minipage}
\begin{minipage}[t]{0.15\textwidth}
  \raggedright \textbf{10.Climatología}\vspace{0.2cm}\\
  \includegraphics[width=\linewidth]{Clima.png}
\end{minipage}
\end{tabular}
\end{center}
```

`\end{document}`

ANEXO V: RESULTADO FINAL DEL STOIC



Cuadro de Información Operativa Táctica (STOIC)

Playa de Portocelo

April 2, 2025

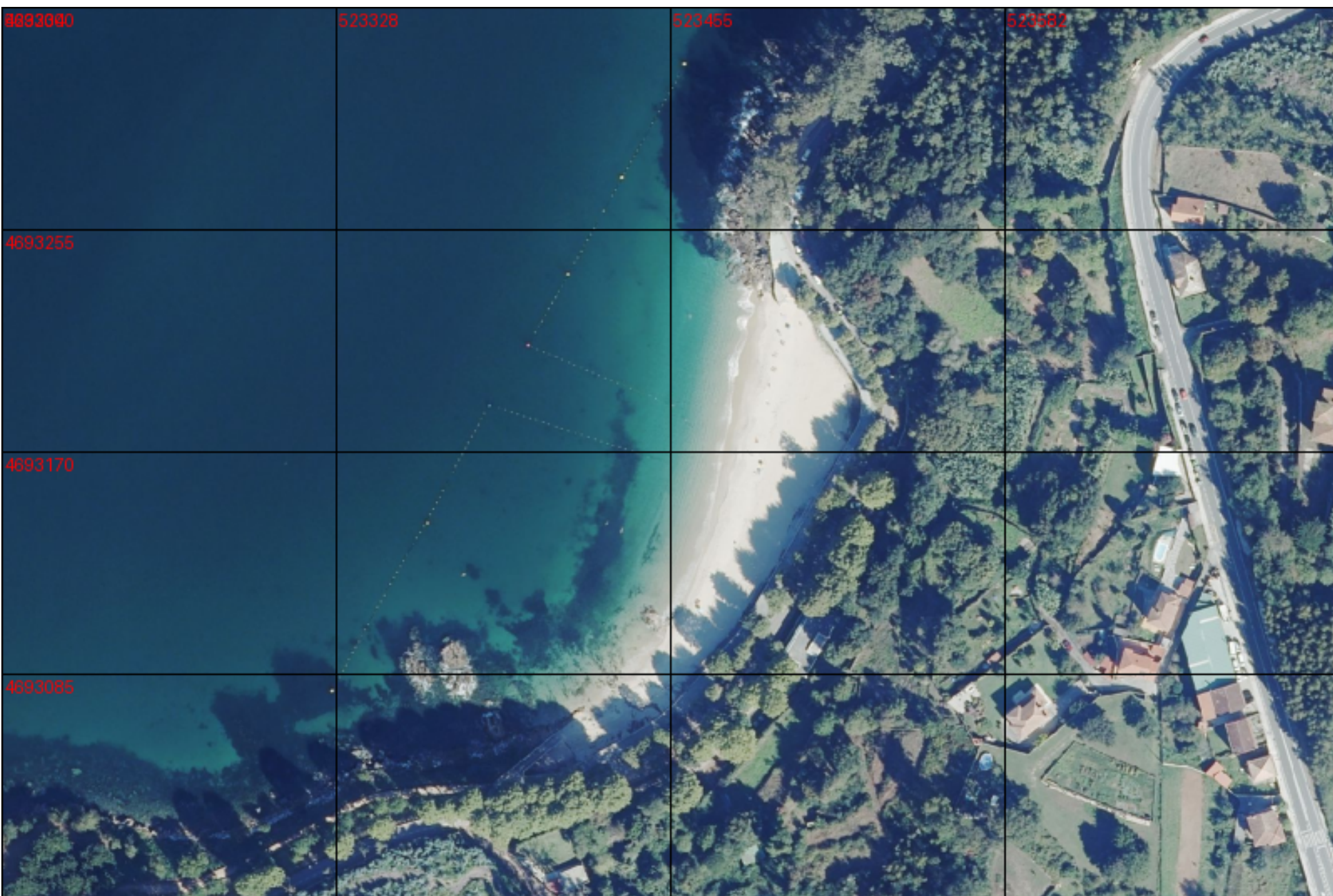
1.Cartografía militar

EPSG:25829



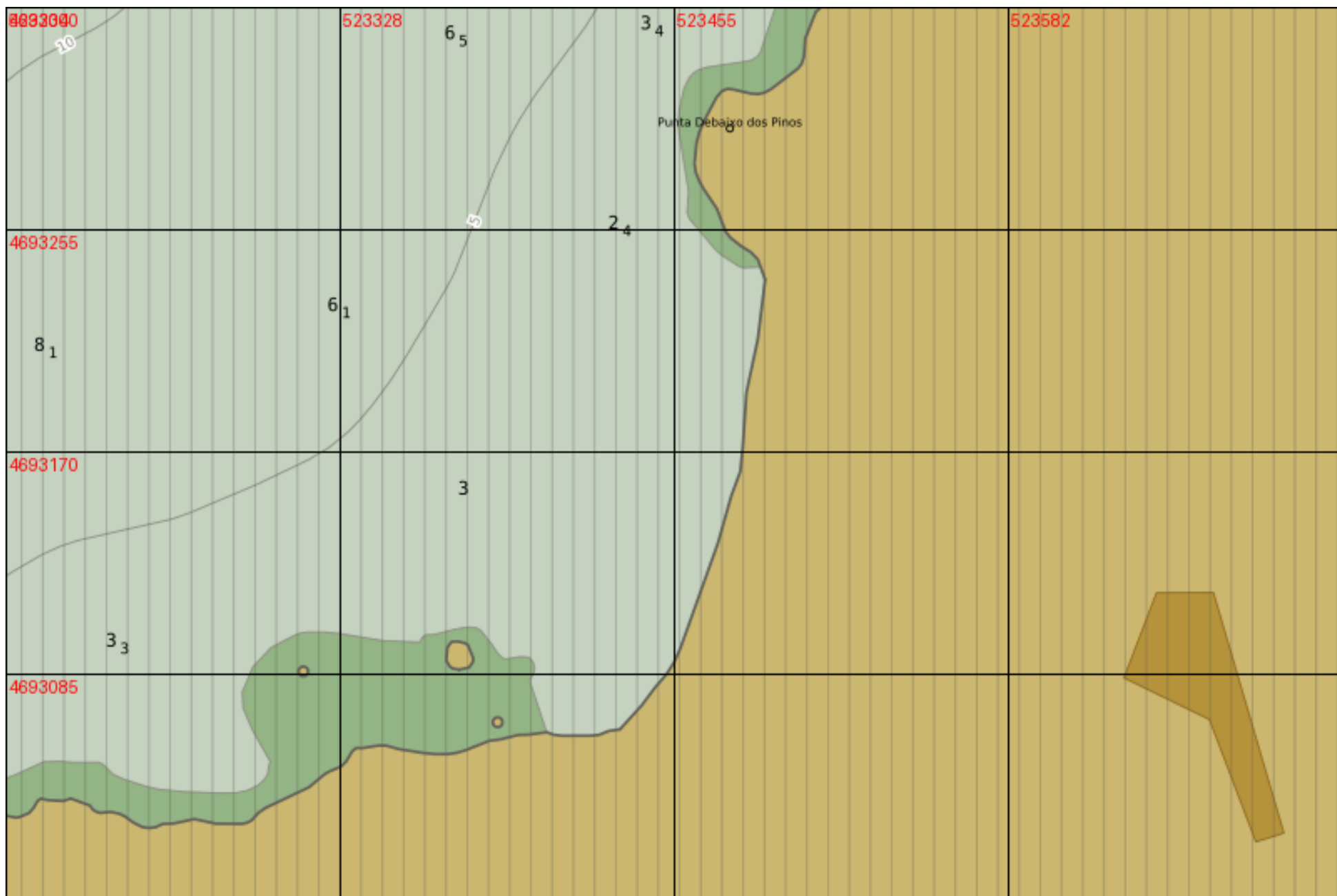
2.Imagen satelital

EPSG:25829

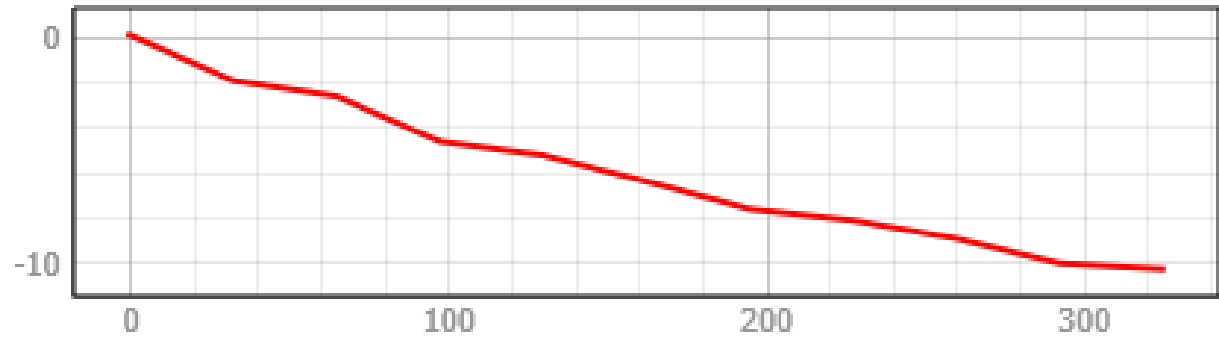


3.Carta Náutica

EPSG:25829



4.Batimetría



5.Google Earth e imágenes del terreno



6.Reporte de playa

General: La Playa de Portocelo, ubicada en el municipio de Marín, provincia de Pontevedra, Galicia, es una playa de arena blanca y fina, con aguas tranquilas, lo que la convierte en un punto de interés para operaciones anfibia debido a sus características geográficas y accesibilidad.

Ubicación y Accesibilidad:

- Coordenadas Geográficas: Latitud 42.395° N, Longitud 8.713° O.
- Proximidad a Infraestructuras Militares: Situada cerca de la Escuela Naval Militar de Marín, lo que facilita el apoyo logístico y la coordinación con unidades navales.
- Accesos Terrestres: La playa es accesible a través de la carretera PO-551, conectando directamente con el núcleo urbano de Marín y, por ende, con otras vías principales hacia Pontevedra y otras localidades.

Características Físicas de la Playa

- Dimensiones: Longitud en Marea Baja: Aproximadamente 442 metros. Longitud en Marea Alta: Se reduce significativamente, dividiéndose en tres pequeñas playas con una longitud media de 68 metros cada una.
- Topografía y Gradiente: Pendiente suave, facilitando el desembarco de tropas y equipos.
- Composición del Suelo: Arena fina y compacta, adecuada para el tránsito de vehículos ligeros y personal a pie.

Condiciones Hidrográficas y Meteorológicas

- Oleaje y Corrientes: Oleaje: Generalmente bajo debido a la protección natural de la Ria de Pontevedra, permitiendo operaciones de desembarco con menor riesgo. Corrientes: Moderadas y predecibles, con influencia de las mareas. Es esencial consultar tablas de mareas actualizadas para una planificación precisa.
- Mareas: Rango de Mareas: Significativo, afectando la extensión de la playa y la operatividad de las lanchas de desembarco. Mareas Bajas: Ofrece mayor superficie útil para operaciones. Mareas Altas: Limita el espacio operativo y puede dificultar el desembarco.
- Clima: Vientos Dominantes: Predominan del noroeste, con velocidades variables. Precipitaciones: Frecuentes en otoño e invierno, lo que puede afectar la visibilidad y las condiciones del terreno.

Infraestructura y Obstáculos:

- Infraestructura Existente: Paseo Marítimo: Bordea la playa, proporcionando acceso, pero también posibles restricciones para movimientos tácticos. Muro de Contención: Presente en la parte posterior de la playa, puede servir como cobertura o representar un obstáculo según la dirección del avance.
- Obstáculos Naturales y Artificiales: Rocas y Formaciones Naturales: Presentes en los extremos de la playa, pueden dificultar el desembarco en esas áreas específicas. Vegetación Densa: En áreas adyacentes, limitando la movilidad terrestre y ofreciendo posibles puntos de emboscada.
- Consideraciones Tácticas para Operaciones Anfibia

Consideraciones Tácticas para Operaciones Anfibia

- Puntos de Desembarco: Zona Central: Recomendada por su amplitud y menor presencia de obstáculos.

Extremos de la Playa: Deben evitarse debido a la presencia de rocas y posibles corrientes más fuertes.

- Cobertura y Ocultación: Muro Posterior y Vegetación: Ofrecen cierta cobertura, pero también pueden ser utilizados por fuerzas adversarias para emboscadas.
- Rutas de Avance: Hacia el Interior: Vías señaladas conectan con áreas urbanas y la Escuela Naval, facilitando movimientos rápidos. A lo Largo de la Costa: El paseo marítimo permite desplazamientos paralelos a la línea de costa, aunque con exposición potencial al ser una vía abierta.
- Zonas de Reunión y Reabastecimiento: Proximidad a Instalaciones Militares: Permite establecer puntos de reunión y reabastecimiento con relativa seguridad y cercanía.

Conclusiones

La Playa de Portocelo presenta características favorables para operaciones anfibia de pequeña a mediana escala, gracias a su accesibilidad, condiciones hidrográficas y proximidad a infraestructuras clave. Sin embargo, es esencial considerar las variaciones de marea, los obstáculos naturales y artificiales, y las condiciones meteorológicas para garantizar el éxito de las operaciones. Una planificación detallada y el reconocimiento previo del área son fundamentales para mitigar riesgos y aprovechar las ventajas que ofrece este entorno.

7.Histórico de Viento (SIAAMETOC)

Forzamiento - Datos Climáticos Viento Point_1											
DATOS INTENSIDAD VIENTO NUDOS (KTS) Point_1											
MES	PROB<15kts	PROB<20kts	PROB<25kts	Q50	Q90	Q99	Q12				
Enero	88.75	95.59	99.86	11.52	21.04	28.61	32.70				
Febrero	88.63	95.42	99.81	11.35	20.69	28.08	35.45				
Marzo	88.43	95.34	99.80	11.39	20.54	28.13	31.44				
Abril	77.55	92.56	100.00	10.12	18.37	24.32	28.00				
Mayo	77.34	89.70	100.00	10.44	17.85	22.40	25.48				
Junio	69.93	89.80	100.00	9.92	16.24	21.39	26.09				
Julio	84.44	100.00	100.00	9.84	16.08	19.29	21.65				
Agosto	82.72	99.50	100.00	9.96	15.45	20.21	23.78				
Septiembre	85.44	99.42	99.99	9.86	15.85	20.39	29.55				
Octubre	76.65	98.03	99.99	8.80	16.71	20.73	31.19				
Noviembre	85.45	97.07	99.99	11.38	20.02	28.05	32.25				
Diciembre	85.53	96.81	10.00	12.69	21.31	29.27	34.15				

Q50: Probabilidad acumulada de 50% de VALOR en el 50% de las ocasiones del mes de estudio (Valor medio)
Q90: Probabilidad acumulada de 90% de VALOR en el 90% de las ocasiones del mes de estudio
Q99: Probabilidad acumulada de 99% de VALOR en el 99% de las ocasiones del mes de estudio
Q12: Es el dato extremo correspondiente al tiempo del año, (12 horas de los valores extremos de los meses de estudio)

8.Histórico de Oleaje (SIAAMETOC)

Forzamiento - Datos Climáticos Oleaje Point_1											
DATOS ALTURA SIGNIFICANTE OLAJE (m) Point_1											
MES	PROB<0.5m	PROB<1m	PROB<1.5m	Q50	Q90	Q99	Q12				
Enero	84.76	96.82	99.32	0.92	2.02	3.93	4.30				
Febrero	85.10	96.10	97.18	0.87	2.21	4.18	5.24				
Marzo	85.51	95.21	94.64	0.76	1.79	3.98	4.96				
Abril	85.40	89.33	89.39	0.61	1.33	2.11	3.19				
Mayo	84.44	85.18	86.72	0.53	1.53	1.80	2.55				
Junio	85.43	85.00	86.64	0.46	0.75	1.34	1.80				
Julio	87.20	89.03	99.69	0.43	0.66	1.05	1.43				
Agosto	88.66	88.16	99.69	0.42	0.57	1.18	1.81				
Septiembre	88.09	88.15	99.84	0.46	0.86	1.53	2.31				
Octubre	86.65	82.82	82.86	0.60	1.38	2.20	3.21				
Noviembre	85.85	85.91	85.98	0.78	1.70	2.88	3.65				
Diciembre	85.11	85.37	85.27	0.85	1.95	3.38	5.68				

Q50: Probabilidad acumulada de 50% de VALOR en el 50% de las ocasiones del mes de estudio (Valor medio)
Q90: Probabilidad acumulada de 90% de VALOR en el 90% de las ocasiones del mes de estudio
Q99: Probabilidad acumulada de 99% de VALOR en el 99% de las ocasiones del mes de estudio
Q12: Es el dato extremo correspondiente al tiempo del año, (12 horas de los valores extremos de los meses de estudio)

9.Matriz de Impacto (SIAAMETOC)

Forzamiento - Matriz Impacto Climático											
Matriz Impacto Climático SCAT Oleaje: Point_1 Viento: Point_1											
MANIOBRAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
MANIOBRAS	17.64	42.80	56.20	68.99	76.22	80.90	82.08	78.13	69.59	55.65	40.31
MANIOBRAS	14.33	34.10	25.16	24.24	22.46	18.69	17.80	24.55	22.86	37.09	43.36
MANIOBRAS	15.00	33.00	33.64	6.77	1.92	0.39	0.12	0.31	0.11	7.27	15.93

HS

HS	1.00	1.00-1.50	1.50+
----	------	-----------	-------

WIND (Kts) <15.00

WIND (Kts) <15.00	MANIOBRAS	MANIOBRAS	MANIOBRAS
-------------------	-----------	-----------	-----------

15.00-17.00

15.00-17.00	MANIOBRAS	MANIOBRAS	MANIOBRAS
-------------	-----------	-----------	-----------

17.00+

17.00+	MANIOBRAS	MANIOBRAS	MANIOBRAS
--------	-----------	-----------	-----------

Matriz Impacto Climático LCH Oleaje: Point_1 Viento: Point_1

MANIOBRAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
MANIOBRAS	15.00	13.50	13.70	6.20	1.00	0.39	0.31	0.62	0.51	8.68	13.35
MANIOBRAS	8.93	11.23	6.26	1.61	0.39	0.00	0.00	0.06	0.18	1.36	5.00

HS

HS	1.50	1.50-2.10	2.10+
----	------	-----------	-------

WIND (Kts) <15.00

WIND (Kts) <15.00	MANIOBRAS	MANIOBRAS	MANIOBRAS
-------------------	-----------	-----------	-----------

15.00-17.00

15.00-17.00	MANIOBRAS	MANIOBRAS	MANIOBRAS
-------------	-----------	-----------	-----------

17.00+

17.00+	MANIOBRAS	MANIOBRAS	MANIOBRAS
--------	-----------	-----------	-----------

Matriz Impacto Climático R470 Oleaje: Point_1 Viento: Point_1

MANIOBRAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
MANIOBRAS	14.01	3.44	4.55	10.34	10.65	12.28	13.48	14.24	10.98	7.28	4.05
MANIOBRAS	15.47	68.29	72.77	78.17	85.54	86.20	85.08	84.91	85.23	80.48	74.16
MANIOBRAS	15.53	33.27	32.68	11.49	1.81	1.52	0.45	0.05	0.79	12.23	32.79

Matriz Impacto Climático ZH 753 o SRR 870 Oleaje: Point_1 Viento: Point_1

MANIOBRAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
MANIOBRAS	13.30	28.06	17.25	9.97	12.54	10.48	11.73	18.80	22.14	24.40	32.02
MANIOBRAS	0.49	1.30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31

HS

HS	2.50	2.50-4.00	4.00+
----	------	-----------	-------

WIND (Kts) <15.00

WIND (Kts) <15.00	MANIOBRAS	MANIOBRAS	MANIOBRAS
-------------------	-----------	-----------	-----------

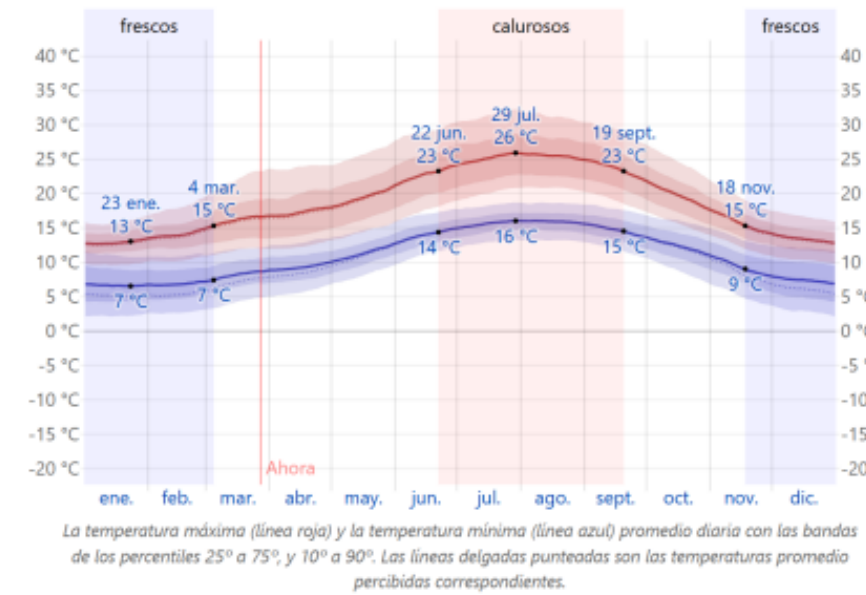
15.00-17.00

15.00-17.00	MANIOBRAS	MANIOBRAS	MANIOBRAS
-------------	-----------	-----------	-----------

17.00+

17.00+	MANIOBRAS	MANIOBRAS	MANIOBRAS
--------	-----------	-----------	-----------

10.Climatología



Fuentes/Notas

Este producto es derivado de diferentes fuentes de información, que a continuación se relacionan:

- SIAMETOC-OM
- WEB MAP SERVICE
- GOOGLE EARTH
- APARTAGAL.COM
- PUERTOS DEL ESTADO