



# Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

## TRABAJO FIN DE GRADO

*Desarrollo de un procedimiento SIG aplicado al planeamiento de  
unidades de Infantería de Marina según estándares OTAN*

## Grado en Ingeniería Mecánica

**ALUMNO:** Miguel Pawel Rúa-Figueroa Remisz

**DIRECTORES:** Mercedes Solla Carracelas

**CURSO ACADÉMICO:** 2018-2019

Universida<sub>de</sub>Vigo





# Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

## TRABAJO FIN DE GRADO

*Desarrollo de un procedimiento SIG aplicado al planeamiento de  
unidades de Infantería de Marina según estándares OTAN*

**Grado en Ingeniería Mecánica**  
Intensificación en Tecnología Naval  
Infantería de Marina

UniversidadeVigo



## **RESUMEN**

En la actualidad, el planeamiento de las unidades militares suele apoyarse en Sistemas de Información Geográfica (SIG) a la hora de estudiar el terreno. Estos SIG emplean símbolos para representar las diferentes unidades y maniobras, entre otros aspectos del planeamiento militar. En el caso de las unidades de las Fuerzas Armadas españolas, se emplean SIG para el estudio del terreno, y los símbolos que de los que hacen uso están normalizados a nivel de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). Sin embargo, en la Escuela Naval Militar (ENM) no se dispone de estos sistemas para el apoyo del planeamiento de una operación militar por parte de la Compañía de Alumnos.

Este Trabajo Fin de Grado (TFG) pretende localizar cuáles son los aspectos militares del terreno, así como la normativa OTAN que rige los diferentes símbolos militares para, posteriormente, desarrollar un procedimiento SIG y librería de símbolos según estándares OTAN que combine estos dos puntos aumentando la eficacia y eficiencia de las operaciones de planeamiento y toma de decisiones. Finalmente, se pone en práctica el procedimiento desarrollado en un ejemplo práctico de ejercicio anfibio, y se presentan posibles líneas futuras de continuación del estudio.

## **PALABRAS CLAVE**

Normalización, OTAN, simbología, planeamiento, sistema de información geográfica.



## AGRADECIMIENTOS

A mi Familia, Alba y amigos, entre ellos Trinomio, Manu y Yiyo por haber estado ahí en los buenos y sobre todo agrios momentos en estos cinco años de Escuela Naval Militar, siendo todos ellos un apoyo vital para superarlo todo. También a mis profesores del Mulhacén que me inculcaron valores y una inquebrantable voluntad de vencer; Don Santiago Coronado, Don Antonio Navarrete y Don César, así como a los profesores del CUD que han compartido su pasión por sus asignaturas conmigo, el Sr. Casqueiro, la Sra. Gómez, el Sr. Feijoo y a los que me han enseñado, además de conocimientos técnicos, valores que me serán útiles para mi futuro profesional, el Sr. Rey y el Sr. González Gil.

Por último, agradecer a mi tutora la Sra. Solla Carracelas su paciencia inagotable conmigo, tanto en las clases de Topografía como en su tutela en el TFG, su constante ayuda en todo lo necesario y su exigencia para que este TFG fuese realmente útil para mí en todos los aspectos, técnicos y humanos.



## CONTENIDO

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Contenido .....                                                                                   | 1  |
| Índice de Figuras .....                                                                           | 3  |
| Índice de Tablas.....                                                                             | 5  |
| 1 Introducción y objetivos.....                                                                   | 7  |
| 1.1 Motivación .....                                                                              | 7  |
| 1.2 Objetivos generales .....                                                                     | 10 |
| 1.3 Objetivos específicos .....                                                                   | 10 |
| 1.3.1 Revisión de símbolos y elaboración en programas de diseño CAD (Computer-Aided Design) ..... | 10 |
| 1.3.2 Descarga de datos geográficos desde diferentes plataformas cartográficas .....              | 11 |
| 1.3.3 Familiarización con las herramientas SIG .....                                              | 11 |
| 1.3.4 Creación de una librería de símbolos en SIG .....                                           | 11 |
| 1.3.5 Puesta en práctica en ejercicio anfibia.....                                                | 11 |
| 2 Estado del arte .....                                                                           | 13 |
| 2.1 Norma OTAN .....                                                                              | 13 |
| 2.1.1 STANAG 2287 .....                                                                           | 14 |
| 2.1.2 APP-06.....                                                                                 | 16 |
| 2.1.3 Sistema gvSIG .....                                                                         | 23 |
| 2.1.4 Sistema TALOS.....                                                                          | 24 |
| 3 Desarrollo del TFG.....                                                                         | 25 |
| 3.1 Creación de una biblioteca de símbolos militares en gvSIG .....                               | 25 |
| 3.1.1 Selección de los símbolos.....                                                              | 25 |
| 3.1.2 Creación de los símbolos .....                                                              | 29 |
| 3.1.3 Importación de los símbolos a la biblioteca gvSIG .....                                     | 31 |
| 3.2 Desarrollo del procedimiento SIG .....                                                        | 32 |
| 3.2.1 Elección de aspectos militares del terreno .....                                            | 32 |
| 3.2.2 Selección de datos geográficos .....                                                        | 33 |
| 3.2.3 Importación de capas en gvSIG .....                                                         | 34 |
| 3.2.4 Geoprocesamientos y asignación de símbolos .....                                            | 39 |
| 3.2.5 Creación de mapas .....                                                                     | 41 |
| 3.2.6 Exportación a otras herramientas de visualización cartográfica.....                         | 43 |
| 4 Resultados / Validación / Prueba.....                                                           | 45 |
| 4.1 Bibliotecas de símbolos en gvSIG .....                                                        | 45 |

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2 Aplicación de la librería y del procedimiento a la operación anfibia “Atenea” ..... | 47 |
| 5 Conclusiones y líneas futuras .....                                                   | 59 |
| 5.1 Conclusiones .....                                                                  | 59 |
| 5.2 Líneas futuras .....                                                                | 60 |
| 5.2.1 Análisis de rutas óptimas .....                                                   | 60 |
| 5.2.2 Zonas de movilidad de vehículos .....                                             | 60 |
| 5.2.3 Ampliación de la biblioteca de símbolos.....                                      | 60 |
| 5.2.4 Explotación mayor de Google Earth.....                                            | 61 |
| 5.2.5 Realidad aumentada.....                                                           | 61 |
| 6 Bibliografía.....                                                                     | 63 |
| Anexo I: PRODUCTOS OP. ATENEA .....                                                     | 65 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2-1 Portada de las publicaciones OTAN APP-06 y STANAG 2287 [7].                                  | 14 |
| Figura 1-1 Superponible de una operación terrestre (fotografía propia).                                 | 8  |
| Figura 1-2 <i>Briefing</i> de un comandante de unidad sobre un cajón de arena (fotografía propia).      | 10 |
| Figura 1-3 Localización del municipio de Cangas [6].                                                    | 11 |
| Figura 2-1 Logotipo de la Agencia de Normalización de la OTAN [7].                                      | 13 |
| Figura 2-2 Estructura de cometidos tácticos [8].                                                        | 15 |
| Figura 2-3 Supuestos cometidos tácticos inexistentes [9].                                               | 16 |
| Figura 2-4 Clasificación de la simbología militar [8].                                                  | 16 |
| Figura 2-5 Muestra de los diferentes elementos de un símbolo [8].                                       | 17 |
| Figura 2-6 Estado de situación de las unidades [8].                                                     | 18 |
| Figura 2-7 Relación de aspecto marco interno de los símbolos [8].                                       | 19 |
| Figura 2-8 Disposición de los amplificadores [8].                                                       | 20 |
| Figura 2-9 Disposición de las tablas adaptada de [8].                                                   | 21 |
| Figura 2-10 Proceso de creación de un símbolo (elaboración propia).                                     | 21 |
| Figura 2-11 Sectores de representación para amplificadores [8].                                         | 22 |
| Figura 2-12 Ejemplo de símbolos creados según norma OTAN (elaboración propia).                          | 23 |
| Figura 2-13 Logotipo del programa gvSIG [12].                                                           | 24 |
| Figura 2-14 OAV de artillería empleando en una tableta el programa TALOS [13].                          | 24 |
| Figura 3-1 Plantilla de AutoCAD para la creación de los símbolos (elaboración propia).                  | 29 |
| Figura 3-2 Asignación de nombres en AutoCAD (elaboración propia).                                       | 30 |
| Figura 3-3 Plantilla de creación en PowerPoint (elaboración propia).                                    | 30 |
| Figura 3-4 Proceso de almacenamiento de los símbolos desde PowerPoint (elaboración propia).             | 31 |
| Figura 3-5 Ruta de la importación de los símbolos en gvSIG (elaboración propia).                        | 31 |
| Figura 3-6 Creación de la biblioteca de símbolos en gvSIG (elaboración propia).                         | 32 |
| Figura 3-7 Biblioteca de símbolos en gvSIG (elaboración propia).                                        | 32 |
| Figura 3-8 Importación en gvSIG de ortofotografías desde el servidor WMS del PNOA (elaboración propia). | 35 |
| Figura 3-9 Formatos de ortofotografías importadas a gvSIG (elaboración propia).                         | 35 |
| Figura 3-10 Ruta gvSIG para la georreferenciación (elaboración propia).                                 | 36 |
| Figura 3-11 Georreferenciación de una ortofotografía en gvSIG (elaboración propia).                     | 36 |
| Figura 3-12 Página <i>web</i> del Centro de descargas del IGN (elaboración propia).                     | 37 |
| Figura 3-13 Ruta gvSIG para añadir nuevas capas (elaboración propia).                                   | 37 |
| Figura 3-14 Ruta gvSIG de propiedades de una capa (elaboración propia).                                 | 38 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3-15 Ruta gvSIG para reproyección de capas (elaboración propia).                           | 38 |
| Figura 3-16 Importación de elementos de maniobra en gvSIG (elaboración propia).                   | 39 |
| Figura 3-17 Ruta gvSIG para la selección del área de influencia (elaboración propia).             | 39 |
| Figura 3-18 Desplegable gvSIG de características del área de influencia (elaboración propia).     | 40 |
| Figura 3-19 Ruta gvSIG para asignación de simbología (elaboración propia).                        | 40 |
| Figura 3-20 Información temática adjunta de un elemento del <i>Raid</i> (elaboración propia).     | 41 |
| Figura 3-21 Disposición de campos en los mapas creados (elaboración propia).                      | 42 |
| Figura 3-22 Ruta gvSIG de creación de mapas (elaboración propia).                                 | 42 |
| Figura 3-23 Ruta en Google Earth para asignar simbología (elaboración propia).                    | 43 |
| Figura 3-24 Visualización 3D en Google Earth de la base de la BRILAT (Pontevedra).                | 43 |
| Figura 4-1 Biblioteca de símbolos de elementos enemigos (elaboración propia).                     | 45 |
| Figura 4-2 Biblioteca de símbolos de cometidos tácticos (elaboración propia).                     | 46 |
| Figura 4-3 Biblioteca de símbolos de elementos propios (elaboración propia).                      | 46 |
| Figura 4-4 Biblioteca de símbolos <i>Raid</i> (elaboración propia).                               | 46 |
| Figura 4-5 Simbología empleada en capas (elaboración propia).                                     | 49 |
| Figura 4-6 Elementos de maniobra enemigos sobre planimetría IGN (elaboración propia).             | 49 |
| Figura 4-7 Elementos de maniobra enemigos sobre capa de elevaciones (elaboración propia).         | 50 |
| Figura 4-8 Elementos de maniobra enemigos y redes de transporte (elaboración propia).             | 50 |
| Figura 4-9 Elementos de maniobra enemigos sobre capa de ocupación del suelo (elaboración propia). | 51 |
| Figura 4-10 Leyenda ocupación del suelo [20].                                                     | 51 |
| Figura 4-11 Dirección de aproximación al objetivo (elaboración propia).                           | 52 |
| Figura 4-12 Elementos de maniobra enemigos sobre capa de hidrografía (elaboración propia).        | 52 |
| Figura 4-13 Elementos de maniobra enemigos sobre ortofotografía PNOA (elaboración propia).        | 53 |
| Figura 4-14 Alcance de armas del enemigo (elaboración propia).                                    | 53 |
| Figura 4-15 Playas tentativas para el desembarco anfibio (elaboración propia).                    | 54 |
| Figura 4-16 Esquema de maniobra propia y enemiga sobre capa de elevaciones (elaboración propia).  | 55 |
| Figura 4-17 Esquema de maniobra propia y enemiga sobre capa de elevaciones (elaboración propia).  | 55 |
| Figura 4-18 Vista 3D de la maniobra en Google Earh (elaboración propia).                          | 56 |
| Figura 4-19 Cuenca visual desde posiciones enemigas (elaboración propia).                         | 57 |
| Figura 4-20 Cuenca visual desde observatorio (elaboración propia).                                | 57 |
| Figura 4-21 Cuenca visual desde elemento de vigilancia (elaboración propia).                      | 58 |
| Figura 5-1 Circuito de pruebas de la empresa URO [21].                                            | 60 |
| Figura 5-2 Logotipo del <i>software</i> Google Earth [22].                                        | 61 |
| Figura 5-3 Campo de batalla en realidad aumentada [23].                                           | 61 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2-1 Representación gráfica de cometidos y definición [8].....                        | 15 |
| Tabla 2-2 Representación de la identidad estándar [8]. ....                                | 18 |
| Tabla 2-3 Código de colores en función de la actitud de las unidades [8].....              | 19 |
| Tabla 2-4 Relación de aspecto marco exterior de los símbolos [8].....                      | 20 |
| Tabla 2-5 Símbolos de entidad [8]. ....                                                    | 22 |
| Tabla 2-6 Extracto de la tabla de iconos [8].....                                          | 22 |
| Tabla 3-1 Simbología seleccionada referida a unidades (elaboración propia).....            | 27 |
| Tabla 3-2 Simbología seleccionada referida a instalaciones (elaboración propia). ....      | 28 |
| Tabla 3-3 Simbología seleccionada referida a cometidos tácticos (elaboración propia). .... | 28 |
| Tabla 3-4 Simbología seleccionada referida a apoyos al combate (elaboración propia). ....  | 28 |
| Tabla 3-5 Fuentes de obtención de datos geográficos.....                                   | 34 |
| Tabla 3-6 Ejemplo de tabla de elementos de maniobra (elaboración propia). ....             | 38 |
| Tabla 3-7 Mapas a realizar en una operación (elaboración propia). ....                     | 41 |
| Tabla 4-1 Elementos de maniobra enemigos del raid anfibio (elaboración propia).....        | 48 |
| Tabla 4-2 Elementos de maniobra propios del raid anfibio (elaboración propia).....         | 48 |
| Tabla 4-3 Playas tentativas para el desembarco (elaboración propia). ....                  | 54 |



# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1 Motivación

Todo planeamiento en unidades de combate independientemente de su escala (grandes unidades o pequeñas unidades) va ligada a dos puntos siempre presentes; un estudio del terreno, en el que se estudian diferentes aspectos militares del terreno, y una posterior exposición de las intenciones del comandante de la unidad a sus subordinados de la operación a realizar [1].

En función del tamaño de la unidad (escuadra, pelotón, sección, etc.), del tipo de unidad (terrestre, naval, aérea, submarina o de superficie, anfibia, etc.) y de la situación táctica en la que se encuentren, estas exposiciones de Intenciones del Comandante se realizarán con unas determinadas características.

Tanto para el estudio del terreno como para la elaboración de croquis en pequeñas unidades para la exposición de la maniobra a realizar se suelen usar técnicas aunque efectivas, escasamente modernizadas. Una de las ayudas visuales más empleada para la exposición de la idea de maniobra son los superponibles de operaciones, en los que se representa con diferentes símbolos a las unidades sobre cartografía o imágenes satelitales y las acciones que se desea que realicen. Estos superponibles se realizan en función de las necesidades de cada operación: con una escala oportuna al tamaño de la zona de operaciones, diferente cartografía en función de qué aspectos del terreno se desean observar y la representación de la totalidad de las unidades que participan en la operación o solamente una parte de ellas. Por último, la cantidad de superponibles varía en función de cada operación y el tiempo de planeamiento de la unidad [2].

En la Figura 1-1 se puede observar un ejemplo de un superponible de operaciones en el que se representa una operación militar desarrollada por la Compañía de Alumnos de la Escuela Naval Militar (ENM) en la base de Figueirido, con la representación de las diferentes unidades propias y sus cometidos en esta operación.



**Figura 1-1 Superponible de una operación terrestre (fotografía propia).**

La Fuerza de Infantería de Marina española cuenta, como principales unidades de combate, con los Batallones de Desembarco (BD) de la Brigada de Infantería de Marina (BRIMAR). En la estructura orgánica de la BRIMAR se contemplan dos batallones de fusilería (BDF) y uno de fusilería mecanizada (BDMZ), cada uno con una cantidad de efectivos por doctrina [1]. Debido a la composición de su fuerza, la mayoría de las operaciones del cuerpo de Infantería de Marina será con unidades de pequeña entidad (se considera pequeña unidad entidades iguales o menores a un batallón de desembarco). En operaciones realizadas por pequeñas unidades es esencial un meticuloso estudio del terreno. Las pequeñas unidades, y en especial las pequeñas unidades de fusilería las cuales constan de armas principalmente de tiro tenso (las armas de tiro tenso proyectan sus efectos en una trayectoria prácticamente lineal), ven afectadas directamente la eficacia de sus armas y su movilidad por el terreno. Dentro de la organización de la BRIMAR, las unidades pueden recibir apoyo de otras unidades que les brinden mayor movilidad y apoyo de fuegos (con armas que pueden realizar fuego con trayectorias no tensas, como lo hacen unidades de artillería o morteros) en función de su entidad. Si una unidad tiene una mínima entidad, su movilidad y armamento se ve limitada al mínimo. Así, el terreno y estudio se hace más relevante a medida que la entidad de la unidad descende [3].

Además, el carácter expedicionario y anfíbio del cuerpo de Infantería de Marina requiere de una alta interoperabilidad con otros cuerpos, ejércitos y fuerzas armadas de países aliados. Esto se debe a la implicación en operaciones anfíbias de un gran abanico de medios, los cuales incluyen unidades aéreas, navales de superficie y submarinas, y por último terrestres. Para lograr una comunicación efectiva entre esta gran diversidad de medios es necesario la normalización de todos los aspectos de una operación anfibia. Esta normalización se extiende a todos los diferentes campos: Sistemas de Información y Comunicaciones (SIC), técnicas y procedimientos (POVs) y logística. Por último, la necesidad de normalización dentro del Cuerpo de Infantería de Marina se ve potenciada en un grado mayor debido a la integración del cuerpo en fuerzas anfíbias operativas (composición de una fuerza conjunta para una misión con unidades totalmente independientes y de diferentes facciones) con otras unidades anfíbias de Portugal, Estados Unidos, Reino Unido e Italia.

La fase de planeamiento y preparación de las unidades de combate de Infantería de Marina comienza en cuanto se recibe la misión, y finaliza cuando la unidad entra en combate con fuerzas enemigas o cuando cruza determinadas líneas de coordinación (líneas marcadas en el terreno, por norma general materializados por accidentes geográficos característicos). Esta fase se desarrolla con diferentes procesos que normalizan la mayoría de aspectos del planeamiento, desde el orden de decisiones a tomar hasta el formato para la elaboración de los mapas, logrando de esta manera un trabajo más eficaz y eficiente del personal, medios y tiempo invertido. La fase de planeamiento se podría resumir en el estudio de los factores de la situación [1]. Factores y variables que permiten tomar

las decisiones más acertadas y con mayor conocimiento de la operación a realizar. Estos factores de la situación son [4]:

- Misión. En este apartado se analiza cuál es el cometido que la unidad superior ha asignado a la unidad y la finalidad de la misma, para poder realizarla correctamente y contribuyendo al propósito de la unidad superior.
- Enemigo. En este apartado se analizan las capacidades del enemigo, incluyendo sus medios, su potencia de combate (suma de la potencia de fuego de sus armas) y su control sobre el espacio de batalla.
- Terreno y tiempo atmosférico. Este apartado de vital importancia para pequeñas unidades incluye todos los posibles efectos tanto del terreno como de la meteorología sobre las fuerzas propias y enemigas. En este apartado destacan los aspectos militares del terreno. Estos aspectos son características del terreno que tienen una influencia directa sobre determinadas capacidades de las unidades como su protección (protección física contra los efectos de armas enemigas), su ocultación (ocultación de medios de vigilancia enemigos) y la capacidad de movimiento de sus medios por una zona determinada entre ellos.
- Medios propios disponibles. Este último apartado está enfocado a la logística de las operaciones y estudio de las capacidades propias para afrontar de la forma más preparada una determinada operación.

En determinadas situaciones, debido a algunos factores, principalmente el tiempo disponible para la operación, algunos de los pasos de este procedimiento estandarizado pueden verse omitidos ciñéndose al estudio de los más esenciales, entre los que resulta de especial relevancia el estudio del terreno.

Una vez realizado todo el planeamiento necesario para la realización de la operación, con las consideraciones anteriormente detalladas, el comandante de la unidad procede a exponer a sus unidades qué necesita que realicen. Esta exposición de intenciones se materializa con un *briefing*, en el cual el comandante explica de forma específica cómo y qué quiere que sus unidades hagan. En esta exposición del *briefing*, cuanto menor sea la entidad de la unidad, mayor cantidad de ayudas visuales habrán de emplearse. Estas ayudas visuales suelen verse explotadas principalmente por una presentación PowerPoint en la que se muestra un superponible de operaciones. Sobre este superponible de operaciones la unidad puede apreciar claramente qué se requiere de ellas y aclarar posibles dudas con el comandante de la unidad. Otra ayuda visual empleada habitualmente son los cajones de arena, en los que se intenta representar a escala una determinada zona de operaciones (espacio geográfico en el que tienen lugar los efectos de una operación militar), con su respectiva representación de las unidades y cometidos requeridos. En la Figura 1-2 se puede apreciar a un alumno de quinto curso de la Compañía de Alumnos de la ENM impartiendo a su unidad un *briefing* sobre la operación a realizar en el campo de maniobras de Parga (Lugo).

Existen diversos *software* en el campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten la visualización y tratamiento de datos geográficos, consultas interactivas, representación de cualquier tipo de información geográfica georreferenciada y conexión en remoto con bases de datos geográficos. Esta posibilidad de relacionar diferentes fenómenos geográficos aporta una gran agilidad a la hora de resolver problemas complejos de planificación y gestión de datos, siendo así un gran aporte para la toma de decisiones [5].

Los SIG aportan numerosas ventajas a la hora de realizar un planeamiento en comparación con métodos que tradicionalmente se utilizan en la ENM para el estudio del terreno (lectura e interpretación de planos y mapas en papel, y consultas en el visor cartográfico IBERPIX del Instituto Geográfico Nacional, IGN). Los SIG aportan una mayor calidad de imagen, mayor disponibilidad de datos del terreno, conexión a diferentes bases de datos, mayor flexibilidad y rapidez a la hora de trabajar e interoperabilidad. Dada la importante vinculación de las unidades militares con el terreno,

esta capacidad de crear consultas, integrar, analizar y representar eficientemente información geográfica se explota en el planeamiento y ejecución de operaciones. Cabe mencionar que el Cuerpo de Infantería de Marina también se apoya en aplicaciones SIG adaptadas a las Fuerzas Armadas, como es el ejemplo del sistema TALOS. Por ello, se pretende desarrollar un procedimiento SIG adaptado a la Compañía de Alumnos de la ENM que sea de utilidad para el planeamiento de sus operaciones, en especial para la realización de superponibles de operaciones y *briefings*, los cuales a día de hoy todavía se realizan con métodos y procedimientos tradicionales.



Figura 1-2 *Briefing* de un comandante de unidad sobre un cajón de arena (fotografía propia).

## 1.2 Objetivos generales

En este Trabajo Fin de Grado (TFG) se estudiará el desarrollo de un procedimiento basado en herramientas SIG aplicado a unidades de Infantería de Marina, en concreto a la Compañía de Alumnos de la ENM, con el objetivo de facilitar el planeamiento de dichas unidades en operaciones tácticas en tierra (operaciones defensivas u ofensivas, patrullas, etc.). Teniendo en cuenta la interoperabilidad entre diferentes países, para la realización de los superponibles de operaciones se tendrá en cuenta la norma de la Organización del Tratado de Atlántico Norte (OTAN) que regula los símbolos y cometidos tácticos (STANAG 2287 y APP-06).

La cartografía necesaria para la realización de los superponibles se analizará en el SIG a través de diferentes fuentes de datos geográficos disponibles, como son: cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) e imágenes satelitales. Además, con el objeto de aumentar la eficiencia en estos procesos de la Compañía de Alumnos de Infantería de Marina de la ENM, se pretende elaborar un procedimiento SIG concurrente con la normalización OTAN vigente y la ambientación académica de la ENM, para aumentar la preparación de los futuros Oficiales del Cuerpo de Infantería de Marina a la hora de dirigir unidades de combate.

## 1.3 Objetivos específicos

### 1.3.1 *Revisión de símbolos y elaboración en programas de diseño CAD (Computer-Aided Design)*

En primer lugar se llevará a cabo una revisión de los símbolos y cometidos tácticos (STANAG 2287 y APP-06) de aplicación habitual en las unidades de Infantería de Marina. A continuación,

siguiendo la norma OTAN, se diseñarán y elaborarán los símbolos seleccionados en un entorno CAD como paso previo a su importación en una herramienta SIG y creación de la librería.

### *1.3.2 Descarga de datos geográficos desde diferentes plataformas cartográficas*

Revisión y selección de datos cartográficos de acceso gratuito, que se descargarán a través de servicios y organizaciones como IGN, PNOA, y Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

### *1.3.3 Familiarización con las herramientas SIG*

Se desarrollará un procedimiento SIG que permita superponer datos geográficos de diferente naturaleza con el objetivo de aumentar la eficacia en el planeamiento de las operaciones militares, así como de aplicación práctica directa para la Compañía de Alumnos de la ENM. Para el desarrollo de este TFG se trabajará con el programa gvSIG, de acceso libre y gratuito.

Se analizará también la capacidad de interoperabilidad con otras aplicaciones cartográficas como Google Earth.

### *1.3.4 Creación de una librería de símbolos en SIG*

Importación de los símbolos creados en el *software* gvSIG para la creación de la librería de símbolos y publicación de la misma en la base de datos del programa para que pueda ser empleada por cualquier usuario de la comunidad.

### *1.3.5 Puesta en práctica en ejercicio anfibia*

En el transcurso del curso académico la Compañía de Alumnos desarrolla diferentes actividades encaminadas a la instrucción y adiestramiento de los alumnos. En estos periodos de adiestramiento los alumnos de cuarto y quinto curso ejercen las funciones de comandantes de unidad, siendo responsables de la dirección del planeamiento de las operaciones a realizar. En esta función de comandante de unidad, los alumnos desarrollan de manera didáctica todas las responsabilidades atribuibles a esta figura, destacando entre ellas la preparación, planeamiento y ejecución de las operaciones. En este TFG se pondrá en práctica el procedimiento SIG desarrollado en el ejercicio anfibia que se desarrolla en el segundo cuatrimestre en el Municipio de Cangas.

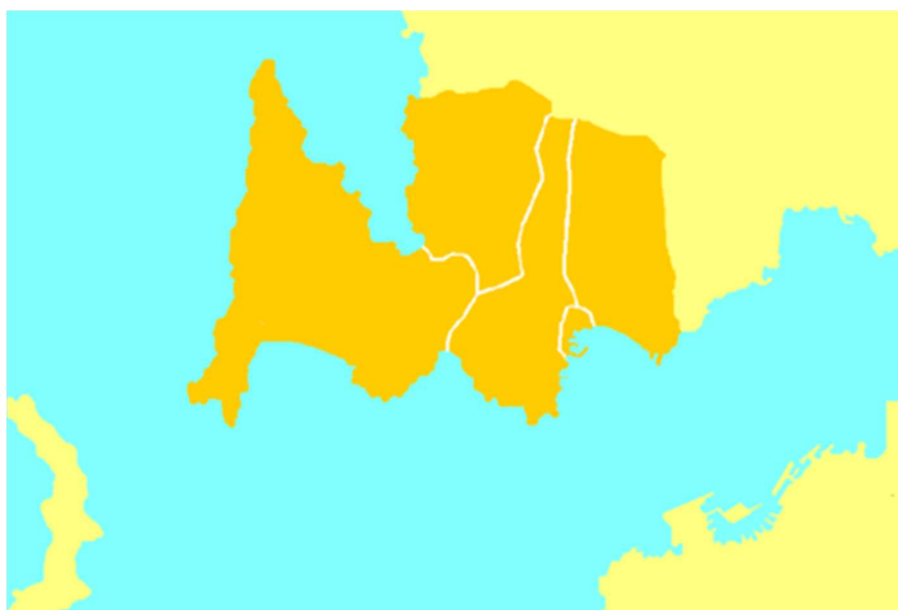


**Figura 1-3 Localización del municipio de Cangas [6].**



## 2 ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Norma OTAN

La principal organización en la que se ven encuadradas las Fuerzas Armadas españolas a nivel internacional es la OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte). Para asegurar un elevado grado de interoperabilidad, la mayoría de procedimientos, términos y símbolos se ven normalizados por las diferentes facciones de la OTAN. Debido a esta necesidad de interoperabilidad innegable y la pequeña entidad de las unidades de la FIM (Fuerza de Infantería de Marina), la norma OTAN referida a simbología y términos será esencial para una correcta ejecución de las misiones.

Los símbolos militares se clasifican en dos principales ramas. La primera rama envuelve cometidos tácticos que se pueden asignar a las unidades (avanzar para el contacto, atacar, atacar por el fuego, bloquear, canalizar, contener o conducir una decepción), mientras que la segunda rama agrupa la representación gráfica de unidades, instalaciones, buques o aeronaves.



Figura 2-1 Logotipo de la Agencia de Normalización de la OTAN [7].

Con el objeto de normalizar los diferentes símbolos y procedimientos se creó la Agencia de Normalización de la OTAN, encargada de normalizar los diferentes campos que se requieran a nivel OTAN, mediante publicaciones o mediante acuerdos de estandarización (STANAG).

Las publicaciones que recogen las dos ramas de clasificación simbólica son la APP-06 [8] y el STANAG 2287 [9], ambos documentos sin clasificación de seguridad “Sin Clasificar”. La primera es relativa a la representación de unidades e instalaciones, y la segunda para los cometidos tácticos. Las publicaciones se pueden descargar en [7].

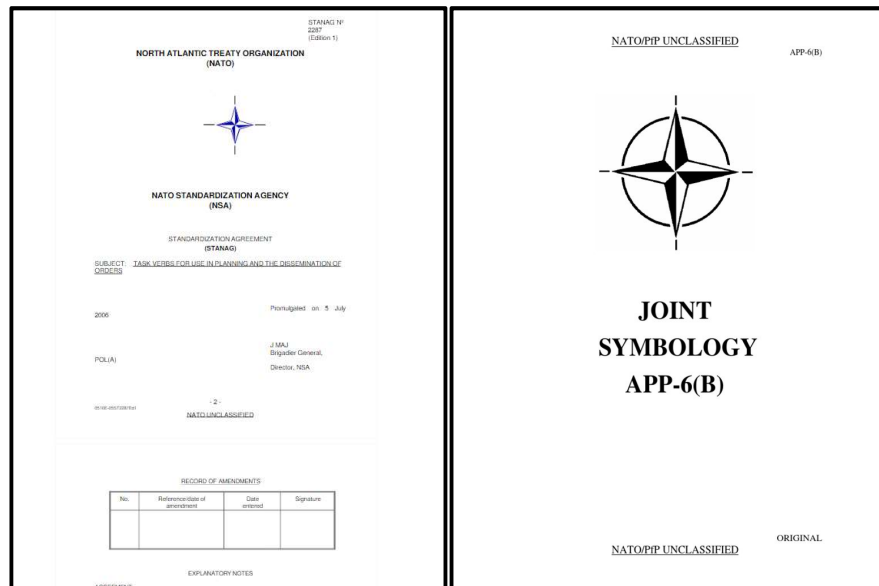


Figura 2-1 Portada de las publicaciones OTAN APP-06 y STANAG 2287 [7].

### 2.1.1 STANAG 2287

El STANAG 2287 [9] es un acuerdo de normalización a nivel OTAN, el cual busca un sistema unificado militar de simbología y definiciones de cometidos tácticos para unidades, comprometiéndose firmemente las naciones con el uso tanto de los términos listados en este acuerdo como su representación gráfica.

Este acuerdo de normalización proviene del estándar militar “*US Military Standard 2323 Common Warfighting Symbology*” [10], el cuál define la norma que rige los símbolos empleados por las fuerzas armadas de Estados Unidos. Esta norma de simbología se hace extensible a todos los escalones de mando, tanto para planeamiento como para la ejecución de operaciones terrestres. El acuerdo se divide en tres partes, en la primera se formaliza el acuerdo de empleo por parte de las diferentes naciones de la simbología detallada, en la segunda se definen las normas para la generación de los términos definidos para los cometidos tácticos, y en la tercera parte se listan los diferentes cometidos tácticos con sus respectivas normas.

Un cometido táctico es una misión que un comandante ordena a sus subordinados, en él se define la acción táctica a realizar por la unidad y la finalidad que busca esa acción. De esta manera, los cometidos tácticos definidos por el acuerdo se subdividen también en dos partes, la primera subparte se centra en normalizar los efectos a conseguir por el cometido táctico (la finalidad de la acción), mientras que la segunda subparte del cometido táctico se centra en las propias acciones a realizar en el cometido táctico. Estos cometidos tácticos se emplearán en los diferentes aspectos de una operación: el planeamiento, la exposición a la unidad por parte del comandante de sus intenciones y cometidos a unidades subordinadas.

Tras la formalización del compromiso de empleo del acuerdo se definen las normas para la generación de los cometidos tácticos. Se define la estructura que se ha de seguir en las unidades a la hora de marcar cometidos tácticos o generar las misiones. Cada cometido táctico deberá incluir una acción para cada elemento subordinado, especificando el qué, dónde, cuándo y para qué se requiere de ella. La norma establece que los cometidos tácticos se dividirán en dos partes: la primera parte incluirá el propio cometido, esto equivaldría a responder el qué se desea que la unidad realice, y en la segunda parte se define el propósito del cometido táctico, respondiendo al para qué se realiza esa acción. El qué del cometido táctico se subdivide a su vez en dos partes que podrán aparecer o no en función del cometido táctico del que se trate. La primera parte será la acción a realizar y la segunda parte quedaría

reservada para los efectos inmediatos que se deseen alcanzar. Se puede apreciar la estructura que han de seguir los cometidos tácticos en la Figura 2-2.

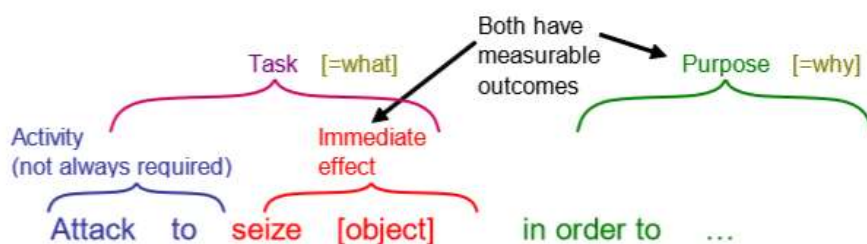


Figura 2-2 Estructura de cometidos tácticos [8].

Tras la normalización de la estructura básica de los cometidos tácticos en la segunda parte, comienza la tercera parte del acuerdo de normalización [9]. En ella se lista la norma específica que regirá los diferentes cometidos tácticos existentes. Esta norma viene materializada en una tabla en la que se caracterizan los cometidos tácticos. En esta tabla se establece el término específico para cada cometido, la definición del mismo y su representación gráfica. Esta tabla se distribuye de la siguiente forma: (1) en la primera columna se definen los términos empleados para los cometidos tácticos, (2) en la segunda columna se muestra si el cometido táctico se puede emplear como acción o como efecto inmediato, o una acción y un efecto inmediato a la par, esto viene representado con las iniciales en inglés “A” y “E” para acciones y efectos inmediatos respectivamente, (3) en la tercera columna se incluye la definición del cometido táctico y los criterios necesarios para determinar si se han alcanzado los efectos deseados o se ha realizado la acción, (4) en la cuarta columna se muestra gráficamente el símbolo asignado a cada cometido táctico, tanto para su representación informática como física, y (5) en la quinta columna se incluyen notas específicas que describen el uso particular del cometido táctico y sus posibles particularidades en función del contexto. Se incluyen de esta manera un total de 54 cometidos tácticos en este listado, de los cuales 17 se orientan a acciones, 34 a efectos inmediatos y 3 combinan acciones y efectos inmediatos. Se puede observar parte de esta tabla en la Tabla 2-1, en la cual vienen definidos los cometidos tácticos de arrestar, atacar, atacar por el fuego y bloquear, con su respectiva clasificación en efecto inmediato o acción, su definición, representación gráfica y notas específicas.

| Term           |   | Definition and Measure                                                                                                                          | Graphical Symbol | Notes on Term and Definition                                                                                                            |
|----------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| arrest         | E | To seize and hold a person under authority of the law (new definition)                                                                          |                  | If used, symbol frame shows affiliation of the object of the arrest.                                                                    |
| attack         | A | Take offensive action against a specified objective (new definition)                                                                            |                  | A general all-embracing term to describe offensive operations. Care should be taken in its use. Use a more specific task when possible. |
| attack by fire | A | Engage an enemy with direct fires, supported by indirect fires, without closing with him (new definition)                                       |                  | Attack by fire excludes assaulting or occupying the objective see: suppress, neutralize, fix, demonstrate                               |
| block          | E | Deny enemy access to a given area, or to prevent his advance in a particular direction (JWP 0-01.1).<br>Measure: enemy access/advance prevented |                  | A blocked force can move in any direction other than the obstructed one.<br>See: canalize, contain, deny                                |

Tabla 2-1 Representación gráfica de cometidos y definición [8].

El acuerdo de normalización concluye con un recordatorio de la inexistencia de algunos supuestos cometidos tácticos que algunas unidades emplean habitualmente, y sugiere que se empleen para esos supuestos cometidos tácticos aquellos definidos en esta publicación que mejor se ajusten a lo que

pretenden comunicar. Estos supuestos cometidos tácticos se pueden observar en la Figura 2-3, los cuales suman un total de 25 supuestos cometidos.

| NOT INCLUDED:                                                                    |                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Advance in Contact: <b>use attack</b> or other more specific task                | Find: <b>use locate, conduct reconnaissance, conduct surveillance</b>            |
| Assault: <b>see seize etc</b>                                                    | Hold: <b>use retain</b>                                                          |
| Attrit: <b>not specific</b>                                                      | Link-Up: <b>see penetrate etc</b>                                                |
| Blind: <b>see suppress</b>                                                       | Lure: <b>see demonstrate, feint</b>                                              |
| Combat Search and Rescue: <b>see recover</b>                                     | Move: may be tactical or administrative, but does not require further definition |
| Counter-Attack by Fire: a tactical graphic rather than a distinct mission        | Protect: <b>see retain, secure, escort</b>                                       |
| Counter-Reconnaissance: not a distinct mission, <b>see cover etc</b>             | Push: <b>see block</b>                                                           |
| Cut-Off: <b>see interdict, pursue, isolate</b>                                   | Reduce: <b>use destroy</b>                                                       |
| Deceive: <b>see demonstrate, feint</b>                                           | Scout: <b>use locate, conduct reconnaissance, conduct surveillance</b>           |
| Delay Unit (a specified time): a tactical graphic rather than a distinct mission | Withdraw Under Pressure: a tactical graphic rather than a distinct mission       |
| Dislocate: <b>see disrupt</b>                                                    | Consolidation and Reorganization: together with 'sustain', 'rest' etc, these are |
| Defend: not specific                                                             | Reconstitute: administrative rather than tactical tasks                          |
| Draw: <b>see demonstrate, feint</b>                                              |                                                                                  |

Figura 2-3 Supuestos cometidos tácticos inexistentes [9].

### 2.1.2 APP-06

Este estándar OTAN proporciona una simbología operacional detallada de las diferentes unidades existentes para conseguir la interoperabilidad de las fuerzas de la alianza, comprometiéndose estas a emplear la simbología normalizada para la realización de operaciones tanto conjuntas como independientes.

La simbología adoptada para la APP-06 proviene de las publicaciones americanas *MIL-STD-2525A* [10] y *MCRP Operational Terms and Graphics* [11]. Su uso se hace extensible a todas las fases de una operación militar (planeamiento, preparación y ejecución) y a todos los escalones de mando. La publicación está dispuesta en 5 capítulos: simbología militar, símbolos aéreos, símbolos terrestres, símbolos marítimos, símbolos espaciales, actividades de estabilización y ayuda humanitaria, símbolos de control de medida y símbolos meteorológicos. Se adjuntan también 2 anexos, "A" y "B", para los códigos asignados a cada símbolo y para la comparación de conformación de las unidades respectivamente. Cierra la publicación con acrónimos y abreviaciones, así como términos y definiciones de determinados aspectos militares. La estructura de la publicación puede observarse en la Figura 2-4.

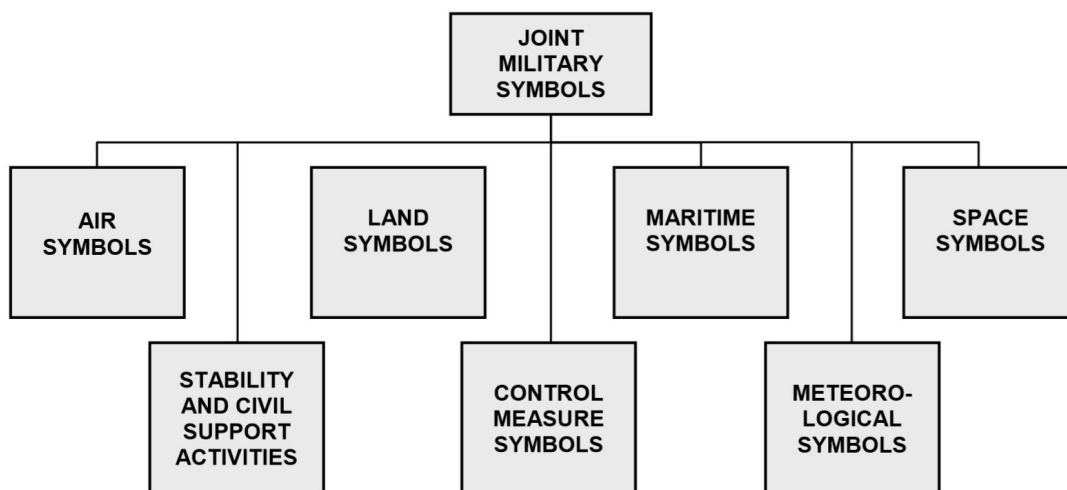


Figura 2-4 Clasificación de la simbología militar [8].

Se procede a explicar la disposición y contenido del primer capítulo (simbología militar) y tercer capítulo (símbolos terrestres), por ser los de mayor interés para el desarrollo de este TFG.

El primer capítulo de esta publicación [8] se divide en tres subapartados: introducción, requerimientos detallados y especificaciones técnicas. El contenido de cada subapartado se explica a continuación:

- Introducción. Este subapartado comienza exponiendo el propósito de esta publicación, que es proporcionar un estándar en la representación de símbolos militares en sistemas y aplicaciones militares a nivel OTAN. Tras ello se explica el propósito de la publicación, el cual es aumentar la velocidad de toma de decisiones correctas en el ámbito de las operaciones conjuntas (que incluyen a fuerzas de diferentes naciones) y cómo se logrará ese aumento de eficacia y eficiencia mediante la normalización de los diferentes símbolos existentes. Es importante mencionar también que el empleo de este estándar se hace extensible a todas las clases de representación, tanto gráficas como en soporte digital, pero teniendo en mente siempre que la composición de los símbolos debe de tener en consideración los factores humanos, tales como la legibilidad de los símbolos en diferentes condiciones de iluminación, el trasfondo de los mapas, formas de materialización de los símbolos y bajo las condiciones de fatiga mental y física.
- Requerimientos detallados. Los símbolos militares provienen de una combinación de un marco, un relleno, modificadores y amplificadores. En la Figura 2-5 se pueden observar estos elementos en un ejemplo de forma gráfica. Estos elementos se verán contenidos alrededor de un octógono virtual. La disposición de los diferentes elementos es la que se explica en esta sección:

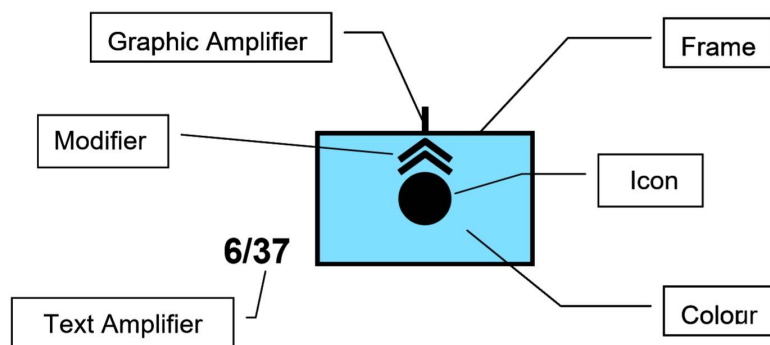


**Figura 2-5 Muestra de los diferentes elementos de un símbolo [8].**

- (1) Marco. El marco es el cuadro externo de un símbolo, no incluye información asociada dentro o fuera del mismo. Constituye la base para la adición de posteriores símbolos que aportarán información específica al símbolo. Su forma indica:
  - Identidad estándar. Esta clasifica a los objetos en las categorías normalizadas de desconocido, presuntamente aliadas, aliadas, sospechosas y hostiles.
  - Dimensión. El campo de actuación principal del objeto, pudiendo ser unidad naval si su marco es circular, terrestre si su marco es rectangular, aérea si su marco es parabólico o espacial si su marco está compuesto de una parábola con la cúspide de la misma resaltada con mayor grosor.
  - Estado del objeto representado. Se define el estado sobre el campo de batalla de un objeto. Si está presente o con posición confirmada se representa con línea continua, mientras que si es planeado, anticipado o sospechoso, el marco se representa con línea discontinua.

En la Figura 2-6 se pueden apreciar las diferentes particularidades de los marcos, mientras que en la Tabla 2-2 se describe la identidad estándar de los mismos.

| Dimension \ Status                             | Air | Space | Land | Sea Surface | Sea Sub-surface | Equip-ment | Instal-lations | Activity |
|------------------------------------------------|-----|-------|------|-------------|-----------------|------------|----------------|----------|
| Present or Confirmed Position (P)              |     |       |      |             |                 |            |                |          |
| Anticipated, Planned or Suspected Position (A) |     |       |      |             |                 |            |                |          |

Figura 2-6 Estado de situación de las unidades [8].

| BATTLE DIMENSION                  | SURFACE   |       |           |             |            |
|-----------------------------------|-----------|-------|-----------|-------------|------------|
| STATUS                            | AIR/SPACE | LAND  |           | SEA SURFACE | SUBSURFACE |
|                                   |           | UNITS | EQUIPMENT |             |            |
| PRESENT OR CONFIRMED POSITION (P) |           |       |           |             |            |
| ANTICIPATED OR PLANNED (A)        |           |       |           |             |            |

Tabla 2-2 Representación de la identidad estándar [8].

(2) Color/relleno. El relleno es el área interior del símbolo. En la representación, además de la forma geométrica del marco, el color también puede proporcionar el estado de los objetos mediante una tabla que normaliza el código de colores a emplear para cada estado (aliado, fuerzas propias, presuntamente aliado, desconocido, sospechoso u hostil). Esta normalización persigue maximizar el contraste entre símbolos y el fondo para ofrecer la mayor discriminación posible. Los colores siguen un patrón que puede variar en función de las capacidades del soporte gráfico (Tabla 2-3).

A modo de ejemplo:

- Las unidades amigas o presuntamente amigas se corresponden con el color azul en su representación manual, mientras que en la representación a ordenador se divide en un código de colores: Cyan 0, 255, 255 para la línea y Crystal Blue 128, 224, 255 para el relleno.
- Las unidades desconocidas o pendientes de identificar llevan asignadas a su forma manual el color amarillo, mientras que en su representación a ordenador se utiliza: Yellow 255, 255, 0 para la línea y Light Yellow 255, 255, 128 para el relleno.

(3) Icono. El icono es la parte más interna del marco del símbolo que proporciona una representación alfanumérica de unidades, equipos, instalaciones, actividades u operaciones.

| Description                                          | Hand-Drawn | Computer Generated<br>ICON | FILL                                   |
|------------------------------------------------------|------------|----------------------------|----------------------------------------|
|                                                      |            | (RGB Value)                | (RGB Value)                            |
| Friend, Assumed Friend                               | Blue       | Cyan<br>(0, 255, 255)      | Crystal Blue<br>(128, 224, 255)        |
| Unknown, Pending                                     | Yellow     | Yellow<br>(255, 255, 0)    | Light Yellow<br>(255, 255, 128)        |
| Neutral                                              | Green      | Neon Green<br>(0, 255, 0)  | Bamboo Green<br>(170, 255, 170)        |
| Hostile, Suspect, Joker, Faker                       | Red        | Red<br>(255, 0, 0)         | Salmon<br>(255, 128, 128)              |
| Boundaries, lines, areas, text,<br>icons, and frames | Black      | Black<br>(0, 0, 0)         | Black<br>(0, 0, 0)                     |
| (See note)                                           | White      | White<br>(255, 255, 255)   | Off-White (6% Grey)<br>(239, 239, 239) |

Tabla 2-3 Código de colores en función de la actitud de las unidades [8].

- (4) Modificadores. Un modificador es una representación alfanumérica que se representa en conjunto con un icono y proporcionan información adicional del símbolo. Estos se disponen dentro del octógono de referencia, que se divide en tres partes horizontales: una principal que ocupará la posición central con 0.4L y dos adyacentes, cada una de 0.3L ( Figura 2-7).

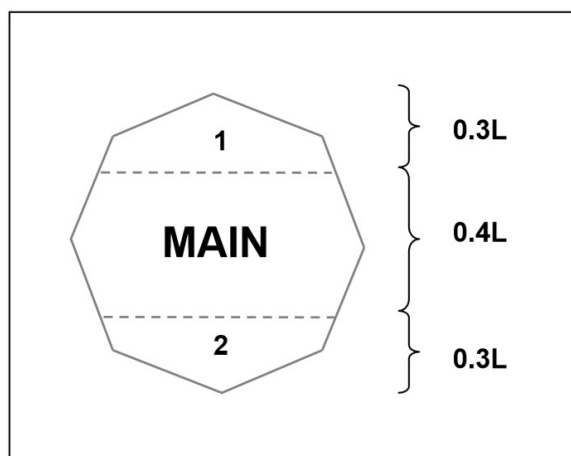


Figura 2-7 Relación de aspecto marco interno de los símbolos [8].

- (5) Amplificadores. Un amplificador proporciona información adicional de los elementos externos al marco. De entre estos modificadores destaca el amplificador que proporciona la entidad del objeto. La disposición de estos amplificadores también está normalizada (Figura 2-8).

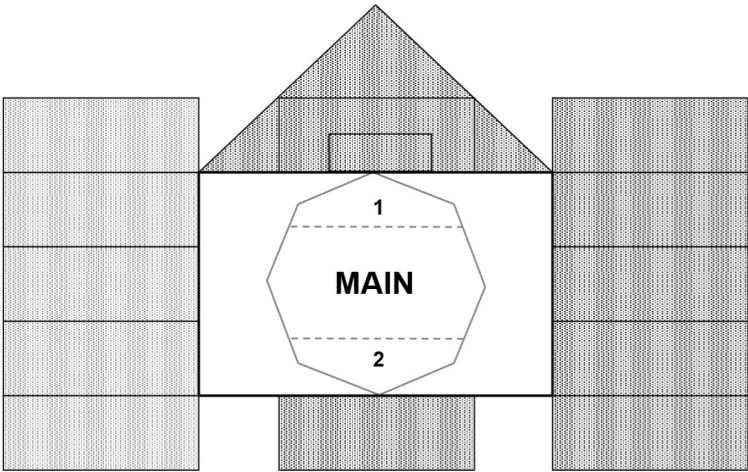


Figura 2-8 Disposición de los amplificadores [8].

- Especificaciones técnicas. Esta sección proporciona normas adicionales para la representación de los símbolos, especificando la relación de aspecto que siguen los diferentes elementos del símbolo. El tamaño relativo de cada símbolo y componentes de los símbolos, se puede definir con la longitud “*L*” como se muestra en la Tabla 2-4. El tamaño del marco viene fijado con respecto a un octágono que define el perímetro exterior de todos los símbolos.

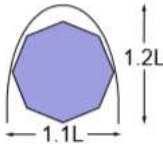
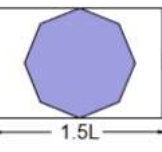
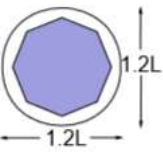
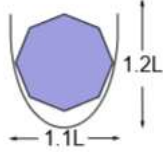
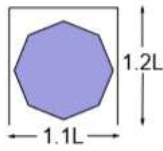
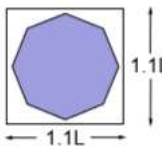
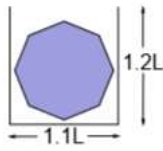
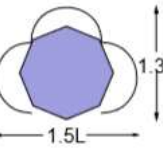
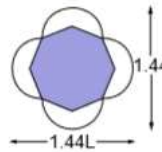
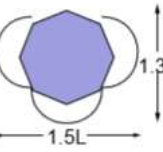
| Air and Space                                                                       | Surface Frames (units, equipment and installations)                                                            |                                                                                                   | Subsurface frames                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <br>Units and installations | <br>Equipment |  |
|  |                             |                                                                                                   |  |
|  |                             |                                                                                                   |  |
|  |                                                                                                                | Regular octagon forms the basis of frame sizing.                                                  |                                                                                       |

Tabla 2-4 Relación de aspecto marco exterior de los símbolos [8].

La longitud y altura del octágono será por defecto “*L*”. Estas dos variables del marco pueden así variar desde 1.0*L* a 1.5*L* en función de la especificación del símbolo. El diámetro mínimo de un punto debe ser 0.15*L*. Por lo general, los símbolos no han de

exceder el borde interior del marco, excluyéndose de esta norma únicamente los símbolos que ocupen el marco completo. Las dimensiones de los ideogramas que no estén delimitados por un marco deben seguir las mismas dimensiones que los enmarcados.

Esta sección finaliza con la normalización del grosor de líneas. En este caso, la publicación deja a total libertad de los usuarios la elección del grosor más conveniente para que puedan ser apreciados los símbolos de manera clara para cada situación particular, y anima a los usuarios a hacer pruebas para hallar la más oportuna.

El tercer capítulo de la publicación [8] contiene un manual de creación de símbolos para tres categorías: unidades y organizaciones, equipamiento e instalaciones terrestres (Figura 2-9), además de otra información adicional que estas categorías pueden incluir (entidad, categoría, equipamiento, etc.).

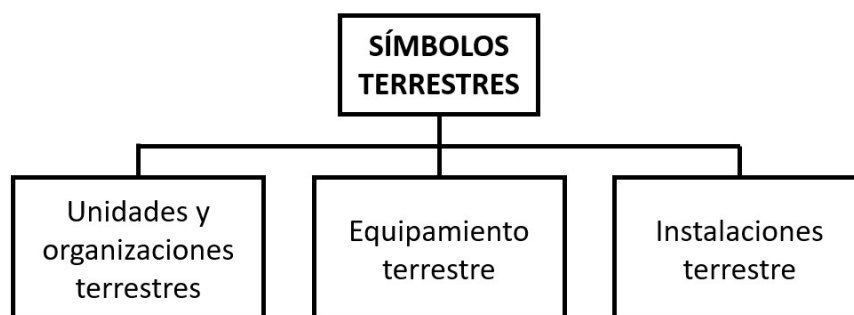


**Figura 2-9 Disposición de las tablas adaptada de [8].**

Para la creación de los símbolos de las secciones de unidades terrestres y organizaciones terrestres, la publicación incluye un manual en el que se establecen los siguientes pasos:

- (1) El primer paso supone elegir el marco oportuno para cada unidad, seleccionando tanto su geometría (relativa al tipo de elemento) como el tipo de línea (relativa a la actitud).
- (2) El segundo paso supone la elección del icono oportuno para el sector.
- (3) El tercer paso supone la elección y adición de modificadores en los sectores superiores e inferiores del octógono.
- (4) El último paso conlleva la selección y adición de otros modificadores necesarios.

Este proceso de creación puede apreciarse en la Figura 2-10.

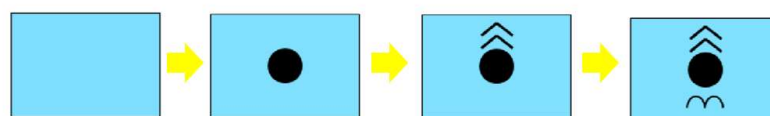


**Figura 2-10 Proceso de creación de un símbolo (elaboración propia).**

Finaliza esta sección con la norma que rige las diferentes posiciones de los amplificadores. Para ello se ayuda de una figura que numera los diferentes espacios delimitados y posteriormente listados en una tabla qué clase de modificadores se admiten en cada campo. En la Figura 2-11 se puede apreciar la delimitación de los sectores de representación para los amplificadores, mientras que en la Tabla 2-5 se muestran los amplificadores de entidad. Por último, en la Tabla 2-6 se puede apreciar un extracto de la tabla de iconos disponibles.

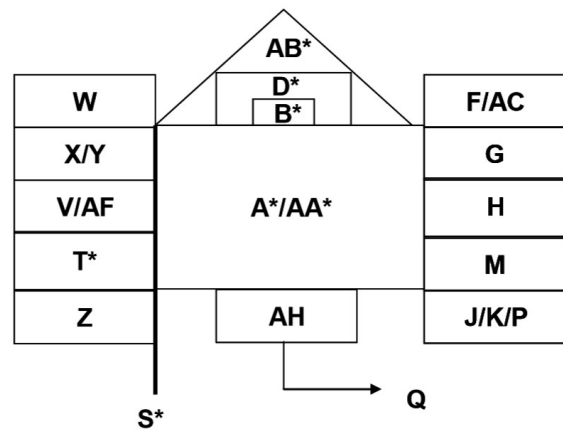


Figura 2-11 Sectores de representación para amplificadores [8].

| Indicator   | Description    |
|-------------|----------------|
| ∅           | Team/Crew      |
| •           | Squad          |
| ••          | Section        |
| •••         | Platoon        |
| I           | Company        |
| II          | Battalion      |
| III         | Regiment/Group |
| X           | Brigade        |
| X X         | Division       |
| X X X       | Corps          |
| X X X X     | Army           |
| X X X X X   | Army Group     |
| X X X X X X | Region         |

Tabla 2-5 Símbolos de entidad [8].

| Weapons Systems                                                         |   |   |      |
|-------------------------------------------------------------------------|---|---|------|
| WEAPON SYSTEM<br>Note: The use of the shaft indicates a weapons system. |   |   |      |
| Rifles                                                                  |   |   |      |
| RIFLE                                                                   | ↑ | ⤴ | None |
| SINGLE SHOT RIFLE                                                       | ⤴ | ⤴ | None |
| SEMIAUTOMATIC RIFLE                                                     | ⤴ | ⤴ | None |

Tabla 2-6 Extracto de la tabla de iconos [8].

Combinando todos los modificadores contenidos en la publicación, un símbolo puede mostrar al usuario una extensa cantidad de información de la manera más gráfica y simple posible. En la Figura 2-12, de izquierda a derecha, se observa:

- (1) Una unidad hostil de entidad división, de artillería de campaña, con armamento lanzacohetes individual y su carácter autopropulsado.
- (2) Símbolos de instalaciones de armamento *Howitzer* propias o aliadas con movilidad anfibia.
- (3) Un cuartel general propio o aliado de fusilería de entidad grupo táctico, en vehículos de combate, y que constituye un elemento de decepción.
- (4) Una base militar neutra materializada sobre un aeropuerto.

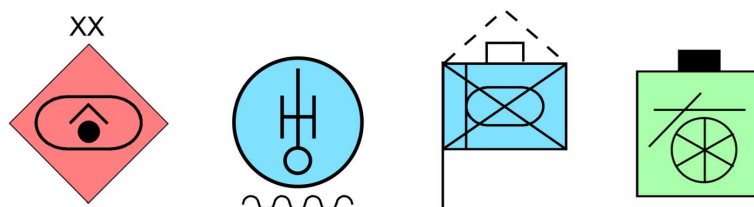


Figura 2-12 Ejemplo de símbolos creados según norma OTAN (elaboración propia).

### 2.1.3 Sistema gvSIG

GvSIG es un sistema de información geográfica de referencia dentro de las tecnologías SIG, de carácter gratuito y licencia GNU/GPL. Este *software* destaca por su elevada capacidad de integración de un extenso abanico de información geográfica, pudiendo trabajar de manera concurrente con formatos ráster y vectorial. Su estructura es de tipo modular, dividiéndose en diferentes campos de trabajo bajo los que se agrupan numerosas funcionalidades. Además puede integrarse con elementos procedentes de AutoCAD, Microstation o Arcview, en concordancia con los parámetros establecidos por el *Open Geospatial Consortium* (OGC), que establece una norma abierta que posibilita la interoperabilidad de los SIG. También es posible el trabajo con formatos de carácter más común como pueden ser imágenes o archivos procedentes de herramientas de Microsoft Office.

Con el empleo de gvSIG es posible almacenar, capturar, implementar y analizar cualquier clase de información geográfica de referencia para emplear en una amplia variedad de campos. Algunas de las herramientas SIG que ofrece son la carga de datos, navegación por mapa, información alfanumérica o atributos, medición de distancia, área y perímetro, cartografía temática, edición de leyenda, etiquetado, selección de parámetros por diferentes criterios, procesamiento ráster, tablas de datos estadísticos, geoprocésamiento y vinculación de tablas. Prueba de su elevada capacidad es la biblioteca SEXTANTE con la que se dispone de más de 300 geoalgoritmos.

La interoperabilidad viene dada por su capacidad de trabajo con los siguientes formatos:

- Ráster: *Enhanced Compression Wavelet* (ECW), *Environment for Visualizing Images* (ENVI), *High Dinamic Range* (hdr), ERDAS, *image* (img), *Tagged Image File Format* (TIFF), GRASS, *Network Common Data Form* (NetCDF).
- Vectorial y CAD: *shapefile* (SHP), NetCDF, *Geography Markup Language* (GML), *Keyhole Markup Language* (KML), *design* (DGN), *Drawing Exchange Format* (DXF), *DraWinG* (DWG).
- Bases de datos: PostGIS, MySQL, Oracle, ArcSDE.
- Remotos: *Web Map Service* (WMS), *Web Map Tile Service* (WMTS), *Web feature Service* (WFS), *Web Coverage Service* (WCS), *Open Street Map* (OSM), *Enhanced Compression Wavelet* (ECW), *Arc Internet Map Serever* (ArcIMS).



Figura 2-13 Logotipo del programa gvSIG [12].

#### 2.1.4 Sistema TALOS

Entre los sistemas de información geográfica diseñados específicamente para las Fuerzas Armadas destaca el sistema TALOS. Este SIG, aunque fue diseñado para el global de las Fuerzas Armadas, es empleado casi en exclusiva por unidades de artillería. Este *software* combina la capacidad de gestionar el aspecto puramente artillero, con diferentes peticiones de tiro, órdenes de fuego, así como el cálculo de la carga que ha de llevar cada pieza respectivamente, y espoleta a emplear con el aspecto de análisis del terreno.

Como SIG, el sistema TALOS monitoriza mediante *autotrackers* el despliegue de los diferentes elementos de maniobra en el campo de batalla. El sistema tiene la posibilidad de hacer un estudio detallado del terreno en función de los aspectos militares del terreno oportunos para la batería, así como el trabajo con diferentes capas tanto para su trabajo con ellas como para una funcional visualización del espacio de batalla.



Figura 2-14 OAV de artillería empleando en una tableta el programa TALOS [13].

## 3 DESARROLLO DEL TFG

### 3.1 Creación de una biblioteca de símbolos militares en gvSIG

La creación de la biblioteca de símbolos en gvSIG se divide en tres partes: la primera será la selección de los símbolos más oportunos en función de los escenarios y operaciones más comunes de la Compañía de Alumnos de la ENM, la segunda será la creación de estos símbolos en formatos compatibles con gvSIG con las herramientas de AutoCAD y PowerPoint, y por último la tercera fase será la importación de los símbolos en gvSIG y publicación de la misma en la base de datos del programa gvSIG.

#### 3.1.1 Selección de los símbolos

El primer paso de la selección de símbolos será realizar un estudio de los escenarios didácticos más comunes para la Compañía de Alumnos, así como el abanico de operaciones que realiza de manera didáctica. De este análisis se obtendrán los símbolos a crear. Este análisis se orienta a la selección de los cometidos tácticos más empleados por la Compañía de Alumnos, así como de las unidades que se incluyen dentro de su zona de operaciones (espacio tridimensional el cual incluye todos los elementos y sus efectos sobre una unidad que realiza una determinada operación militar).

Los escenarios didácticos que afronta la Compañía de Alumnos son desarrollados para la puesta en práctica de sus conocimientos adquiridos, consiguiendo de tal manera un desarrollo paralelo y concurrente de los conocimientos y aplicación práctica. Estas operaciones militares vienen recogidas en los reglamentos D-RIM-331 [2] y D-RIM-351 [1], ambas publicaciones sin clasificación de seguridad “Sin Clasificar”. De entre estas operaciones, las más empleadas para el adiestramiento son ataques diurnos, ataques en condiciones de visibilidad reducida, patrullas de combate y patrullas de reconocimiento.

De estas operaciones de adiestramiento derivan unos determinados cometidos tácticos, término que conjunta una acción y su finalidad táctica, y que serán empleados mayoritariamente en función del tipo de operación de adiestramiento realizada:

- Ataques diurnos. Dentro de las operaciones ofensivas la más común es un ataque diurno. En estos ataques diurnos los objetivos más comunes son la conquista de un objetivo, la destrucción de personal o medios enemigos, la limpieza de posiciones enemigas y fijar al enemigo. Dentro de los ataques diurnos existen medidas de control (subacciones dentro de una acción mayor mediante las cuales se consigue un correcto control y conducción de la maniobra planeada), un plan de ataque que incluye el plan de maniobra, y el plan de apoyo de fuegos que se desarrolla de forma concurrente. De esto derivan por consiguiente los

siguientes cometidos tácticos: atacar, atacar por el fuego, limpiar, fijar, suprimir, seguir y asumir.

- Ataques en condiciones de visibilidad reducida. Dentro de las operaciones ofensivas se incluyen los ataques con visibilidad reducida, en situaciones en la que la visibilidad no es la óptima, debido a la noche, factores climatológicos adversos o empleo de humos. Estos ataques proporcionan considerables ventajas a la fuerza que lo ejecuta, y tienen como propósito, por lo general, continuar un ataque iniciado durante el día, explotación del éxito, asegurar la sorpresa, o compensar una potencia de combate inferior gracias a la disminución de la eficacia de los fuegos enemigos. Como consecuencia de este tipo de acciones se seleccionan los siguientes cometidos tácticos más empleados en ataques con visibilidad reducida: penetrar, infiltrar, avanzar para el contacto.
- Patrullas de combate. Una patrulla es un destacamento de una unidad que puede tener el objeto de obtener información (patrullas de reconocimiento) o patrullas con un carácter más ofensivo (patrullas de combate). En las patrullas de combate se busca proporcionar seguridad u hostigar, destruir, o capturar tropas, equipos o instalaciones enemigas. Estas patrullas de combate pueden englobarse en tres tipos, de incursión, de emboscada y de seguridad. Estas patrullas de combate se dividen en tres elementos: uno de asalto, uno de apoyo y otro de seguridad. Por consiguiente, de las acciones que realizan los diferentes elementos de una patrulla de combate se pueden seleccionar entre los más comunes los siguientes cometidos tácticos: bloquear, capturar, apoyar por el fuego y controlar.
- Patrullas de reconocimiento. En una patrulla de reconocimiento se busca la obtención de información o la confirmación de información obtenida previamente. En estas se busca evitar el contacto con el enemigo y los cometidos tácticos asignados buscan no entrar en combate. De esta manera, las patrullas de reconocimiento pueden dividirse en tres tipos: reconocimiento de rutas, reconocimiento de áreas, zonas o puntos, y reconocimiento por el contacto. Las patrullas suelen dividirse básicamente en dos elementos, un elemento de reconocimiento y un elemento de seguridad. Por consiguiente, de la finalidad de las patrullas de combate se extraen los siguientes cometidos tácticos más comunes: localizar e infiltrar.

Otra consideración importante es el hecho de que la entidad y armamento de la Compañía de Alumnos limita las características del enemigo didáctico al que puede hacer frente. Al tratarse de infantería con armamento ligero, los enemigos a los que se podrá enfrentar quedarán restringidos a unidades enemigas dotadas de armamento ligero y con escasa potencia de fuego, resultando esto en unidades de fusilería (calibre 5.56 mm), ametralladoras ligeras (calibre 5.56 mm), ametralladoras medias (calibre 12.7 mm) y unidades contracarro (con lanzacohetes ligeros) de entidades no superiores a la Compañía de Alumnos. La reducida movilidad de la Compañía también cierra el abanico de unidades enemigas a las que puede apoyar o hacer frente, restringiéndose a unidades motorizadas o mecanizadas de entidad no superior a sección. Además de los enemigos a los que la Compañía hace frente directamente, también se suelen incluir unidades de apoyo al combate. Se trata de unidades de mayor entidad, con mayor potencia de combate y alcance de sus fuegos en comparación con unidades de primera línea. Estos elementos de apoyo al combate se materializan en unidades de artillería (de calibre 105 mm y calibre 155 mm), tanto en sus versiones remolcadas (piezas preparadas para ser remolcadas por vehículos) y autopropulsadas (piezas de artillería instaladas sobre una plataforma propia de un carro de combate), como unidades de morteros (armas de tiro parabólico) ligeros (calibre 60 mm). La entidad de estas unidades no supera a una batería en el caso de las unidades de artillería y entidad pelotón en el caso de las unidades de morteros.

Otros elementos ampliamente tratados en todos los ejercicios de adiestramiento de la Compañía de Alumnos incluyen elementos relacionados con la capacidad de los sistemas de información y comunicaciones (CIS). De esto derivan puestos y unidades de transmisiones (unidades que posibilitan y facilitan la comunicación entre diferentes unidades), las cuales no exceden la entidad de sección. En el campo de elementos de información destaca el uso recursivo de elementos de vigilancia y

reconocimiento. La unidad por defecto para estos elementos es la sección de reconocimiento y su correspondiente división orgánica (subdivisión interna de una unidad en unidades de menor entidad), la cual incluye la entidad de pelotón y equipo de fuego.

De este análisis se crean las tablas que encuadran las cuatro categorías que englobará la biblioteca de gvSIG: unidades, instalaciones, cometidos tácticos y apoyo al combate (Tabla 3-1, Tabla 3-2, Tabla 3-3 y Tabla 3-4 respectivamente). Las unidades se enumeran clasificadas en función de su entidad (equipo de fuego, pelotón y sección) y equipamiento (fusilería, armas contracarro, ametralladoras, etc.). A continuación, de forma análoga a las unidades, los cometidos tácticos están agrupados en función de su propósito (efectos inmediatos o acción), especificando el cometido táctico. En relación a apoyo al combate exclusivamente queda seleccionado el símbolo de blanco puntual de artillería.

Estos símbolos son empleados tanto para fuerzas propias como para fuerzas enemigas. Tal y como marca la norma OTAN (apartado 2.1.2), las fuerzas propias son diferenciadas por el color negro, mientras que los elementos de fuerzas enemigas se destacan por el color rojo.

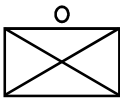
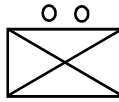
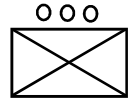
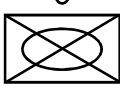
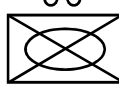
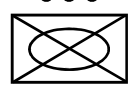
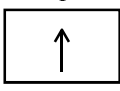
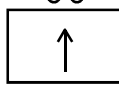
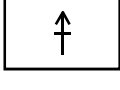
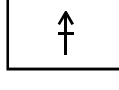
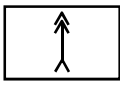
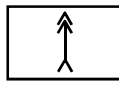
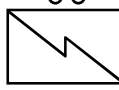
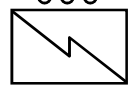
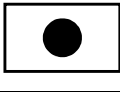
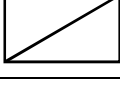
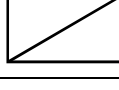
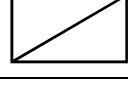
| Equipamiento                   | Entidad                               | Representación gráfica                                                                |                                                                                       |                                                                                       |
|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Fusilería                      | Escuadra, Pelotón, Sección y Compañía |     |    |    |
| Fusilería motorizada           | Escuadra, Pelotón, Sección y Compañía |   |  |  |
| Ametralladora ligera (5.56 mm) | Escuadra y Pelotón                    |   |  |                                                                                       |
| Ametralladora media (7.62 mm)  | Escuadra y Pelotón                    |   |  |                                                                                       |
| Arma contracarro               | Escuadra y Pelotón                    |   |  |                                                                                       |
| Observatorio                   | No corresponde                        |  |                                                                                       |                                                                                       |
| Transmisiones                  | Escuadra, Pelotón y Sección           |   |  |  |
| Artillería                     | Batería                               |   |  |                                                                                       |
| SERECO                         | Pelotón y Sección                     |   |  |  |

Tabla 3-1 Simbología seleccionada referida a unidades (elaboración propia).

| Instalaciones | Equipamiento  | Representación gráfica                                                              |
|---------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Puesto        | Transmisiones |  |

Tabla 3-2 Simbología seleccionada referida a instalaciones (elaboración propia).

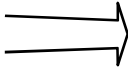
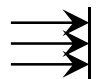
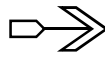
| Propósito        | Cometido táctico         | Representación gráfica                                                                |
|------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Efecto inmediato | Atacar                   |    |
|                  | Atacar por el fuego      |    |
|                  | Bloquear                 |    |
|                  | Limpiar                  |    |
|                  | Apoyar por el fuego      |   |
|                  | Fijar                    |  |
|                  | Penetrar                 |  |
|                  | Suprimir                 |  |
| Acción           | Controlar                |  |
|                  | Seguir y asumir          |  |
|                  | Localizar                |  |
|                  | Avanzar para el contacto |  |

Tabla 3-3 Simbología seleccionada referida a cometidos tácticos (elaboración propia).

| Simbolización        | Tipo de blanco | Representación gráfica                                                                |
|----------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Blanco de artillería | Puntual        |  |

Tabla 3-4 Simbología seleccionada referida a apoyos al combate (elaboración propia).

### 3.1.2 Creación de los símbolos

El primer paso en la creación de los símbolos para la biblioteca gvSIG, una vez seleccionados los símbolos, es estudiar cuáles son los parámetros que establece la norma para su representación. Dentro de la APP-06 [8], en el tercer capítulo de la misma, se detallan las especificaciones técnicas que los símbolos han de seguir. A continuación se detallan las normas correspondientes a la representación de los símbolos detallados (subapartado 3.1.1).

Una vez detallada la norma que rige los símbolos se procede a crear los ideogramas seleccionados. La creación de los símbolos (Tabla 3-1, Tabla 3-2, Tabla 3-3 y Tabla 3-4), para su importación en gvSIG y posterior creación de una biblioteca, puede realizarse siguiendo dos líneas de creación diferentes. Las dos opciones tienen en común los pasos intermedios, que son: la creación de una plantilla siguiendo la norma OTAN, creación de los símbolos con el apoyo de la plantilla creada, y posterior exportación del símbolo creado a un formato compatible con gvSIG.

La primera línea de creación se apoya en la herramienta de AutoCAD 2019. El primer paso es crear una plantilla que permita la realización de los símbolos con las normas de relación de aspecto (subapartado 2.1.2). En primer lugar se establece, con el comando “UNIDADES”, el metro como unidad dimensional. De esta manera las dimensiones empleadas serán las de los despliegues por doctrina de las unidades en cuestión. A continuación se procede a la creación específica de la plantilla. Esta se realiza en una capa nueva titulada “Referencias”. En la Figura 3-1 se puede apreciar en color verde la capa de “Referencias”.

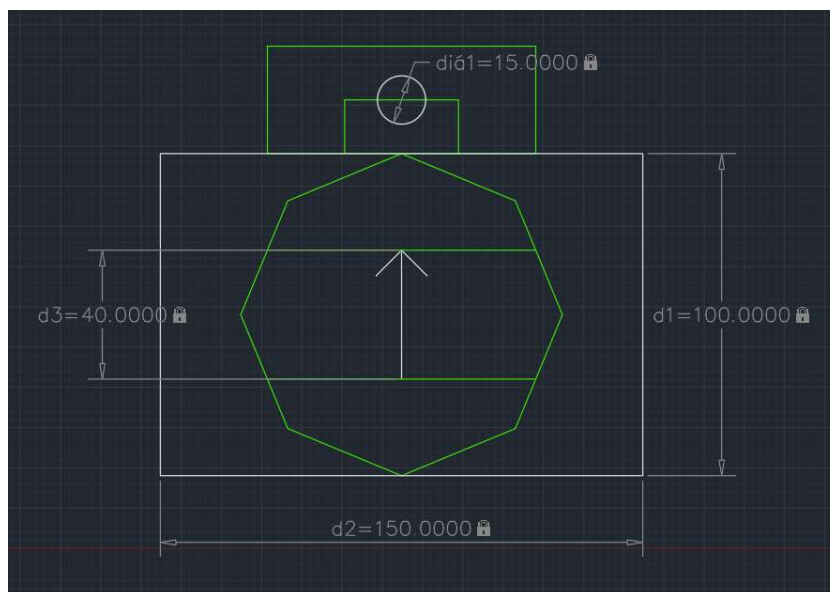


Figura 3-1 Plantilla de AutoCAD para la creación de los símbolos (elaboración propia).

Una vez realizado el símbolo sobre la plantilla anteriormente creada, desactivando la capa de “Referencias”, se podrá exportar a uno de los formatos compatibles con gvSIG (subapartado 2.1.3). A la hora de exportar el símbolo pueden emplearse diferentes comandos:

- Comando BLOQUEDISC, que almacena como bloque individual el símbolo, y comando JPGOUT, que exporta el símbolo en formato *jpg* o *png*. El principal inconveniente de esta vía de exportación es que no permite la creación de una imagen transparente, ya que toma el fondo de la plantilla de creación de AutoCAD. Esta saturación del símbolo presentará una mayor complejidad del superponible de operaciones en la herramienta gvSIG. La conversión a una imagen transparente es posible eliminando el fondo con herramientas de creación gráfica, como la herramienta “Paint”.

- Comando TRAZAR que permite la exportación del símbolo en formato compatible con gvSIG como imagen transparente. Esto permitirá una visualización más conveniente de los símbolos sobre el área de operaciones. Tanto con el comando “BLOQUEDISC” como “TRAZAR” se habrá de nombrar el símbolo exportado. Como consecuencia, para una mejor distinción de los símbolos dentro de la biblioteca, se determina la siguiente norma para su nombramiento: “SiglasUnidad\_SiglasEntidad”. A modo de ejemplo, en la Figura 3-2 se muestra cómo se nombraría el símbolo para un pelotón de fusilería propio “fusa\_pn”.

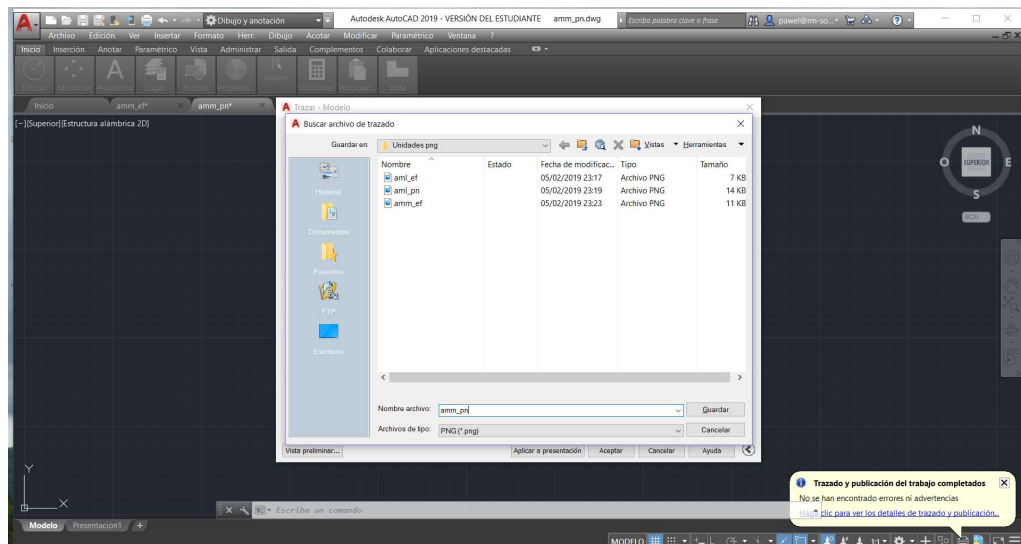


Figura 3-2 Asignación de nombres en AutoCAD (elaboración propia).

La segunda línea de creación se realiza con el apoyo de la herramienta de PowerPoint 2016. De forma análoga a la línea de creación anterior con el *software* AutoCAD, el primer paso consiste en la creación de una plantilla que será posteriormente empleada para la composición de los símbolos.

En la creación de la plantilla ha de tenerse en cuenta que la introducción de las unidades han de seguir una relación de aspecto (subapartado 2.1.2), con la consideración de que la diapositiva por defecto de PowerPoint se corresponde con el formato A4 (210 mm x 297 mm) y, por consiguiente, habrá de realizarse de forma oportuna la relación de aspecto. En la Figura 3-3 se puede observar la relación de aspecto resultante en la plantilla de PowerPoint.

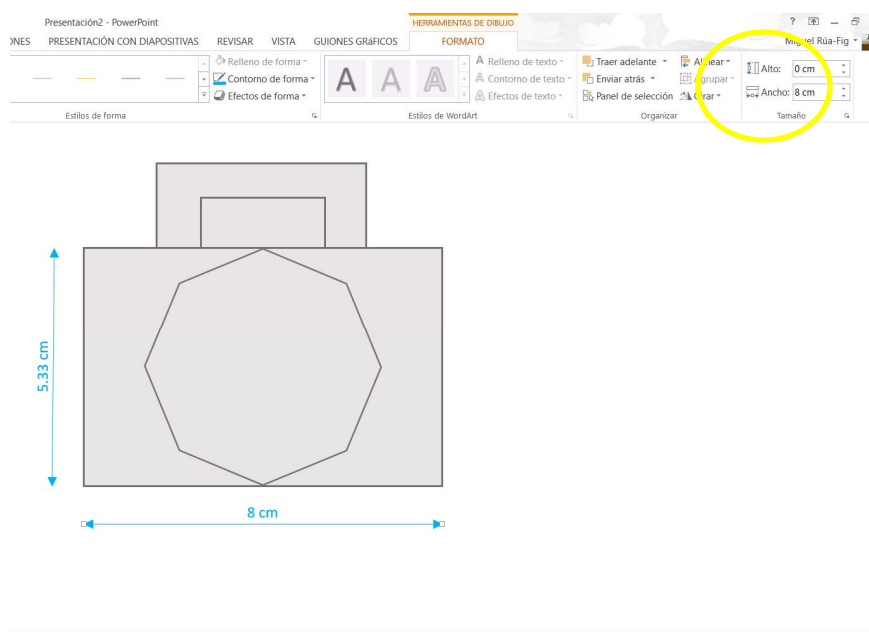


Figura 3-3 Plantilla de creación en PowerPoint (elaboración propia).

Tras este primer paso se procede a establecer como fondo de la presentación ppt la imagen de la plantilla (a misma escala) para facilitar el siguiente paso de creación de símbolos. Se realiza una impresión de pantalla y se guarda como imagen en formato *png*. A continuación se establece esta imagen como fondo de la presentación, lo que posibilita un trabajo más eficaz y eficiente a la hora de componer los símbolos. Como tercero y último paso, una vez compuesto el símbolo, se guarda como imagen en formato *png* (Figura 3-4). La gran ventaja de esta línea de acción es que exporta la imagen como una imagen transparente por defecto, pero presenta menor precisión que la alcanzable en AutoCAD.

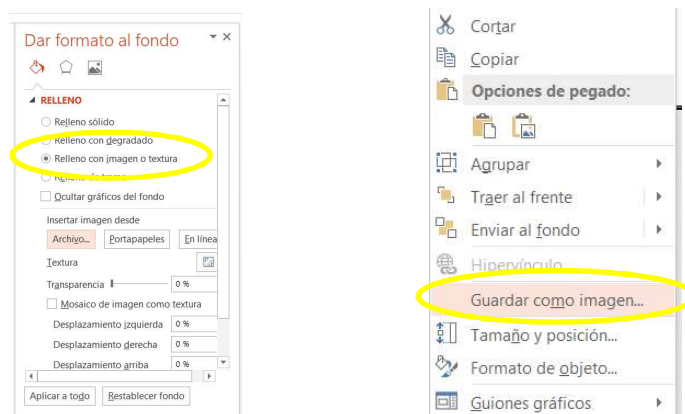


Figura 3-4 Proceso de almacenamiento de los símbolos desde PowerPoint (elaboración propia).

### 3.1.3 Importación de los símbolos a la biblioteca gvSIG

Una vez se tienen todos los iconos seleccionados se procede a importarlos en la herramienta gvSIG. En primer lugar se crean dos bibliotecas que posibilitarán una ágil selección de los símbolos oportunos; una biblioteca incluye los símbolos de unidades e instalaciones propias y la otra el enemigo.

Es importante destacar el empleo de versiones posteriores a la 2.3, ya que la creación y cargado de nuevos símbolos es mucho más intuitiva en esta nueva versión y permite compartir las bibliotecas creadas con otros usuarios [14]. Esta versión está disponible para plataformas *Linux* y *Windows*, aunque existen versiones no oficiales para Mac OS X. El *software* puede obtenerse de manera gratuita en la página *web* del programa, a partir del centro de descargas [15].

Con el fin de crear las bibliotecas se ha de seguir la siguiente ruta en el *software* gvSIG: “Herramientas/Simbología/Importar símbolos puntuales de imágenes” (Figura 3-5 y Figura 3-6). En la Figura 3-7 pueden observarse las bibliotecas de símbolos y unidades creadas en gvSIG.

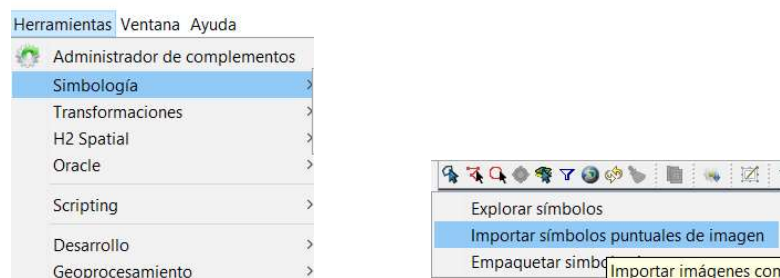


Figura 3-5 Ruta de la importación de los símbolos en gvSIG (elaboración propia).

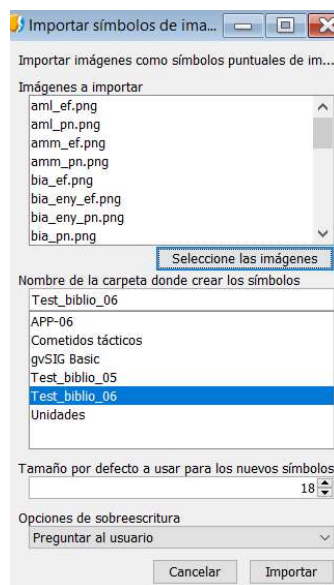


Figura 3-6 Creación de la biblioteca de símbolos en gvSIG (elaboración propia).

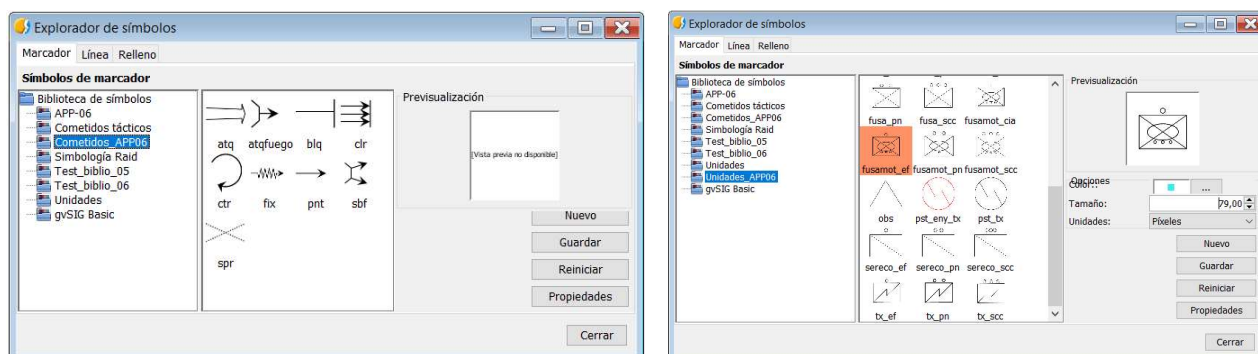


Figura 3-7 Biblioteca de símbolos en gvSIG (elaboración propia).

## 3.2 Desarrollo del procedimiento SIG

### 3.2.1 Elección de aspectos militares del terreno

Durante el planeamiento de una operación militar el estudio del terreno será esencial para el éxito de las misiones, independientemente de su carácter: ofensivas, defensivas o misiones de paz (NA50). Este estudio permite a las unidades conocer qué zonas le permiten el movimiento, cuáles lo hacen proporcionándoles protección y cuáles le permiten ocultarse.

El terreno tiene una influencia directa sobre el combate, afectando todos los planes y actividades. Estos son objeto de estudio desde el punto de vista propio como del enemigo. En la búsqueda de la obtención de una plena ventaja del terreno se analizan los efectos que este tiene sobre la visibilidad, movimiento y fuegos con diferentes apartados.

En los efectos que el terreno tiene sobre la maniobra de las unidades dentro de una zona de acción se analizan y estudian diferentes aspectos:

- (1) Observación y campos de tiro. La capacidad de una unidad de tener visual sobre otra unidad, presumiblemente enemiga. En consecuencia, va ligada la observación con la efectividad de los fuegos, teniendo en cuenta el alcance de las armas de la unidad y el alcance de sus elementos de puntería. Una zona buscará así tener observación a gran

- distancia de las zonas de apoyo del enemigo como de la cercana. Los campos de tiro van ligados a la eficacia de empleo de las armas en estos campos de observación [3].
- (2) Cubierta y ocultación. Los diferentes accidentes geográficos proporcionan una barrera natural contra determinadas armas, principalmente las de tiro tenso. Además, algunas zonas pueden proporcionar ocultación a las unidades, como es el caso de zonas de vegetación densa. Estos accidentes topográficos pueden ser valles, colinas, arroyos, barrancos o edificaciones. De esta manera, a mayor irregularidad del terreno, mayor cubierta dispondrán las unidades, a la vez que ocultación [3].
  - (3) Obstáculos. Determinados accidentes del terreno, generados de forma natural o artificial, que pueden restringir o canalizar el movimiento de los elementos de maniobra. Estos obstáculos pueden ser una ventaja, o por el contrario una desventaja en función de la situación táctica. Si el obstáculo es paralelo a la dirección de ataque, esta puede facilitar la maniobra, mientras que si se encuentra dispuesto transversalmente a la dirección de ataque la dificulta, debido a la protección de los flancos [3].
  - (4) Puntos críticos. Puntos que con su control permiten una mayor capacidad de influir en el campo de batalla. Esto podría ser un puente sobre un río infranqueable, ya que con el control de un único punto tenemos control de una zona mucho mayor. Es imprescindible así identificar, estudiar y controlar estos puntos clave en la medida de lo posible [3].
  - (5) Avenidas de aproximación. A la hora de aproximarse a un objetivo existen corredores y pasillos de movilidad que permiten un movimiento táctico hacia el objetivo. Estos corredores de movilidad se denominan avenidas de aproximación (AA) [3].

### 3.2.2 Selección de datos geográficos

Con el objeto de auxiliar al mando en la toma de la decisión más oportuna han de estudiarse los aspectos militares del terreno en la zona de operaciones de la unidad. Para una correcta realización de este estudio se seleccionarán qué datos geográficos son más convenientes para el análisis de las capacidades militares del terreno:

- (1) Para el estudio de la observación y campos de tiro, así como para la localización de los puntos críticos del terreno, será necesario contar con datos geográficos de cubierta y ocultación. Los modelos geográficos que mejor se adaptan al estudio de estos aspectos será una capa que muestre de manera clara el relieve de la zona de operaciones (tanto para la observación y campos de tiro, como para la cubierta) y una capa que refleje la vegetación en la zona (tanto para la capa de observación y campos de tiro como para la ocultación). Estos datos son obtenidos del IGN [16] y del CORINE Land Cover [17].
- (2) Para el estudio de obstáculos naturales o artificiales será conveniente utilizar capas que permitan localizar de manera simple accidentes geográficos en la zona de operaciones. Las capas que consiguen cumplir estas características de manera más eficaz son las que muestran el relieve para obstáculos naturales, y fotografías de la zona de operaciones obtenidas por los diferentes medios de inteligencia: drones aéreos, satélites o fotografías aéreas. De la observación de estas fotografías aéreas pueden deducirse los diferentes obstáculos artificiales que el enemigo haya construido. Las capas necesarias para poder estudiar los obstáculos naturales se obtendrán del IGN [16]. Los obstáculos artificiales que no pueden deducirse de fotografías aéreas, como por ejemplo campos de minas, han de obtenerse con otros medios de inteligencia.
- (3) Para el estudio de las avenidas de aproximación será conveniente una capa que permita analizar las diferentes carreteras y caminos de la zona. Por ello, la cartografía disponible en el IGN [16] será la más idónea, permitiendo el estudio de la red de infraestructuras en la zona y características de las mismas.

- Para *briefings*:

A. Cartografía del IGN (escalas 1:25.000 y 1:50.000):

Con el objeto de posibilitar un mejor entendimiento de los elementos subordinados del esquema de maniobra, se emplea la misma cartografía y escala que todos los Infantes de Marina tienen en formato físico. Por ello, se empleará la cartografía del IGN [16] a escala 1:25.000 y 1:50.000.

B. Fotografías aéreas o satelitales:

Para poder mostrar a los subordinados el esquema de maniobra sobre una fotografía satelital de la zona de operaciones, se emplearán fotografías aéreas o satelitales obtenidas por medios de inteligencia o directamente del PNOA [18] e IGN [16].

| Categoría            | Características                               | Datos                                  | Fuente               |
|----------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|
| Análisis del terreno | Observación, campos de tiro y puntos críticos | Relieve y vegetación                   | IGN [16] e IFN [17]  |
|                      | Obstáculos naturales y artificiales           | Relieve, ortofotografías e hidrografía | IGN [16] y PNOA [18] |
|                      | Avenidas de aproximación                      | Redes de transporte                    | IGN [16]             |
| <i>Briefings</i>     | Superponibles de operaciones                  | Planos, mapas y ortofotografías        | IGN [16] y PNOA [18] |

**Tabla 3-5 Fuentes de obtención de datos geográficos.**

### 3.2.3 Importación de capas en gvSIG

En esta fase del procedimiento SIG podemos distinguir dos pasos: primero, la importación de la cartografía, mapas temáticos, así como ortofotografías aéreas necesarias para el planeamiento y preparación de la operación militar (PNOA, mapas y planos del IGN, planimetría de la Dirección General del Catastro, etc.) y, segundo, la importación de los diferentes elementos tácticos que influyen en la zona de operaciones.

En primer lugar se procede a la creación de una vista de trabajo en el programa gvSIG como base de trabajo, previo a la importación de las diferentes capas seleccionadas (subapartado 3.2.2) en función de los aspectos del terreno más oportunos a analizar y el tiempo disponible. Estas capas serán importadas en la misma vista creada para posteriormente combinarlas de la manera deseada, consiguiendo de esta manera una gran flexibilidad a la hora de trabajar con ellas. Esto se logrará con una simple selección de qué capas se desean mostrar y cuales se desean ocultar, consiguiendo un entendimiento más simple del área de operaciones. Así, por ejemplo, se podrá observar la disposición de los diferentes elementos de maniobra en la cartografía del IGN y, posteriormente, activando una capa que incluye ortofotografías se podrán apreciar los mismos elementos de maniobra superpuestos sobre la fotografía aérea.

Para la importación de la cartografía necesaria para el planeamiento y ejecución de la operación militar será necesaria la descarga de ortofotos aéreas georreferenciadas del PNOA, así como información geográfica temática. Esta planimetría es descargada del IGN [16]. A continuación se define el proceso a seguir a la hora de importar los diferentes tipos de capas cartográficas:

- Para la importación de las ortofotografías del proyecto PNOA ha de introducirse una capa con el servidor WMS en el programa gvSIG. Tras la conexión con el servidor WMS del PNOA [15], aparece una breve descripción del contenido que incluye esta capa. A continuación se seleccionan las capas ráster que son de interés para el planeamiento de la operación, en nuestro caso las ortofotografías. A modo de ejemplo, en la Figura 3-8 se puede apreciar este proceso.

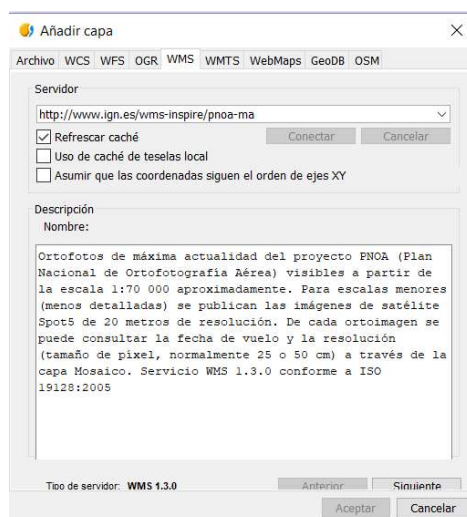


Figura 3-8 Importación en gvSIG de ortofotografías desde el servidor WMS del PNOA (elaboración propia).

Finalizando con la importación de las imágenes del PNOA, se seleccionan los siguientes parámetros (Figura 3-9):

1. Formato imágenes: gráficos de red portátiles (*png*).
2. Se activa la casilla de transparencia.
3. Sistema de proyección seleccionado concorde a la cartografía en formato físico empleada por los alumnos: EPSG 25829 (Datum ETRS89 y huso 29).
4. Formato de texto: Lenguaje de Marcas de Hipertexto (*html*).

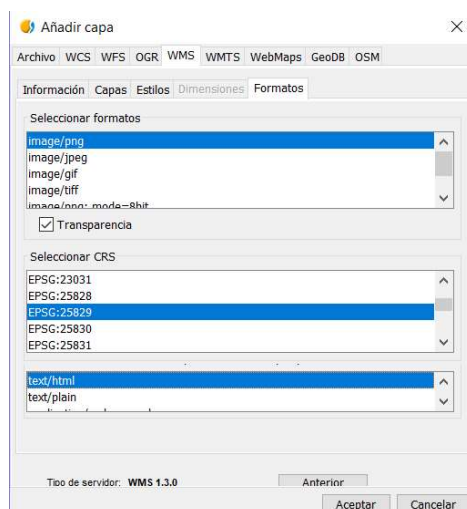


Figura 3-9 Formatos de ortofotografías importadas a gvSIG (elaboración propia).

- Para la importación de fotografías obtenidas por medios de inteligencia es importante que estos datos geográficos (capa) esté debidamente georreferenciada para que se superpongan los distintos modelos o capas. En el caso de que no lo esté, se procede a georreferenciar la imagen con el comando de gvSIG “Georreferenciación”. El proceso de georreferenciación relaciona las coordenadas de elementos en un modelo o capa con sus homólogos en el terreno. Para ello, han de asignarse un mínimo de siete puntos de control para obtener mayor calidad de georreferenciación. Tras este proceso, la nueva capa se girará y escalará convirtiéndose así en una ortoimagen. En la Figura 3-10 se muestra la ruta que ha de seguirse dentro de gvSIG para georreferenciar la imagen: (1) seleccionar el menú de transformaciones geográficas, (2) seleccionar el proceso de georreferenciación, (3) seleccionar la capa de referencia y la que se desea georreferenciar y (4) asignar los puntos de control (Figura 3-11).

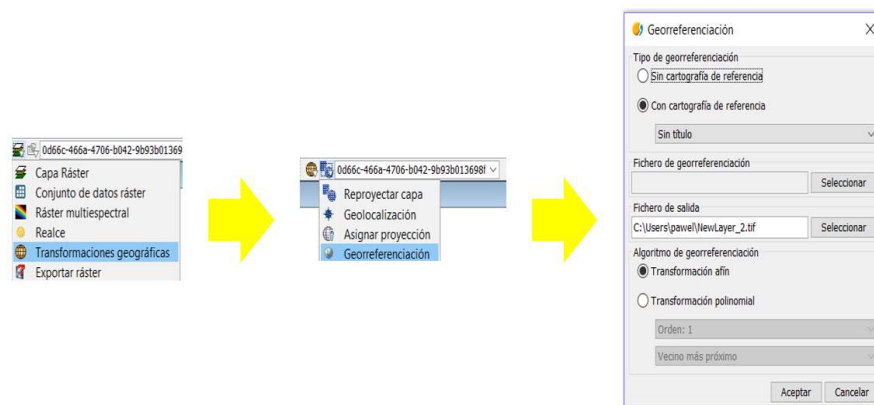


Figura 3-10 Ruta gvSIG para la georreferenciación (elaboración propia).

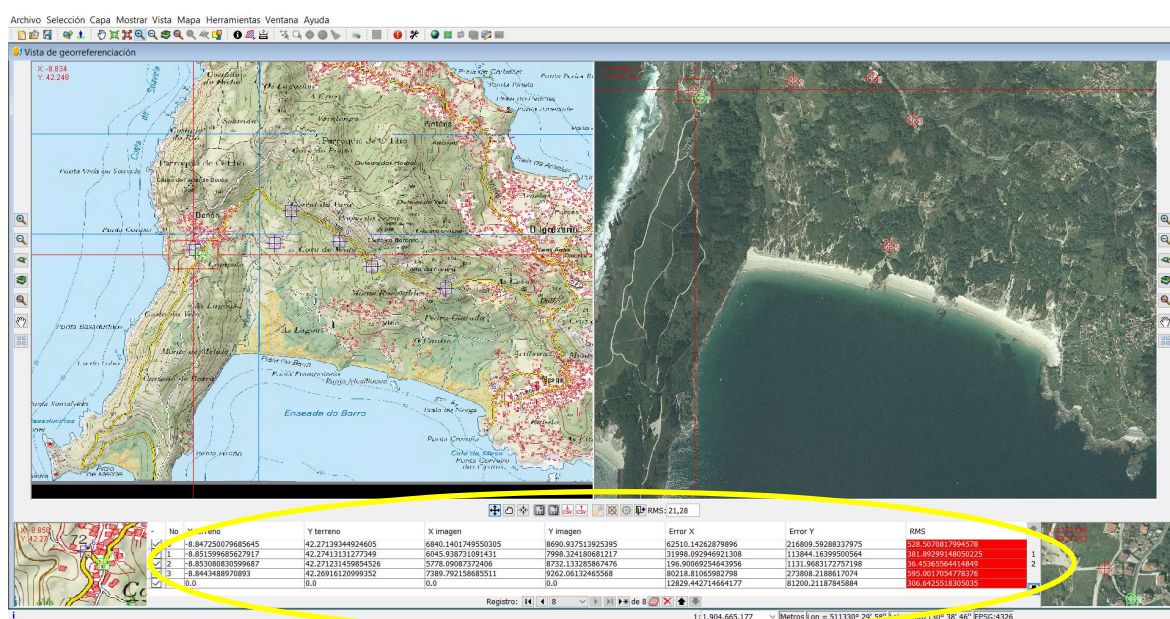


Figura 3-11 Georreferenciación de una ortofotografía en gvSIG (elaboración propia).

- Por último, para la importación de la cartografía del IGN, se procede en primer lugar con su descarga en el centro de descargas [15] para, posteriormente, importarla en el *software* gvSIG. Dentro de la *web* del centro de descargas se pueden apreciar nueve campos (Figura 3-12):

1. Mapas en formato imagen: incluye imágenes georreferenciadas para visualizarlas digitalmente con diferentes escalas. Estas no incluyen información marginal como leyendas o marco de coordenadas.
2. Información geográfica de referencia: incluye datos topográficos como redes de transporte, nomenclátor (un índice de topónimos en el cual se incluyen los nombres geográficos de diversos elementos), líneas límite e información geodésica.
3. Fotogramas y ortofotos de vuelos: incluye imágenes de fotografías aéreas y ortofotografías con diferentes resoluciones.
4. Mapas vectoriales y bases cartográficas y topográficas: incluye ficheros vectoriales con un marco de coordenadas e información marginal a diferentes escalas.
5. Información geográfica temática: incluye diversos datos topográficos y temáticos para sistemas de información geográfica y generación de productos cartográficos.
6. Documentación geográfica antigua: incluye diversos ficheros digitales resultantes del escaneo de documentación cartográfica originalmente no digitalizada.

7. Mapas impresos escaneados: incluye ficheros digitales de mapas topográficos, así como sus respectivas leyendas e información marginal.
8. Modelos digitales de elevaciones: Incluye toda la información altimétrica relativa al relieve del territorio nacional y sus elementos.
9. Rutas: incluye diferentes rutas características como pueden ser el Camino de Santiago o rutas turísticas por Parques Nacionales.

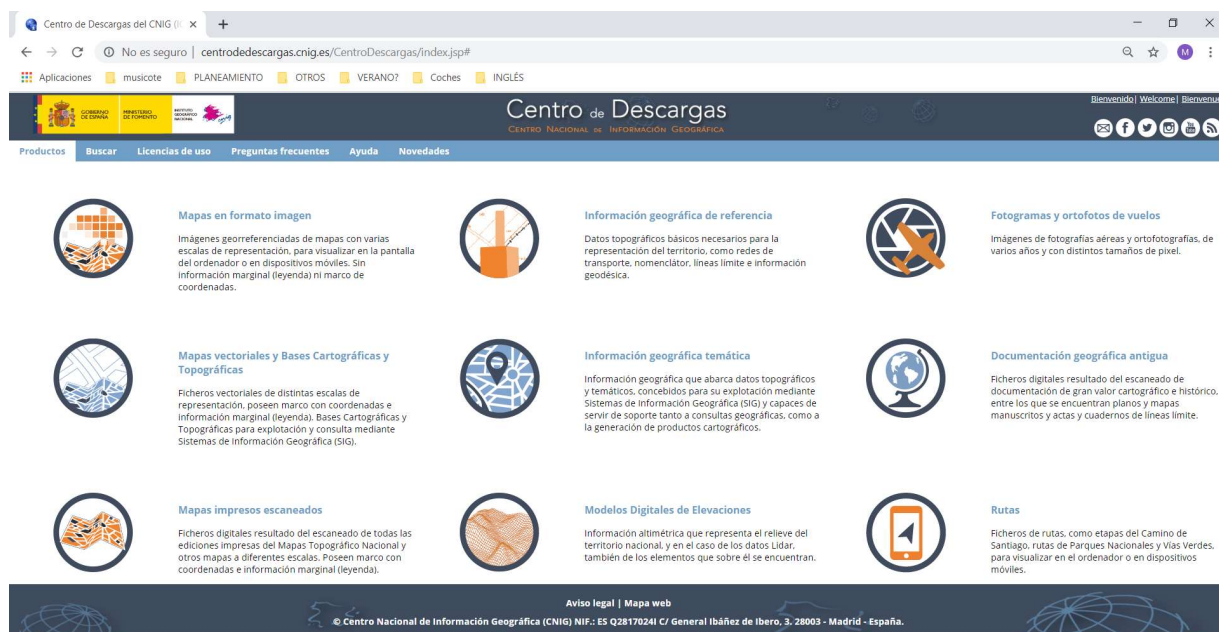


Figura 3-12 Página web del Centro de descargas del IGN (elaboración propia).

Una vez descargados los archivos de interés se procede a importar los mismos, seleccionando la opción de “Añadir capa” en el programa gvSIG. Tras esto se activa la pestaña de archivos y se seleccionan los archivos a importar. A continuación, el programa pregunta si se desea cargar las capas de forma normal o teselada (un patrón de parcelas que recubre la superficie de representación), ante lo cual se seleccionará la opción de carga teselada. Esto último puede apreciarse en la Figura 3-13. Finalmente habrá que comprobar que el sistema de proyección de la nueva capa coincide con el resto de capas que se han importado (ETRS89). Para ello, se accede a las propiedades de la capa (Figura 3-14), y si no es la deseada habrá que reproyectarla (asignar una nueva proyección). Para reproyectar la capa habrá que acceder al menú de geoprocursos y, posteriormente, seleccionar la opción de “Reproyección”, configurando la proyección de origen y la proyección de destino (Figura 3-15).

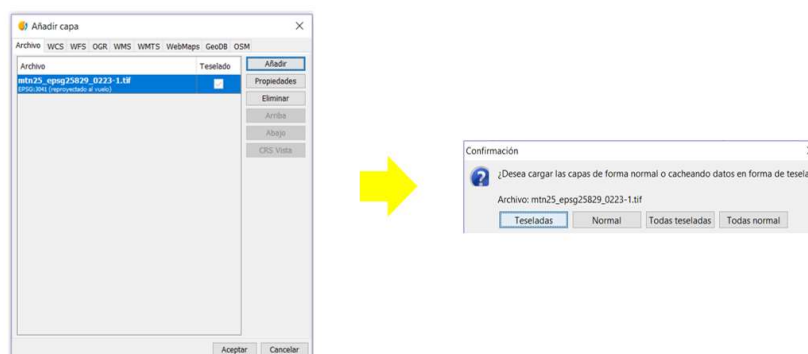


Figura 3-13 Ruta gvSIG para añadir nuevas capas (elaboración propia).

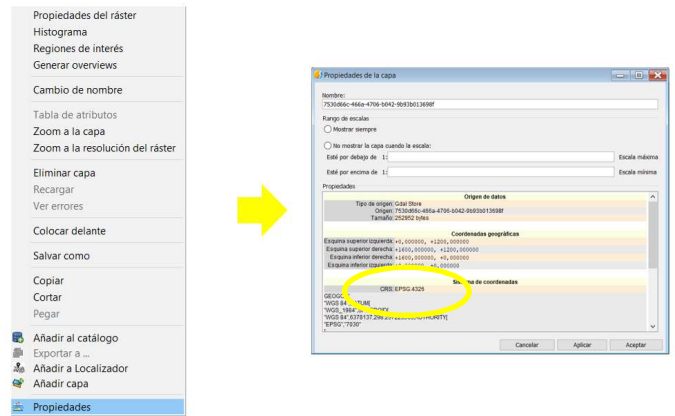


Figura 3-14 Ruta gvSIG de propiedades de una capa (elaboración propia).

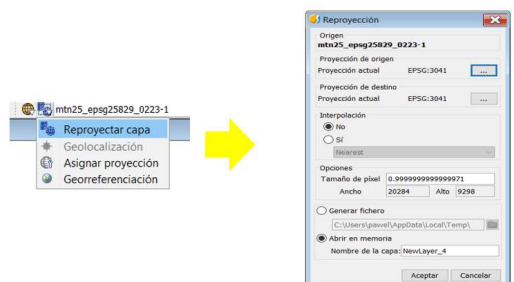


Figura 3-15 Ruta gvSIG para reproyección de capas (elaboración propia).

A continuación, tras la correcta importación de las capas cartográficas y temáticas, se importan los diferentes elementos de maniobra (tanto elementos propios como enemigos). Para ello, se procede a la creación de una tabla Excel en dónde se reflejan los elementos de maniobra que intervienen el superponible de operaciones y sus diferentes características. Así, se reflejan diferentes columnas que establecen: descripción del elemento, armamento, actitud y coordenadas X e Y para su posterior representación en gvSIG. Una vez creada esta tabla, se convierte a un formato delimitado por comas (csv) con el objeto de que gvSIG la reconozca. Se puede apreciar un ejemplo de las tablas a crear en la Tabla 3-6. Cabe destacar que a la hora de importar los diferentes elementos de maniobra podrán seguirse dos rutas diferentes. Por un lado, podrá importarse una única tabla en la que se incluyan todos los elementos de maniobra que intervienen en el campo de batalla. Otra opción es importar diferentes capas que agrupen a los diferentes elementos de maniobra en función de unas determinadas características (enemigos o propios, por tipo de armamento, por entidad, etc.).

|   | Coord X | Coord Y | Tipo       | Descripción                              | Actitud   | Armamento       |
|---|---------|---------|------------|------------------------------------------|-----------|-----------------|
| 1 | 08.25   | 42.25   | fusaeny_pn | Pelotón enemigo establecido en defensiva | Defensiva | Fusilería y AML |

Tabla 3-6 Ejemplo de tabla de elementos de maniobra (elaboración propia).

El siguiente paso se refiere a la importación de la tabla a la vista de trabajo en gvSIG. Esto se realiza añadiendo una capa de eventos (capa de puntos con información adjunta). En esta capa de eventos se selecciona la tabla que se ha creado e importado en el programa. Posteriormente, ha de relacionarse la columna “Coord X” y “Coord Y” con las coordenadas X e Y de los elementos, respectivamente. Ha de prestarse especial atención al Datum (ETRS89) o Sistema de Proyección Cartográfico (SPC) utilizado para la obtención de estas coordenadas, de manera que se superpongan todos los datos (georreferenciación). En este TFG, las coordenadas X e Y de los elementos se

obtuvieron sobre IBERPIX. En la Figura 3-16 se puede apreciar este proceso de importación de la capa de eventos.

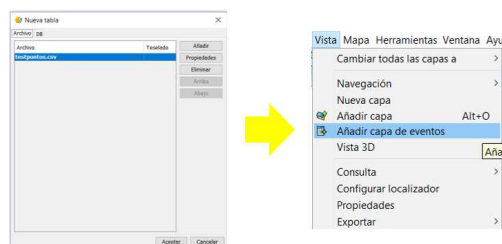


Figura 3-16 Importación de elementos de maniobra en gvSIG (elaboración propia).

### 3.2.4 Geoprocesamientos y asignación de símbolos

#### 1. Área de influencia

Continuando con el estudio del campo de batalla, se desea estudiar el área de influencia de los elementos enemigos (alcance de sus armas y medios de puntería) con el objetivo de conocer su capacidad de influencia sobre el campo de batalla. Para ello utilizaremos el geoproceso “Área de influencia” o *buffer* (Figura 3-17). Esta opción dibuja un perímetro alrededor de un determinado punto o geometría con un diámetro de actuación establecido por el usuario (Figura 3-18). Además, pueden crearse diversas áreas de influencia equidistantes. Esta opción se utilizará para definir el alcance de las armas y los medios de puntería anteriormente comentados. Se determinan así las áreas de influencia en función de dos parámetros, el alcance de las armas y el alcance de los elementos de puntería, los cuales vienen especificados en [19]:

Alcance efectivo de las armas:

1. Fusilería (5.56 mm): 600 m
2. Ametralladoras ligeras (5.56 mm): 750 m
3. Ametralladoras medias (7.62 mm): 900 m
4. Armas contracarro: 600 m

Medios de puntería:

1. Fusilería: 400 m
2. Ametralladoras ligeras (AML/5.56 mm): 400 m
3. Ametralladoras medias (AMM/7.62 mm): 400 m
4. Armas contracarro: 400 m

Gracias a este geoproceso se logra una visión completa del control e influencia sobre el terreno, y se permite al comandante evaluar los puntos débiles de su despliegue y del enemigo al detectar puntos en los que no existe cobertura por el fuego o vigilancia, y pudiendo así conducir a sus unidades a través de esas zonas o puntos desprotegidos.

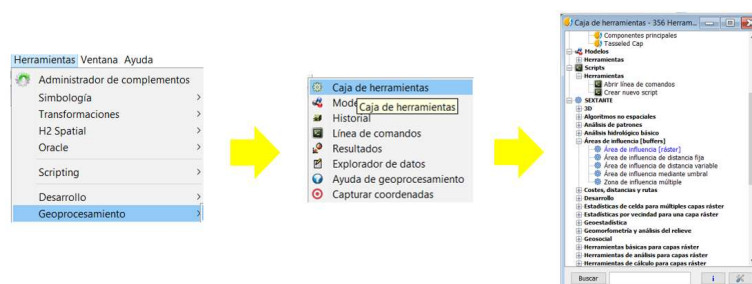


Figura 3-17 Ruta gvSIG para la selección del área de influencia (elaboración propia).

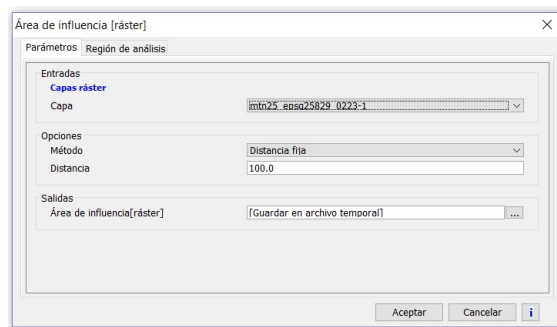


Figura 3-18 Desplegable gvSIG de características del área de influencia (elaboración propia).

## 2. Asignación de símbolos

Para marcar la simbología referente a cada elemento de maniobra se asignará a cada uno su símbolo correspondiente. Esto se hará utilizando la funcionalidad de gvSIG “Valores únicos” y seleccionando los símbolos oportunos de la biblioteca creada en el subapartado 3.3. Para ello, han de seguirse los siguientes pasos: (1) acceder a las propiedades de la capa (elementos de maniobra), (2) seleccionar la función de “valores únicos”, de modo que se asignará un valor característico a cada elemento de maniobra, y (3) seleccionar el símbolo de la biblioteca y especificar cómo se pretende mostrar ese símbolo (ajustando su tamaño por unidades en la pantalla, *pixeles*, o por unidades naturales en la realidad, metros). En la Figura 3-19 se presenta la ruta gvSIG a seguir para este proceso.



Figura 3-19 Ruta gvSIG para asignación de simbología (elaboración propia).

## 3. Consulta de atributos o información temática

Cada elemento de maniobra llevará una información temática (atributo) adjunta. Para la consulta y visualización de esta información podrán seguirse dos procesos diferentes en función de la cantidad de símbolos que aparezcan en el área de operaciones:

- 1) Mediante etiquetado, cada elemento de maniobra llevará anexado de forma gráfica una etiqueta con su información temática, posibilitando una interpretación completa del campo de batalla a primera vista.
- 2) Seleccionando la función de gvSIG de “Información” para el elemento correspondiente. Con esta opción se puede consultar toda la información de los elementos, disponible en la tabla de atributos de la capa, directamente pinchando sobre ellos. Esta opción será la recomendable en la mayoría de los casos para no saturar el área de trabajo. En la Figura 3-20 puede observarse un ejemplo de esta opción, en donde se muestra la actitud, armamento y descripción de un elemento de maniobra seleccionado.

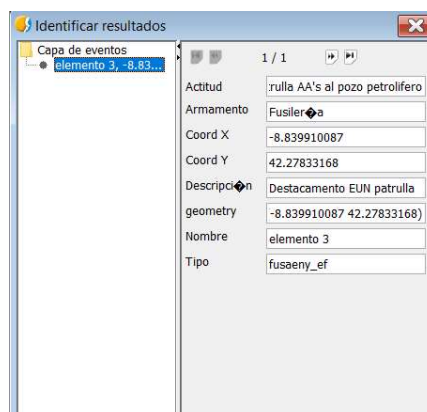


Figura 3-20 Información temática adjunta de un elemento del *Raid* (elaboración propia).

### 3.2.5 Creación de mapas

#### 1) Selección de mapas para planeamiento y *briefings*

Los mapas necesarios para el planeamiento de una operación dependerán de los aspectos del terreno más influyentes para cada tipo de operación. Por lo tanto, la selección de capas está condicionada (subapartado 3.2.2). Los mapas para planeamiento combinarán diferentes capas cartográficas con elementos de maniobra. Las escalas de estos mapas podrán ajustarse al detalle más conveniente para su interpretación y apreciación, ya que no serán presentados en exposiciones a unidades subordinadas (no siendo así estrictamente necesario seguir la misma escala y proyección con la que trabajan los escalones subordinados).

Por otro lado, los mapas empleados en la exposición de las intenciones del comandante en *briefings* se materializan en un mínimo de dos superponibles, con los elementos de maniobra propios y enemigos en diferentes capas, como mínimo uno apoyado en ortoimágenes y otro sobre la cartografía de uso habitual por las unidades subordinadas. Las escalas que se emplearán para los superponibles serán 1:25.000 o 1:50.000, con datum ETRS89. En la Tabla 3-7 se listan los mapas a realizar, agrupados por su finalidad, y escalas. Asimismo, se mencionan las capas ha incluir.

| Finalidad        | Capa geográfica     | Elementos de maniobra según actitud | Escalas                                |
|------------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| Planeamiento     | Planimetría IGN     | Enemigos                            | Preferiblemente<br>1:25.000 o 1:50.000 |
|                  |                     | Enemigos y propios                  |                                        |
|                  | Redes de transporte | Enemigos                            |                                        |
|                  |                     | Enemigos y propios                  |                                        |
|                  | Ortofotografía PNOA | Enemigos                            |                                        |
|                  |                     | Enemigos y propios                  |                                        |
|                  | Hidrografía         | Enemigos                            |                                        |
|                  |                     | Enemigos y propios                  |                                        |
|                  | Ocupación del suelo | Enemigos                            |                                        |
|                  |                     | Enemigos y propios                  |                                        |
| <i>Briefings</i> | Planimetría IGN     | Enemigos                            | 1:25.000 o 1:50.000                    |
|                  |                     | Enemigos y propios                  |                                        |
|                  | Ortofotografía PNOA | Enemigos y propios                  |                                        |

Tabla 3-7 Mapas a realizar en una operación (elaboración propia).

## 2) Proceso de creación de mapas en gvSIG

Para la elaboración de los mapas se emplea la función gvSIG “Creación de mapas”. Estos mapas incluirán diferentes capas en función de si es un producto para el planeamiento o para *briefings*. Todos los mapas incluirán un cajetín en la esquina superior izquierda que incluirá: el nombre en clave de la operación, la fase de la operación, el tipo de mapa y el número de copia del total de ellas del mapa. En la esquina inferior izquierda se incluirá el norte geográfico, y en la esquina superior derecha la escala empleada. En la Figura 3-21 puede apreciarse esta estructura y disposición.

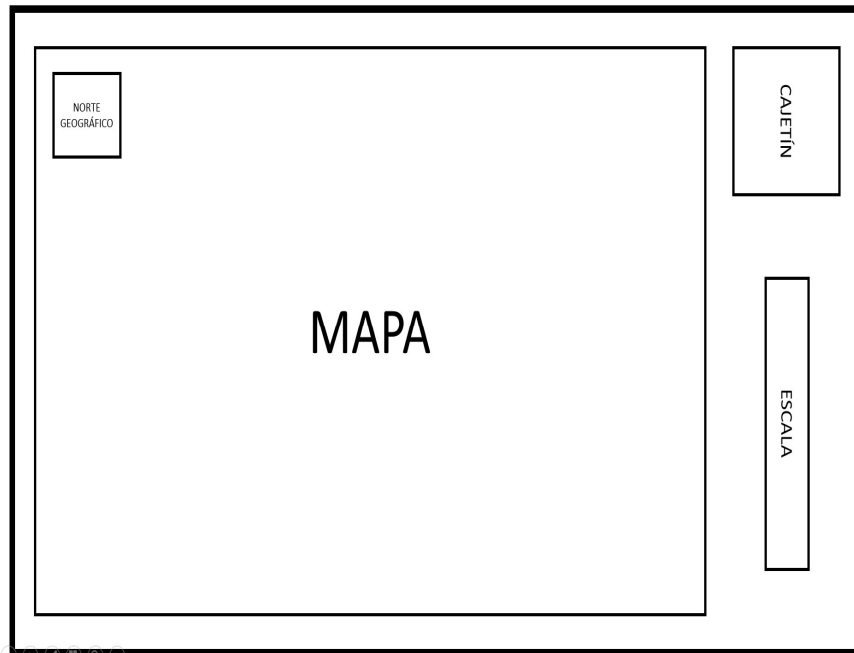


Figura 3-21 Disposición de campos en los mapas creados (elaboración propia).

Para crear los mapas en gvSIG se siguen cuatro pasos (Figura 3-22): (1) en primer lugar habrá que abrir el menú de “Mapas” en donde se seleccionará la opción “Nuevo mapa”, (2) a continuación se seleccionará el tamaño de la página (en el momento del desarrollo de este TFG la Compañía de Alumnos dispone exclusivamente de una impresora en A4 para sus labores de planeamiento, por lo que se marcará un A4 como tamaño de página), (3) tercero, se seleccionará la vista sobre la que se desea trabajar y por último (4), dentro de la conformación de los mapas, se seleccionará el desplegable “Insertar”, desde donde se importarán todos los elementos que son necesarios en el mapa (cajetín, norte geográfico, escala y vista). Una vez creados se procede con la exportación de los mismos a formato de documento portátil (pdf) para su posterior impresión, transmisión o almacenamiento.

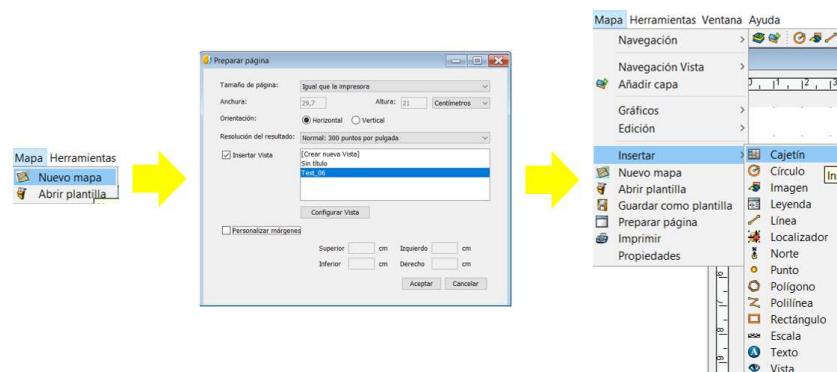


Figura 3-22 Ruta gvSIG de creación de mapas (elaboración propia).

### 3.2.6 Exportación a otras herramientas de visualización cartográfica

Con el fin de poder apreciar los elementos de maniobra sobre el campo de batalla en otras aplicaciones que faciliten otras funcionalidades como vistas tridimensionales (3D) se buscará un formato que permita trabajar con algunas de estas aplicaciones (de uso gratuito) como Google Earth o Google Maps. El formato compatible con estas herramientas es el formato *Keyhole Markup Language* (KML), un formato para representar datos geográficos en tres dimensiones. Para ello, primero se exportarán las capas que incluyan los elementos de maniobra a este formato y, posteriormente, se procede a la importación de este archivo KML a la aplicación.

En el caso de Google Earth (Figura 3-23) se accede al desplegable “Archivo” y se selecciona la opción “Importar”, dentro de la cual se selecciona la capa (de los elementos de maniobra) y se procede con su importación.

En la Figura 3-24 puede observarse un ejemplo de las capacidades de visualización 3D en Google Earth, distinguiendo claramente vegetación, edificaciones o vehículos.

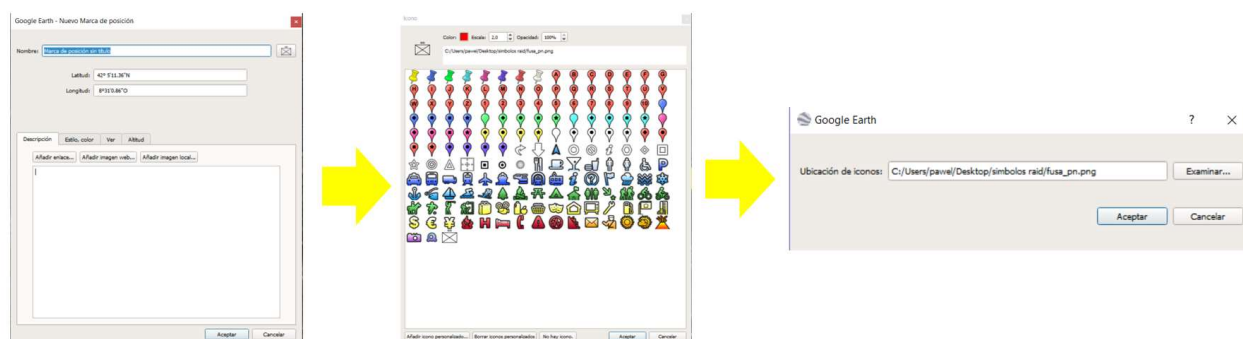


Figura 3-23 Ruta en Google Earth para asignar simbología (elaboración propia).

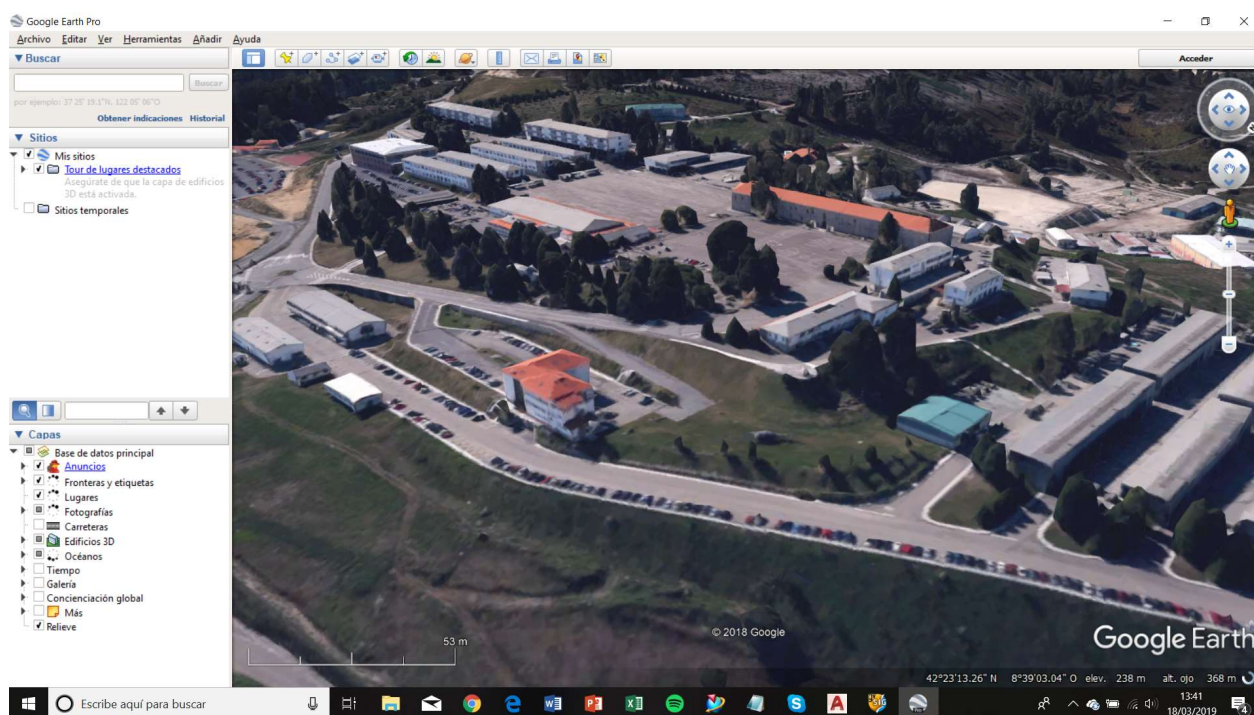


Figura 3-24 Visualización 3D en Google Earth de la base de la BRILAT (Pontevedra).



## 4 RESULTADOS / VALIDACIÓN / PRUEBA

### 4.1 Bibliotecas de símbolos en gvSIG

Tras la elaboración de los símbolos se procedió a su importación en gvSIG y creación de las bibliotecas de símbolos. Los símbolos fueron agrupados por sus diferentes características, resultando de esta manera una biblioteca de símbolos de elementos enemigos (Figura 4-1), una para cometidos tácticos (Figura 4-2) y una para los elementos propios (Figura 4-3). Las bibliotecas han sido configuradas para importar los símbolos con el sistema de medición de representación por *píxeles*, en el mundo, con un tamaño de 50 *píxeles*. No obstante, el usuario puede cambiar esta configuración y seleccionar una representación diferente (medición en metros, variación de tamaño o inclinación, etc.).

Estas bibliotecas de símbolos se han puesto en práctica en un ejercicio de planeamiento anfibio (subapartado 4.2). Para la representación de símbolos propios del ejercicio anfibio se creó una nueva biblioteca específica (Figura 4-4).

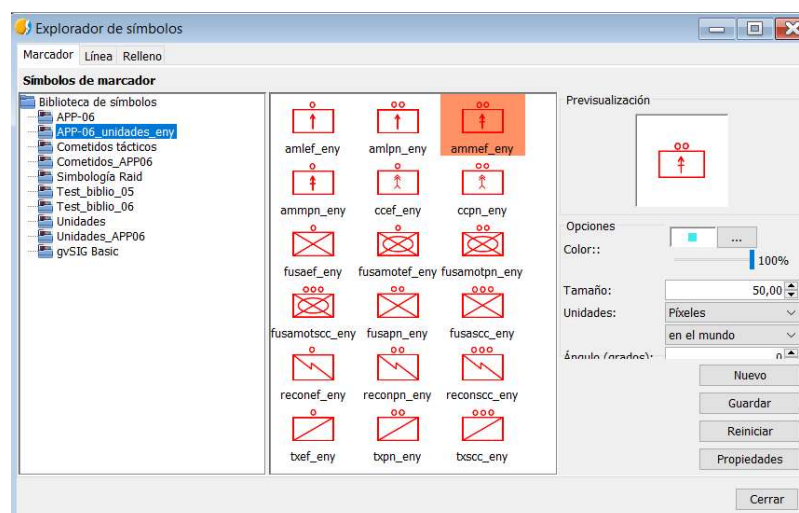


Figura 4-1 Biblioteca de símbolos de elementos enemigos (elaboración propia).

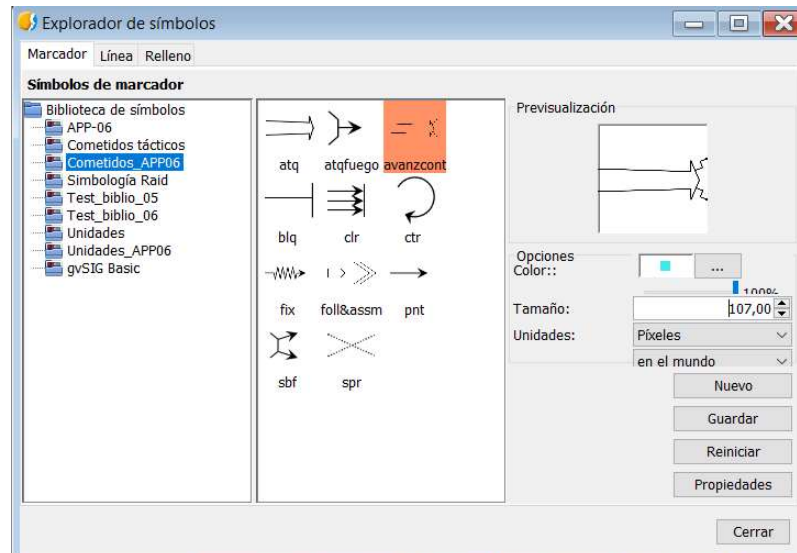


Figura 4-2 Biblioteca de símbolos de cometidos tácticos (elaboración propia).

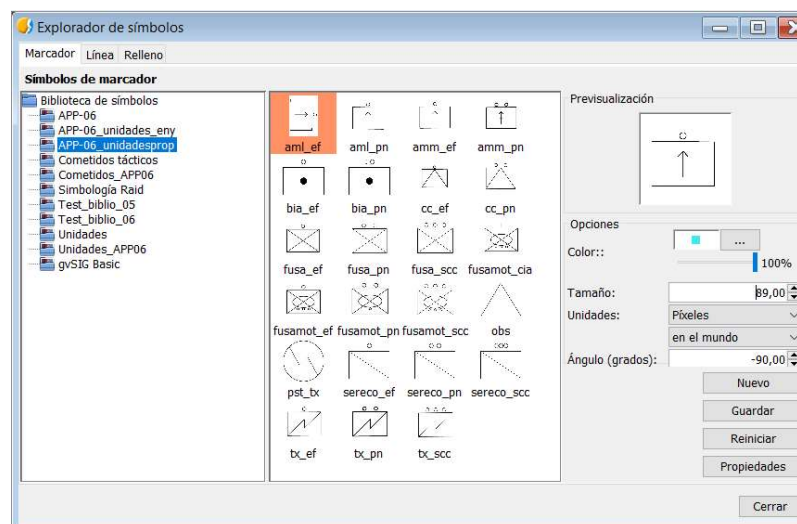


Figura 4-3 Biblioteca de símbolos de elementos propios (elaboración propia).

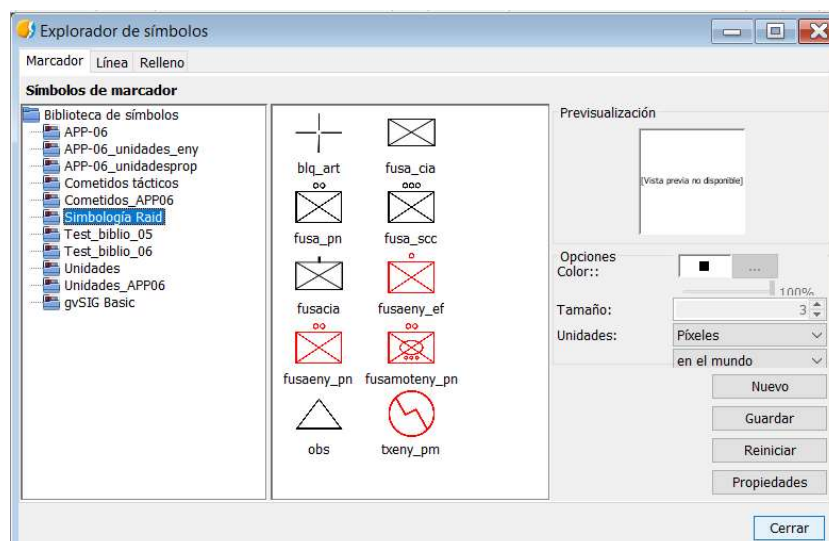


Figura 4-4 Biblioteca de símbolos *Raid* (elaboración propia).

## 4.2 Aplicación de la librería y del procedimiento a la operación anfibia “Atenea”

En el segundo cuatrimestre del curso académico tiene lugar un ejercicio de alumnos de planeamiento y ejecución de la operación anfibia “Atenea”, que consta de una fase terrestre y otra naval. Para el planeamiento y preparación de esta operación, los alumnos disponen de 15 periodos de una hora de duración, en lo que habrá que realizar tanto el planeamiento de la operación como la gestión de otros aspectos esenciales para la misma (logística, comunicaciones, etc.).

Esta operación se encuadra dentro de los golpes de mano anfibios, o *raids* anfibios, los cuales conllevan una entrada en un campo de batalla con medios anfibios desde buques de forma rápida, consecución de objetivos propios de patrullas de combate y posteriormente un reembarque planeado de los elementos a los buques [1]. La misión de esta operación era la siguiente: el día D a la hora H realizar un golpe de mano anfibio atacando por el fuego el objetivo B para contribuir a la unidad superior.

Debido a que se trataba de un golpe de mano, y uno de los factores clave para el éxito de estas misiones es la sorpresa, para la fase de planeamiento serán necesarios los siguientes mapas: uno que incluyese la vegetación en el campo de batalla (ya que su naturaleza será la que permita por un lado una mayor ocultación de los elementos de maniobra propia en su aproximación al objetivo, y por otro lado para conocer qué zonas no permitirán desplazar a los elementos de maniobra de manera discreta), también para conocer la mejor forma de infiltración (entrada en zona hostil con medios propios de la unidad) de los elementos de maniobra se estudiarán las áreas de influencia de los elementos enemigos (el alcance de sus armas y de sus medios de puntería), otro punto que será de vital importancia para esta operación será la red de avenidas de aproximación presentes en el campo de batalla, por último para el estudio de las zonas que proporcionarán cubierta a las unidades se necesitará un mapa que muestre a los elementos de maniobra sobre un mapa de elevaciones. Por otro lado para el *briefing* se desarrollarán dos mapas, uno con los elementos de maniobra sobre una ortofotografía y otro sobre la cartografía del IGN (a escalas 1:25.000 y 1:50.000). De esta manera los productos a generar para el apoyo al planeamiento y el *briefing* son los siguientes:

- Mapa con cartografía del IGN y elementos de maniobra enemigos. Con este mapa el comandante visualiza la disposición general del despliegue enemigo, conociendo las unidades que entran en juego en el campo de batalla y dónde se encuentran desplegadas.
- Mapa de elevaciones y elementos de maniobra enemigos. Este mapa proporciona al comandante conocimiento de qué puntos dominan el campo de batalla por su elevación y si se encuentran controlados por el enemigo.
- Mapa de red de avenidas de aproximación y elementos de maniobra enemigos. Con este mapa el comandante de la unidad dispondrá, por un lado cuál es la red de infraestructuras del campo de batalla, conociendo así por dónde podrán moverse unidades enemigas con una gran velocidad, y por otro lado las diferentes avenidas de aproximación a determinados puntos de su interés.
- Mapa de vegetación y elementos de maniobra enemigos. Se trata de conocer dos importantes puntos para el planeamiento, primero las zonas que proporcionarán ocultación a las unidades de maniobra enemigas por el campo de batalla, y segundo conocer qué zonas serán más discretas para maniobrar y cuales menos.
- Mapa con ortofotografía y elementos de maniobra enemigos. Una vez conocida la disposición general, los puntos clave del terreno y la naturaleza de la vegetación, el comandante observa los elementos enemigos sobre el campo de batalla sobre una ortofotografía aérea.
- Mapa con cartografía del IGN y elementos de maniobra propios y enemigos. Para decidir el esquema de maniobra más oportuno, el comandante, dispone sus unidades sobre el campo de batalla, y se apoya en el SIG para estudiar cómo realizará la maniobra y así comprobar si su

esquema de maniobra va en concordancia con los diferentes aspectos del terreno. Esto lo hará seleccionando puntos geográficos tentativos para sus unidades. A continuación alterna entre las diferentes capas en el SIG, y así balancea las ventajas y desventajas que aportará cada punto geográfico bajo distintos aspectos geográficos. Una vez el comandante tenga claro su esquema de maniobra, lo plasma en la cartografía en común con sus unidades subordinadas, con el objeto de lograr un correcto entendimiento con ellas.

- Mapa con ortofotografía y elementos de maniobra propios y enemigos. Tras la exposición del esquema de maniobra propio a los elementos subordinados, sobre el mapa con cartografía del IGN, el comandante muestra ese mismo esquema de maniobra sobre una ortofotografía aérea, proporcionando una visión real sobre el campo de batalla y el esquema de maniobra a realizar.

Los elementos de maniobra propios y los enemigos se listan, de acuerdo con el procedimiento desarrollado, en la Tabla 4-1 y Tabla 4-2 respectivamente:

|   | Coord X         | Coord Y      | Tipo          | Descripción                                     | Actitud                           | Armamento           |
|---|-----------------|--------------|---------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 1 | -8.846080111024 | 42.27533608  | fusaeny_pn    | Comisaría EUN en inmediaciones pozo petrolífero | Descanso                          | Fusilería y AMM-AML |
| 2 | -8.843665753771 | 42.272608756 | txeny_pm      | Puesto de transmisiones del EUN                 | Instalaciones                     | NQR                 |
| 3 | -8.839910086933 | 42.278331677 | fusaeny_ef    | Destacamento EUN patrulla                       | Patrulla AA's al pozo petrolífero | Fusilería y AML     |
| 4 | -8.813620419066 | 42.277526891 | fusamoteny_pn | Reserva eny                                     | Fuerza de reacción rápida (30min) | Fusilería y AML     |

**Tabla 4-1 Elementos de maniobra enemigos del raid anfibio (elaboración propia).**

La misión del enemigo es la defensa de un pozo petrolífero localizado en el vértice geodésico de Facho do Hío (Cangas). Para ello dispone por un lado de una fuerza establecida en defensiva sobre el propio pozo y por otro lado de una reserva, preparada para reforzar la posición defensiva establecida en el pueblo de San Cibrán (Cangas).

|   | Coord X        | Coord Y      | Tipo     | Descripción                         | Actitud                     | Armamento       |
|---|----------------|--------------|----------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1 | 8.838702908306 | 42.273413541 | fusa_scc | 1ª Scc                              | Apoyar por el fuego         | Fusilería y AML |
| 2 | 8.859850000000 | 42.279985958 | fusa_scc | 2ª Scc                              | Limpiar el pozo petrolífero | Fusilería y AML |
| 3 | 8.854083258214 | 42.262638350 | fusa_pn  | 1ºPn/1ªScc                          | Bloquear AA                 | Fusilería y AML |
| 4 | 8.827883010000 | 42.265410394 | blq_art  | Pozo petrolífero                    | NQR                         | NQR             |
| 5 | 8.846840186000 | 42.260358128 | blq_art  | Terreno clave                       | NQR                         | NQR             |
| 6 | 8.861773433100 | 42.261833569 | obs      | Observatorio sobre pozo petrolífero | Vigilancia y reconocimiento | Fusilería       |

**Tabla 4-2 Elementos de maniobra propios del raid anfibio (elaboración propia).**

A continuación se muestran las diferentes capas empleadas durante el planeamiento de la operación anfibia. Se especifica qué capa se ha utilizado, así como los elementos de maniobra presentes. Tras esto, se interpreta la información obtenida de cada capa además de las decisiones que va tomando el comandante de forma progresiva. En la Figura 4-5 se muestra la simbología empleada en estas capas.

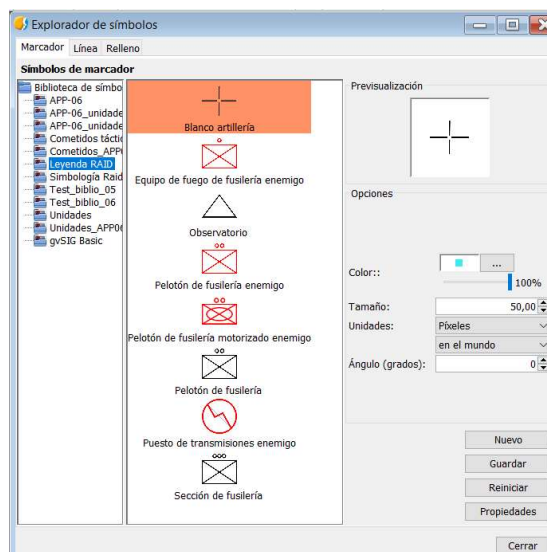


Figura 4-5 Simbología empleada en capas (elaboración propia).

- Capas de planimetría del IGN y elementos de maniobra enemigos. El campo de batalla se encuadra en una península que engloba los núcleos urbanos de Cangas de A Espiñeira, Vilanova, Igrexario, Donón y Nerga. Para la defensa del pozo petrolífero el enemigo dispone de un pelotón de fusilería establecido en defensiva, un equipo de fuego realizando patrullas en inmediaciones del objetivo y un puesto de transmisiones en el vértice geodésico de Facho do Hío. La reserva de la defensiva del pozo petrolífero está compuesta por un equipo de fuego mecanizado localizado en la población de San Cibrán (Figura 4-6).

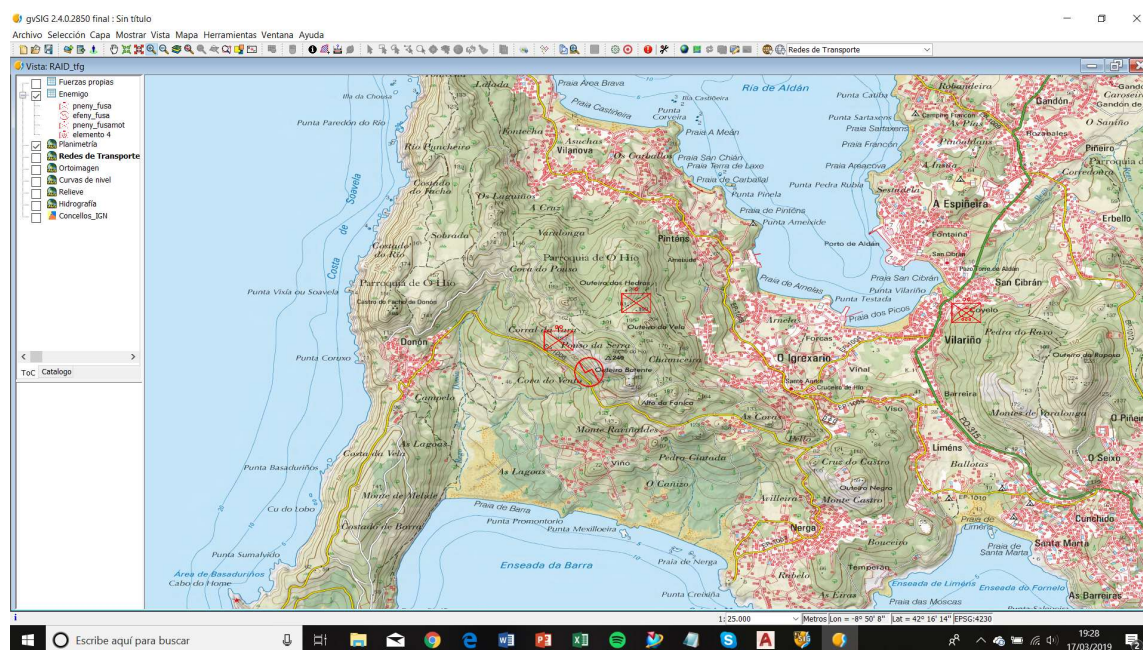


Figura 4-6 Elementos de maniobra enemigos sobre planimetría IGN (elaboración propia).

- Mapa de elevaciones y elementos de maniobra enemigos. El campo de batalla está dividido por una línea de cotas, quedando dividido en un sector norte y un sector sur. El enemigo ocupa el punto medio de la línea de cotas, contando con la ventaja de la altura en el campo de batalla. Mientras que la zona norte dificulta un veloz movimiento por la irregularidad del terreno, la zona sur del campo de batalla permite a primera vista un rápido movimiento hacia el objetivo al ser de orografía regular, volviéndose irregular en la zona central, lo cuál favorecerá la cubierta en inmediaciones del objetivo. Así, el sector sur del campo de batalla es el que



- Mapa de vegetación y elementos de maniobra enemigos. Por la naturaleza de su vegetación (bosques de frondosas, coníferas y bosques mixtos) la zona sur del campo de batalla consta de una gran capacidad de ocultación para las fuerzas propias, a la vez que dificulta el movimiento fuera de carreteras de vehículos enemigos motorizados o mecanizados (reserva enemiga). Así, será conveniente realizar el esquema de maniobra sobre el sector sur del campo de batalla por la elevada capacidad de ocultación de las fuerzas propias y maniobra restringida del enemigo. En la Figura 4-10 viene reflejada la leyenda de esta capa.

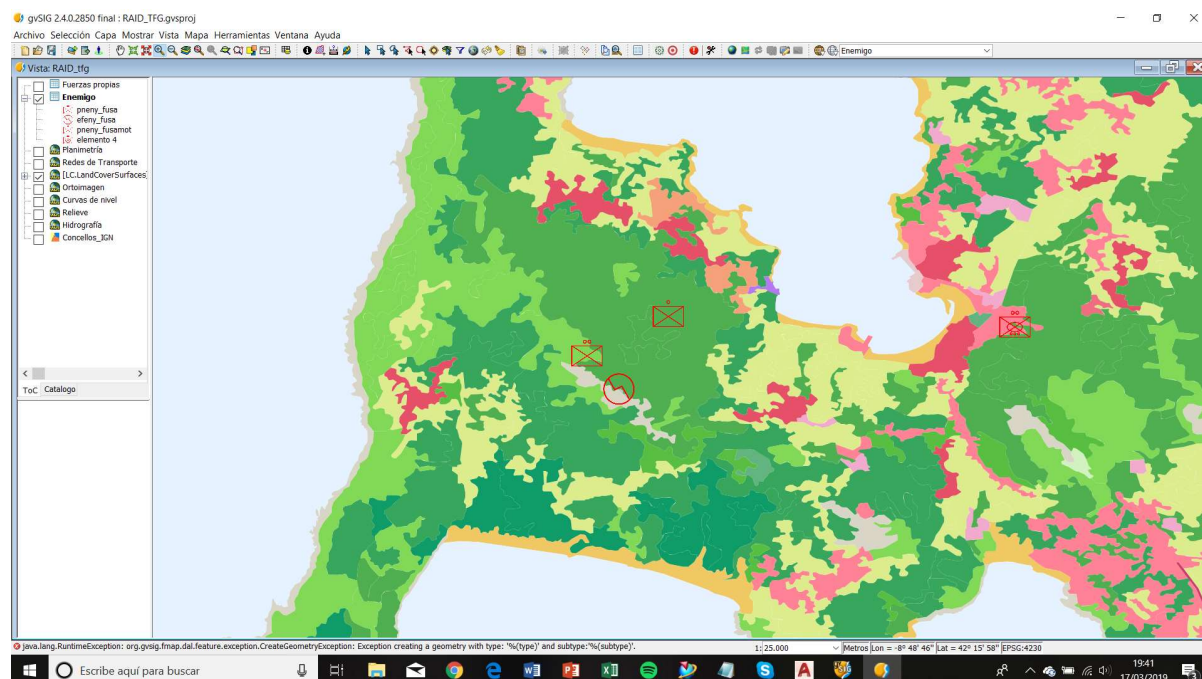


Figura 4-9 Elementos de maniobra enemigos sobre capa de ocupación del suelo (elaboración propia).



Figura 4-10 Leyenda ocupación del suelo [20].

- Mapa con ortofotografía y elementos de maniobra enemigos. La zona sur dispone de un obstáculo natural principal paralelo a la dirección de aproximación al objetivo (Figura 4-11), el Rego de Donón, lo que favorece aún más la cubierta en el la zona sur del campo de batalla, siendo la más adecuada para realizar la aproximación al objetivo. No se pueden apreciar otros obstáculos naturales o artificiales ni en la ortofotografía del PNOA, ni en la capa de hidrografía (Figura 4-12 y Figura 4-13). Por último, se genera una capa que incluya el alcance de las armas del enemigo, esto se realiza mediante un área de influencia de 600 metros, en correspondencia con el alcance de las armas de las unidades (Figura 4-14). De este *buffer* se decide que la dirección más adecuada para realizar la acción en el objetivo será desde el sur-este, al ser el sector de la defensa enemiga más desprotegido.

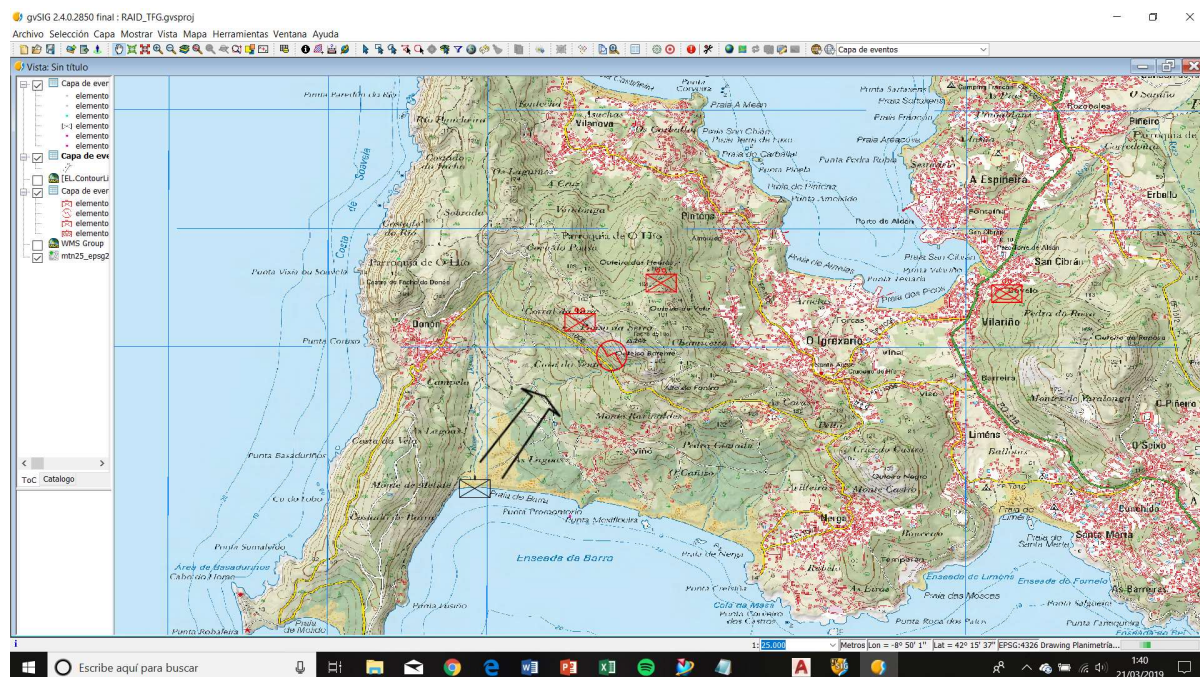


Figura 4-11 Dirección de aproximación al objetivo (elaboración propia).

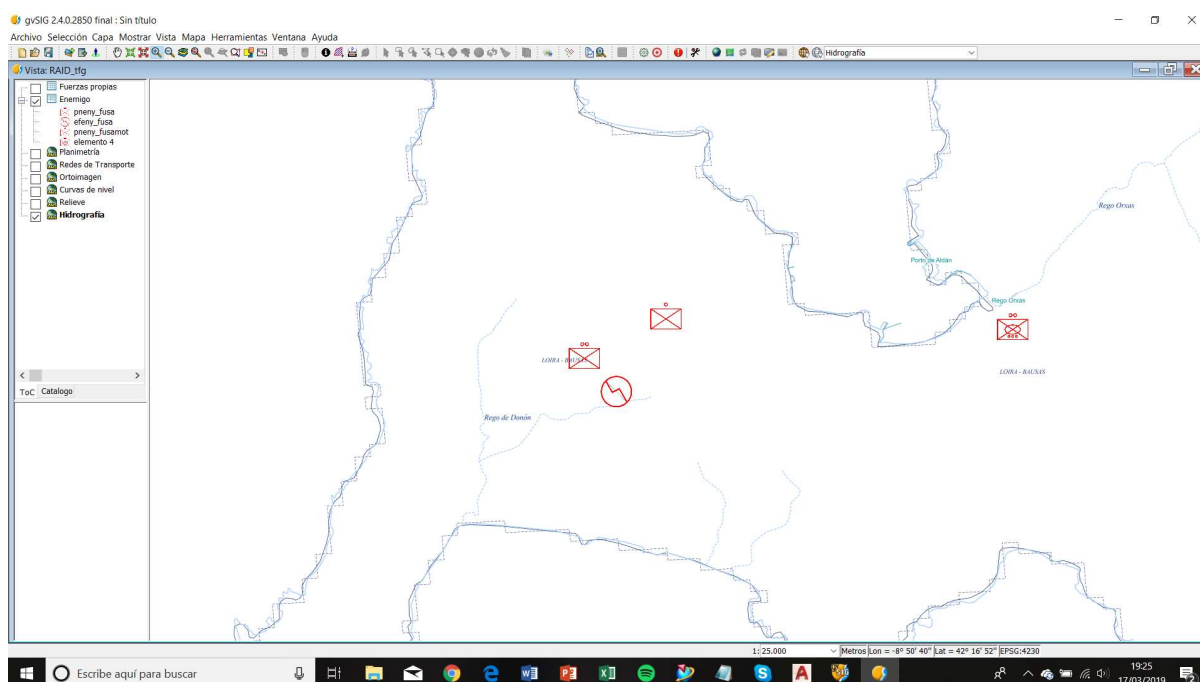


Figura 4-12 Elementos de maniobra enemigos sobre capa de hidrografía (elaboración propia).

## DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO SIG APLICADO AL PLANEAMIENTO DE UNIDADES DE INFANTERÍA DE MARINA SEGÚN ESTÁNDARES OTAN

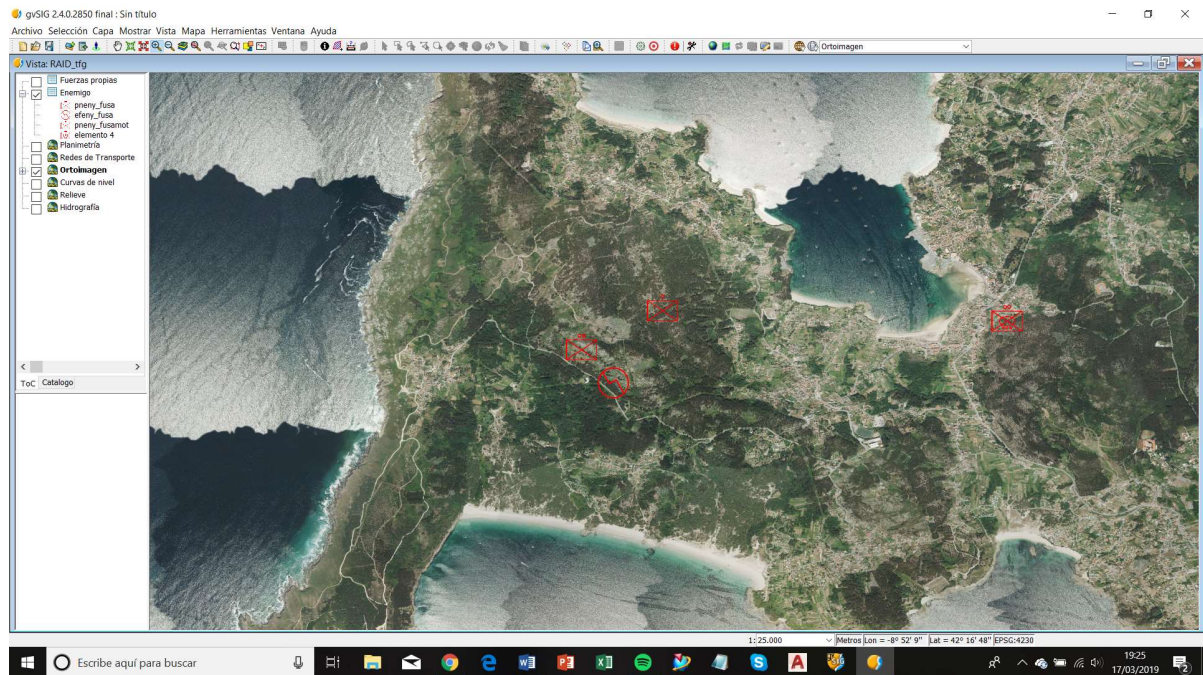


**Figura 4-13 Elementos de maniobra enemigos sobre ortofotografía PNOA (elaboración propia).**

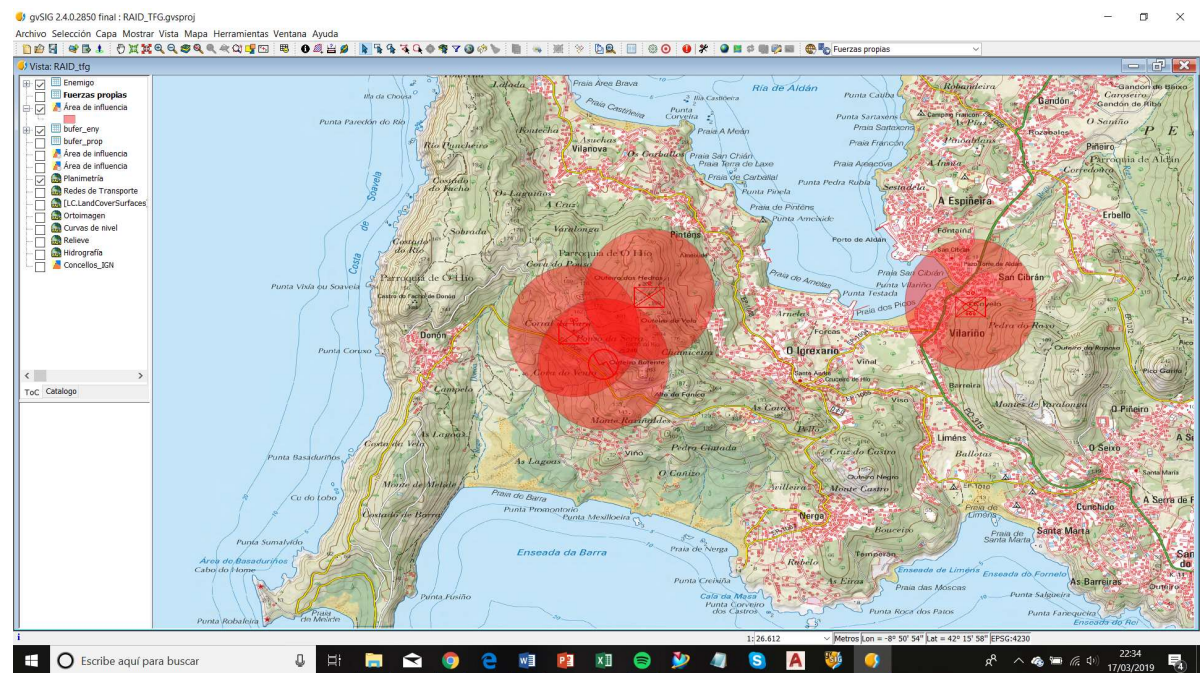


**Figura 4-14 Alcance de armas del enemigo (elaboración propia).**

Para la elección de la playa más adecuada para realizar el desembarco se estudian con gvSIG (herramienta medición): la dimensión (longitud) y la cercanía a poblaciones. Las playas tentativas para el desembarco (Figura 4-15) vienen restringidas por tres motivos: razones tácticas terrestres, condiciones meteorológicas favorables para el desembarco en zona sur e imposición de unidad superior (profesores de la ENM). De esta manera, las playas tentativas se listan en la Tabla 4-3.

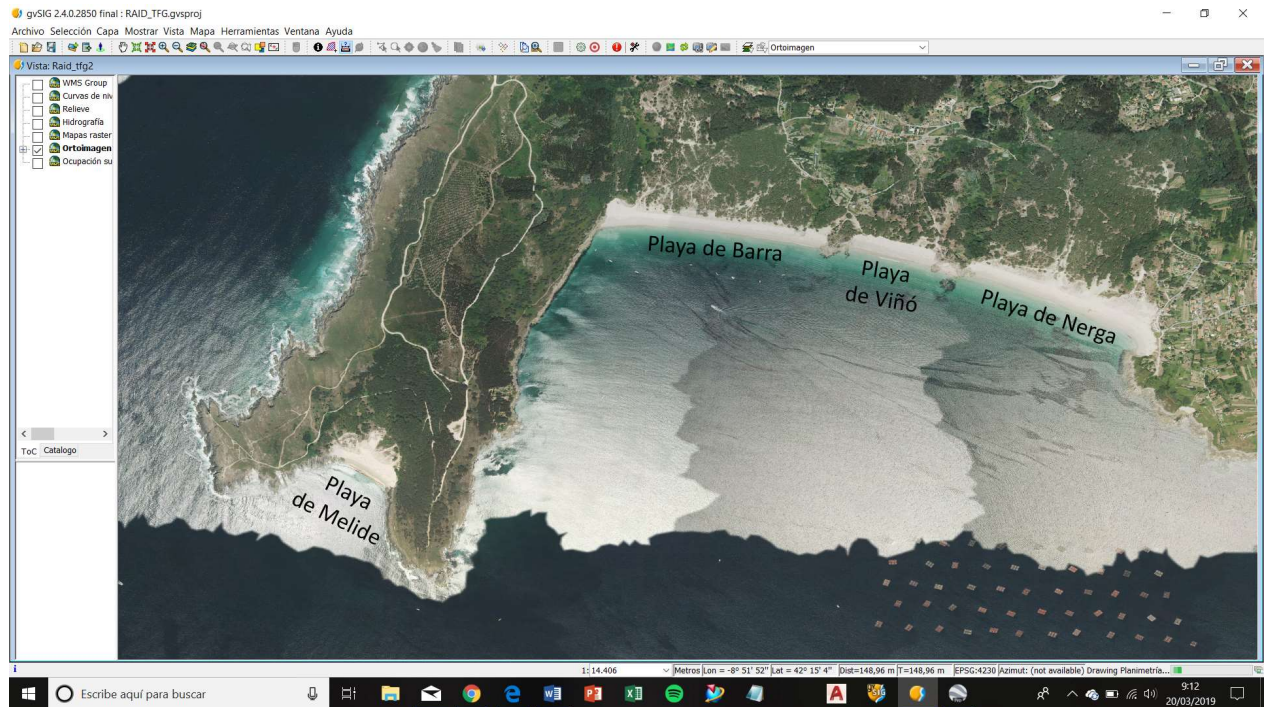


**Figura 4-15 Playas tentativas para el desembarco anfibio (elaboración propia).**

| Nombre          | Longitud | Cercanía a población |
|-----------------|----------|----------------------|
| Playa de Melide | 130 m    | 2300 m               |
| Playa de Barra  | 650 m    | 915 m                |
| Playa de Viñó   | 240 m    | 550 m                |
| Playa de Nerga  | 570 m    | 600 m                |

**Tabla 4-3 Playas tentativas para el desembarco (elaboración propia).**

La selección de entre estas playas tentativas viene dada por la siguiente argumentación:

- La playa de Melide, a pesar de su mayor lejanía a poblaciones (2300 m), queda descartada por su insuficiente longitud (130 m). La longitud mínima necesaria para realizar el desembarco anfibio es de 200 m.
- La playa de Viñó, aunque dispone de suficiente longitud para realizar el desembarco de manera segura (240 m), queda descartada por su proximidad al núcleo urbano de Viñó (550 m). La distancia mínima a un núcleo de población, considerada para este tipo de ejercicios, es de 800 – 1000 m.
- La playa de Nerga dispone de una longitud correcta (570 m), pero se encuentra a una distancia insuficiente al núcleo de población de Nerga (600 m).
- La playa de Barra reúne ambas condiciones. Esta playa presenta la mayor longitud (650 m) y una distancia apropiada a núcleos de población (915 m). Por lo tanto, esta playa es la elegida para realizar el desembarco anfibio de la fuerza.

Una vez estudiado el campo de batalla, junto con las restricciones de maniobra establecidas por la unidad superior (Profesores de la ENM), se desarrolla el plan de maniobra propio para cumplir la misión. El comandante de la unidad decide dividir su unidad en cuatro elementos: un elemento de asalto, uno de seguridad, uno de vigilancia y una fuerza avanzada. La fuerza avanzada desembarcará previa a los demás elementos, estableciendo un observatorio en el Monte de Melide (Cangas) para proporcionar seguridad en el desembarco al resto de elementos, el elemento de seguridad

proporcionará seguridad a las embarcaciones y equipo empleado en el desembarco en la Playa de Barra (Cangas). El elemento de vigilancia se establecerá en el Facho do Donón (Cangas), controlando todo el campo de batalla. Finalmente, el elemento de asalto será el encargado de realizar la acción en el objetivo limpiando este de fuerzas enemigas. En la Figura 4-16 y Figura 4-17 se observan las posiciones de los cuatro elementos en el momento previo al asalto al objetivo.

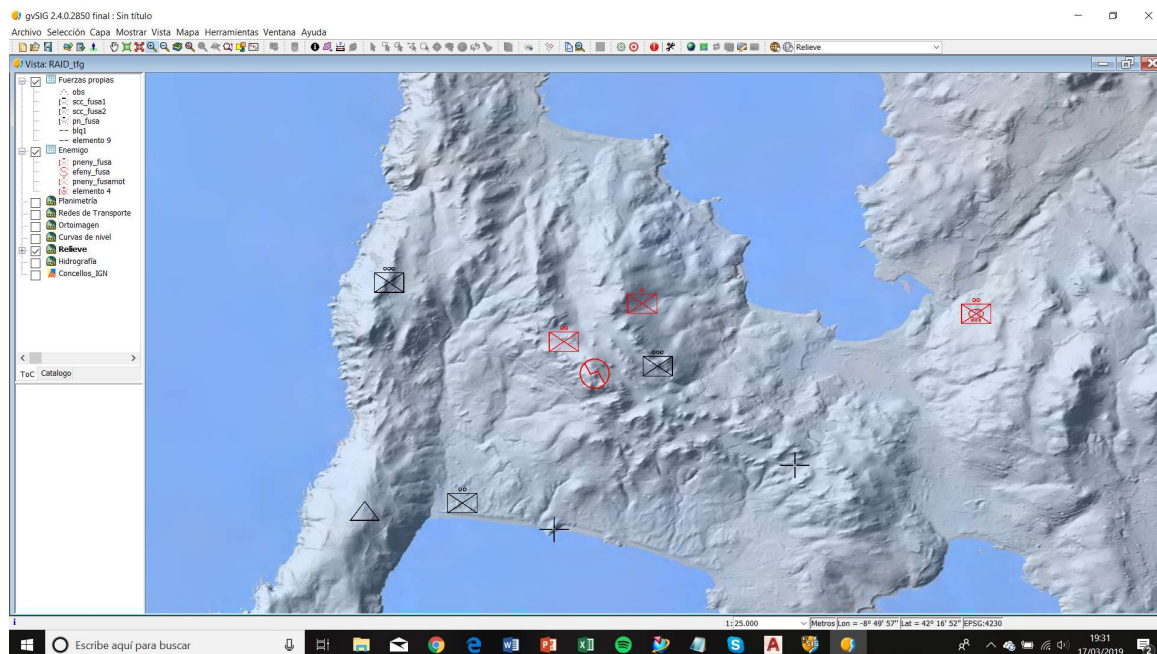


**Figura 4-16 Esquema de maniobra propia y enemiga sobre capa de elevaciones (elaboración propia).**

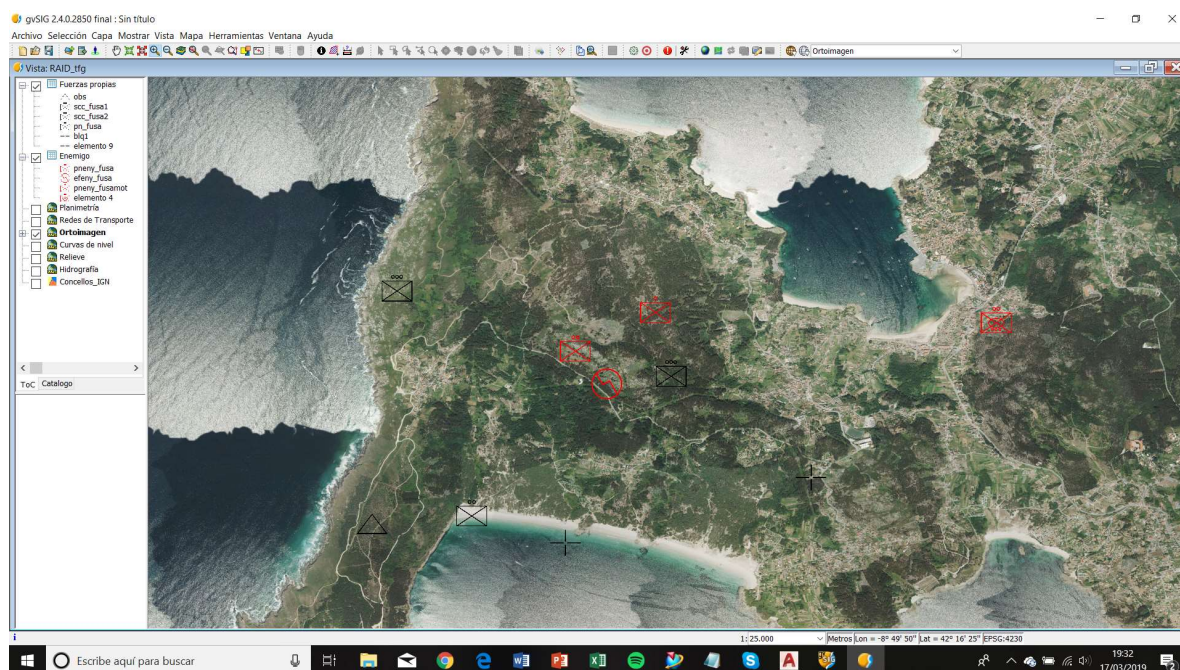


**Figura 4-17 Esquema de maniobra propia y enemiga sobre capa de elevaciones (elaboración propia).**

Para la obtención de los productos necesarios (Anexo I) se sigue el procedimiento detallado en este TFG, elaborando primero los correspondientes al apoyo al planeamiento y posteriormente los productos necesarios para el *briefing*. Por último, en la Figura 4-18 se muestra cómo se importaron las capas de elementos de maniobra creadas en la herramienta Google Earth, explotando la capacidad de

este en visualización 3D, a la vez que se realiza un análisis de visibilidad desde las posiciones de vigilancia.



**Figura 4-18 Vista 3D de la maniobra en Google Earh (elaboración propia).**

En la Figura 4-19, Figura 4-20 y Figura 4-21 se observa el resultado del análisis de visibilidad desde diferentes posiciones:

- En la Figura 4-19 se observa la dominancia del enemigo del campo de batalla, con control sobre los principales sectores de desembarco y avenidas de aproximación a su posición defensiva. Sin embargo, el sector este del campo de batalla es el menos controlado por el enemigo, siendo el más apto para la aproximación propia.
- En la Figura 4-20 se observa la cuenca visual del observatorio (ocupado por la fuerza avanzada) localizado en el Monte de Melide (Cangas), con visual sobre el sector este del campo de batalla y los sectores de desembarco del sector sur del objetivo.
- En la Figura 4-21 se muestra la cuenca visual del elemento de vigilancia situado en Facho do Donón (Cangas), el cual tiene visual sobre el objetivo y la principal avenida de aproximación al objetivo (la carretera nacional EP-1006).



**Figura 4-19 Cuenca visual desde posiciones enemigas (elaboración propia).**



**Figura 4-20 Cuenca visual desde observatorio (elabrocación propia).**

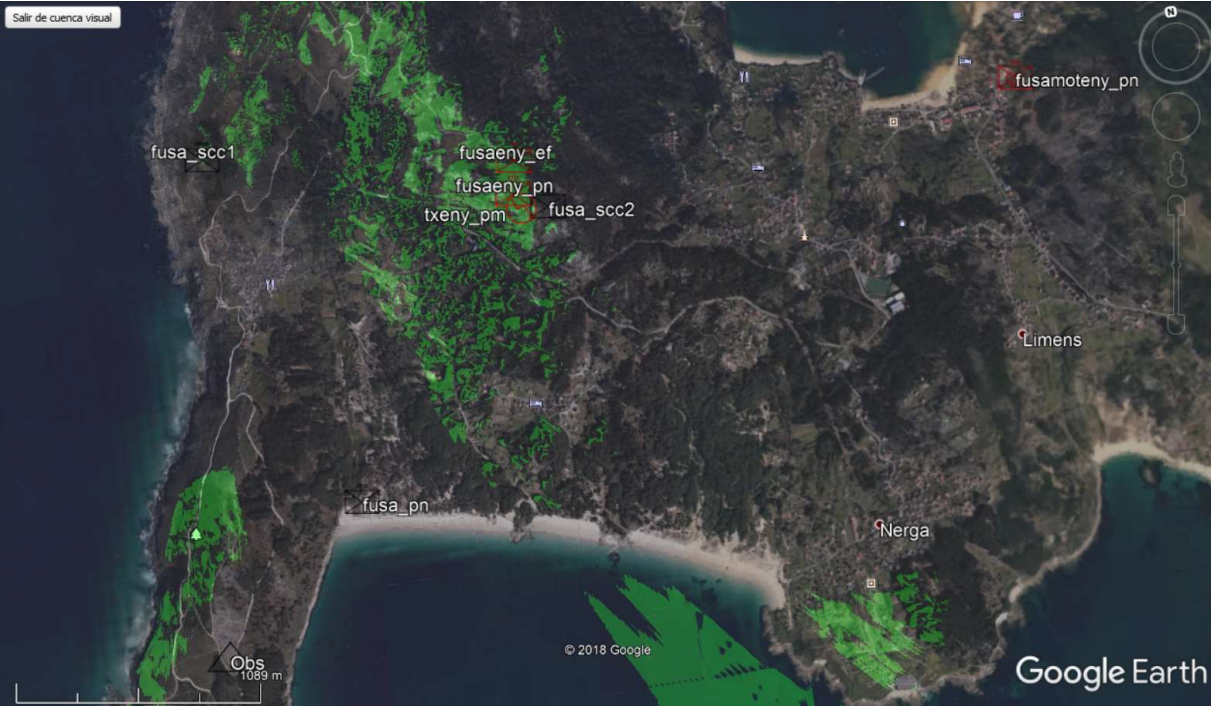


Figura 4-21 Cuenca visual desde elemento de vigilancia (elaboración propia).

## 5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

### 5.1 Conclusiones

Siguiendo el procedimiento desarrollado, se logra realizar un análisis del terreno más completo en operaciones, a la vez que se consigue optimizar el tiempo disponible gracias a la capacidad y versatilidad de los *software* SIG, con una total imposición de los SIG frente a los métodos tradicionales de estudio del terreno. Por una parte, la cantidad de datos, o variables del terreno, de la que se dispone es muy amplia, así como la gran cantidad de geoalgoritmos de análisis espacial que ofrecen estas herramientas. Además, los SIG trabajan en un entorno digital, lo cual facilita la transmisión de datos entre unidades. Por otro lado, el procedimiento desarrollado favorece el trabajo con simbología OTAN, al disponerse de una biblioteca normalizada que incluye los símbolos más habituales en la Compañía de Alumnos, acostumbrando a los alumnos a la simbología que emplearán al egresar de la ENM.

Las capacidades de los SIG son muy poco conocidas por los alumnos de la ENM, siendo el primer contacto real con estos en la etapa final de su formación, en las prácticas del segundo cuatrimestre de su último año de formación, o ya en las propias unidades una vez egresados. Esto genera cierto rechazo a los SIG por el desconocimiento que se tiene de ellos y el pequeño margen de aprendizaje de los mismos en la ENM, quedando todas sus capacidades restringidas a la mínima expresión. Aunque se necesite de cierta carga de trabajo inicial para poder operar con un *software* SIG, una vez asimilado el funcionamiento de este, el rendimiento a la hora de planear, tomar decisiones y generar producto aumenta de forma exponencial. Sin embargo, cabe destacar que, a pesar de que los SIG ofrecen grandes capacidades a las unidades militares, no deben de abandonarse bajo ningún concepto los métodos tradicionales de estudio del terreno. A pesar del soporte de los SIG, que ofrece un análisis del terreno desde laboratorio, es recomendable realizar un reconocimiento in situ del terreno para comprobar que los datos geográficos disponibles reflejan la realidad (actualización de datos).

Otro aspecto destacable de los SIG es su elevado grado de interoperabilidad. Esta compatibilidad atañe no solamente a formatos de importación de datos sino también a formatos de exportación de datos compatibles con otras herramientas. Entre los formatos que se han utilizado en este TFG, destacan aquellos de diseño gráfico, como *dwg*, de información geográfica, como *kml* o *shp*, de edición de tablas, como *csv*, y de acceso a servidores remotos, como *WMS* o *WMST*. Estos formatos son compatibles con un amplio abanico de aplicaciones, como Google Earth o Google Maps. Asimismo, esta compatibilidad entre formatos y aplicaciones hace que la cartografía sea más homogénea y se pueda transferir fácilmente entre distintas unidades.

Por otro lado, la Compañía de Alumnos de la ENM, por su naturaleza, se ve sometida a una constante rotación de su comandante por diversas causas: rotación del alumno encargado del ejercicio, variación del curso encargado de planear una operación, y la propia renovación de alumnos que se encuentran en periodo de formación. A causa de esto, no hay homogeneización de formatos empleados en la ENM para la elaboración cartográfica. En este sentido, este TFG ofrece un procedimiento para la elaboración cartográfica necesaria para la Compañía de Alumnos para las operaciones de planeamiento mediante estándares OTAN.

En la puesta en práctica del procedimiento en la operación anfibia se explotó principalmente la capacidad de descarga de datos geográficos por medio de servidores WMS. Los datos geográficos procedentes a través de estos servidores colapsaron totalmente al fallar la conexión a la red, mermando considerablemente las capacidades del SIG hasta que se recuperó la conexión. Así, aunque uno de los puntos críticos para los SIG es la elevada capacidad de descarga de datos en red, esto puede ser un obstáculo mayor en ambiente de operaciones o maniobras en donde esta capacidad de descarga se ve claramente reducida. Por ello, será necesaria una previa descarga y almacenamiento de los datos geográficos necesarios del campo de batalla para operaciones o maniobras fuera de las instalaciones del cuartel.

## **5.2 Líneas futuras**

### *5.2.1 Análisis de rutas óptimas*

Otra posible vía de desarrollo de este procedimiento sería la selección de rutas óptimas a partir de determinadas variables: menor o mayor distancia y desnivel, que no exceda un rango determinado de pendientes, o que un porcentaje de la ruta discurra por zonas no ocultas desde determinados puntos.

### *5.2.2 Zonas de movilidad de vehículos*

En el entorno actual la necesidad del uso de vehículos motorizados y mecanizados en las Fuerzas Armadas es indudable. Estos medios motorizados dotan de una gran velocidad a las unidades, aunque su movilidad se ve limitada por el terreno. Es por ello que sería de gran utilidad poder obtener mapas que muestren qué zonas son adecuadas, y cuáles no, para el movimiento de los diferentes vehículos de Infantería de Marina. Estas capas podrían generarse siguiendo los rangos de movilidad de los vehículos en función de los tipos de vegetación, pendientes o consistencia del terreno obtenidos en las pruebas realizadas a los vehículos.



**Figura 5-1** Circuito de pruebas de la empresa URO [21].

### *5.2.3 Ampliación de la biblioteca de símbolos*

La biblioteca de símbolos desarrollada solamente incluye una pequeña parte de la totalidad de símbolos existentes. Esta biblioteca de símbolos podría ampliarse para comprender todo el abanico de símbolos existentes en las publicaciones OTAN ([8] y [9]).

#### 5.2.4 Explotación mayor de Google Earth

El SIG desarrollado por Google tiene un elevado número de capacidades que pueden ser de gran utilidad para las Fuerzas Armadas: creación de vuelos por rutas, empleo de animaciones, y una gran capacidad para la visualización en 3D. Por ello, una explotación de esta plataforma aumentaría aún más la capacidad del mando a la hora de planear y tomar decisiones.



Figura 5-2 Logotipo del *software* Google Earth [22].

#### 5.2.5 Realidad aumentada

La reciente aparición de herramientas de realidad aumentada también podría aplicarse a los SIG, facilitando la visualización del campo de batalla y los elementos de maniobra, consiguiendo un planeamiento más intuitivo y completo.



Figura 5-3 Campo de batalla en realidad aumentada [23].



## 6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Defensa, D-RIM-351, 2014.
- [2] Ministerio de Defensa, D-RIM-331, 2014.
- [3] Ministerio de Defensa, D-RIM-321, 2015.
- [4] Ministerio de Defensa, D-RIM-351, 2014.
- [5] Junta de Andalucía, «Confederación de Empresarios de Andalucía,» [En línea]. Available: <http://sig.cea.es/SIG>. [Último acceso: 11 03 2019].
- [6] Instituto Geográfico Nacional, «Visor Iberpix,» [En línea]. Available: <https://www.ign.es/iberpix2/visor/>. [Último acceso: 20 01 2019].
- [7] Agencia de Normalización de la OTAN, «Agencia de Normalización de la OTAN,» OTAN, [En línea]. Available: <https://nso.nato.int/nso/>. [Último acceso: 14 Enero 2019].
- [8] Agencia OTAN de Normalización, AAP-06 NATO GLOSSARY OF TERMS AND DEFINITIONS, 2016.
- [9] Agencia OTAN de Normalización, STANAG 2287 TASK VERBS FOR USE IN PLANNING AND THE DISEMINATION OF ORDERS, 2006.
- [10] US Department of Defense, MIL-STD 2525A Common Warfighting Symbolology.
- [11] US Ministry of Defense, Marine Corp Reference Publication 5-2A Operational Terms and Graphics.
- [12] gvSIG Asociación, «gvSIG,» [En línea]. Available: <http://www.gvsig.com/es>. [Último acceso: 20 ENE 2019].
- [13] Ministerio de Defensa, «Ejército de Tierra,» [En línea]. Available: [http://www.ejercito.mde.es/noticias/2014/08/3542\\_Batallon\\_Toledo\\_sistema\\_Talos.html](http://www.ejercito.mde.es/noticias/2014/08/3542_Batallon_Toledo_sistema_Talos.html). [Último acceso: 10 3 2019].
- [14] G. T. GIS, «Cursos GIS,» [En línea]. Available: <https://www.cursosgis.com/nuevas-funcionalidades-de-gvsig-2-3-crear-bibliotecas-de-simbolos/>.

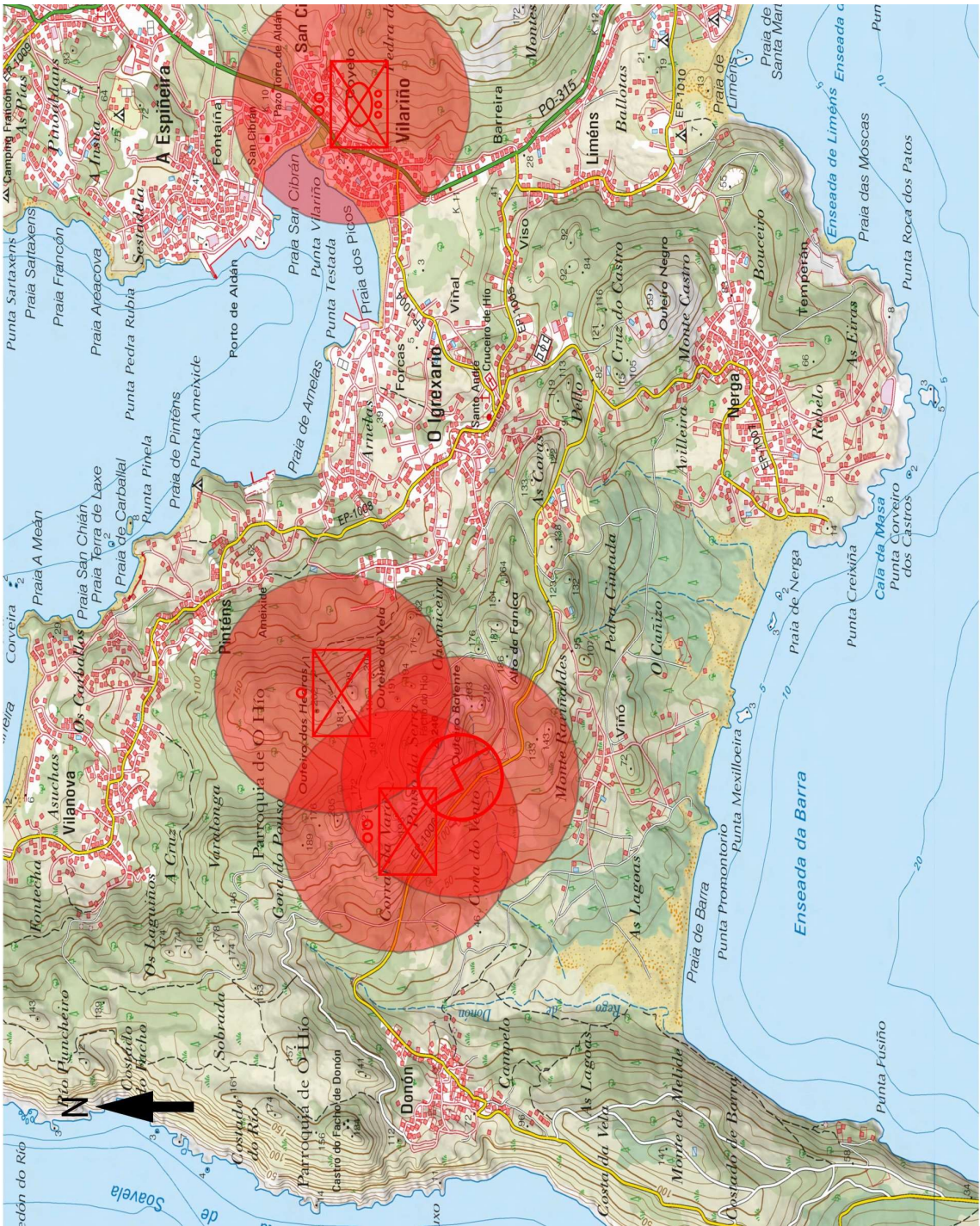
- [15] gvSIG asociación, «Centro de descargas gvSIG,» [En línea]. Available: <http://www.gvsig.com/es/productos/gvsig-desktop/descargas>. [Último acceso: 07 01 2019].
- [16] Centro Nacional de Información Geográfica, «Centro de Descargas del CNIG,» [En línea]. Available: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#>. [Último acceso: 20 02 2019].
- [17] Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, «Inventario Forestal Nacional,» [En línea]. Available: <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/default.aspx>. [Último acceso: 28 02 2019].
- [18] Ministerio de Fomento, «Plan Nacional de Ortofotografía Aérea,» [En línea]. Available: <http://pnoa.ign.es/>. [Último acceso: 22 02 2019].
- [19] Escuela de Infantería de Marina General Albacete y Fuster, Las armas del batallón de desembarco, Cartagena, 2008.
- [20] J. Valcarce, «Cartografía digital,» [En línea]. Available: <https://digimapas.blogspot.com/2017/11/nuevos-servicios-de-ocupacion-del-suelo.html>. [Último acceso: 20 03 2019].
- [21] C. I. p. l. S. y. l. Defensa, «Campus Internacional para la Seguridad y la Defensa,» [En línea]. Available: <https://observatorio.cisde.es/reportajes/al-volante-de-los-nuevos-uro-vamtac-de-armada/>. [Último acceso: 17 03 2019].
- [22] Google, «Google Earth,» [En línea]. Available: <https://google-earth.descargar.es/>. [Último acceso: 18 03 2019].
- [23] AR CRYPT, «Augmented Reality News, Gossip, Examples & Events,» [En línea]. Available: <https://www.arcrypt.com/augmented-reality-goes-to-war-with-airbus-holographic-sandbox/>. [Último acceso: 18 03 2019].
- [24] «Web de La Moncloa,» [En línea]. Available: <http://www.lamoncloa.gob.es>. [Último acceso: 13 enero 2015].
- [25] OTAN, APP-06 NATO GLOSSARY OF TERMS AND DEFINITIONS, 2016.
- [26] NATO, AAP-06 NATO GLOSSARY OF TERMS AND DEFINITIONS, 2016.
- [27] Agencia de Normalización de la OTAN, «Agencia de Normalización de la OTAN,» OTAN, [En línea]. Available: <https://nso.nato.int/nso/>. [Último acceso: 2019 Enero 14].
- [28] gmv, «gmw innovating solutions,» [En línea]. Available: <https://www.gmv.com/es/>. [Último acceso: 14 02 2019].
- [29] Ministerio de Defensa, «Ejercito de Tierra,» [En línea]. Available: <http://www.ejercito.mde.es/noticias/2013/04/2263.html>. [Último acceso: 17 01 2019].
- [30] Instituto Geográfico Nacional, «Centro de Información Geográfica Nacional,» [En línea]. Available: <http://www.ign.es/web/ide-area-nodo-ide-ign>. [Último acceso: 23 02 2019].

## **ANEXO I: PRODUCTOS OP. ATENEA**



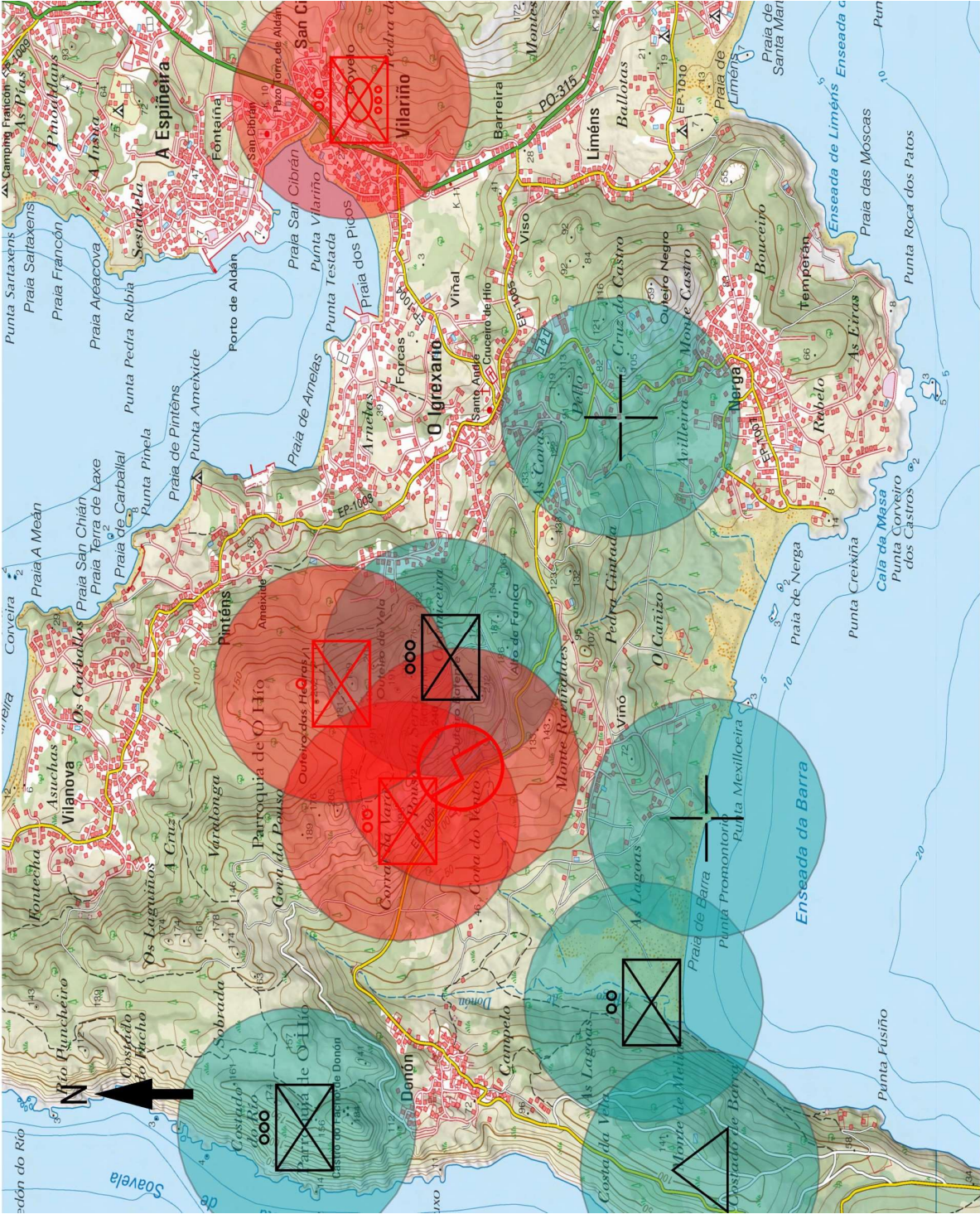
|            |                      |
|------------|----------------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1         |
| FASE II    | Alcance de las armas |

1: 25 000



|            |                      |
|------------|----------------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1         |
| FASE II    | Alcance de las armas |

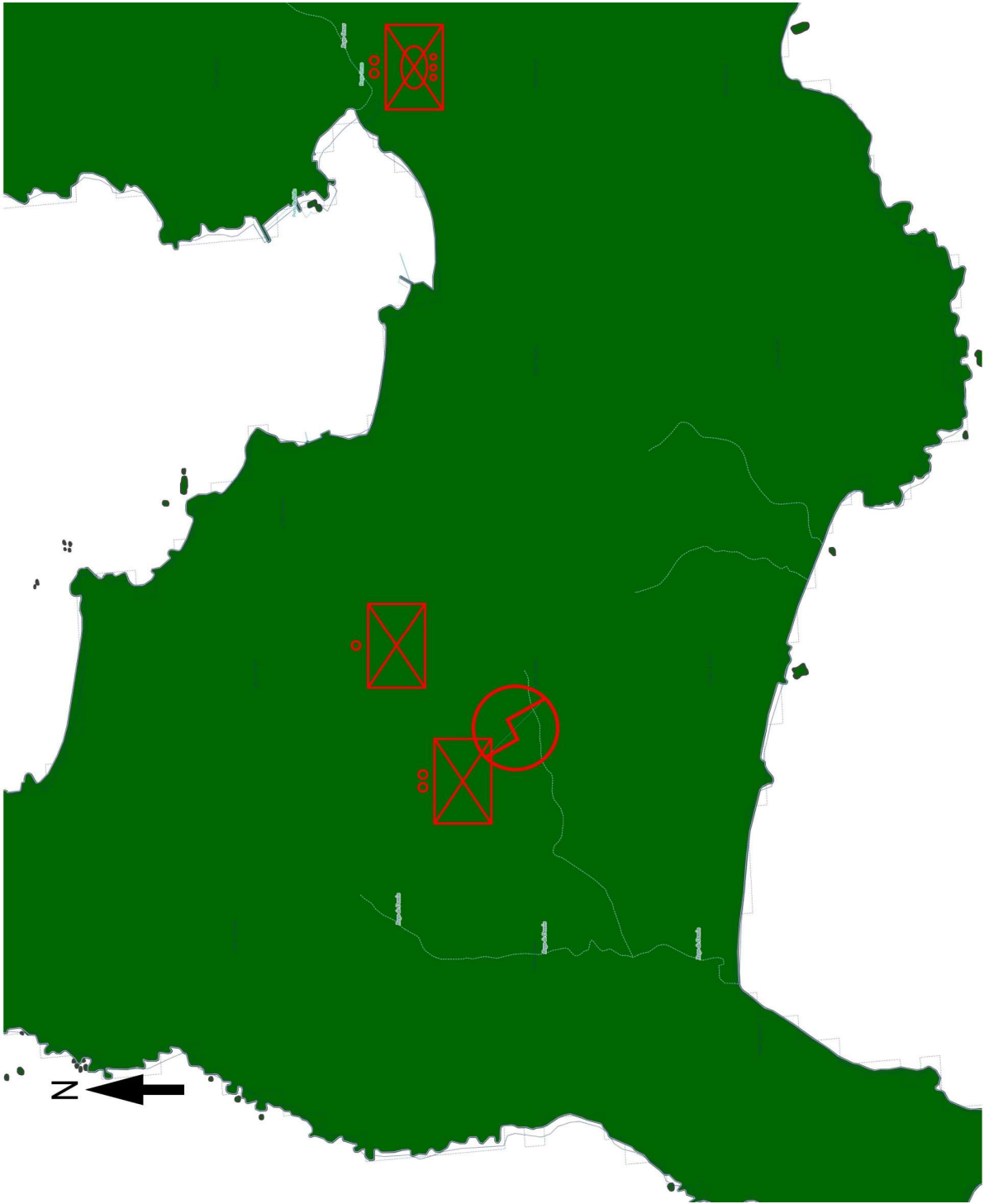
1: 25 000





|            |              |
|------------|--------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1 |
| FASE II    | Hidrografía  |

1: 25 000



|            |                        |
|------------|------------------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1           |
| FASE II    | Ortofotografía<br>PNOA |

1: 25 000



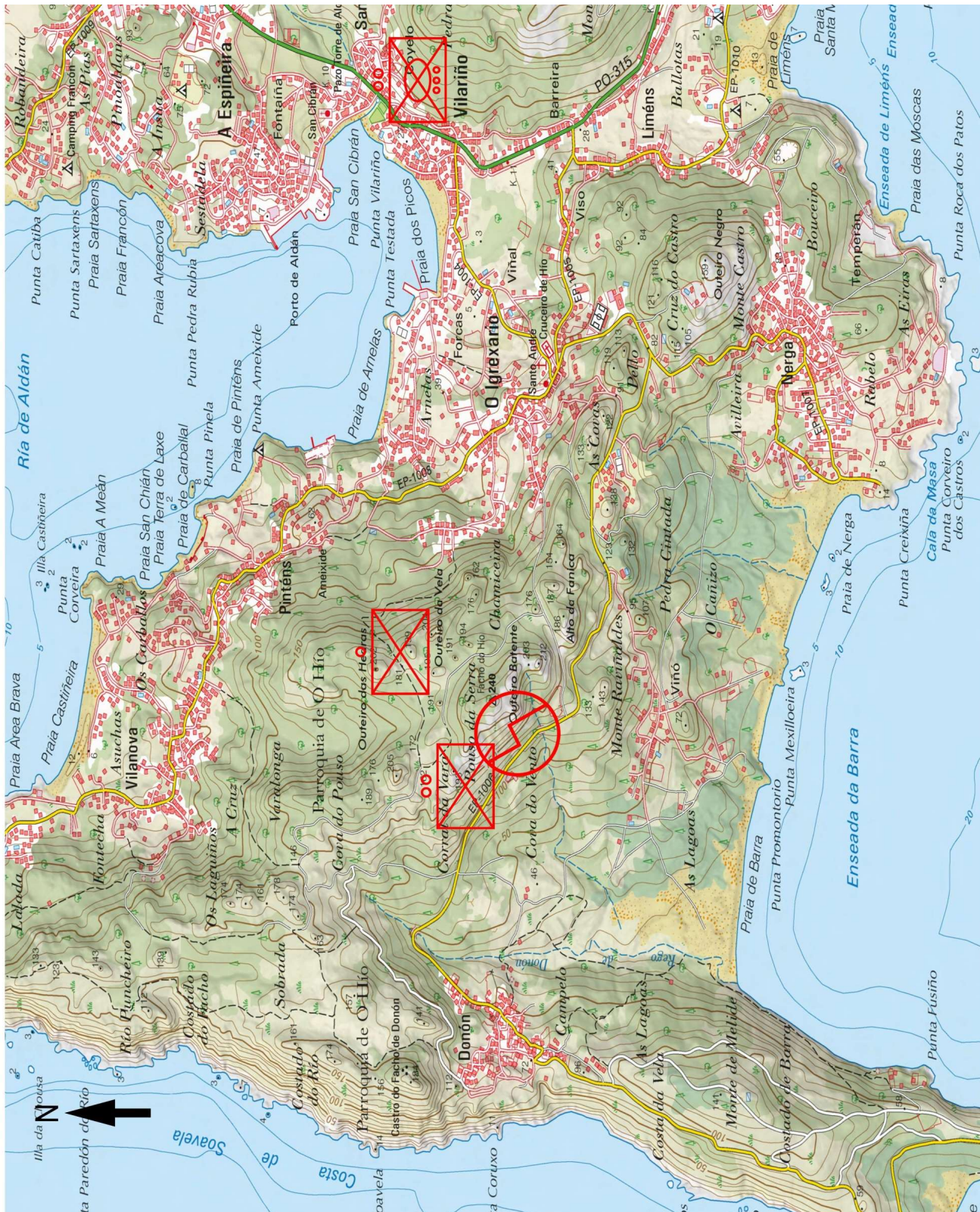
|            |                        |
|------------|------------------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1           |
| FASE II    | Ortofotografía<br>PNOA |

1: 25 000



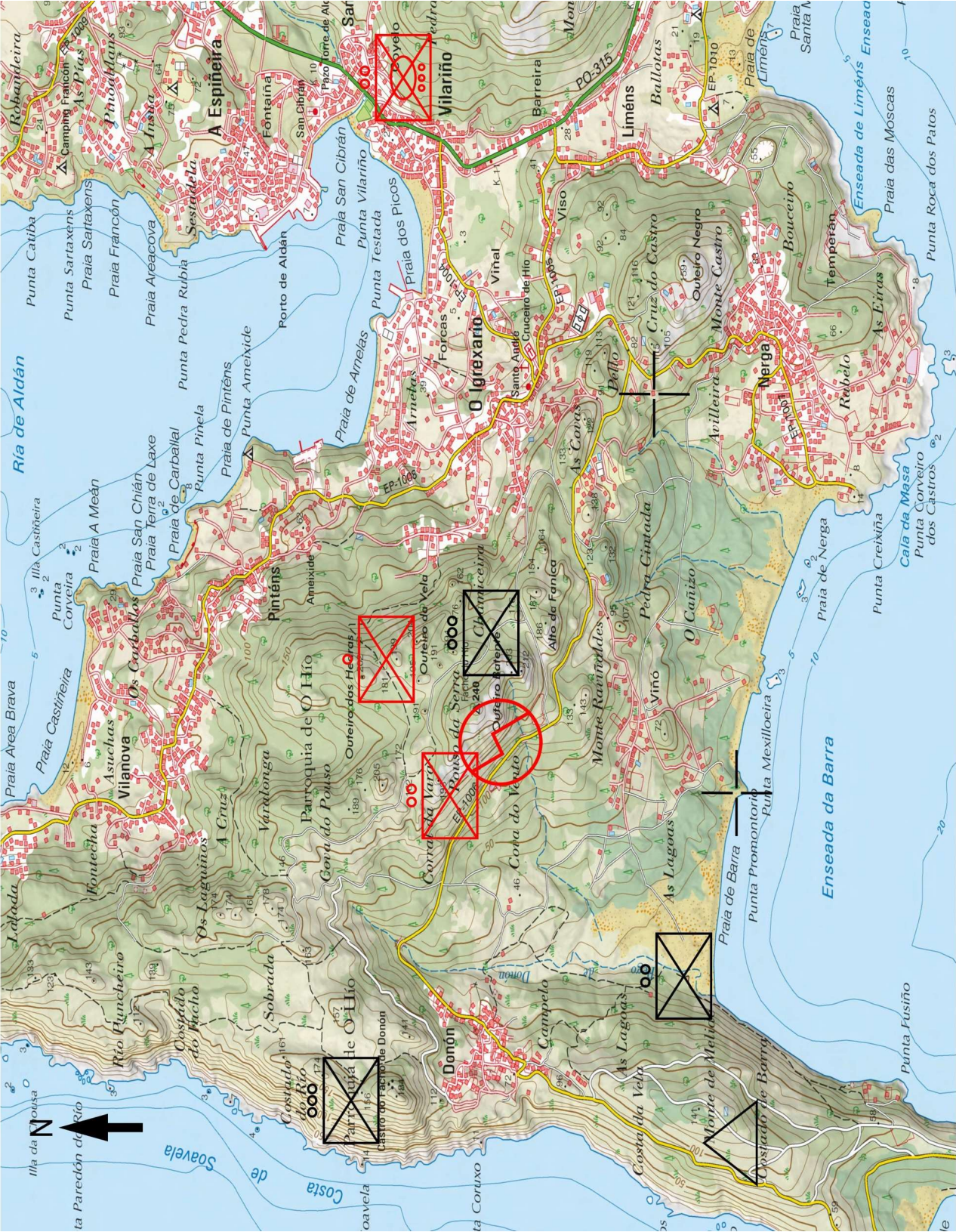
|            |                 |
|------------|-----------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1    |
| FASE II    | Planimetría IGN |

1: 25 000



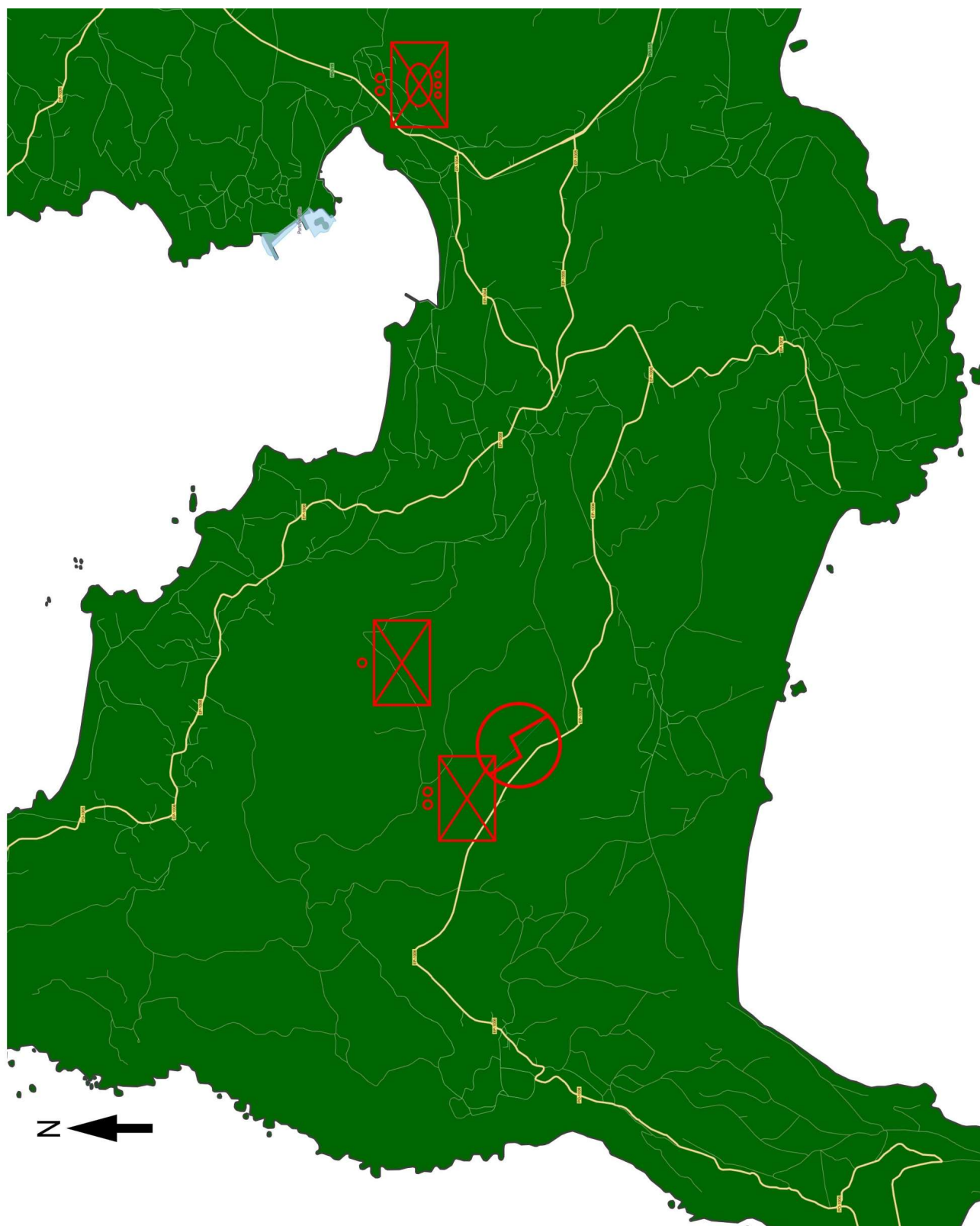
|            |                 |
|------------|-----------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1    |
| FASE II    | Planimetría IGN |

1: 25 000



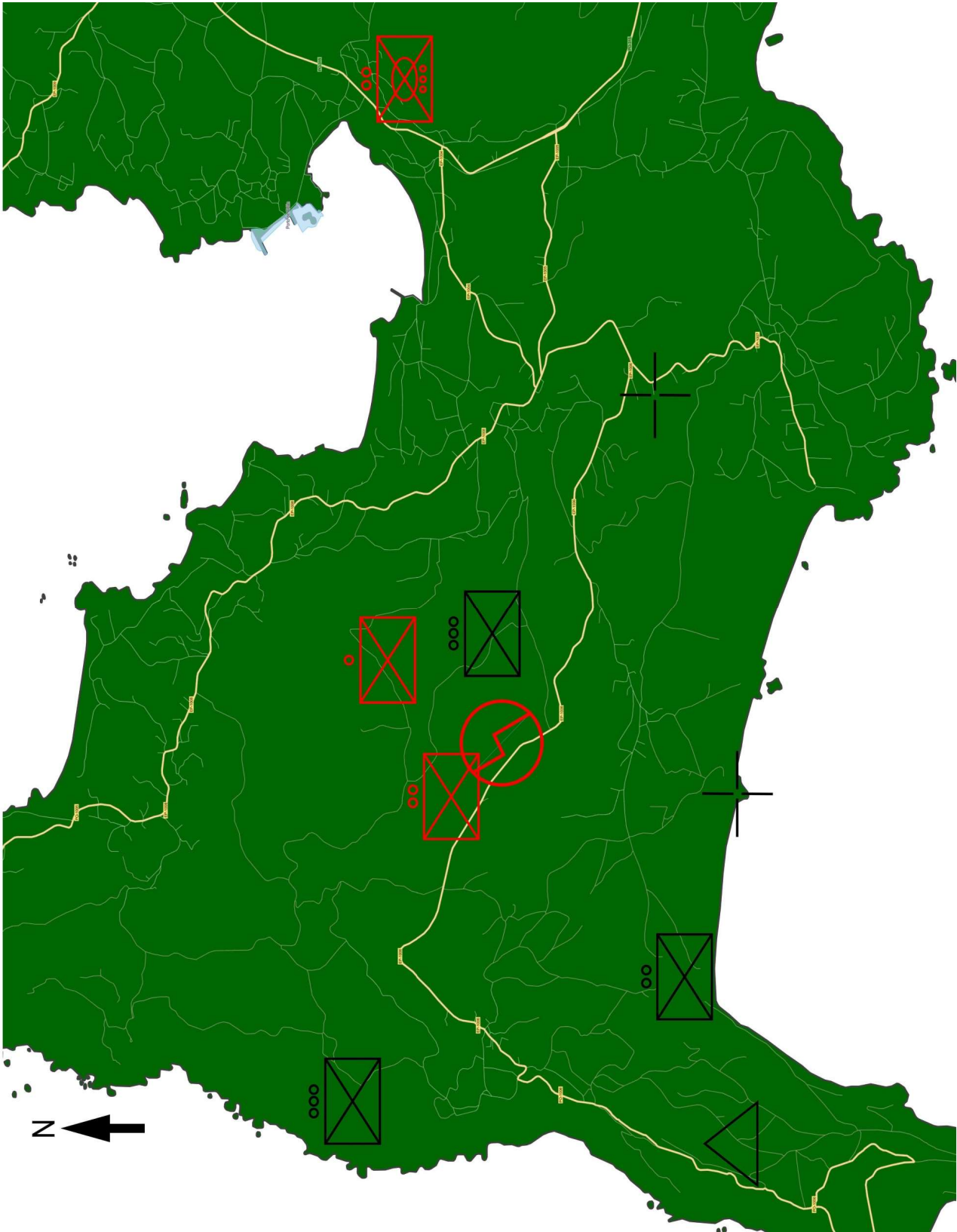
|            |                     |
|------------|---------------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1        |
| FASE II    | Redes de transporte |

1: 25 000



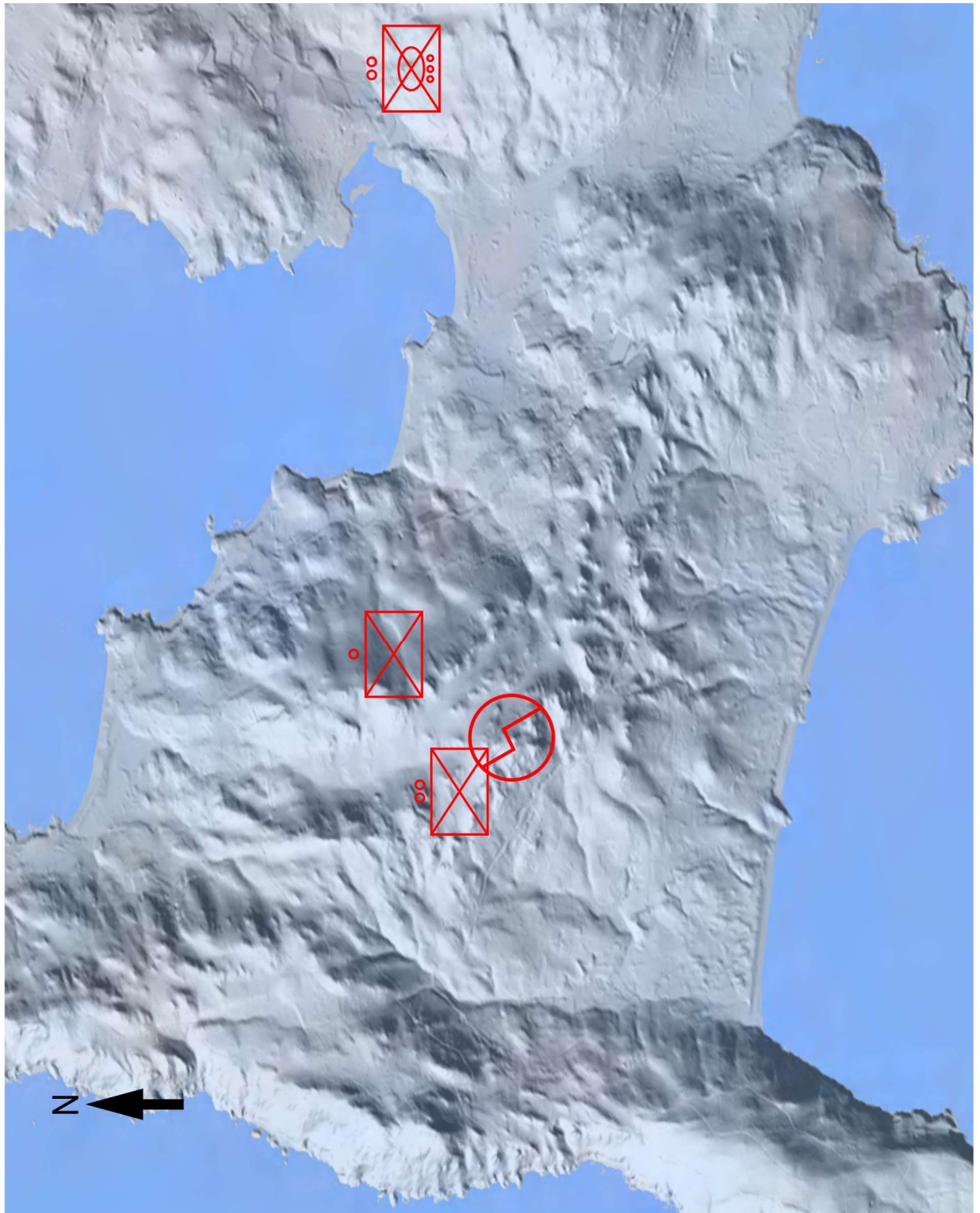
|            |                     |
|------------|---------------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1        |
| FASE II    | Redes de transporte |

1: 25 000



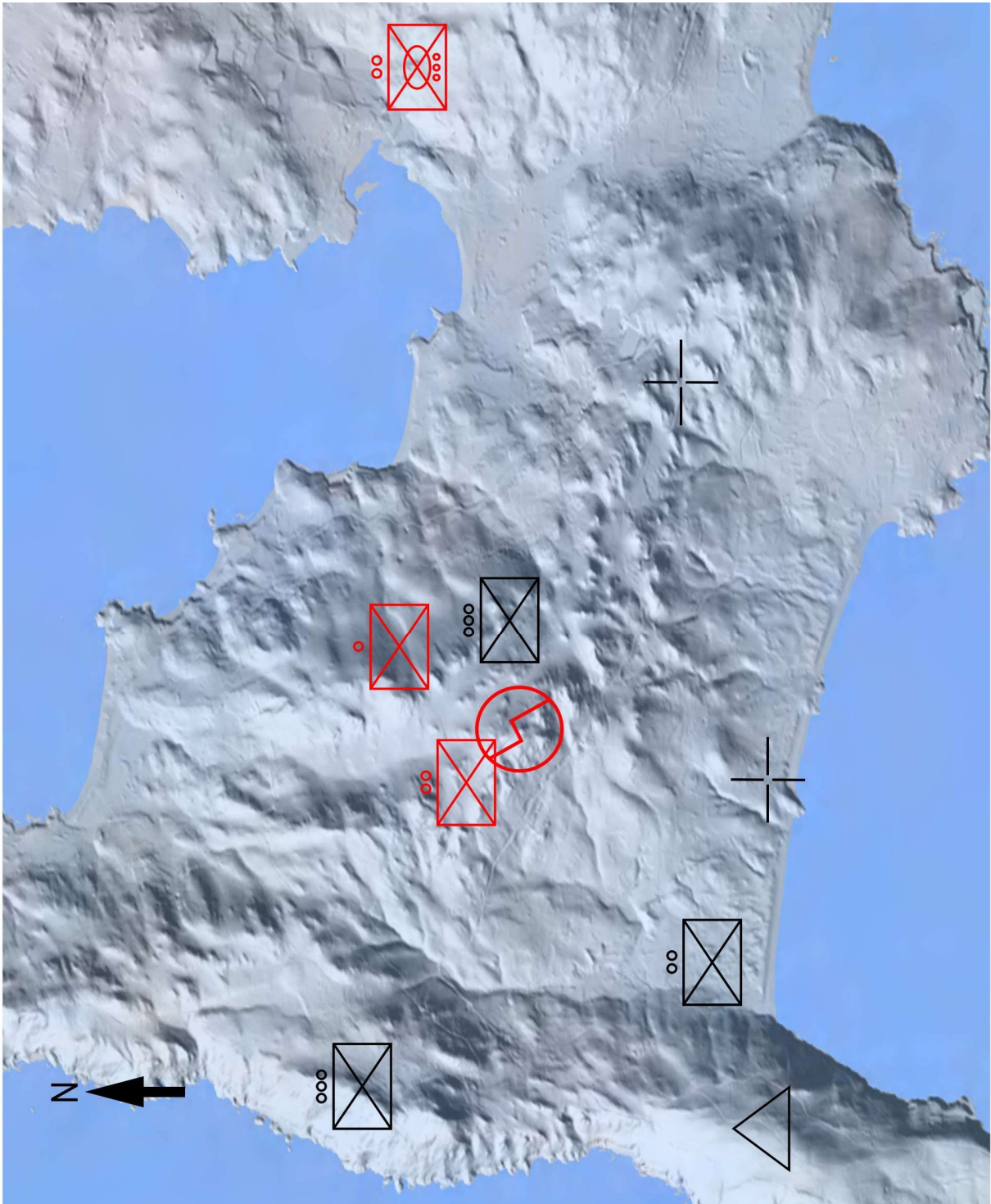
|            |              |
|------------|--------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1 |
| FASE II    | Relieve      |

1: 25 000



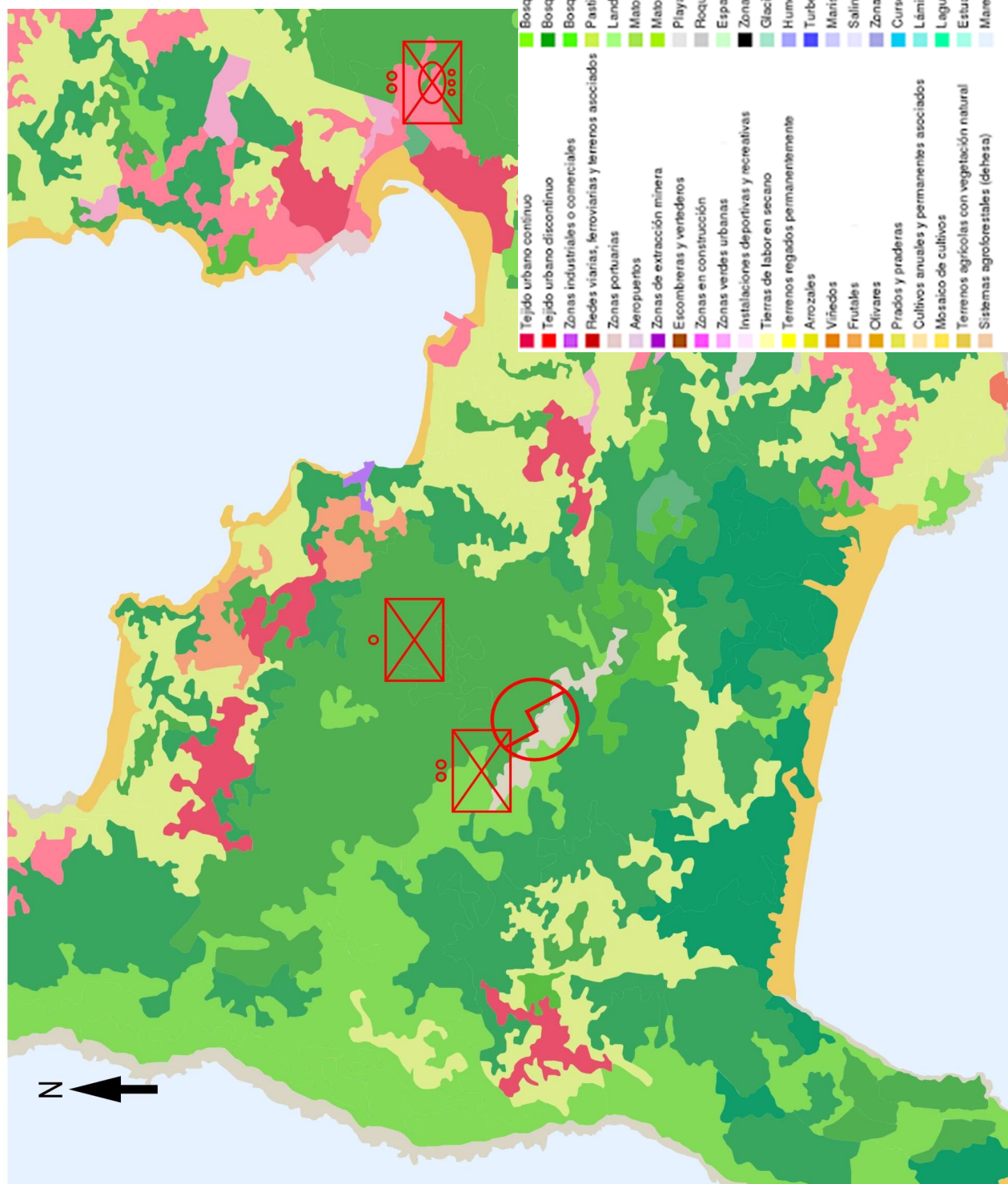
|            |              |
|------------|--------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1 |
| FASE II    | Relieve      |

1: 25 000



|            |              |
|------------|--------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1 |
| FASE II    | Vegetación   |

1:25 000



|            |              |
|------------|--------------|
| OP. ATENEA | Copia 1 de 1 |
| FASE II    | Vegetación   |

1:25 000

