



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Elaboración de cartografía temática militar de Campos de
Maniobra y Tiro - CMT a través de los SIG*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Carlos Núñez Gutiérrez

DIRECTOR: Iván Puente Luna

CURSO ACADÉMICO: 2020-2021

UniversidadeVigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Elaboración de cartografía temática militar de Campos de
Maniobra y Tiro - CMT a través de los SIG*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Infantería de Marina

UniversidadeVigo

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objeto la aportación de cartografía temática en tres campos de maniobra: el Campo de Adiestramiento de la Sierra del Retín, muy frecuentado por las unidades de la BRIMAR por su cercanía al Tercio de Armada; el CMT “Parga” que visitan los alumnos de IM de la ENM, como mínimo, una vez al año para su semana I+A; y el CMT “Álvarez de Sotomayor”, con grandes prestaciones para el adiestramiento de las unidades de la Fuerza de Infantería de Marina. El análisis SIG de estas zonas se realiza mediante el software gvSIG y se apoya en la Carta Digital, aplicación enfocada exclusivamente al proceso de Integración Terreno-Enemigo.

La cartografía temática elaborada está enfocada a colaborar con el adiestramiento práctico de los combatientes en el estudio del terreno, planteando nuevas alternativas de entrenamiento. Además, estos mapas sirven de apoyo para diseñar ejercicios de I+A, siendo especialmente útiles tanto para los alumnos de IM de la ENM, como para sus profesores y los EEMM/PLM’s de las unidades de la BRIMAR. Por último, se proporciona información acerca de algunos servicios que pueden ser proporcionados a las unidades en las inmediaciones de los campos de maniobra.

PALABRAS CLAVE

Geoprocesos, Campos de Maniobra y Tiro (CMT), Sistemas de Información Geográfica (SIG), Infantería de Marina (IM), Capa

AGRADECIMIENTOS

Sirvan estas palabras para culminar mi andadura por esta Escuela Naval Militar, tras cinco años, aparentemente interminables, en los que, sin duda alguna, han sido muchas las personas que me han tendido su brazo, tanto personal como profesionalmente, para levantarme tras las infinitas caídas en este largo camino.

En primer lugar, agradecer a mi tutor Iván Puente, por depositar toda la confianza en mí durante este trabajo y por orientarme correctamente siempre que lo he requerido.

Merecen ser nombrados en estas palabras también mis grandes fieles amigos Jacobo de Lis Jiménez, Rodrigo Bolívar Rodríguez y Álvaro Ruesta Montesino, que sin duda han sido pilares fundamentales para que mi singladura en esta Escuela se haya amenizado en gran medida. Por supuesto, agradecer al resto de mis compañeros que directa o indirectamente me han apoyado y ayudado en cualquier aspecto de mi vida personal o profesional.

Por último, como no podía ser de otra manera, agradecer de corazón el apoyo incondicional de aquellos que más han podido notar mi ausencia, ya sea por la distancia física o por mis ocupaciones profesionales, tanto con este TFG como con el resto de cometidos en esta Escuela: mi familia. A mis padres por haberme inculcado los valores necesarios para afrontar esta aventura. A mi hermano Momo, por ser el referente en mi vida y ejemplo diario; a mi hermana Carmen, por enseñarme qué es la constancia y el esfuerzo en el trabajo; a mi hermana Rocío, por transmitirme alegría hasta en los momentos más grises y a mi hermana María, que poco se puede añadir sobre el amor fraternal hacia la pequeña de la casa. Estoy completamente seguro que sin ellos, no hubiese llegado al punto en el que me encuentro a día de hoy.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	5
Índice de Tablas.....	9
Índice de Siglas y Acrónimos.....	11
1 Introducción y objetivos	15
1.1 Motivación	15
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivos generales.....	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
2 Estado del arte	19
2.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG)	19
2.1.1 Historia de los SIG.....	19
2.1.2 Definición	21
2.1.3 Componentes de los SIG	21
2.1.4 Modelos de datos en un SIG	22
2.1.5 Modelos de almacenamiento y formatos en los SIG	24
2.2 Ventajas y aplicaciones de los SIG	25
2.2.1 Ventajas	25
2.2.2 Aplicaciones	26
2.3 Uso militar de los SIG.....	26
2.3.1 ¿Qué ofrecen los SIG al mundo militar?	26
2.3.2 Los SIG en las Fuerzas Armadas de España	27
2.3.3 Herramientas de SIG militar	28
2.4 Doctrina enfocada a los SIG	31
2.4.1 Delimitación del espacio de batalla	33
2.4.2 Estudio del terreno	33
2.4.3 Estudio de la meteorología	40
2.4.4 Estudio de otros factores.....	40
2.5 Software SIG.....	40
2.5.1 Opciones comerciales	40
2.6 Aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica empleados en este TFG	42
2.6.1 Software gvSIG	42
2.6.2 Carta Digital.....	42

3 Desarrollo del TFG.....	43
3.1 Criterios de selección de las zonas de estudio	43
3.1.1 CMT Parga.....	44
3.1.2 Campo de Adiestramiento Sierra del Retín (CASR)	45
3.1.3 CMT Álvarez de Sotomayor.....	47
3.2 Fuentes de Datos Geográficos.....	49
3.2.1 Instituto Geográfico Nacional (IGN)	49
3.2.2 Xunta de Galicia	53
3.2.3 Junta de Andalucía.....	54
3.3 Herramientas de gvSIG: filtros y geoprosesamientos.....	57
3.3.1 Filtro	57
3.3.2 Intersección.....	57
3.3.3 Capa de eventos	57
3.3.4 Puntos a líneas y Convertir polilíneas en polígonos	58
3.3.5 Unión	59
3.3.6 Área de influencia.....	59
3.3.7 Recortar.....	60
3.3.8 Juntar.....	61
3.4 Herramientas Carta Digital	62
3.4.1 Mejor ubicación del observador	62
4 Resultados	63
4.1 Cartografía temática	63
4.1.1 Mapas temáticos militares en los CMT	63
4.1.2 Diseño de ejercicios I+A en CMT y su área de influencia	71
4.1.3 Servicios cercanos a los CMT	72
4.2 Exportación a otros visores: Google Earth, Iberpix y Google Maps	73
4.2.1 Visualización de observatorios de artillería.....	73
4.2.2 Visualización de puntos topográficos	76
4.2.3 Visualización de itinerarios para marchas logísticas	77
5 Conclusiones y líneas futuras	81
5.1 Conclusiones	81
5.2 Líneas futuras	82
6 Bibliografía.....	85
Anexo I: Cartografía temática militar.....	89
Anexo II: Cartografía temática de apoyo para diseños ejercicios I+A.....	109

Anexo III: Cartografía temática de servicios en los CMT	129
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Infantes de Marina de la ENM desembarcando en la Isla De Tambo	15
Figura 1-2 Landing Craft Mechanized (LCM) y Vehículo de Alta Movilidad Táctica (VAMTAC) durante ejercicio MARFIBEX-81 en 2018 [1]	17
Figura 2-1 Mapa de África como salida de SYMAP [7].....	20
Figura 2-2 Capacidad 3D del GRASS SIG [9].....	20
Figura 2-3 Elementos que componen un SIG [13].....	22
Figura 2-4 Entidades geométricas básicas [17]	23
Figura 2-5 Obra basada en el "puntillismo" [17].....	23
Figura 2-6 Representación de información por capas [17]	25
Figura 2-7 Uso de la Carta Digital con GPS en un vehículo [28]	28
Figura 2-8 PDA y salida del Sistema TALOS [30].....	29
Figura 2-9 Interfaz de Carta Digital Windows v7 [32]	30
Figura 2-10 Sistema BMS-Lince instalado en un carro de combate [35]	30
Figura 2-11 Simulación gráfica del proyecto ATLANTE [30].....	31
Figura 2-12 Ejemplo de un (SOC) elaborado con la Carta Digital	32
Figura 2-13 Ejemplo de un SAC depurado elaborado con la Carta Digital	32
Figura 2-14 Ilustración del espacio de batalla [38]	33
Figura 2-15 Criterios de clasificación de pendientes con código de colores [37].....	34
Figura 2-16 Criterios de clasificación hidrográficos con códigos de colores [37].....	35
Figura 2-17 Criterios de clasificación según composición del suelo [37]	35
Figura 2-18 Criterios de densidad de la vegetación con su código de colores [37]	36
Figura 2-19 Criterios de clasificación según la ocultación que proporciona el terreno [37]	36
Figura 2-20 Criterios de clasificación de las obras artificiales [37].....	37
Figura 2-21 Criterios de selección de zonas GO/NO GO/SLOW GO [37]	38
Figura 2-22 Criterios para el solape de áreas [37].....	38
Figura 2-23 Logotipo del software gvSIG [45].....	42
Figura 2-24 Ejemplo de la interfaz de gvSIG Desktop [46].....	42
Figura 3-1 Filtrado de los concellos de la provincia de Lugo	44
Figura 3-2 Creación del polígono de la propiedad del CMT "Parga"	45
Figura 3-3 Filtrado de los términos municipales de la provincia de Cádiz	46
Figura 3-4 Creación del polígono de la propiedad del CASR.....	47
Figura 3-5 Filtrado de los términos municipales de la provincia de Almería	48
Figura 3-6 Creación del polígono de la propiedad del CMT "Álvarez de Sotomayor"	48

Figura 3-7 Centro de Descargas del CNIG [50].....	49
Figura 3-8 Curvas de nivel en el CMT "Álvarez de Sotomayor" y alrededores	49
Figura 3-9 Hidrografía de la provincia de Cádiz.....	50
Figura 3-10 Entidades de población de Lugo, Almería y Cádiz	51
Figura 3-11 Capa de carreteras de Almería.....	51
Figura 3-12 Capa con caminos y sendas de la provincia de Lugo	52
Figura 3-13 Capa de antenas de radio en la provincia de Cádiz	53
Figura 3-14 Portal de Información Geográfica de la Xunta de Galicia [51]	53
Figura 3-15 Red Natura 2000 en la Comunidad Autónoma de Galicia	54
Figura 3-16 Centro de descargas Junta de Andalucía [52].....	55
Figura 3-17 Red Natura 2000 en la Comunidad Autónoma de Andalucía.....	55
Figura 3-18 Hospitales y Centros de Salud en Andalucía.....	56
Figura 3-19 Zonas de aterrizaje y puertos marítimos en Andalucía.....	56
Figura 3-20 Proceso de intersección de la Red Natura 2000 de Andalucía en la zona próxima al CMT "Álvarez de Sotomayor"	57
Figura 3-21 Ventana "Añadir capa de eventos" en software gvSIG	58
Figura 3-22 Proceso de empleo de la herramienta "Puntos a líneas"	59
Figura 3-23 Buffer de 25 km de radio aplicado a los contornos de los CMT's	60
Figura 3-24 Proceso de obtención de atributos dentro de un área de influencia mediante la herramienta "Recortar"	61
Figura 3-25 Ventana de la herramienta "Juntar"	61
Figura 3-26 Ventana de la herramienta de Carta Digital "Mejor emplazamiento del observador"	62
Figura 4-1 Perfil de elevación de la marcha de 22 km en el CMT "Parga"	70
Figura 4-2 Perfil de elevación de la marcha de 31 km en el CASR.....	70
Figura 4-3 Perfil de elevación de la marcha de 20 km en el CMT "Álvarez de Sotomayor"	71
Figura 4-4 Exportación de observatorios de artillería en el CASR en Google Earth.....	73
Figura 4-5 Exportación de capa de observatorios de artillería en el CMT "Álvarez de Sotomayor" en Google Earth	74
Figura 4-6 Visualización observatorios de artillería en el CASR en Iberpix	74
Figura 4-7 Visualización observatorios de artillería en el CMT "Álvarez de Sotomayor" en Iberpix	75
Figura 4-8 Vista de los observatorios de artillería en el CASR desde Google Maps.....	75
Figura 4-9 Vista de los observatorios de artillería en el CMT "Álvarez de Sotomayor" desde Google Maps.....	76
Figura 4-10 Puntos topográficos en CMT "Parga" visualizados en Iberpix	76
Figura 4-11 Puntos topográficos en CASR visualizados en Iberpix	77
Figura 4-12 Puntos topográficos en CMT "Álvarez de Sotomayor" visualizados en Iberpix.....	77

Figura 4-13 Marcha de 22 km en CMT "Parga" en Iberpix	78
Figura 4-14 Marcha de 31 km en CASR en Iberpix.....	78
Figura 4-15 Marcha de 20 km en CMT "Álvarez de Sotomayor" en Iberpix	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Ejemplo base de datos aplicando modelo vectorial de datos [16]	23
Tabla 2-2 Aspectos comparativos entre el modelo vectorial y el modelo ráster [5]	24
Tabla 2-3 Extensiones de archivos más comunes para modelos de datos [18]	25
Tabla 2-4 Escudos de las agencias nacionales de cartografía de las FAS [25] [26] [27]	27
Tabla 2-5 Ejemplo de análisis de un aspecto militar del terreno	39
Tabla 2-6 Matriz de decisión para elaborar SAC Depurado	39
Tabla 4-1 Coordenadas UTM observatorios en el CASR	64
Tabla 4-2 Coordenadas UTM observatorios en el CMT "Álvarez de Sotomayor"	64
Tabla 4-3 Relación de puntos topográficos en el área de influencia del CMT "Parga"	66
Tabla 4-4 Relación puntos topográficos en el área de influencia del CASR	67
Tabla 4-5 Relación puntos topográficos en el área de influencia del CMT "Álvarez de Sotomayor"	68
Tabla 4-6 Puntos de verificación para la marcha de 22 km en el CMT "Parga"	69
Tabla 4-7 Puntos de verificación para la marcha de 33 km en el CASR	70
Tabla 4-8 Puntos de verificación para marcha de 20 km en el CMT "Álvarez de Sotomayor"	70

ÍNDICE DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AA:	Avenida de Aproximación
ACA:	Artillería de Campaña
AGM:	Academia General Militar
ASC:	<i>Action Script</i>
ATLANTE:	Avión Táctico de Largo Alcance No Tripulado Español
BMS:	<i>Battlefield Management System</i>
BOE:	Boletín Oficial del Estado
BRIMAR:	Brigada de Infantería de Marina
BTN	Base Topográfica Nacional
CAD:	<i>Computer-Aided Design</i>
CASR:	Campo de Adiestramiento Sierra del Retén
CECAF:	Centro Cartográfico y Fotográfico
CEGET:	Centro Geográfico del Ejército de Tierra
CGIS:	<i>Canadian Geographical Information System</i>
CIM:	Cuerpo de Infantería de Marina
CM:	Corredor de Movilidad
CMT:	Campo de Maniobra y Tiro
CNIG	Centro Nacional de Información Geográfica
CPG:	<i>ESRI Code Page File</i>
CPL:	Cabeza de Playa
CQB:	<i>Close Quarters Battle</i>
CQC:	<i>Close Quarters Combat</i>
CUD:	Centro Universitario de la Defensa
DBF:	<i>Digital Beam Forming</i>
ECW:	<i>Enhanced Compressed Wavelet</i>
EM:	Estado Mayor
ENM:	Escuela Naval Militar

ESRI:	<i>Enviromental Systems Research Institute, Inc</i>
ET:	Ejército de Tierra
ETRS89	<i>European Terrestrial Reference System 1989</i>
FAS:	Fuerzas Armadas
FIM:	Fuerza de Infantería de Marina
FNA:	Fuego Naval de Apoyo
GIF:	<i>Graphic Interchange Format</i>
GPS:	<i>Global Positioning System</i>
GRASS:	<i>Geographic Resources Analysis Support System</i>
IDE:	Infraestructura de Datos Espaciales
IGN:	Instituto Geográfico Nacional
IHM:	Instituto Hidrográfico de la Marina
IM:	Infantería de Marina/Infante de Marina
INTE:	Integración Terreno-Enemigo
IPB:	<i>Intelligence Preparation of the Battlefield</i>
IVO:	<i>In Vecinity Of</i>
JPEG:	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
JPG:	<i>Joint Photographic Group</i>
LAE:	Línea de Acción Enemiga
LCM:	<i>Landing Craft Mechanized</i>
LiDAR:	<i>Light Detection and Ranging</i>
MADOC:	Mando y Doctrina
MBC:	Movimiento Buque-Costa
MDT:	Modelo Digital del Terreno
METT-TC:	<i>Mission, Enemy, Terrain, Troops, Time and Civil considerations.</i>
MRSID:	<i>Multiresolution Seamless Image Database</i>
NCGIA:	<i>National Centre for Geographic Information and Analysis</i>
OA:	Operación Anfibia
OBJ:	Objetivo
OCOKA:	<i>Observation, Cover and Concealment, Obstacles, Key Terrain, Avenues of Approach</i>

OPSEC:	<i>Operation Security</i>
PATRECON:	Patrulla de Reconocimiento
PCGACA:	Puesto de Mando de Artillería de Campaña
PLM:	Plana Mayor
PPO-T:	Proceso de Planeamiento de las Operaciones a Nivel Táctico
PRJ:	<i>Project File</i>
SAC:	Superponibles de Avenidas y Corredores
SBN:	<i>ESRI Spatial Binary Format</i>
SBX:	<i>GLBasic Shoebox File</i>
SHP:	<i>Shapefile</i>
SHX:	<i>AutoCAD Compiled Shape File</i>
SID:	<i>Seamless Image Database</i>
SIG/GIS:	Sistema de Información Geográfica/ <i>Geographical Information System</i>
SIGMIL:	Sistema de Información Geográfica Militar
SIMACET:	Sistema de Mando y Control de Ejército de Tierra
SOC:	Superponible de Obstáculos Combinados
SYMAP:	<i>Synagraphic Mapping Technique</i>
TEAR:	Tercio de Armada
TFG:	Trabajo de Fin de Grado
TIF:	<i>Tagged Image File</i>
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
VAMTAC:	Vehículo de Alta Movilidad Táctica
ZA:	Zona de Acción
ZII:	Zona de Interés de Inteligencia
ZRI:	Zona de Responsabilidad de Inteligencia

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Motivación

La Infantería de Marina es una unidad operativa de élite encuadrada dentro de la Armada Española cuya razón de ser radica en la proyección del poder naval en tierra en una costa hostil o potencialmente hostil, lo que se conoce como operación anfibia [1]. La complejidad de estas operaciones, las continuas variaciones procedimentales, la innovación tecnológica y la incertidumbre como factor de la guerra obliga a los Estados Mayores y Planas Mayores a analizar en profundidad los factores de la situación en vistas a asesorar al mando de manera correcta y eficiente, buscando siempre el éxito en el cumplimiento de la misión.



Figura 1-1 Infantes de Marina de la ENM desembarcando en la Isla De Tambo

La publicación doctrinal del Ejército de Tierra PD4-026 “Proceso de las Operaciones a Nivel Táctico (PPO-T)” [2] dicta que:

“La situación se compone de los siguientes factores: los **adversarios** (en el que influyen los enemigos y las audiencias o el personal objeto de las acciones propias), el **entorno físico** (terreno y meteorología), las **fuerzas propias** (que incluye las fuerzas aliadas y los apoyos disponibles), el **tiempo disponible**, y el **ambiente o entorno civil**”

Estos factores de la situación, junto con la misión encomendada, conforman lo que se conoce como los factores de la decisión, METT-TC, que en inglés corresponden a las siglas: *Mission, Enemy, Terrain, Troops, Time and Civil considerations*.

Dentro de estos factores, cobra especial relevancia en las operaciones militares, el análisis y estudio de la información geográfica del espacio de batalla y cómo afecta este a las fuerzas propias y al enemigo. Esto es debido a que los factores de la decisión *Terreno* y *Enemigo* son de los que el mando requiere un mayor volumen de detalle e información a la hora de llevar a cabo el planamiento y la conducción de las operaciones [3].

Del estudio minucioso del terreno se obtienen numerosas conclusiones, que son de relevancia a la hora de llevar a cabo el planeamiento de las operaciones y señalan las ventajas que nuestras fuerzas propias poseen sobre el enemigo, buscando siempre facilitar la maniobra propia y dificultar la del enemigo. Además, en las operaciones actuales, no sólo es relevante el estudio del terreno para la maniobra de las unidades, sino que también lo es para un gran número de acciones secundarias, pero no por ello menos importantes, como son las acciones llevadas a cabo por unidades de apoyo al combate y de apoyo al servicio de combate. Realizar un aprovisionamiento, buscar una zona óptima para un asentamiento de piezas de artillería, zonas aptas para la toma de helicópteros, corredores de movilidad y avenidas de aproximación por las que nuestros vehículos y carros de combate puedan progresar, entre otras acciones, pueden ser prueba de la complejidad que supone planear las operaciones militares actuales. De ahí, la necesidad que tienen los Estados Mayores y Planas Mayores (EEMM/PLM's) de estudiar con la máxima profundidad posible todos los aspectos del terreno, que serán explicados a continuación de forma general y con más detalle en capítulos posteriores.

El estudio del terreno se acomete estudiando, en primer lugar, sus aspectos generales y, posteriormente, sus aspectos militares.

Los aspectos generales del terreno son, principalmente, accidentes geográficos que según su disposición pueden proporcionar una ventaja táctica a las fuerzas propias o, por otro lado, pueden suponer una oposición al movimiento de las unidades. Estos aspectos se suelen estudiar mediante diversas capas temáticas, cada una de ellas atendiendo a uno de los accidentes geográficos a estudiar. Fundamentalmente, las capas que se estudian son: el relieve, las pendientes, la vegetación, la hidrografía, obras artificiales y todas aquellas que se consideren oportunas.

Una vez se hayan analizado los aspectos generales del terreno, se estudian sus aspectos militares, representados por las siglas en inglés OCOKA: observación y campos de tiro (O), ocultación y protección (C), obstáculos (O), terreno clave (K) y avenidas y corredores (A) [3]. Todos estos aspectos se tienen en cuenta para el empleo eficaz de las armas, para obtener información del enemigo así como negarle que obtenga información de las fuerzas propias, asegurando en todo momento la protección de nuestras unidades y para utilizar las principales vías de comunicación en vistas a que el mando y control durante la operación pueda asegurarse en todo momento. En definitiva, la combinación del estudio de los aspectos generales y militares del terreno se realiza con el fin de poder adaptar la situación táctica para contribuir al éxito de la misión.

En las operaciones anfibias, la obtención de datos geográficos cobra, si cabe, una mayor importancia, ya que además de estudiar todo lo comentado anteriormente, se ha de analizar el litoral para determinar algunas de las decisiones básicas del planeamiento anfibio. La doctrina anfibia a nivel OTAN, la *"ATP-08, Volume I: Doctrine for Amphibious Operations"* define las decisiones básicas como *"aquellas que deben ser tomadas al más alto nivel por el Comandante de la Fuerza Anfibia Operativa (CFAO) y el Comandante de la Fuerza de Desembarco (CFD) y que son necesarias para que el planeamiento detallado pueda proseguir"* [4]. Entre estas decisiones básicas, encontramos muchas que guardan una relación directa con el estudio de terreno. Este es el caso de la determinación de una Cabeza de Playa (CPL), la selección de las zonas/sectores de desembarco, la selección de las playas de desembarco y la selección de zonas de aterrizaje y lanzamiento.



Figura 1-2 Landing Craft Mechanized (LCM) y Vehículo de Alta Movilidad Táctica (VAMTAC) durante ejercicio MARFIBEX-81 en 2018 [1]

Considerando todo lo comentado anteriormente, se puede comprobar la importancia del estudio del terreno para cualquier operación en la que la Brigada de Infantería de Marina (BRIMAR) “Tercio de Armada (TEAR)” se vea inmersa. Tradicionalmente, se han utilizado métodos y procedimientos que no son los óptimos, mediante el empleo de mapas y planos topográficos que si bien pueden ser de gran utilidad para obtener una información general, no ofrecen la precisión y el detalle que pueden llegar a proporcionar los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Haciendo uso de los SIG se logrará una mayor explotación del terreno, así como una optimización del tiempo, factor que siempre juega en contra de los EEMM/PLM’s a la hora de llevar a cabo el planeamiento de las operaciones, obteniendo de esta forma unos mejores resultados que ayudarán a que el asesoramiento al mando para la toma de las decisiones pertinentes se realice de una manera más precisa, detallada y eficiente.

Las distintas unidades que conforman la Fuerza de Infantería de Marina (FIM) desarrollan sus actividades de Instrucción y Adiestramiento (I+A), en su mayoría, en Campos de Maniobra y Tiro (CMT) nacionales, aunque también desempeñan las mismas funciones con diferentes países y se adiestran en otros campos de maniobra internacionales. Se centrará el estudio de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) en el CMT “Parga” en Lugo, el CMT “Álvarez de Sotomayor” en Almería y en el Campo de Adiestramiento Sierra del Retún (CASR) en Cádiz.

La aplicación de los SIG en estos campos de maniobra será de especial interés al permitir un uso eficaz y eficiente del terreno de estas zonas, ya que en ellas se podrán extraer las zonas óptimas en las que cada unidad podrá operar en vistas a que su adiestramiento sea lo más completo y adecuado al entreno actual, donde se desarrollan los distintos conflictos bélicos. Por tanto, en cuanto a lo que a las unidades de la BRIMAR respecta, este trabajo contempla la utilización de los SIG de forma que optimice las zonas del terreno para el diseño y conducción de los distintos ejercicios para el adiestramiento de los Infantes de Marina.

Además, resulta evidente que la formación de los futuros Oficiales del Cuerpo de Infantería de Marina (CIM) en estos campos debe aumentar, completando los conocimientos adquiridos en la asignatura “Fundamentos de Topografía” impartida por el Centro Universitario de la Defensa (CUD) y todo ello con el objetivo de que sean capaces de aplicar dichas competencias adquiridas en las unidades de Infantería de Marina una vez que egresen de la ENM.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivos generales*

Uno de los objetivos generales de este TFG consiste en realizar un estudio del terreno mediante herramientas SIG con el objetivo de conocer la ubicación de posibles zonas óptimas para el diseño de los ejercicios de I+A, tanto de las unidades de la BRIMAR como de la Compañía de Alumnos de la ENM.

También lo será la elaboración de cartografía temática de los CMT más frecuentados por las unidades mencionadas anteriormente, atendiendo a las capacidades y necesidades de cada una de ellas, para contribuir a la programación y planeamiento de los ejercicios, beneficiando así tanto a los Oficiales destinados en las Secciones de Operaciones de las PLM's, como a los profesores del Departamento nº 4 de la ENM, e incluso, a los propios alumnos a la hora de tener que hacer uso de esta cartografía para el planeamiento de los ejercicios propuestos en su último año de formación.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Familiarizarse con las herramientas de geoprocésamiento SIG, especialmente con el software gvSIG para el análisis de la información que proporcione el terreno de los distintos campos de maniobra.
- Situar los SIG dentro del proceso de planeamiento de las operaciones militares para el beneficio del asesoramiento al mando en la toma de decisiones.
- Analizar los aspectos generales del terreno (el relieve, las pendientes, la vegetación, hidrografía, obras artificiales) y sus aspectos militares (OCOKA), para identificar las zonas críticas o zonas óptimas según el tipo de unidad que vaya a operar en dicha zona.
- Habituar al uso de la Carta Digital, mediante la aplicación de algunas de las herramientas que están implantadas en ella, con el fin de potenciar una aplicación basada en los SIG de origen militar.
- Analizar la interoperabilidad del software gvSIG exportando a otros visores cartográficos la información obtenida y comparando los resultados de cada uno de los archivos extraídos.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

2.1.1 Historia de los SIG

Es al inicio de la década de los años sesenta cuando se comenzaron a desarrollar los primeros SIG, motivados por dos factores determinantes: la necesidad de información geográfica en distintos ámbitos laborales así como de su gestión y uso óptimo, y la aparición de los primeros ordenadores y su rápido avance y popularización [5].

Fue Roger Tomlinson quien consiguió una herramienta pionera cuyo objetivo era el tratado de datos geográficos canadienses para realizar su análisis y obtener conclusiones de la gestión y ocupación del suelo en las zonas rurales de este mismo país. Este sistema se denominó CGIS (*Canadian Geographical Information Systems*) [5].

Tras la aparición de estos sistemas, comenzaron a extenderse técnicas nuevas que anteriormente no habían sido necesarias a la hora de tratar e interpretar la información geográfica en la cartografía convencional. Uno de los problemas que contó con una fácil solución fue la codificación y el almacenamiento de toda esa información geográfica con objeto de conseguir un eficaz uso de los software.

Simultáneamente a los trabajos canadienses, se produjeron avances en el manejo y análisis de la información geográfica en EE. UU., en el seno del *Harvard Laboratory*, y en el Reino Unido dentro de la *Experimental Cartography Unit* [5].

Los avances en los SIG continuaron y fue en 1964 cuando geógrafos y técnicos de la Universidad de Harvard desarrollaron el SYMAP (*Synagraphic Mapping Technique*), que era capaz de representar información espacial por medio de gráficos generados por ordenador. Esta generación de mapas por ordenador se realizaba mediante combinaciones de claves alfanuméricas con salida en impresoras de línea [6]. Aunque se podría considerar un sistema arcaico, fue de gran utilidad para la evolución de los sistemas de cartografía digital.

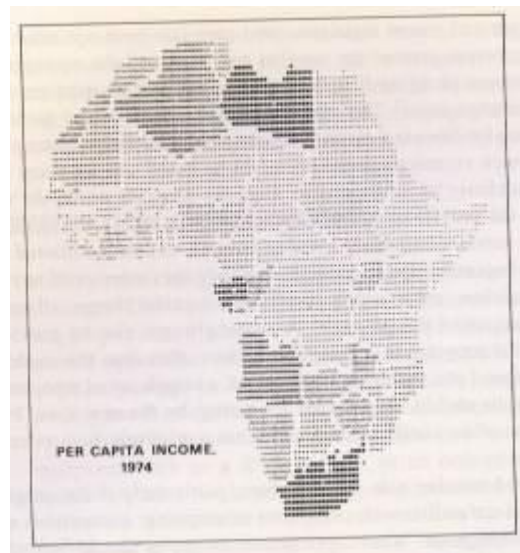


Figura 2-1 Mapa de África como salida de SYMAP [7]

Si la década de los sesenta fue la de los pioneros y las primeras implementaciones, la de los setenta se caracterizó por la investigación y el desarrollo [5]. Es entonces en 1969 cuando Jack Dangermond, miembro del Laboratorio de Harvard, y su esposa Laura fundaron ESRI (*Environmental Systems Research Institute, Inc*). Esta empresa aplicó la producción cartográfica por ordenador y el análisis espacial para ayudar a los gestores del uso del suelo y a los administradores de recursos de la tierra a tomar decisiones informadas [8].

ESRI siguió desarrollando métodos para el análisis de la información geográfica que hoy en día son de gran utilidad para usuarios y empresas que requieren de sus prestaciones. Los resultados obtenidos sumados a la disponibilidad de los ordenadores particulares de contar con estas herramientas, contribuyeron a que surgieran nuevas empresas en el mercado que ofertaran nuevos métodos y prestaciones. ArcInfo, de la empresa ESRI, se convirtió en 1981 en el primer SIG que alcanzaba el ámbito de los ordenadores personales [5].

En este contexto, en 1985 aparece el primer SIG libre, denominado GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*), desarrollado por la US Army con el objetivo de supervisar y gestionar el medioambiente de los territorios.

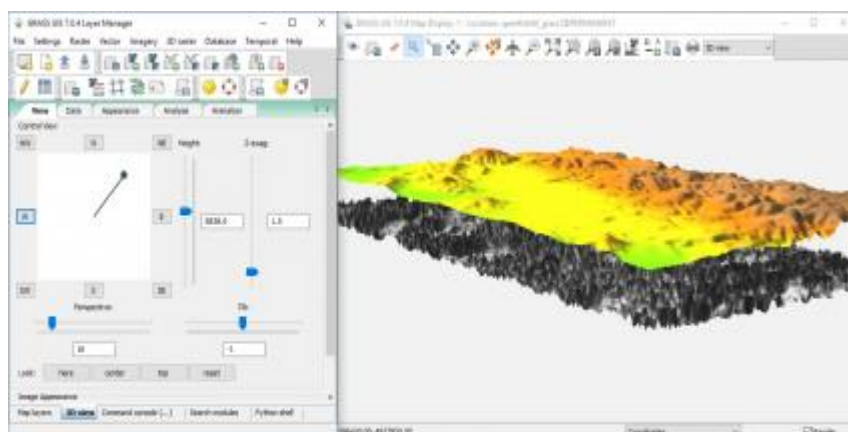


Figura 2-2 Capacidad 3D del GRASS SIG [9]

La evolución de las plataformas que contienen SIG no se detuvo y fue la aparición de Internet y las tendencias actuales que apuntan a llevar los SIG de forma genérica a teléfonos móviles y tabletas con tecnologías de posicionamiento global GPS, lo que supuso un papel decisivo para redefinir el concepto de SIG que conocemos hoy en día [5].

2.1.2 Definición

Habiendo recorrido brevemente la evolución que han seguido los SIG en los últimos 50 años, resulta conveniente definir el concepto de SIG. Como todos los campos de la geografía, el término SIG (GIS en inglés, *Geographic Information System*) es un concepto difícil de definir. Michael deMers asegura que, debido a la complejidad de estos sistemas, la comunidad científica no está del todo de acuerdo con la definición que se le da [10]. Una de las definiciones más aceptadas por los científicos es la dada por el Centro Nacional de Información y Análisis Geográficos de EE. UU. (NCGIA, *National Centre for Geographic Information and Analysis*) [11]:

“Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos para facilitar la gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y visualización de datos georreferenciados para resolver problemas complejos de planificación y de gestión de recursos”

Existen numerosas definiciones, que pueden completar o complementar a la anterior, como por ejemplo las vistas en la asignatura de Fundamentos de Topografía impartida en el CUD de la ENM. En los apuntes de dicha asignatura, se refieren a los SIG como:

- *“Base de datos computerizada que contiene información espacial”*
- *“Es una tecnología informática para gestionar y analizar información espacial”*
- *“Conjunto de programas y aplicaciones informáticas que permiten la gestión de datos organizados en base de datos, referenciados espacialmente y que pueden ser visualizados mediante mapas” [12]*

2.1.3 Componentes de los SIG

Con el objetivo de que se comprenda y se profundice en la definición del concepto antes definido, se completará dicha descripción indicando las funciones de cada uno de los componentes que hacen posible que un SIG ofrezca todas las prestaciones que el usuario requiera. Estos componentes son [5]:

- **Datos.** Son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG. Es importante que los datos que se traten sean variados y ordenados de cara a que su uso no impida el correcto funcionamiento de la herramienta SIG.
- **Métodos.** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos, mediante operaciones geoespaciales.
- **Software.** Es necesaria una aplicación informática que permita trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores de un modo eficiente.
- **Hardware.** El equipo físico necesario para ejecutar el software, materializado por computadoras y accesorios periféricos.
- **Personas.** Son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo simultáneamente el motor del sistema SIG y sus propios beneficiarios.



Figura 2-3 Elementos que componen un SIG [13]

2.1.4 Modelos de datos en un SIG

En base a la definición de los SIG según el NCGIA, “*facilitar la gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y visualización de datos georreferenciados*” [11] es una tarea compleja. Es por ello, que existen unos modelos geográficos que nos ofrecen una concepción particular del espacio geográfico y sus atributos.

Para entender cómo surgen estos modelos, conviene definir previamente el término “*unidades de observación*”. Las unidades de observación son aquellas de las que se obtiene la posición y las características que conforman la información geoespacial. Dicho de otra forma, son los elementos geográficos sobre los que se realizan mediciones, a partir de las cuales se obtienen las coordenadas y atributos que configuran dicha información geoespacial. Las posiciones de las unidades de observación están sujetas a las coordenadas de los puntos que las determinan y sus características o atributos son los valores temáticos o variables, cuyo valor se registra en cada posición (por ejemplo en una carretera, el ancho, el tipo de firme, etc.) [14].

Para establecer sobre qué tipo de unidades de observación se van a realizar dichas mediciones, existen diferentes criterios. Atendiendo a estos criterios, surgen diferentes modelos de datos que resultan de concebir la realidad geográfica de diferente forma [14]. Estos modelos son principalmente el modelo vectorial y el modelo *ráster*, aunque también existe el Modelo Digital del Terreno (MDT) que se podría encuadrar dentro del modelo vectorial.

2.1.4.1 Modelo vectorial

El modelo vectorial es el modelo de datos en el que se distinguen tres tipos de entidades geométricas básicas: puntos, líneas y polígonos. A través de estas entidades básicas se generan abstracciones que describen el mundo real. Las características o propiedades de los objetos se expresan en campos de contenido alfanuméricos que se almacenan en tablas y existe un número identificador a través del cual se relacionan de forma biunívoca la entidad gráfica que representa el objeto y las tablas de propiedades que definen sus características [15]. Este tipo de datos geográficos se consideran muy flexibles, ya que según el tipo de dato que se esté tratando, se pueden asociar distintas estructuras. Podemos ver un ejemplo de ello en un artículo proveniente del Director General Adjunto de ESRI España Geosistemas, S.A. en el que se observa una base de datos de una ciudad aplicando el modelo descrito [16]:

Capa	Estructura	Atributos
Parcelario	Polígonos	Edificado o no, tipo de uso, público o privado
Planeamiento	Polígonos	Edificabilidad, usos permitidos
Instalaciones (farolas, semáforos)	Puntos	Tipo, potencia, marca, fecha de instalación
Red de agua	Líneas	Diámetro, material, presión
Jardines	Polígonos	Vegatacion, riego

Tabla 2-1 Ejemplo base de datos aplicando modelo vectorial de datos [16]

Las unidades de observación pueden modelar elementos reales y abstractos. Es por ello que no se debe pensar que las capas vectoriales, sean del tipo que sean, se emplean únicamente para recoger fenómenos o elementos cuya forma coincide con las entidades geométricas (es decir, puntos para recoger elementos puntuales, líneas para aquellos elementos con una dimensión mucho menor que la otra, y polígonos para el caso de superficies). Se debe recordar que el modelo vectorial sirve para representar campos y recoger variables tales como elevación en forma de curvas de nivel [5].

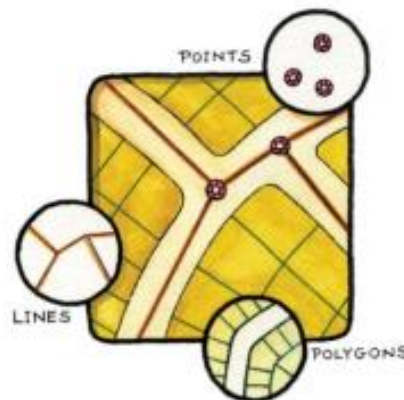


Figura 2-4 Entidades geométricas básicas [17]

2.1.4.2 Modelo ráster

El artista neoimpresionista, Gerges Seurat, desarrolló una técnica de pintura conocida como “puntillismo” en la década de 1880, que de manera similar al modelo *ráster* se basa en la acumulación de pequeños puntos monocromáticos que se combinan para formar una imagen [17].



Figura 2-5 Obra basada en el "puntillismo" [17]

En el modelo *ráster* cada área se divide en filas y columnas, que forman una estructura cuadrículada rectangular dividida en píxeles. Cada celda dentro de esta matriz contiene coordenadas de ubicación, así como un valor de atributo. La ubicación espacial de cada celda está implícitamente contenida en el orden de la matriz, a diferencia del modelo vectorial que almacena la topología explícitamente [11].

Este modelo atiende a las variables geográficas o físicas de carácter continuo (de las que se puede obtener un valor en toda la superficie considerada), como la temperatura, las precipitaciones, la altitud, etc. La realidad geográfica puede considerarse representada mediante una serie de superficies cada una las cuales registra el valor de una estas variables [14].

Una vez desarrollados ambos modelos, veremos en la Tabla 2-2 qué aspectos son destacables en cada uno de ellos:

Aspecto	Vectorial	Ráster
Planteamiento	Localización del espacio que analizamos (<i>dónde</i>)	Característica del espacio que analizamos (<i>qué y cómo</i>)
Precisión	Alta por el grado de detalle de las entidades geográficas	Limitada por tamaño de las celdas
Volumen de almacenamiento	Menor volumen (Modelos conceptuales de entidades discretas)	Mayor volumen (Superficie dividida en muchas unidades)
Complejidad	Irregularidad espacial (Mayor complejidad)	Regularidad y sistematicidad (Menor complejidad)
Tipo de variable o fenómeno a recoger	Intensidad de muestreo distinta según localización	Intensidad de muestreo constante a lo largo del área
Tipo de análisis o tarea a realizar sobre dicha variable	Curvas de nivel (visualización de la elevación)	Elevaciones (visualización de la cota)

Tabla 2-2 Aspectos comparativos entre el modelo vectorial y el modelo ráster [5]

2.1.5 Modelos de almacenamiento y formatos en los SIG

Los modelos de almacenamiento son el último escalón en la cadena de las distintas etapas que abarcan desde la realidad existente al conjunto de simples valores numéricos que almacenamos y manejamos en un SIG y que modelizan dicha realidad. Los modelos de representación de datos definen una forma de recoger la realidad mediante unidades básicas (ya sean celdas en una malla o bien entidades geométricas básicas), mientras que los modelos de almacenamiento plantean básicamente un esquema de cómo convertir dichas unidades en valores numéricos, es decir, cómo escribir dichos valores en un soporte digital, de la forma más eficiente [5].

Estos procesos, fruto de los modelos definidos anteriormente, dan lugar a la creación de capas, que son las unidades fundamentales de información dentro de un SIG. Cada una de las capas representa una variable o aspecto del terreno y todas ellas pueden representarse como un conjunto de características que guardan relación entre ellas en un área concreta.

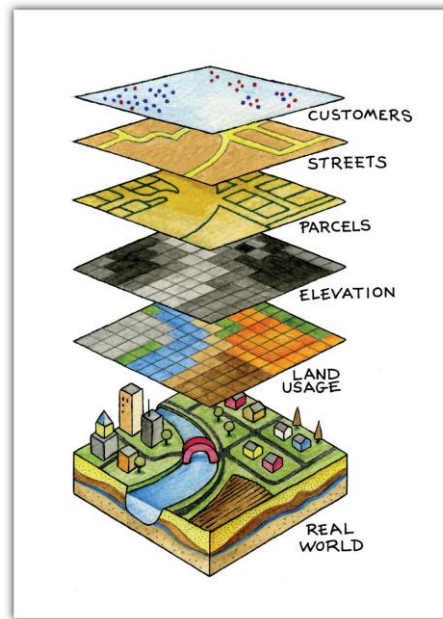


Figura 2-6 Representación de información por capas [17]

Como se menciona anteriormente, una vez se encuentren los datos almacenados y preparados para su manejo en un software SIG, se ha de tener en cuenta la procedencia de estos archivos, ya que los datos almacenados pueden encontrarse en diferentes formas. Los archivos son el fruto de los modelos de almacenamiento y su razón de ser puede deberse o bien al uso concreto de algún software o a la homogeneización de la forma en la que se presentan los datos.

Los formatos en los que aparecerán los datos a tratar vendrán influenciados según el modelo de datos que haya sido seleccionado. Las extensiones de los archivos más comunes para ambos modelos se pueden observar en la Tabla 2-3, teniendo en cuenta que para cada modelo, los archivos tendrán que tener las siguientes características:

- En los modelos vectoriales, estos archivos han de tener capacidad para recoger la topología de la capa y los atributos de las entidades.
- En los modelos *ráster*, al ser habitual que se empleen imágenes en un SIG, se utilizarán los formatos de almacenamiento de imágenes que ya de por sí son muy variados.

Modelo	Extensiones de los archivos
Vectorial	SHP, SHX, DBF, PRJ, SBN, SBX, SHP.XML, CPG
<i>Ráster</i>	TIF, JPG, JPEG, ECW, MRSID, GIF, ASC, GRID, SID

Tabla 2-3 Extensiones de archivos más comunes para modelos de datos [18]

2.2 Ventajas y aplicaciones de los SIG

2.2.1 Ventajas

Son muchas las ventajas de contar con los SIG hoy en día. La más destacable es la capacidad que ofrecen estos sistemas a la hora de crear capas que muestran información que sirve tanto para ayudar e informar a las personas acerca de unas variables específicas, así como para colaborar a que las decisiones que se tomen sean las más correctas. De hecho, que la creación de capas de datos complejos haga mejorar la toma de decisiones, hace que intrínsecamente se ahorren costes y se asignen de una forma más eficiente los recursos y la planificación de estos [19].

Sin duda alguna, una de las mayores ventajas, tras dejar atrás las herramientas convencionales que impedían ofrecer las prestaciones que se necesitaban, es la solvencia con la que los SIG son capaces de tratar una gran cantidad de datos, relacionarlos entre sí, interpretarlos y obtener conclusiones de ellos mediante el empleo de distintos métodos y procedimientos. Es por ello que las características cuantitativas y cualitativas de los SIG presentan unas mejorías notorias respecto de las que se utilizaban anteriormente.

Por otra parte, en los últimos años, algunos organismos como el Instituto Geográfico Nacional (IGN), han desempeñado una gran labor publicando información oficial relativa a usos y coberturas del suelo, información cartográfica u ortofotografías tanto actuales como históricas, que pueden ser empleadas tanto para consulta como para la generación de nueva información. Paralelamente, las Administraciones Públicas podrán ser beneficiarias de estos sistemas en el sentido de que se encuentran en un proceso de transformación electrónica y podrían acometer sus planes y programas de tal forma que la información se encuentre georreferenciada [20].

Asimismo, una de las características propias de los SIG que no se encuentra en otros paquetes informáticos, es su capacidad para almacenar la información de forma que no se repita ningún dato, al mismo tiempo que se establecen relaciones entre todos los elementos gráficos entre sí y con sus atributos [21].

Por último, el aspecto que guarda más relación con el desarrollo de este TFG es la capacidad que ofrecen los SIG a los militares, ya que facilitan la elaboración de la cartografía necesaria, un estudio minucioso del terreno y generar una base de datos útiles, todo ello para colaborar en el planeamiento de las operaciones militares y servir al mando para la correcta toma de decisiones.

2.2.2 Aplicaciones

Teniendo en cuenta los beneficios que se han comentado en el apartado anterior, no resulta extraño que los SIG se puedan aplicar en numerosos campos en los que la información geoespacial tenga relevancia. Entre estas aplicaciones destacan las siguientes [22]:

- **Científicas.** Especialmente en ciencias medioambientales y relacionadas con el espacio y los recursos naturales. También en el desarrollo de modelos empíricos a partir de medidas tomadas en un lugar, la modelización cartográfica, la elaboración de modelos dinámicos o la teledetección.
- **Gestión.** Destaca la elaboración de cartografía automática, la información pública o catastro, la planificación de espacios protegidos, la ordenación territorial, la planificación urbana, el estudio del impacto medioambiental, la evaluación de recursos o el seguimiento de las consecuencias de riesgos, desastres o inundaciones.
- **Empresarial.** Aunque parezca secundario, es igual de relevante el uso de los SIG en relación al geomarketing para el envío de propaganda a los residentes de un lugar que cumplan ciertas características, así como para las estrategias de distribución de mercancías a almacenes o para la localización óptima de una sucursal en función de los clientes potenciales situados alrededor.

2.3 Uso militar de los SIG

2.3.1 ¿Qué ofrecen los SIG al mundo militar?

Las tecnologías SIG cobran cada vez mayor importancia en el ámbito militar. La información geoespacial ha sido siempre uno de los factores más relevantes a la hora de la toma de decisiones por parte de los comandantes militares y además, el conocimiento del terreno es una habilidad fundamental que deben adquirir los militares. Los mapas y planos topográficos han sido el principal mecanismo de difusión de este conocimiento y la capacidad para interpretarlos es la esencia de su comprensión. Fue durante la Guerra Fría cuando el Departamento de Defensa de Estados Unidos (DoD) consideró que se debería invertir en mejorar los sistemas de cartografía, ya que el área de interés había aumentado

enormemente. En aquellos años, las fuerzas militares desplegadas en cualquier lugar del mundo contaban con información escasa del terreno. En cambio, es en este punto donde los SIG desempeñan un papel crucial que permite la creación, edición, análisis, consulta y muestra de datos geográficos para ayudar al comandante de la fuerza desplegada a comprender mejor la influencia que tiene el terreno en el campo de batalla [23].

Teniendo todo lo anterior en consideración, en el Tema 6 de la asignatura de Fundamentos de Topografía del CUD de la ENM, se puede encontrar una definición clara, breve y concisa de un SIG militar [12]:

“Conjunto de elementos, hardware, software, organización y procedimientos, integrados a un Sistema de Mando y Control, que permiten almacenar, analizar y actualizar información militar geográfica necesaria de nivel estratégico, operativo y táctico”

Atendiendo a la definición de un SIG militar, se puede determinar que deben ofrecer, como mínimo, las siguientes aplicaciones [24]:

- Análisis de cambios temporales en los escenarios geográficos.
- Establecer Bases de Datos de Objetivos militares.
- Actualización y análisis de posibles Zonas de Objetivos.
- Análisis en tres dimensiones de Líneas de Operaciones.
- Localización de Objetivos.
- Proporcionar información y evaluar conforme a parámetros establecidos, posibles sitios para la detección y obtención de agua, despliegue de instalaciones logísticas y administrativas, posibles ubicaciones para el despliegue de armas pesadas de infantería y artillería, etc.
- Integración a Sistemas de Mando y Control para el apoyo a la toma de decisiones en el campo táctico, operativo y estratégico.

2.3.2 Los SIG en las Fuerzas Armadas de España

A lo largo de los años, desde la expedición de Alejandro Malaspina, en España comenzaron a desarrollarse las técnicas necesarias para generar información geográfica. Vicente Tofiño y Alejandro Malaspina influyeron enormemente en la creación de lo que se conoce hoy en día como el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) [25]. Por su parte, el Ejército del Aire, siendo consciente de la necesidad que existía de crear una agencia que produjera información cartográfica de gran extensión, acabó fundando el Centro Cartográfico y Fotográfico (CECAF) [26]. Por su parte, la preocupación por la cartografía, desde siglos atrás, en el Ejército de Tierra, era tan grande que se creó el Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET) [27].

CEGET



IHM



CECAF



Tabla 2-4 Escudos de las agencias nacionales de cartografía de las FAS [25] [26] [27]

Conociendo las distintas agencias nacionales que producen información cartográfica dentro de las Fuerzas Armadas (FAS) españolas, es necesario destacar el CEGET como impulsor en España del desarrollo de los SIG. Su misión principal es la de proporcionar a los usuarios militares la información y el apoyo geoespacial necesarios para el planeamiento y conducción de operaciones militares. Asimismo, es el órgano responsable del asesoramiento en los aspectos operativos, logísticos y técnicos en materia de geodesia y topografía [27].

Tras los avances tecnológicos sufridos en las últimas décadas, las FAS tuvieron a bien, implementar la obtención, producción y análisis de la cartografía en formato digital. Fruto de esta propuesta nacen varias aplicaciones digitales, dando lugar al desarrollo del Sistema de Información Geográfica Militar (SIGMIL) y, basada en ella, el programa Carta Digital v. 8.1 [27].



Figura 2-7 Uso de la Carta Digital con GPS en un vehículo [28]

2.3.3 Herramientas de SIG militar

Son muchas las funcionalidades que se le pueden dar a un SIG en el ámbito castrense, es por eso que muchas empresas decidieron implementar sistemas que contribuyeran a que la información geoespacial se obtuviese con mayor rapidez y precisión y, por tanto, sea un beneficio para la conducción de las operaciones de nuestras FAS.

Toda la información que requieran las unidades de las FAS podrá ser dada por estas herramientas, ya sea en el campo de la inteligencia, adquisición de blancos, establecimiento de bases o instalaciones para protección, vigilancia o Sistemas de Mando y Control (C2, *Command and Control*).

A continuación, se presentan algunas de las herramientas más utilizadas hoy en día en nuestras FAS y la función que tienen cada una de ellas.

2.3.3.1 TALOS

Es un Sistema C2 distribuido a dos niveles de mando, que permite realizar la coordinación y ejecución del apoyo de fuegos integrado en la maniobra terrestre de ambos niveles (Brigada y batallones), para su uso por el Ejército de Tierra (ET) y por la Armada, especialmente para la Infantería de Marina (IM). Los apoyos de fuegos incluyen: artillería de campaña (ACA), morteros, fuego naval de apoyo (FNA) y el apoyo aéreo, en apoyo a la operación terrestre. Este sistema proporciona una serie de funciones genéricas que están presentes en todas las células. Entre estas funciones se encuentran [29]:

- Posicionamiento automático.
- Visualización de las entidades sobre visor cartográfico (SIGMIL). Permite definir superponibles sobre la cartografía para representar las posiciones de los elementos que intervienen en la operación (unidades propias y enemigas, instalaciones, objetivos).

- Utilización y conversión de coordenadas y sistemas geodésicos.
- Funcionalidades GIS más habituales: pendientes, perfiles, distancias, superficies, volúmenes, coberturas, zonas vistas-ocultas.
- Mensajería en forma de chat, con mensajes predefinidos o texto libre.
- Gestión de usuarios (genéricos) y roles asociados y asignación de funcionalidades a roles.
- Controla distintos materiales simultáneamente: es capaz de combinar acciones de fuego de distintos materiales de artillería y/o morteros desde un mismo puesto de mando, realizando los cálculos para procesar órdenes de fuego.



Figura 2-8 PDA y salida del Sistema TALOS [30]

2.3.3.2 Carta Digital

Se trata de un sistema de información capaz de analizar y mostrar información geográficamente referenciada. Dicho de otro modo, es una herramienta que permite a los usuarios crear consultas interactivas, analizar información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones [31]. Este sistema, como se podrá comprobar más adelante en el desarrollo de este trabajo, es una fuente de información temática excelente para la elaboración de cartografía temática en el ámbito de las operaciones militares.

Entre sus usos destacan los siguientes [31]:

- Visualizar distintas fuentes de cartografía.
- Procesar información georeferenciada.
- Mostrar resultados: impresión georeferenciada, visualización 3D, simbologías complejas y específicas de la publicación APP6-A, *NATO Joint Military Symbolology*.
- Convertir formatos, calcular coordenadas y descargar cartografía de diferentes zonas.

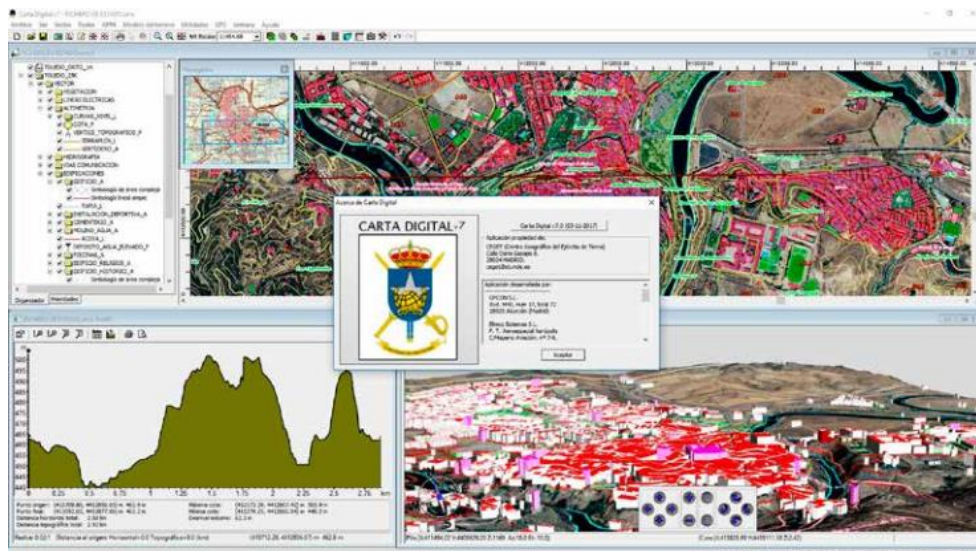


Figura 2-9 Interfaz de Carta Digital Windows v7 [32]

2.3.3.3 SIGMIL

Es el conjunto de librerías con las que se ha formado la Carta Digital, que se instalan en programas utilizados en el Ejército y que provee a dichos programas de las capacidades GIS necesarias. Véase un ejemplo con los programas SIMACET (Sistema de Mando y Control del ET), PCGACA (Puestos de Mando de Artillería de Campaña), GESTA de guerra electrónica y GAXI para el cálculo de datos de tiro de Artillería, entre otros [33].

2.3.3.4 BMS-Lince

El Sistema C2 BMS-Lince (*Battlefield Management System*) ha sido desarrollado por las empresas españolas Thales e Indra. Estos sistemas han entrado en operaciones internacionales en el despliegue español en Letonia, encontrándose instalados en los carros de combate *Leopard 2E* y vehículos blindados *Pizarro*. Entre sus funciones, permite a los carros y vehículos españoles compartir en tiempo real la información que recogen todos los sensores desplegados en el área, tanto por los propios carros como la que transmitan los aviones no tripulados y otras plataformas [34].

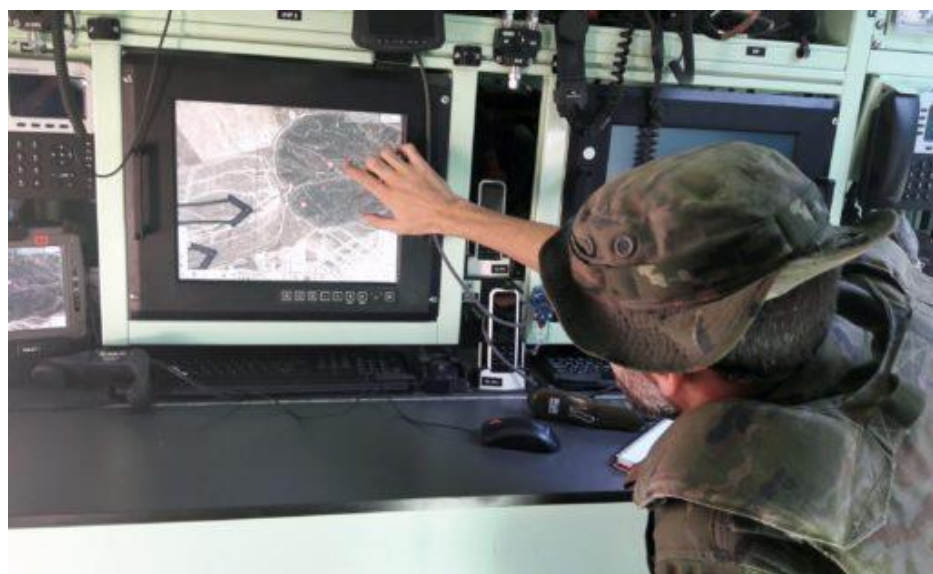


Figura 2-10 Sistema BMS-Lince instalado en un carro de combate [35]

2.3.3.5 ATLANTE

El ATLANTE (Avión Táctico de Largo Alcance No Tripulado Español) es un sistema diseñado por la empresa Indra, para responder a las necesidades de las fuerzas terrestres militares desplegadas en el teatro de operaciones, que les permite realizar misiones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento de día y de noche en condiciones climatológicas adversas. También permite llevar a cabo labores de identificación de blancos, corrección de tiro y evaluación de daños. Entre sus características destacan [36]:

- Facilidad de despliegue por tierra, mar y aire.
- Despegue y aterrizaje tanto en pistas convencionales como en pistas no preparadas, así como el despegue fuera de pistas mediante catapultas neumáticas.
- Recuperación mediante paracaídas.



Figura 2-11 Simulación gráfica del proyecto ATLANTE [30]

2.4 Doctrina enfocada a los SIG

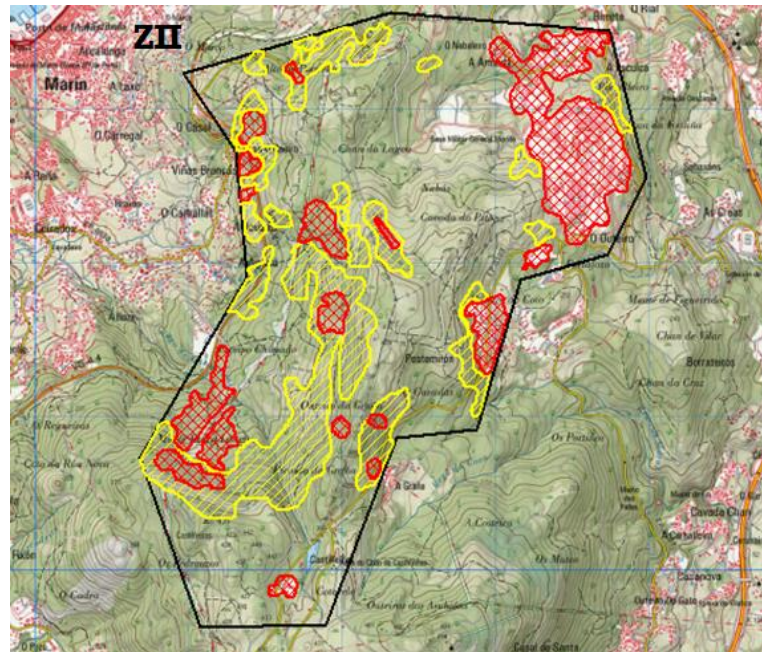
Se aprueba el 2 de octubre de 2006 la entrada en vigor de la publicación militar del ET OR7-018 “Integración terreno-enemigo y otros factores” [3] cuyo objetivo fue actualizar el procedimiento para el estudio e integración del enemigo y del espacio de batalla con la finalidad de elaborar juicios de inteligencia que apoyaran a la toma de decisiones.

Aunque la doctrina citada anteriormente es del ET, por su parte la IM Española la ratifica como documentación informativa de uso propio denominándola I-RIM-202 “INTE. Integración terreno-enemigo” [37], según lo dispuesto en la Instrucción Permanente de Organización núm. 10/2010 sobre la Doctrina de la Armada.

Como ya se comentó en la introducción de este TFG, el terreno forma parte de los factores de la situación que el mando tiene en cuenta para la toma de decisiones durante el planeamiento. Del terreno, aunque en menor medida se estudia por si solo, lo realmente importante es cómo afecta este al enemigo y a nuestras fuerzas propias. Es por eso que existe esta doctrina en la que se recogen las directrices sobre cómo se ha de evaluar al enemigo con la influencia del terreno en el campo de batalla. Este proceso, conocido como INTE, se lleva a cabo durante el planeamiento, donde se analiza el terreno de forma continua y se sigue desarrollando en la ejecución de la operación. El proceso cuenta con tres etapas:

- Evaluación del espacio de batalla
- Evaluación de la amenaza
- Integración de la amenaza

- El producto final de esta primera etapa del proceso de INTE será un Superponible de Avenidas y Corredores (SAC) (Ver Figura 2-13) que apoyará de una manera gráfica al mando en la toma de decisiones y que irá antecedido de un Superponible de Obstáculos Naturales (SOC) (Véase Figura 2-12).



32

2.4.1 Delimitación del espacio de batalla

El análisis del espacio de batalla se realizará en diversas áreas o zonas, que quedarán determinadas por la capacidad y alcance de los medios y unidades de obtención de información, reconocimiento y vigilancia.

La más extensa es la Zona de Interés de Inteligencia (ZII), que es un área establecida por la propia unidad, en la que el jefe de la unidad necesita información sobre la situación en ella para conocer de antemano cómo pueden afectar los acontecimientos que en ella se desarrollen a la propia maniobra o a las operaciones futuras.

Por otro lado, la Zona de Responsabilidad de Inteligencia (ZRI) es un área que establece la unidad superior con el fin de que el jefe de la unidad que se encuentre operando en ella sea el responsable de la obtención de información y producción de inteligencia. Esta dependerá de los medios de obtención de los que disponga la unidad.

Por último, encontramos la Zona de Acción (ZA) que, al igual que sucede con la ZRI, viene definida por la unidad superior de la unidad táctica subordinada. Y en ella, una unidad tiene libertad de maniobra de fuegos y sus límites los definirán las medidas de control y coordinación pertinentes y los medios C2 y logísticos de la unidad que opera.

Battlespace Illustrated

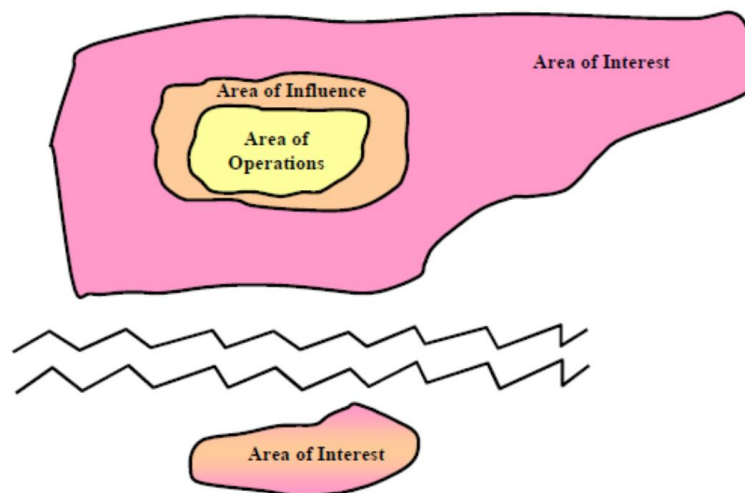


Figura 2-14 Ilustración del espacio de batalla [38]

2.4.2 Estudio del terreno

En este apartado es donde tiene lugar el estudio del terreno como tal. Este estudio atiende a dos aspectos del terreno: los generales y los militares (OCOKA). Cada uno de ellos finaliza con un producto como conclusión del estudio detallado realizado. En el caso del estudio de los aspectos generales del terreno, este finaliza con la obtención de un Superponible de Obstáculos Combinados (SOC), mientras que el estudio de los aspectos militares del terreno finaliza con la obtención de un Superponible de Avenidas y Corredores (SAC).

2.4.2.1 Aspectos generales del terreno

En este paso se estudian simplemente aquellos accidentes geográficos, ya sean naturales o artificiales, que puedan tener un impacto o influencia significativa en el transcurso de las operaciones en tierra. Esta parte de inteligencia básica se estructura en diferentes capas temáticas, que a continuación se relacionan.

2.4.2.1.1 Formas superficiales y relieve

Su estudio radica en la interpretación de las curvas de nivel que se pueden observar en los mapas topográficos, en primera instancia, completándolo con los medios tecnológicos con los que cuentan las unidades hoy en día para hacer un estudio más profundo de las cotas, valles y lugares con irregularidades que sean de interés para la operación. Es de especial interés el estudio de los microrrelieves, ya que estos pueden afectar a unidades vehiculares o mecanizadas. En algunos mapas podemos encontrarnos estas zonas señaladas, aunque en otras ocasiones será necesario el apoyo de fotogrametría o reconocimientos previos.

2.4.2.1.2 Pendientes

Este aspecto del terreno es de gran importancia ya que limita mucho el movimiento de las unidades, llegando incluso a hacer que algunas zonas sean de imposible acceso. Se expresa en tanto por ciento (%) y los SIG requieren de cartografía digital, en formato digital de alturas del terreno, que permitan saber las distintas alturas del terreno para su posterior análisis. Para designar las distintas zonas según la pendiente que exista en ellas, se determina un código de colores:

Criterios de pendientes	Código de colores	Color
Mayor del 50%	Rojo	
Entre 30 y 50%	Naranja	
Entre 30 y 15%	Amarillo	
Menor de 15%	Transparente	

Figura 2-15 Criterios de clasificación de pendientes con código de colores [37]

2.4.2.1.3 Drenaje

El estudio hidrográfico consiste en analizar los cursos de agua, sus velocidades y la forma en la que estos afectan a los suelos. Además, también se extiende a fondos, orillas, lagos, estanques, ríos, posibles zonas en la que pueda haber inundaciones e incluso aguas subterráneas.

En este apartado, también existe un criterio de clasificación con un código de colores, atendiendo a factores como anchuras de los ríos, densidad y velocidad. Esta clasificación se resume en el siguiente cuadro:

Criterios	Código de colores	Color
- Cursos de agua y otros obstáculos hídricos no congelados, que no pueden ser atravesados ni aún utilizando medios lanzapunte. - Además otros que tengan márgenes verticales mayores de 1,2 metros. - Corrientes superiores a 1,5 m/s. - Fondos de profundidad superior a de 1.2 m.	Azul continuo	
- Cursos de agua con profundidades y corrientes menores que los anteriores, así como aquellos que dispongan de varios puntos de vadeo.	Azul discontinuo	
- El resto	Transparente	

Figura 2-16 Criterios de clasificación hidrográficos con códigos de colores [37]

2.4.2.1.4 Suelos

El suelo es lo que se entiende comúnmente como el terreno. Sin embargo, como se ha podido observar a lo largo de los desarrollos de los apartados anteriores, el terreno es un concepto más general. Cuando nos referimos al suelo, hablamos de la posibilidad que ofrece este a las unidades para su movimiento, ya sean unidades a pie o a vehículo. Su detallado estudio facilitará en el planeamiento, la organización de la operación en concordancia a este aspecto del terreno.

Las fuentes de información que existen acerca de este aspecto del terreno son varias. Existen datos sobre posibilidades de excavación, datos sobre la composición del suelo, datos sobre aprovechamiento de cultivos y datos que permiten estudiar el suelo mediante microondas. De todos estos datos, se obtienen unos factores, que serán en los que la célula de planeamiento se centrará para el estudio de este aspecto del terreno. Estos factores son: composición del suelo, humedad, profundidad del suelo, perfil y estratificación y resistencia del terreno. En base a eso, de nuevo se crea una tabla en la que aparece un código de colores para la diferenciación de los distintos tipos de suelo dentro de la ZII:

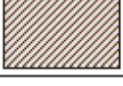
Criterios	Código de colores	Color
— Suelo D: gravas y arenas limosas.	Marrón continuo	
— Suelo C: gravas y arenas arcillosas.	Marrón cruzado	
— Suelo B: arcillas de alta plasticidad y gravas.	Marrón discontinuo	
— Suelo A: gravas y arena graduadas.	Transparente	

Figura 2-17 Criterios de clasificación según composición del suelo [37]

2.4.2.1.5 Vegetación

Como todos los aspectos del terreno, la vegetación puede proporcionar grandes ventajas o, por el contrario, también puede generar importantes impedimentos. Todo ello dependerá de la densidad de vegetación por la que avancen las unidades.

La vegetación puede proporcionar ocultación contra los medios de observación enemigos, tanto terrestres como aéreos, aunque si la densidad es abundante, lo que se tendrá serán retrasos en el avance así como una disminución de una técnica individual de combate como es la disciplina de ruidos. El CEGET, el Ministerio de Agricultura y otras instituciones propias o aliadas nutren a las células de planeamiento a la hora de realizar el estudio de este aspecto.

Aquí se verán dos superponibles, regidos por un código de colores distintos. El primero de ellos hace referencia a la influencia de la densidad de la vegetación durante el movimiento de las unidades:

Criterios	Código de colores	Color
- Bosques con separación entre árboles menor de 5 m. y diámetro de tronco entre 15 y 20 cm.	Verde continuo	
- Bosques con separación entre árboles menor de 5 m. y diámetro de tronco entre 5 y 15 cm. - Cultivo de vides.	Verde discontinuo	
- Bosques con separación entre árboles mayor de 5 m. y diámetro de tronco menor de 5 cm.	Transparente	

Figura 2-18 Criterios de densidad de la vegetación con su código de colores [37]

En segundo lugar, nos encontramos con un superponible en el que el factor característico es la información relativa a la cobertura vegetal y la capacidad con la que ésta puede ocultar a las unidades que se encuentren ejecutando operaciones en el campo de batalla. Dicho de otra forma, esta capa, muestra la facilidad con la que una unidad podrá ocultarse en sus movimientos:

Criterios	Código de colores	Colores
- Bosques de hoja perenne. - Bosques de hoja caduca, con expresión del período del año en que están cubiertos. - Otra vegetación diferente al bosque que proporcione ocultación.	Naranja discontinuo	

Figura 2-19 Criterios de clasificación según la ocultación que proporciona el terreno [37]

2.4.2.1.6 Obras artificiales

Este factor, como se ha comentado en otras ocasiones a lo largo de este TFG, cada vez cobra más importancia en las operaciones actuales, ya que las consideraciones civiles se caracteriza por ser un factor de la decisión de los más importantes y que, a su vez, puede variar con mucha facilidad. Se tendrá especial interés en las zonas en las que existan zonas urbanizadas, así como zonas militares, vías de ferrocarril, carreteras y otras rutas de comunicación. El cuadro que regula su clasificación es el siguiente:

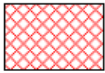
Criterios	Código de colores	Color
- Zonas urbanas de más de 500 metros de diámetro, o que no puedan ser rodeadas.	Área cruzada en rojo	
- Zonas urbanas de menos de 500 metros de diámetro, o que sean fácilmente rodeadas.	Area rayada en rojo	
El resto de obstáculos a destacar, se señalan según el siguiente cuadro:		
- Autopistas, autovías, carreteras nacionales y autonómicas.	Línea roja.	
- Vías de ferrocarril.	Línea negra	
- Otras construcciones significativas, campos de minas, obstáculos contracarro, etcétera.	Según APP-6	

Figura 2-20 Criterios de clasificación de las obras artificiales [37]

2.4.2.1.7 Superponible de Obstáculos Combinados (SOC)

Una vez estudiadas las capas temáticas de los aspectos generales del terreno descritas en los apartados anteriores, se procede a integrar cada uno de los resultados obtenidos en cada una de ellas. Esto permitirá ver el impacto que tendrán estos aspectos en las acciones que llevarán a cabo las unidades. El impacto que tendrá este estudio, clasifica el terreno en tres criterios:

- **Zona de movimiento muy restringido (NO GO).** Es una zona del terreno que limita seriamente la libre movilidad de las unidades, a no ser que cuenten con zapadores que le apoyen en ese sentido.
- **Zona de movimiento con restricciones (SLOW GO).** Es una zona del terreno que está condicionada de alguna forma y que obliga a las unidades a realizar un esfuerzo y adaptar las formaciones de combate a la situación.
- **Zona de movimiento sin restricciones (GO).** Aquella zona del terreno en la que las unidades de combate cuentan con libre movilidad sin necesidad de ser apoyados en ese sentido.

Véase un ejemplo en la Figura 2-21 en la que se puede observar el código de colores que representa el tipo de zona de movimiento según las características del aspecto del terreno correspondiente.

Dificultad	MMR. ó NO GO	MCR. ó SLOW GO	MSR. ó GO
REPRESENTACIÓN			
PENDIENTES	Superiores al 50 %. Cortaduras/bancales superiores a 1 m.	Entre el 50 y el 30 %	Inferiores al 30 %
DRENAJE	Ríos ancho mayor de 40 m. Márgenes verticales superiores a 1 m. Corrientes superiores a 1,5 m/s	Ríos con ancho entre 40 y 18 m.	
SUELOS (OR5-406)	D limosos	C arcilloso orgánico	B arcillas inorgánicas
VEGETACIÓN	Bosques		
OBRAS	Zonas edificadas de más de 500 m. de diámetro	Zonas edificadas menos de 500 m. de diámetro. Vías de comunicación con anchura superior a 5 m. o con desmontes.	

Figura 2-21 Criterios de selección de zonas GO/NO GO/SLOW GO [37]

Se puede dar el caso de que al analizar cada una de las capas temáticas de los aspectos generales del terreno, haya contradicción de criterios o alguna coincidencia. Para suplir esta duda, se crea una tabla en la que el criterio que predomina es el más restrictivo:

Áreas solapadas	Resultado
 + 	
 + 	
 + 	
 + 	

Figura 2-22 Criterios para el solape de áreas [37]

2.4.2.2 Aspectos militares del terreno

Es en este punto del proceso INTE/IPB en el que se analizan los aspectos del terreno atendiendo a la situación táctica. Los aspectos militares del terreno son factores que, aunque por supuesto han de ser planeados con anterioridad, no se deben dejar de lado durante la conducción de la operación, ya que el nexo que las une a las técnicas individuales de combate es tan relevante, que las acciones tomadas de forma correcta, podrán tener gran influencia en el éxito de la operación.

El producto final de este estudio es un Superponible de Avenidas y Corredores, que servirá como base para el desarrollo de las Líneas de Acción del Enemigo (LAE), durante la siguiente fase del proceso INTE/IPB.

Estos aspectos atienden a las siglas en inglés, OCOKA, definidas anteriormente:

- **Observación y campos de tiro.** Estos dos conceptos hacen referencia a la capacidad para realizar cometidos de vigilancia y reconocimientos, así como asegurar que el empleo táctico de las armas sea efectivo.
- **Ocultación y protección.** A estos dos conceptos viene asociado un tercero que es de vital importancia en el desarrollo de las operaciones, OPSEC (*Operation Security*). Con él se

busca hacer ver la necesidad de las unidades de evitar ser detectados y de estar cubiertos ante cualquier amenaza de fuego enemigo.

- **Obstáculos.** Pueden ser naturales o artificiales y según la disposición en la que nos los encontremos pueden ser un beneficio o un inconveniente. Influyen directamente en la movilidad de las unidades.
- **Terreno clave.** Es aquella zona del terreno cuya posesión proporciona a la unidad una ventaja táctica.
- **Avenidas de aproximación.** Son aquellas rutas por las que una unidad progresa hacia los objetivos o terreno clave.

2.4.2.2.1 SAC Inicial y SAC Depurado

Una vez realizado el SOC, se analizan los espacios que quedan libres por donde las unidades son capaces de maniobra, identificando de esta forma los corredores de movilidad (CM) y se agrupan estos en avenidas de aproximación (AA). Una vez se haya confeccionado el SAC Inicial, con todos los factores mencionados anteriormente, se pasará a realizar una tabla en la que se analizarán factores, consecuencia y conclusiones de los aspectos militares del terreno (Véase Tabla 2-5).

Aspecto militar del terreno	Factor	Consecuencia	Conclusión
Observación y campos de tiro	La vegetación permite observar al enemigo desde posiciones ocultas y seguras	Posibilidad de observar y vigilar al enemigo en las inmediaciones (IVO, <i>In Vecinity Of</i>) del objetivo (OBJ)	Establecer observatorios para vigilar al enemigo y obtener su patrón de vida

Tabla 2-5 Ejemplo de análisis de un aspecto militar del terreno

Tras realizar el análisis de los aspectos militares del terreno e integrarlos con el conocimiento que se tiene acerca del enemigo, se realiza una matriz de decisión (Véase Tabla 2-6) en la que se relacionan de nuevo los aspectos militares del terreno, pero esta vez con las distintas AA's que se hayan seleccionado en el SAC Inicial como propuestas. De aquí saldrán las AA's óptimas por las que la unidad deberá progresar. Esta matriz se completa de tal forma que se analiza cada AA por separado, dándole una puntuación a cada una de ellas según el aspecto militar del terreno. Los resultados que se obtengan de este SAC depurado, serán tenidos en cuenta a la hora de definir las LAE's.

	AA1	AA2	AA3
Observación y campos de tiro	2	3	1
Ocultación y protección	1	2	3
Obstáculos	1	3	2
Terreno clave	1	3	2
Avenidas de aproximación	2	3	1
TOTAL	7	14	12

Tabla 2-6 Matriz de decisión para elaborar SAC Depurado

2.4.3 Estudio de la meteorología

La meteorología puede afectar de forma seria a una operación. Aunque se trate de una predicción, como todo planeamiento de una operación militar, el estudio de ella se ha de realizar de forma minuciosa y se ha de tener en cuenta que la situación puede variar constantemente y se ha de estar preparado para dichos cambios. La meteorología afecta sobre todo a la visibilidad, la movilidad y a los sistemas de comunicaciones y optrónicos. La importancia de este estudio no radica en un simple dato (precipitaciones, humedad, temperatura), sino en el impacto que ese dato pueda tener en la conducción de las operaciones.

Los factores meteorológicos que suelen afectar con más frecuencia al transcurso normal de las operaciones son los siguientes:

- **Visibilidad.** Condicionada por la fase lunar, la nubosidad o precipitaciones. La baja visibilidad puede favorecer infiltraciones, una Patrulla de Reconocimiento (PATRECON), un Movimiento Buque-Costa (MBC) en Operaciones Anfibias (OA), entre otras muchas operaciones. Sin embargo, también puede ser una desventaja la visibilidad, tanto para ser detectados si hay buena visibilidad, como para que sea compleja la obtención de información con la baja visibilidad.
- **Viento.** Afecta a los humos, fuego de artillería, la dirección hacia dónde irá el ruido que generan las operaciones aéreas, movimientos de embarcaciones y unidades a pie o en vehículo.
- **Precipitaciones.** Su importancia radica en el estado del terreno, la visibilidad y el correcto funcionamiento de equipos de comunicaciones y optrónica.
- **Nubes.** Afectan a la visibilidad, sobre todo en el arco nocturno.
- **Temperatura y humedad.** Afecta, sobre todo, a la durabilidad de todas las baterías en general, ya sean de equipos de comunicaciones, vehículos o combustible de aeronaves. Además, también afecta al componente moral de los combatientes.

Como se indica en la *I-RIM-202* [37], existe una publicación doctrinal del ET que contempla el estudio de la meteorología con más detalle. Esta publicación es la *OR7-015 Orientaciones. Apoyo Meteorológico a las Fuerzas Terrestres*.

2.4.4 Estudio de otros factores

En las operaciones actuales, un factor que cada vez cobra mayor importancia es el estudio detallado de las consideraciones civiles, aspecto contemplado en los factores de la situación, METT-TC. El conocimiento de la cultura, política, etnias, lengua y leyes del país en el que se vayan a desarrollar las operaciones, otorga una ventaja, generalmente estratégica u operacional, que con total seguridad contribuirá al éxito de la misión asignada.

Algunos ejemplos de los productos que se obtienen como estudio de estos factores son: superponibles de distribución étnica, política, lingüística o religiosa de la población, superponible de las telecomunicaciones, superponibles de integración sanitaria y otros referidos a la economía y el ámbito financiero.

2.5 Software SIG

2.5.1 Opciones comerciales

Se presentan a continuación una serie de software libres disponibles en el mercado, que permiten al usuario manejar información geoespacial digital, para posteriormente estudiar las variables que desee o para la toma de decisiones. Existe una extensa lista de software que satisfacen con creces las

necesidades de los usuarios. Sin embargo, son diez software los que se han seleccionado en este TFG como referencia.

1. **ArcGIS.** Como parte de la nube geoespacial de Esri, ArcGIS permite conectar personas, ubicaciones y datos mediante mapas interactivos. Trabaja con estilos inteligentes basados en datos y herramientas de análisis intuitivas que ofrecen ubicación inteligente. De ella emanan dos de sus mejores aplicaciones [39]:
 - **ArcGIS Pro.** Es una aplicación tecnológicamente más avanzada que los demás productos del mercado, ya que admite la visualización de datos, el análisis avanzado y el mantenimiento de datos acreditados en 2D, 3D y 4D. El inconveniente es su alto precio.
 - **ArcGIS Desktop.** Es la base de la plataforma ArcGIS que permite a los profesionales de SIG crear, analizar, administrar y compartir información geográfica para que los responsables puedan tomar decisiones inteligentes e informadas. Puede importar varios formatos de datos, aunque de forma limitada.
2. **QGIS.** Proporciona una amplia gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos. Puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos, y diseñar mapas imprimibles. Está considerado el líder de los software gratuitos al contar con la integración de un visor 3D, además de ser el primer software con conocimientos sobre la consola Python [40].
3. **Open JUMP.** Es un sistema de código libre que permite realizar consultas, crear y editar datos geográficos de formas diferentes. Está programado en Java y es multiplataforma, es decir, puede ejecutarse en entornos diferentes como Windows, Linux o Mac OS. Su limitación se encuentra en el análisis de imágenes *ráster* [7].
4. **GeoDa.** Es una herramienta de software gratuito y de código abierto que sirve como introducción al análisis de datos espaciales. Está diseñado para facilitar nuevos conocimientos del análisis de datos mediante la exploración y el modelado de patrones espaciales [41].
5. **Hexagon Geomedia.** Es un software maduro con más de 40 años de historia, que domina las herramientas *ráster*, ofrece experiencia 3D, cuenta con una opción de crear mapas temáticos y conjuntos de datos autorizados así como mapas inteligentes. Por contraposición, su escasa interoperabilidad lo degrada en cierta medida [9].
6. **MapInfo Professional.** Cuenta con potentes posibilidades para crear, analizar y presentar datos geográficos. Cubre todas las necesidades sobre la generación y preparación de bases de datos cartográficas. Se puede usar cualquier fuente de mapas digitales, crear mapas propios y usar cualquier base de datos. Estas capacidades avanzadas hacen de este software un referente en el mercado y por tanto, al igual que ArcGIS Pro, su coste es elevado [42].
7. **gvSIG.** Este proyecto surgió como opción de software libre y código abierto en España en 2004. Cuenta con la mejor visualización 3D disponible en SIG de código abierto. Las características que lo hacen especial son las herramientas CAD con las que se pueden trazar geometrías, editar vértices, líneas de visión y polígonos y su herramienta GPS [43].
8. **GRASS GIS.** Tecnología SIG construida para la gestión de datos de trama geoespacial, geoprosesamiento, modelado especial y visualización. En el análisis, una de sus principales características es el uso de datos LiDAR (*Light Detection and Ranging*), imágenes satelitales y tridimensionales [44].
9. **Global Mapper.** Sus principales ventajas comprenden desde un robusto procesamiento LiDAR hasta su versatilidad e interoperabilidad, además de su bajo costo [9].
10. **WhiteBox GAT.** Como paquete de software SIG, se considera que está subestimado. Es especialmente bueno en LiDAR, procesamiento de imágenes y análisis hidrológico. Sin embargo, no es una solución completa para mapeo, edición y administración de datos [9].

2.6 Aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica empleados en este TFG

2.6.1 Software gvSIG

Para el desarrollo del presente TFG se ha elegido el software gvSIG, debido a la amplia gama de prestaciones y servicios que puede ofrecer. Son varias las razones por las que cualquier usuario escogería este software para trabajar en el geoprocesamiento de datos. Se caracteriza, sobre todo, por contar con una aplicación móvil y su capacidad 3D, por poseer unas potentes herramientas CAD y por tener una interfaz intuitiva y estable.

Además, atendiendo a una de sus principales ventajas, el gvSIG es libre y, por tanto, proporciona una facilidad y comodidad que otros software no pueden ofrecer. Otro de sus beneficios es su capacidad de instalación en Linux, Windows o Mac OS, lo que le otorga el calificativo de multiplataforma.

Asimismo, este software cuenta con una gran popularidad. Esto lo hace especialmente atractivo debido a que la cantidad de información que se requiere acerca de este es directamente proporcional al número de personas que lo utilizan.

Por último, cabe destacar que en este TFG se han empleado dos versiones distintas de gvSIG. La primera es la versión gvSIG 1.11.0 que presenta las herramientas básicas y con la que los alumnos de IM se familiarizan en la asignatura de Fundamentos de Topografía en el 4º curso de su carrera. La otra versión utilizada es la versión gvSIG Desktop 2.5.0.2930, una versión sin duda muy actualizada que permite aportar nuevas funcionalidades aparte de las que aparecen en la versión anterior.



Figura 2-23 Logotipo del software gvSIG [45]

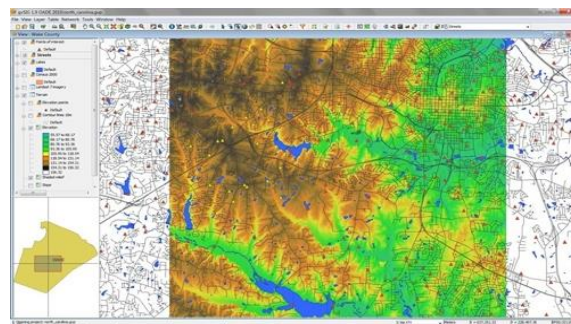


Figura 2-24 Ejemplo de la interfaz de gvSIG Desktop [46]

2.6.2 Carta Digital

Teniendo en consideración lo anteriormente descrito, brevemente, en cuanto a la Carta Digital, resulta interesante añadir que esta aplicación de los Sistemas de Información Geográfica trata de analizar y mostrar información geoespacial de tal forma que esté geográficamente referenciada.

Son muchas las utilidades que ofrece esta aplicación para el planeamiento de las operaciones, maniobras y ejercicios en los campos de maniobra y que además le permiten competir con otras aplicaciones de SIG comerciales, con la ventaja de gestionar y explotar la información geográfica en los tres modelos más utilizados: ráster, vectorial y MDT matricial.

En cuanto a la gestión de la información geográfica, los modelos vectoriales permiten la obtención y modificación de coordenadas y atributos y los modelos matriciales permiten el cálculo de perfiles, de pendientes, de zonas vistas y ocultas y de curvas de nivel. Además se permite la conversión, importación y exportación de archivos con múltiples formatos.

Los resultados que presenta pueden darse en diferentes ventanas (mapas, datos, perfiles, visor 3D) y se puede contar para ello con simbologías complejas y específicas militar.

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Criterios de selección de las zonas de estudio

Las zonas en las que se basará el estudio de este TFG se han seleccionado atendiendo a la frecuencia con la que el TEAR realiza sus maniobras en ellas. Destaca en primer lugar el CMT Parga, en Lugo, una zona muy frecuentada por los alumnos de IM, debido a su cercanía a la ENM, y que visitan por lo menos durante las maniobras de noviembre y también suele ser frecuente su visita en las maniobras de verano. La gran frecuencia con la que se acude a este campo de maniobras hace necesaria la renovación de diversos aspectos relacionados con la topografía y la táctica, y que se expondrán en el desarrollo y resultados de este trabajo.

Además, se estudiará la zona más próxima al TEAR y la que, por cercanía al acuartelamiento y facilidad logística, es más utilizada por la BRIMAR: el CASR. Debido a la alta frecuencia con la que las unidades acuden a este campo de maniobras, el terreno es “teóricamente” bien conocido por dichas unidades. Es por ello que lo que se pretende con este estudio es plantear alternativas a los planeamientos de las unidades, en base a que el adiestramiento de todos los Infantes de Marina sea lo más completo e integral posible.

Por último, se llevará a cabo un tercer estudio en un CMT menos frecuentado por la BRIMAR y, por supuesto por los alumnos de la ENM. Se trata del CMT “Álvarez de Sotomayor” situado en Almería. Resulta interesante analizar los aspectos más relevantes de este campo de maniobras, ya que por su lejanía tanto al TEAR como a la ENM, su uso por parte de unidades de IM se limita a las visitas esporádicas que realiza la BRIMAR cada año. En este TFG, se analizará el terreno como tal y, para potenciar su uso, se plantearán algunas alternativas logísticas que resulten concluyentes para que los IM acudan a esta zona y su adiestramiento sea más completo, huyendo del terreno comúnmente conocido por los combatientes.

No se debe dejar pasar por alto que las distintas actividades que realizan las unidades de las FAS, son llevadas a cabo en terrenos que requieren de amplios espacios naturales, caracterizados por ubicaciones singulares, con accesibilidad pública limitada y con grandes ejemplos de paisajes y sistemas naturales. Según el uso militar de estos espacios naturales y el tipo de unidad que vaya a realizar actividades de I+A, se imponen distintas características a los CMT:

- Los campos de maniobra de unidades ligeras, preferentemente, se caracterizarán por terrenos llanos o de colinas, con topografía suave de vegetación esteparia o poblados de matorral o bosque.
- Los campos de maniobra para el despliegue de vehículos blindados y carros de combate requieren unos terrenos similares, con topografía suave, no excesivamente

compartimentados, pero sí que permitan la desenfilada y también movimientos en profundidad.

- Para las unidades de artillería se reservan las zonas de grandes pendientes, debido a las facilidades que ofrecen para la observación y limitación de la zona de caídas de proyectiles

Teniendo en consideración las líneas anteriores, para el estudio en estas tres zonas de actuación, se tendrá en cuenta maniobras anteriores realizadas por unidades de la BRIMAR en cada una de ellas.

3.1.1 CMT Parga

El CMT “Parga” es un campo de adiestramiento perteneciente al ET. Es una zona idónea para el adiestramiento de las unidades, en cualquiera de las destrezas que éstas quieran potenciar. Además, su crecimiento está siendo exponencial en estos últimos años, en términos cualitativos.

En primera instancia, se situará la zona en la que se encuentra el campo de maniobras, concretamente en la provincia de Lugo. Para ello, tras referenciar la Comunidad Autónoma de Galicia mediante el código ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989): EPSG 25829, para UTM en zona 29N, se hará uso de la herramienta “Filtro” para seleccionar los municipios que se encuentran en las comarcas de la provincia de Lugo (Véase Figura 3-1).

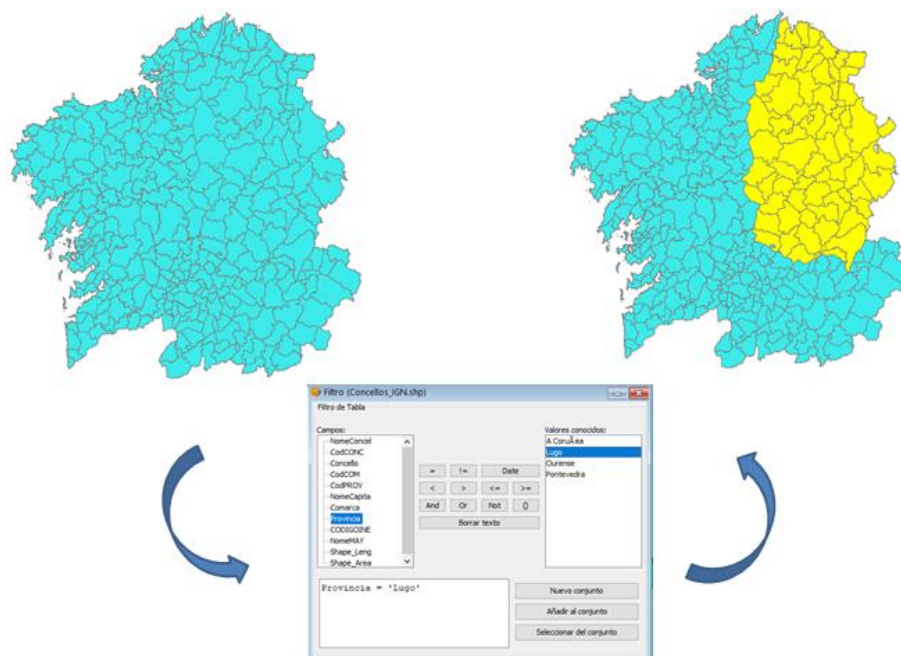


Figura 3-1 Filtrado de los concellos de la provincia de Lugo

Tras realizar este primer filtrado, los municipios de la provincia de Lugo aparecen resaltados en un color amarillo y se exporta una nueva capa en formato *.shp* denominada “Concellos_Lugo.shp” que contiene únicamente los municipios de Lugo del área de interés. Posteriormente, con la versión Desktop 2.5.0.2930, se delimita la zona del campo de maniobras, mediante la transformación de una capa de líneas que dará como resultado el polígono que se superpone sobre la extensión que ocupa el CMT. Esta transformación de línea a polígono se realiza a través de una capa vectorial de los puntos recogidos en el Boletín Oficial del Estado (BOE) número 142 del 12 de junio de 2018 [47], en el se decreta la propiedad del CMT “Parga” como zona de interés para la Defensa Nacional, mediante Real Decreto 348/2018, de 25 de mayo, y en el que establecen cuáles son las coordenadas exactas de los límites del campo (Véase Figura 3-2).

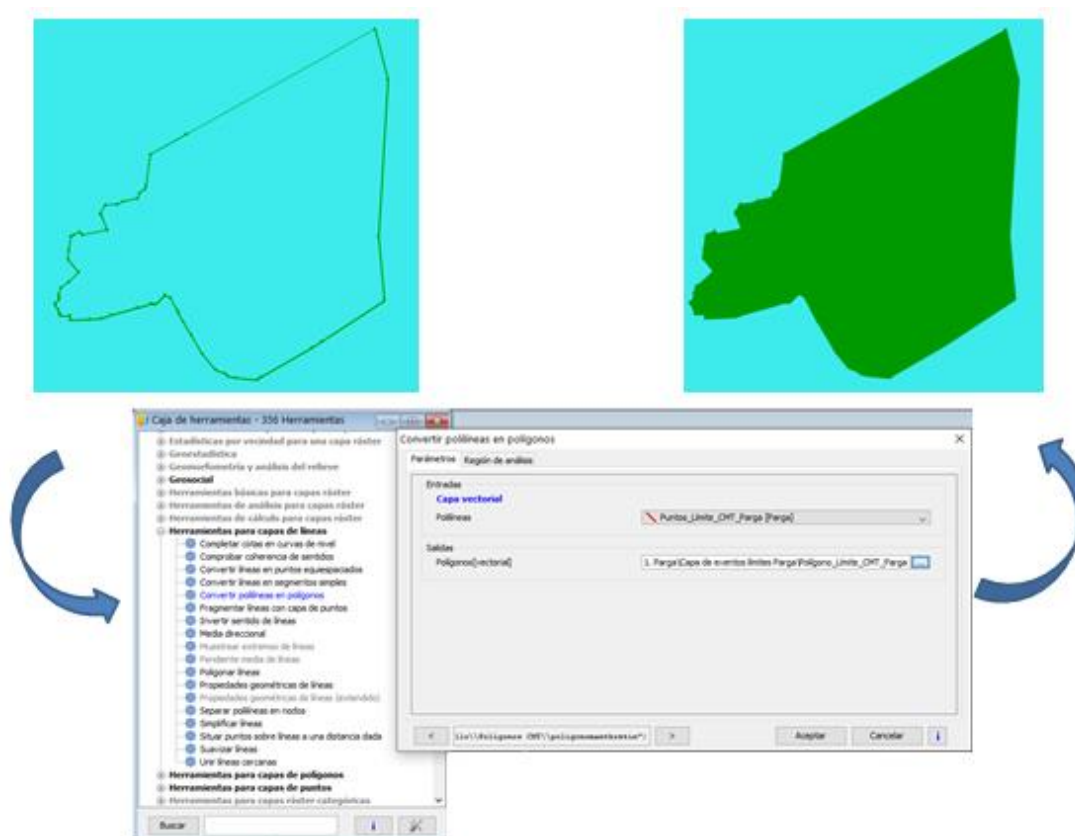


Figura 3-2 Creación del polígono de la propiedad del CMT “Parga”

3.1.2 Campo de Adiestramiento Sierra del Retín (CASR)

El CASR es un campo de maniobras, propiedad de la Armada Española, situado en Barbate (Cádiz). Su orografía lo hace un sitio idóneo para el desarrollo del adiestramiento en operaciones anfibias, razón de ser de los Infantes de Marina. El campo se prolonga a lo largo de toda la Sierra del Retín y tiene un área extensa que permite el despliegue de la BRIMAR ejecutando una OA.

Para la localización de esta zona en el software gvSIG, en primer lugar, tras referenciar la Comunidad Autónoma de Andalucía mediante el código ETRS89: EPSG 25830, para UTM en zona 30N, se ha importado la capa de términos municipales de Andalucía y se han seleccionado, mediante la herramienta “Filtro”, aquellos términos municipales de la provincia de Cádiz, donde se encuentra nuestro objeto de estudio (Véase Figura 3-3).

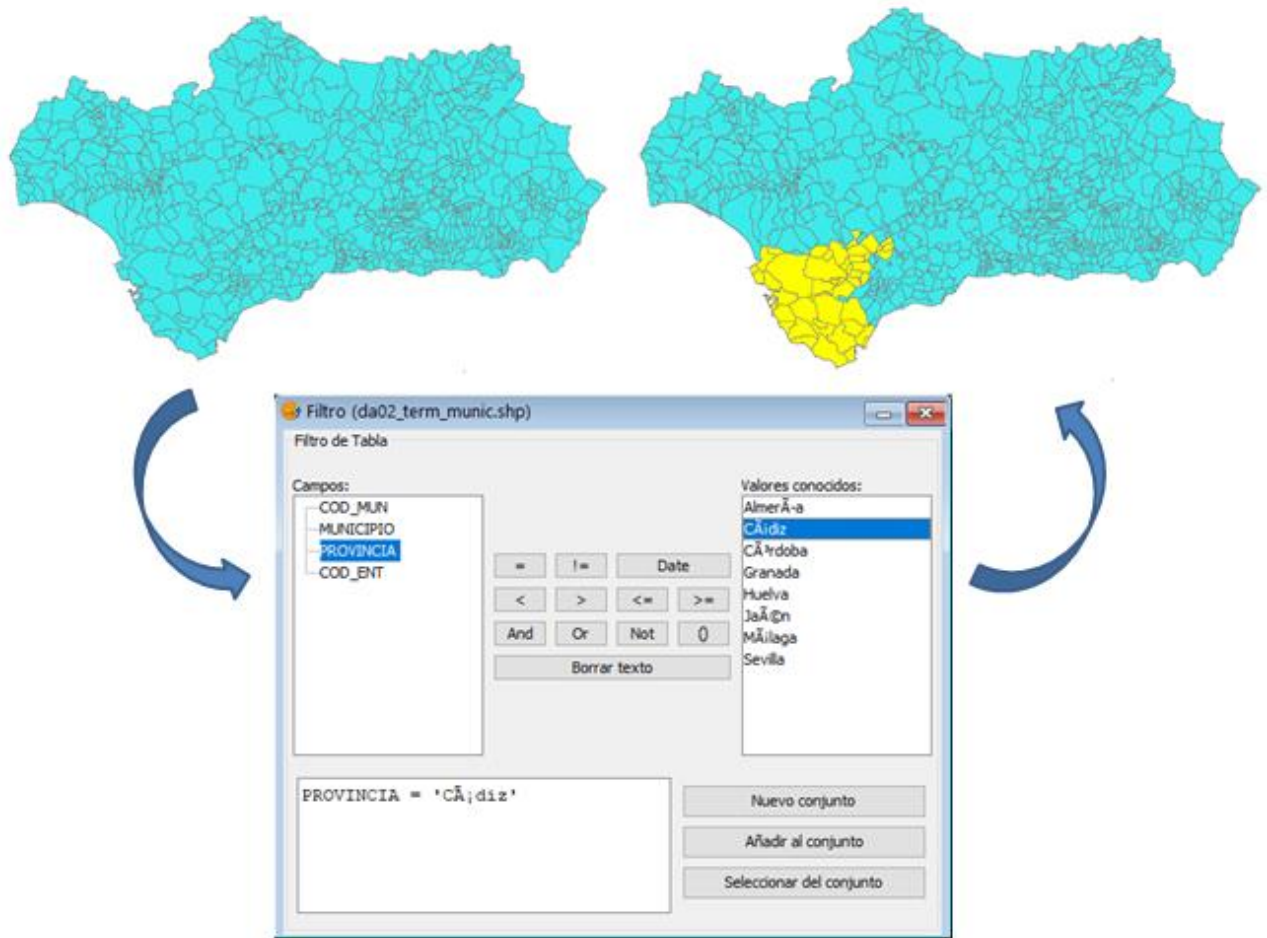


Figura 3-3 Filtrado de los términos municipales de la provincia de Cádiz

Al igual que se hizo con el CMT “Parga”, se exporta en formato *.shp* un archivo titulado “Municipios_Cádiz.shp”. y con la versión Desktop 2.5.0.2930, se delimita la zona del CASR, con el polígono que muestra la zona que ocupa el campo de maniobras. Esta transformación de línea a polígono se hace a través de una capa vectorial de los puntos recogidos en el BOE número 266 del 3 de noviembre de 2014 [48], en el que se decreta la propiedad del CASR como zona de interés para la Defensa Nacional, mediante el Real Decreto 885/2014, de 10 de octubre, y en el que establecen cuáles son las coordenadas exactas de los límites del campo (Véase Figura 3-4).

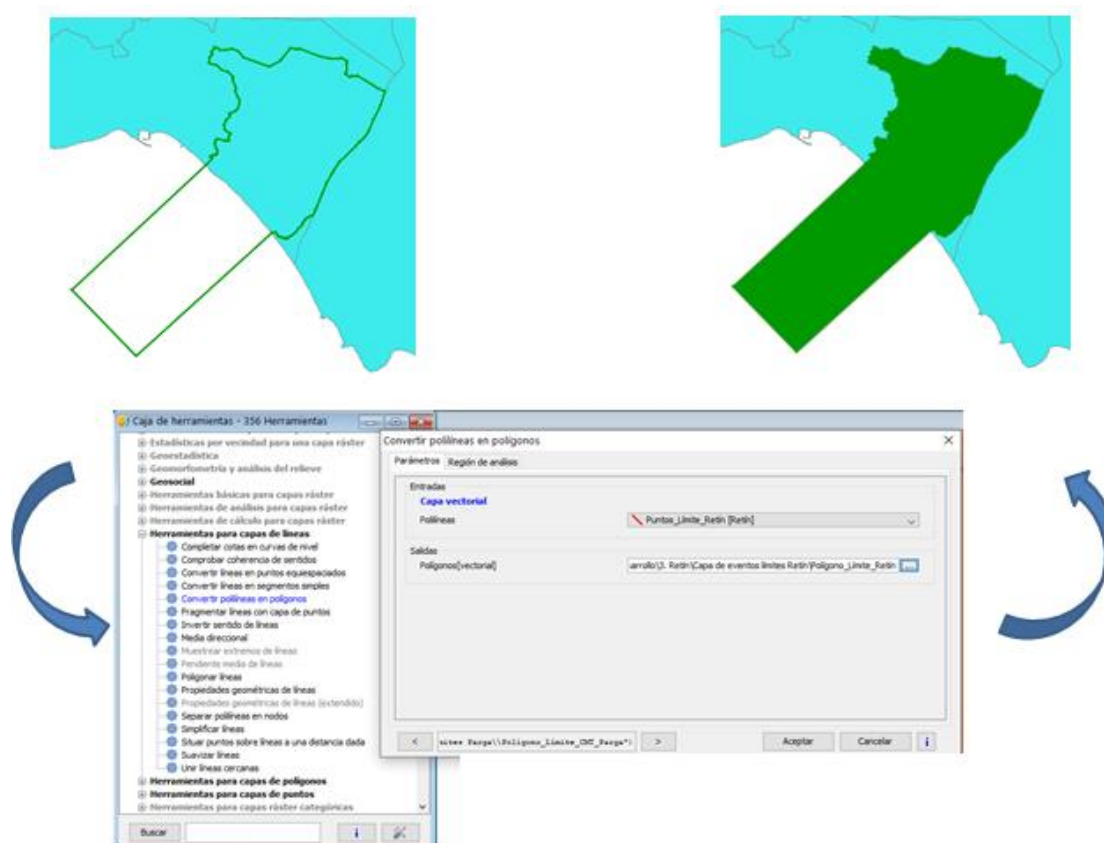


Figura 3-4 Creación del polígono de la propiedad del CASR

3.1.3 CMT Álvarez de Sotomayor

El CMT “Álvarez de Sotomayor” es un campo de maniobras propiedad del ET, situado en la provincia de Almería y anexo a la Brigada Rey Alfonso XIII, II de la Legión, situada en Viator. La operatividad de esta unidad requiere de un campo de maniobras que esté a la altura del adiestramiento que las unidades necesitan. Es por ello, que las unidades de la BRIMAR acuden todos los años a esta zona, ya que presenta, además de unas excelentes prestaciones, una oportunidad para que los Infantes de Marina se adiestren en un ambiente y en una zona menos habitual a la que están acostumbrados.

Para ello, se referencia la Comunidad Autónoma de Andalucía de igual forma que en el apartado anterior y localizaremos, posteriormente, la provincia de Almería dentro de Andalucía mediante la herramienta “Filtro”, obteniendo de esta forma una capa con los municipios de dicha provincia (Véase Figura 3-5).

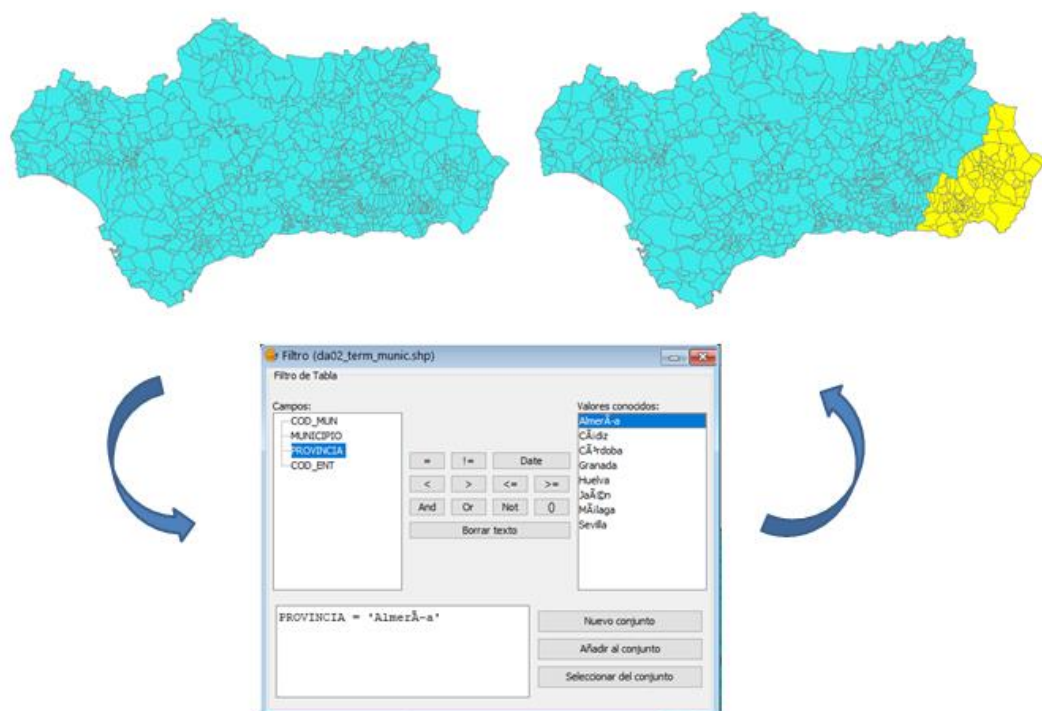


Figura 3-5 Filtrado de los términos municipales de la provincia de Almería

Una vez exportada la capa “Municipios_Almería.shp”, se procede de igual forma que en los apartados anteriores para situar la superficie que ocupa el CMT “Álvarez de Sotomayor” en el terreno. Los puntos están recogidos en el BOE número 216 del 5 de septiembre de 2014 [49], en el se decreta la propiedad del CMT “Álvarez de Sotomayor” como zona de interés para la Defensa Nacional, mediante el Real Decreto 703/2014, de 1 de agosto, y en el que establecen cuáles son las coordenadas exactas de los límites del campo (Véase Figura 3-6).

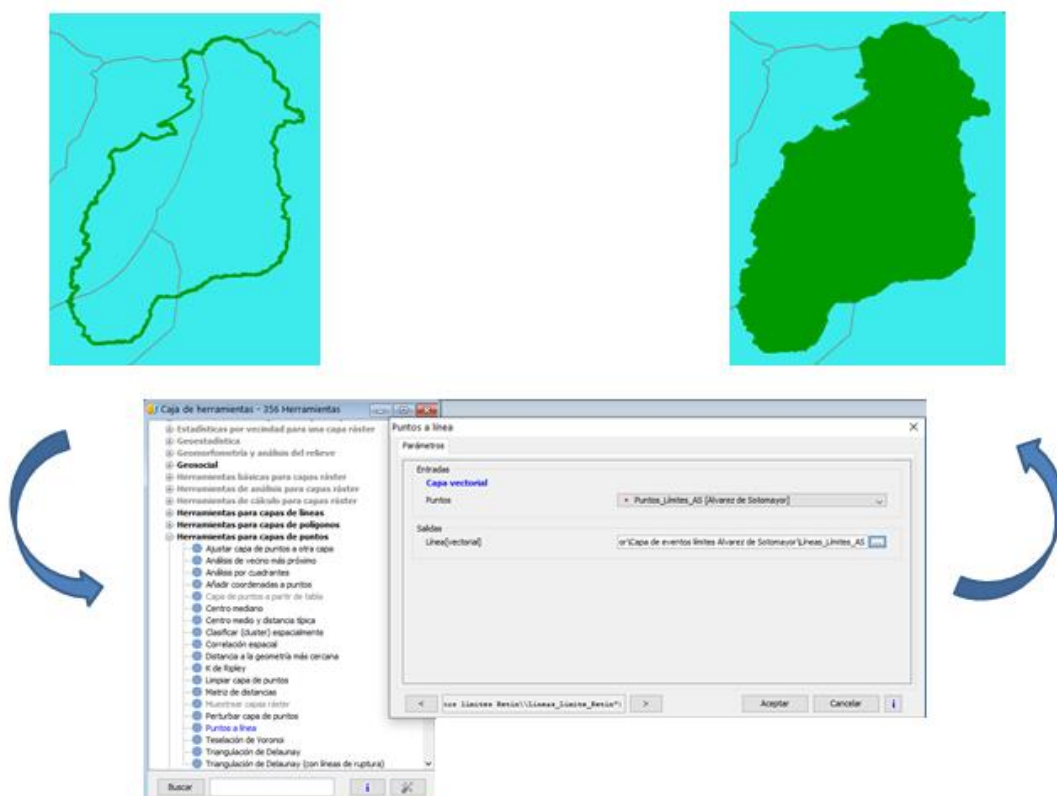


Figura 3-6 Creación del polígono de la propiedad del CMT "Álvarez de Sotomayor"

3.2 Fuentes de Datos Geográficos

3.2.1 Instituto Geográfico Nacional (IGN)

En el Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), se encuentran una gran cantidad de ficheros y bases de datos cartográficas y topográficas, que son de descarga gratuita para su procesamiento en los software SIG. En este TFG, se descargó de dicha fuente la Base Topográfica Nacional a escala 1:25000 (BTN25), con el sistema geográfico de referencia ETRS89 y con la proyección UTM en el huso correspondiente. Además, la unidad de descarga de estos ficheros es por provincia, por lo que facilita la descarga de las tres provincias españolas en las que se enmarcan los CMT que se analizan en este trabajo. El formato en el que aparecen las capas es SHP, DWG y KMZ, compatibles con el software seleccionado.



Figura 3-7 Centro de Descargas del CNIG [50]

Las capas que se han podido extraer de este fichero, para el desarrollo de este trabajo son:

➤ Curvas de nivel

Las curvas de nivel suponen una fuente de información de gran relevancia a la hora de realizar cualquier tipo de movimiento, ya sea a pie o en vehículo, o con una finalidad civil o militar. Lo cierto es que, en el ámbito militar, conocer el relieve del terreno facilita sobremanera el planeamiento de las operaciones. La información que contiene esta capa nos ofrece la oportunidad de categorizar distintos puntos topográficos, así como estudiar posibles rutas o posiciones tácticas, obteniendo así una información más exacta que la que se puede extraer a través de un método convencional, como puede ser un mapa topográfico.

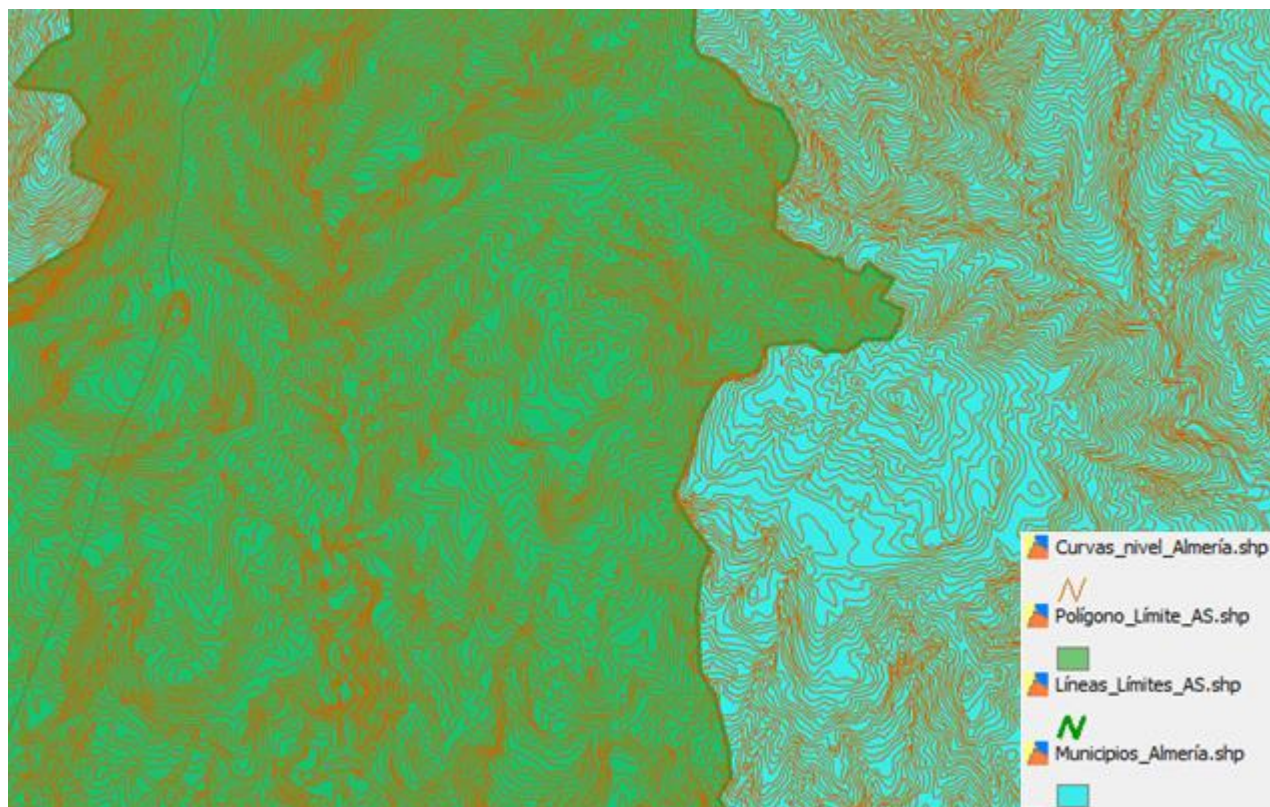


Figura 3-8 Curvas de nivel en el CMT "Álvarez de Sotomayor" y alrededores

➤ **Hidrografía**

La hidrografía del terreno, al igual que el relieve, supone un obstáculo para la maniobra de las unidades. Sin embargo, en el ámbito bélico, los obstáculos pueden ofrecer ventajas o ciertos inconvenientes. Resulta evidente que no tiene el mismo impacto para una unidad de infantería ligera, como pueden ser las Compañías de fusiles de los Batallones de Desembarco de la BRIMAR o la Compañía de Alumnos de la ENM, que para una unidad de infantería mecanizada o acorazada, en la que no todos los vehículos tienen la capacidad de vadeo suficiente para sortear este tipo de obstáculo. Es por ello que surge la necesidad de que se estudie este aspecto del terreno.

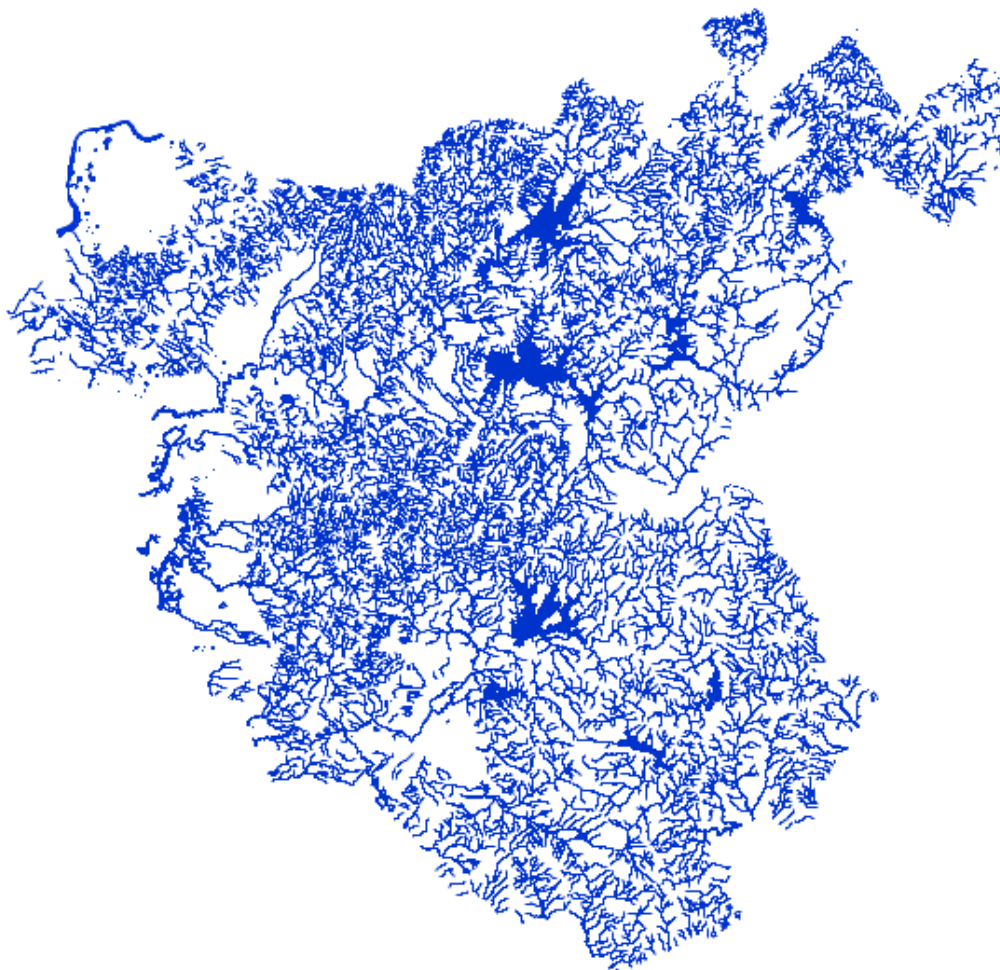


Figura 3-9 Hidrografía de la provincia de Cádiz

➤ **Núcleos de población**

En los ejercicios realizados por las unidades de nuestras FAS en los distintos campos de maniobra, como se ha comentado en apartados anteriores, es común que se realicen algunos ejercicios concretos fuera de los propios campos. Es por ello, que será de relevancia estudiar las distintas entidades de población que se encuentran en los alrededores de los CMT que se van a estudiar en este TFG. En la siguiente imagen se muestra los núcleos de población de las provincias donde se encuentran situados los campos de maniobra del Retín, Parga y Álvarez de Sotomayor.



Figura 3-10 Entidades de población de Lugo, Almería y Cádiz

➤ **Carreteras**

La necesidad de conocer las principales vías de comunicación y acceso a los CMT resulta vital, tanto logística como tácticamente. Es imprescindible conocer las rutas que se han de seguir para el transporte, según la tipología de las cargas que se van a transportar en los vehículos, y también lo es el conocimiento sobre las zonas de carretera que se han de evitar según el tipo de ejercicio que se pretenda realizar, en caso de que se realicen ejercicios en las inmediaciones, fuera del propio campo de maniobras, como suele ser habitual en algunas ocasiones.

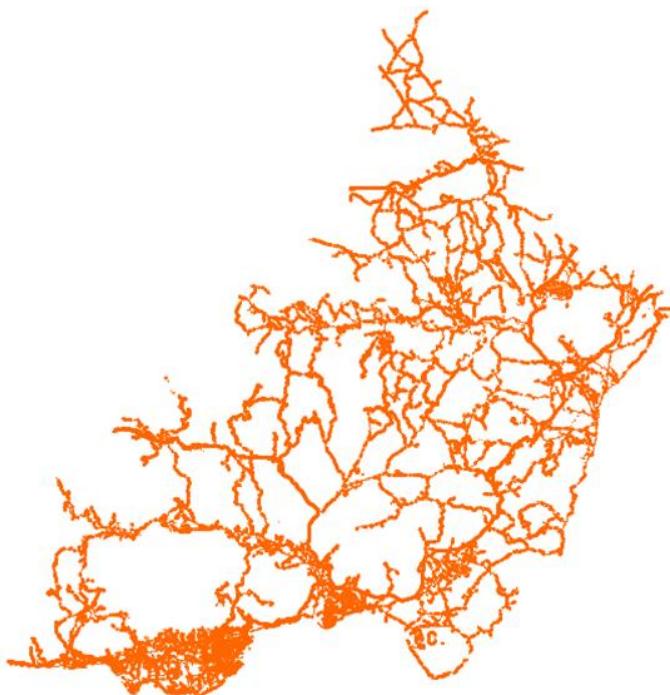


Figura 3-11 Capa de carreteras de Almería

➤ Caminos y sendas

Sin duda alguna, es otro de los factores que es necesario conocer a la perfección. En los ejercicios tácticos, se deben estudiar los caminos, sendas y demás itinerarios con el máximo detalle posible, ya que estas pueden simular en muchas ocasiones zonas peligrosas en las que será necesario emplear los procedimientos operativos vigentes (POV) de la unidad que esté realizando dichos ejercicios. También es interesante su estudio para la movilidad dentro del propio campo, así como para el diseño de marchas tácticas o logísticas.

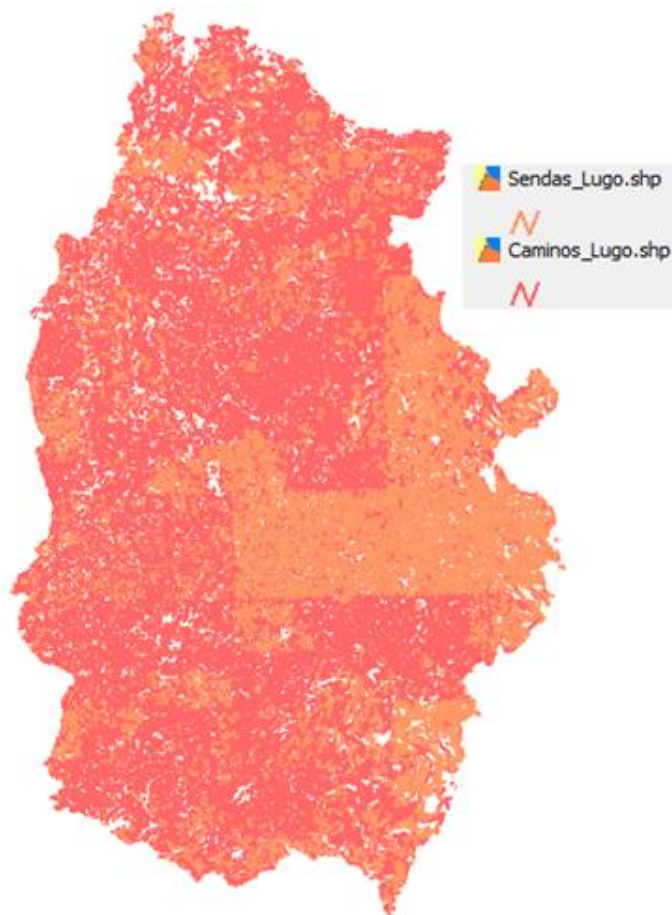


Figura 3-12 Capa con caminos y sendas de la provincia de Lugo

➤ Antenas

Las antenas de radio son frecuentemente utilizadas en los diseños de los ejercicios tácticos que desarrollan las unidades en sus maniobras. Concretamente, la Compañía de Alumnos de IM de la ENM suele realizar operaciones en las que se simula que las antenas son un medio que está siendo explotado por el enemigo para realizar hostigamientos y realizar acciones ilícitas. Por ello, resulta interesante elaborar un mapa temático en el que se ubiquen las antenas de radio que se encuentren en las zonas cercanas a los CMT, para así poder ofrecer tanto a profesores como alumnos nuevas opciones para que las posibilidades de diseñar nuevos ejercicios tácticos sean mayores. Esto se hace extensible, a su vez para las unidades de la BRIMAR que vayan a realizar sus maniobras en una ambientación parecida a la comentada anteriormente.

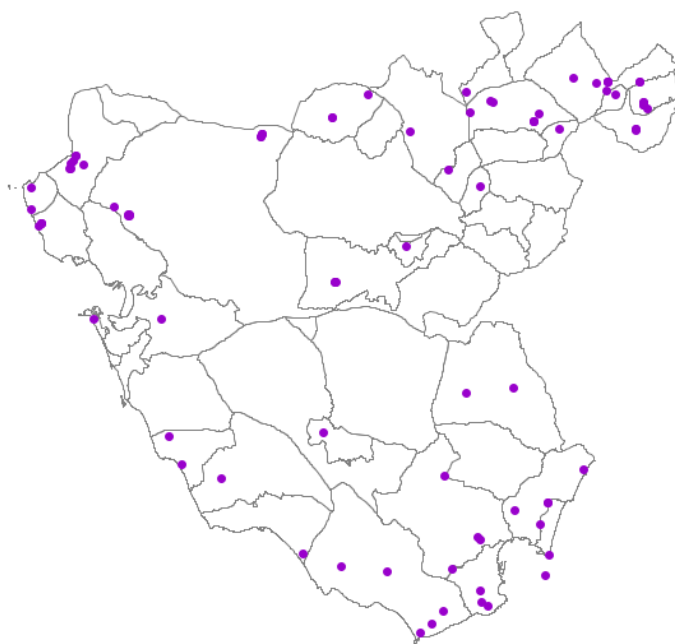


Figura 3-13 Capa de antenas de radio en la provincia de Cádiz

3.2.2 Xunta de Galicia

Por su parte, en lo concerniente a la zona de estudio situada en la zona de la Comunidad Autónoma gallega, en la página oficial de la Xunta de Galicia existe la oportunidad de descargar de manera libre y gratuita una serie de archivos y capas de especial interés para cumplimentar el desarrollo del TFG.



Figura 3-14 Portal de Información Geográfica de la Xunta de Galicia [51]

Esta información se encuentra en la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), a través de la cual se descargaron las siguientes capas, que apoyan a las descargadas desde el IGN:

➤ Red Natura 2000

Natura 2000 es una red ecológica de áreas de conservación de la biodiversidad que consta de Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). En Galicia la Red Natura se compone de 59 ZECs y 16 ZEPAs, desde los espacios litorales hasta la alta montaña. Esto demuestra la importancia que estas zonas suponen para la comunidad gallega, tanto cultural y social como científicamente. Es por ello, que a la hora de desarrollar operaciones o maniobras militares, se ha de tener siempre presente la extrema preocupación por estas zonas.

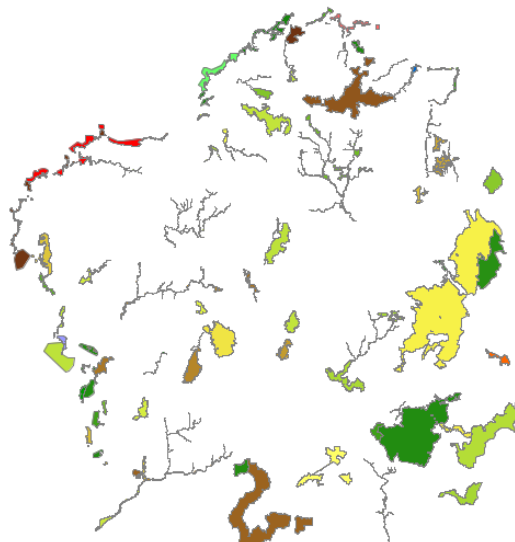


Figura 3-15 Red Natura 2000 en la Comunidad Autónoma de Galicia

➤ **Hospitales y Centros de Salud**

A pesar de que se acude con frecuencia al CMT “Parga” y, por tanto, la zona de estudio en la Comunidad Autónoma gallega es conocida por los Infantes de Marina de la ENM, resulta interesante conocer otras opciones sanitarias a las que habitualmente se suelen plantear. Para ello, en el Servicio Gallego de Salud (SERGAS), se encuentran las ubicaciones de las distintas entidades sanitarias, que han sido importadas en el software gvSIG como una capa de eventos, como se hizo con los límites de los CMT.

➤ **Aeropuertos, helipuertos y puertos marítimos**

Las siguientes zonas que se reflejan son zonas de aterrizaje y puertos marítimos. Dada la localización del CMT “Parga”, la ubicación de los puertos marítimos únicamente tendría sentido para el transporte de ropas por vía marítima. Sin embargo, las zonas de aterrizaje que se muestran son de especial importancia, ya sea logísticamente para satisfacer las necesidades de la unidad con rapidez o para transportar las tropas de una forma más eficaz en el caso de los aeropuertos, o en el caso de los helicópteros, para poder realizar algunas acciones helitransportadas o una ambientación a este medio. Para todo ello, es interesante analizar la ubicación de cada uno de estas zonas y reflejarla en un mapa temático que muestre la localización con respecto al CMT de estos.

3.2.3 Junta de Andalucía

Los datos geográficos que están a disposición de cualquier usuario de forma libre, gratuita y de descarga directa, son proporcionados por las comunidades autónomas a través de la IDE. La definición por antonomasia de una IDE es tecnológica, debido a que presenta una red descentralizada de servidores, en los que se pueden observar tanto datos como atributos geográficos. Están compuesta por tres tipos de información: datos espaciales, servicios y metadatos.

En los datos espaciales encontramos cartografías tanto topográficas como temáticas. Los servicios son las funcionalidades accesibles mediante tecnologías telemáticas interoperables que un IDE ofrece al usuario para interactuar con los datos geográficos y, por último, los metadatos son datos asociados a la información producida [51].

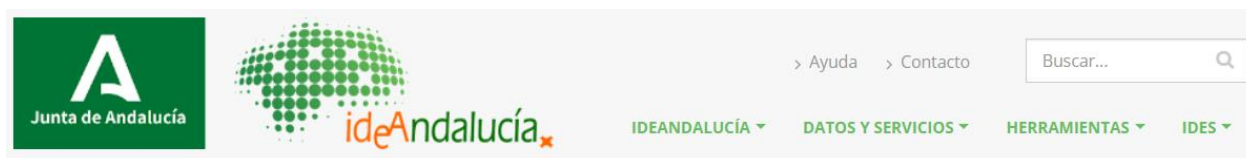


Figura 3-16 Centro de descargas Junta de Andalucía [52]

En el portal de la Junta de Andalucía se han podido descargar las siguientes capas, que complementan a las primeras descargadas en el Centro de Descargas del CNIG:

➤ **Red Natura 2000**

En Andalucía, la Red Natura 2000 también abarca una gran superficie del territorio. Concretamente, existen 176 ZECs y 63 ZEPAs. Al igual que en el territorio gallego, las maniobras y todo tipo de operación que se lleven a cabo por cualquier unidad de las FAS han de estar supeditadas al estricto cumplimiento de todas las acciones que impliquen el cuidado de estas zonas.

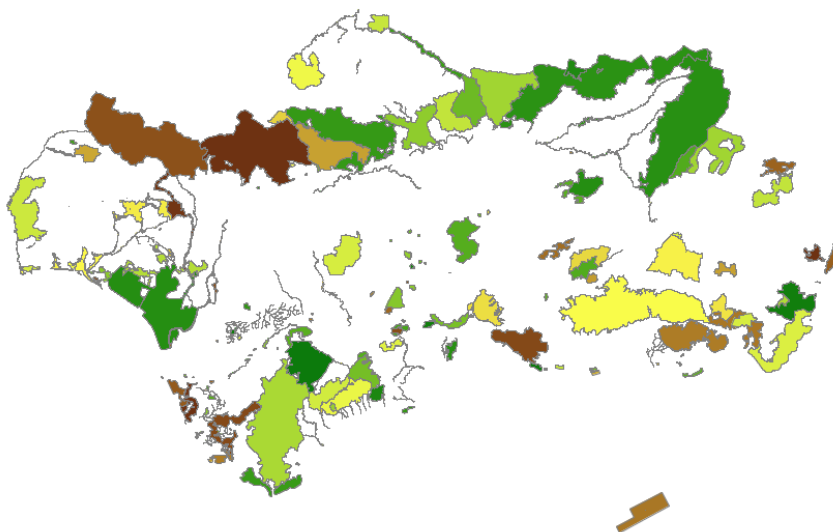


Figura 3-17 Red Natura 2000 en la Comunidad Autónoma de Andalucía

➤ **Hospitales y Centros de Salud**

Es necesario tener localizados siempre, independientemente del lugar donde se vayan a realizar las maniobras, los servicios sanitarios más cercanos a las zonas donde se vaya a actuar. En la IDE de la Junta de Andalucía, se encuentran disponible las capas, por provincias de los hospitales y los centros de salud situados dentro del área de influencia del CASR y del CMT “Álvarez de Sotomayor”.

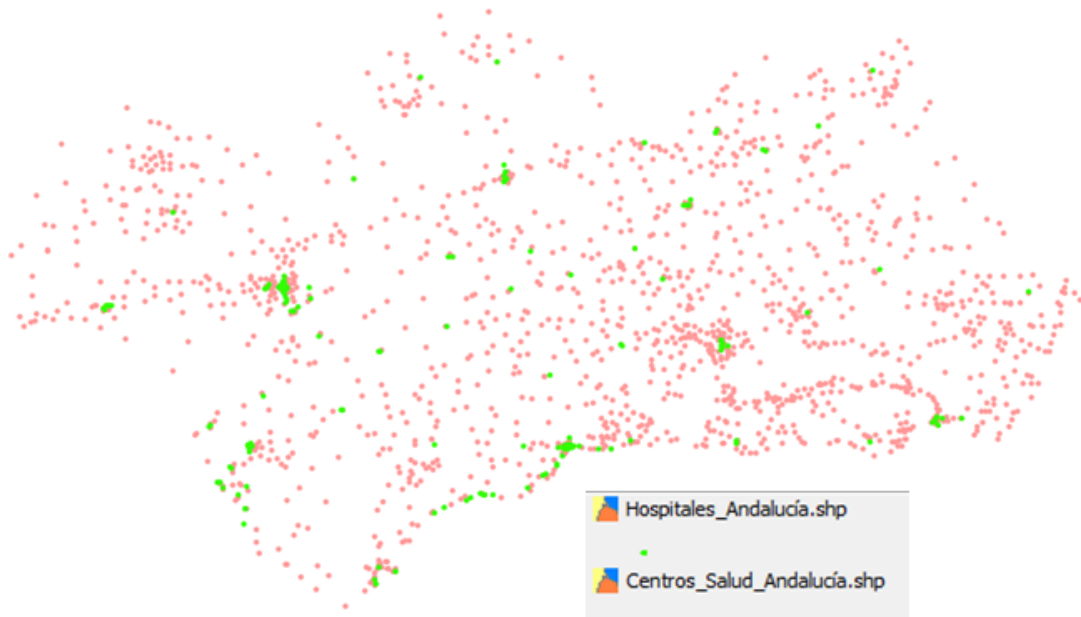


Figura 3-18 Hospitales y Centros de Salud en Andalucía

➤ **Aeropuertos, helipuertos y puertos marítimos**

En Andalucía, es interesante el estudio de estas tres zonas por distintas razones. Los puertos marítimos son realmente necesarios para poder embarcar una Fuerza de Desembarco para llevar Operaciones Anfibias tanto en el CASR como en Almería para posteriormente llevar a cabo alguna operación en el CMT “Álvarez de Sotomayor”. Además los aeropuertos para trasladar tropas a otras zonas del país o incluso para desplegar en operaciones actuales, son de vital importancia, así como también lo son los helipuertos para las acciones helitransportadas y la ambientación de los Infantes de Marina en estos medios.



Figura 3-19 Zonas de aterrizaje y puertos marítimos en Andalucía

3.3 Herramientas de gvSIG: filtros y geoprocесamientos

3.3.1 Filtro

Esta herramienta, muy utilizada en el desarrollo de este TFG, consiste en la selección de unos atributos específicos de cualquiera de las capas seleccionadas. Cuando se quiere hacer uso de esta herramienta, es preciso acudir a un icono cuya selección abre directamente la ventana del filtro. Una vez que se ha ejecutado este geoprocесo, las capas creadas se pueden exportar en distintos formatos, para poder seguir trabajando de una forma más detallada y sencilla. En las Figura 3-1, Figura 3-3, Figura 3-5, se puede observar cómo se realizó el filtrado de las provincias en las que se encuentran las zonas de actuación de este TFG. En estos casos, la herramienta se utilizó para seleccionar las provincias de Lugo, Cádiz y Almería filtrando la capa que se importó de Galicia y Andalucía, respectivamente.

3.3.2 Intersección

Esta herramienta calcula la unión entre una capa de entrada y una capa de salida con el fin de obtener como resultado una única capa que contenga atributos alfanuméricos comunes a ambas capas.

En el software gvSIG, esta herramienta se puede encontrar en el menú superior “Vista”, seleccionando la opción “Gestor de geoprocесos”. Dentro del cuadro que aparece, el siguiente paso sería dentro de la opción de Análisis, seleccionar la opción “Solape” y abrir el geoprocесamiento “Intersección”. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar un ejemplo en el que se intersecciona los usos del suelo de la Comunidad Autónoma de Andalucía con la provincia de Cádiz, obteniendo como resultado los usos del suelo de la provincia de Cádiz.

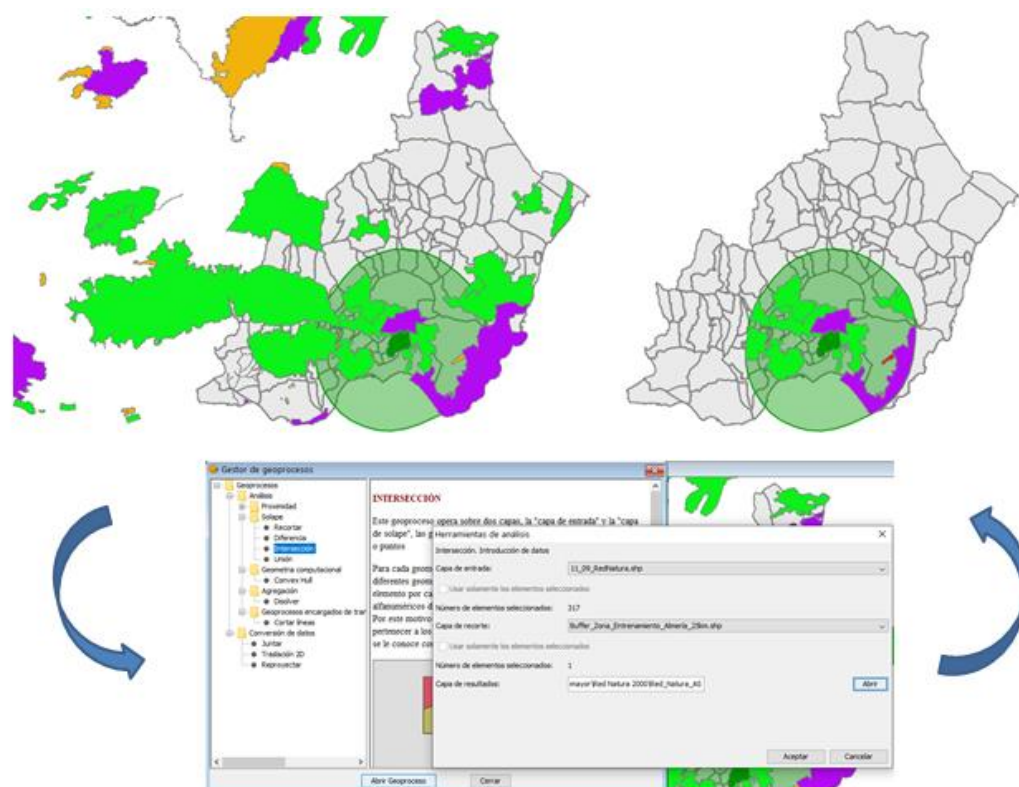


Figura 3-20 Proceso de intersección de la Red Natura 2000 de Andalucía en la zona próxima al CMT "Álvarez de Sotomayor"

3.3.3 Capa de eventos

En esta herramienta del software gvSIG, se permite al usuario crear una capa de puntos a partir de una tabla que tenga coordenadas X e Y de los puntos. En este TFG se utiliza tanto para delimitar los

campos de maniobra que se estudian como para posicionar puntos característicos que apoyan el desarrollo del mismo.

Para elaborar estas tablas se debe crear un fichero en formato Excel y para que se pueda importar en el software gvSIG, se ha de guardar como formato CSV delimitado por comas. Seguidamente, dicho fichero se abre desde el “Gestor de Proyectos” en el menú “Ver”. A continuación, se importarían las tablas para el desarrollo del TFG, seleccionando la opción de “Añadir” y seleccionando el archivo creado anteriormente en Excel. Hay que destacar que para que se pueda encontrar el archivo creado, es necesario asegurarse de que se seleccionan los archivos de tipo “csvstring”.

Una vez importada la tabla en el software, en el “Gestor de Procesos” se vuelve a seleccionar “Vista” y encontramos la opción de “Añadir capa de eventos”. Aquí, seleccionamos la tabla que contiene las coordenadas de los puntos, así como las propias coordenadas (Véase Figura 3-21).

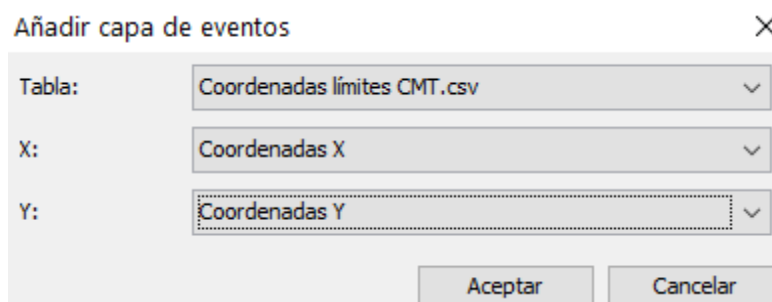


Figura 3-21 Ventana "Añadir capa de eventos" en software gvSIG

3.3.4 Puntos a líneas y Convertir polilíneas en polígonos

Esta herramienta para datos vectoriales se puede encontrar únicamente en la versión Desktop 2.5.0.2930 del software gvSIG y supone una gran ayuda a la hora de poder delimitar correctamente y con exactitud las parcelas de los CMT.

- **Punto a línea.** Se utiliza para unir los puntos recogidos en los BOE mencionados anteriormente. Para ello, se inserta una capa en formato SHP que contenga los mencionados puntos con sus coordenadas correspondientes. Una vez insertada la capa, se selecciona la opción “Caja de herramientas” y dentro de ella se escoge el apartado “Herramientas para capas de puntos”. Tras esto, finalmente se selecciona la opción “Puntos a líneas” y se crea una capa de salida en la que los puntos quedan unificados por líneas (Véase Figura 3-22).

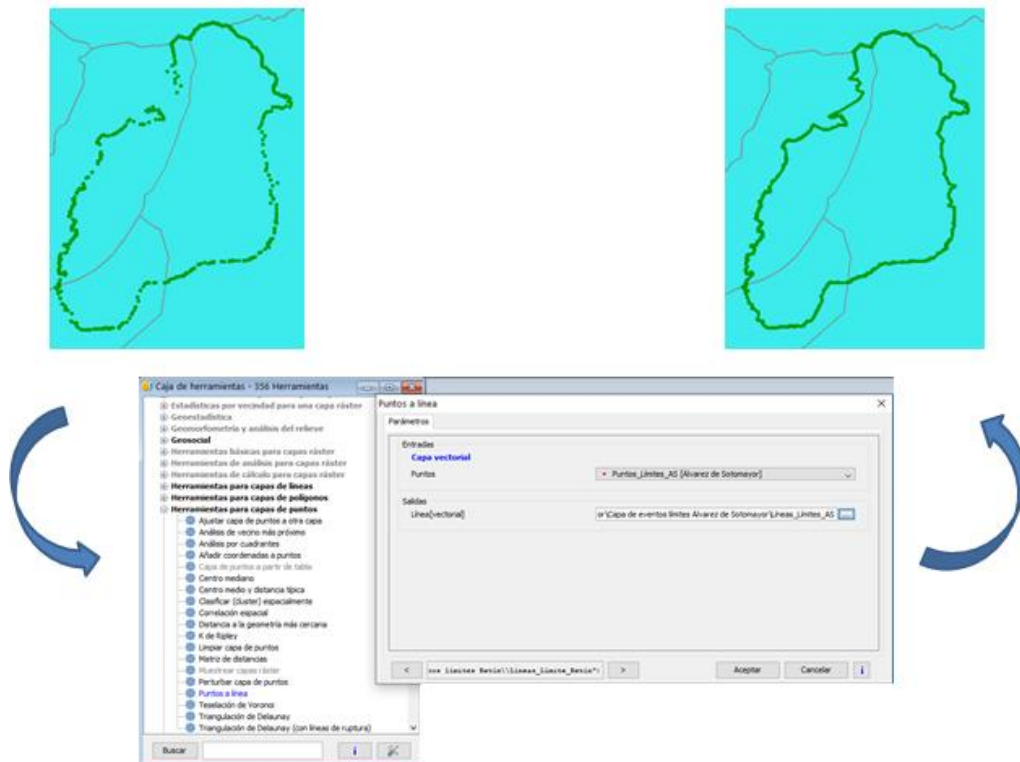


Figura 3-22 Proceso de empleo de la herramienta “Puntos a líneas”

- **Convertir polilíneas en polígonos.** Cuando se obtiene la capa SHP de los puntos unificados mediante líneas, se pasa a seleccionar la ventana de “Herramienta para capas de líneas” dentro de la misma “Caja de herramientas”. Por último, se escoge la opción de “Convertir polilíneas en polígonos” y se crea una capa SHP con el polígono que se asemeja bastante a la parcela que ocupan los CMT en sus distintas ubicaciones. Se puede comprobar en las siguientes figuras (Figura 3-2, Figura 3-4, Figura 3-6) el empleo de dicha herramienta.

3.3.5 Unión

El geoproceso “Unión” implica la combinación de dos capas, una de entrada poligonal y otra de salida que esté superpuesta a la primera. Como resultado se obtiene una capa combinada cuyos atributos resultan de la asociación de los elementos de una capa con las características de la otra, con la que guarda algún tipo de relación espacial. En el menú superior “Vista”, seleccionando la opción “Gestor de geoprocesos” aparece la opción de Análisis y seleccionando la opción “Solape” se accede a la herramienta “Unión”. En este TFG es muy utilizada para conocer los distintos atributos de los datos geográficos en las diversas capas que se evalúan.

Además, una de las grandes utilidades de este geoproceso es la aportación de información de una capa a otra. Por ejemplo, si se importa una capa de eventos, se pretende con esta herramienta que la tabla de atributos de estos muestre, además de las propias coordenadas, la información contenida en la capa con la que se va a unir.

3.3.6 Área de influencia

Este geoproceso actúa sobre una capa vectorial generando una nueva capa en forma de polígono que representa un área en el que se pretende ver la influencia que tienen determinados atributos entre ellos. Es una opción muy interesante para la selección de zonas óptimas en este TFG, ya que se analizarán las áreas de influencia que estén a una distancia determinada de los CMT en los que se basa este trabajo, tal como se puede apreciar en la Figura 3-23.

Esta herramienta se obtiene seleccionando la pestaña “Gestor de geoprocetos” en el menú “Vista” y, posteriormente, se escoge la opción “Proximidad” y se selecciona la opción de la herramienta que se pretende emplear indicando el radio del área que el usuario crea conveniente para su estudio.

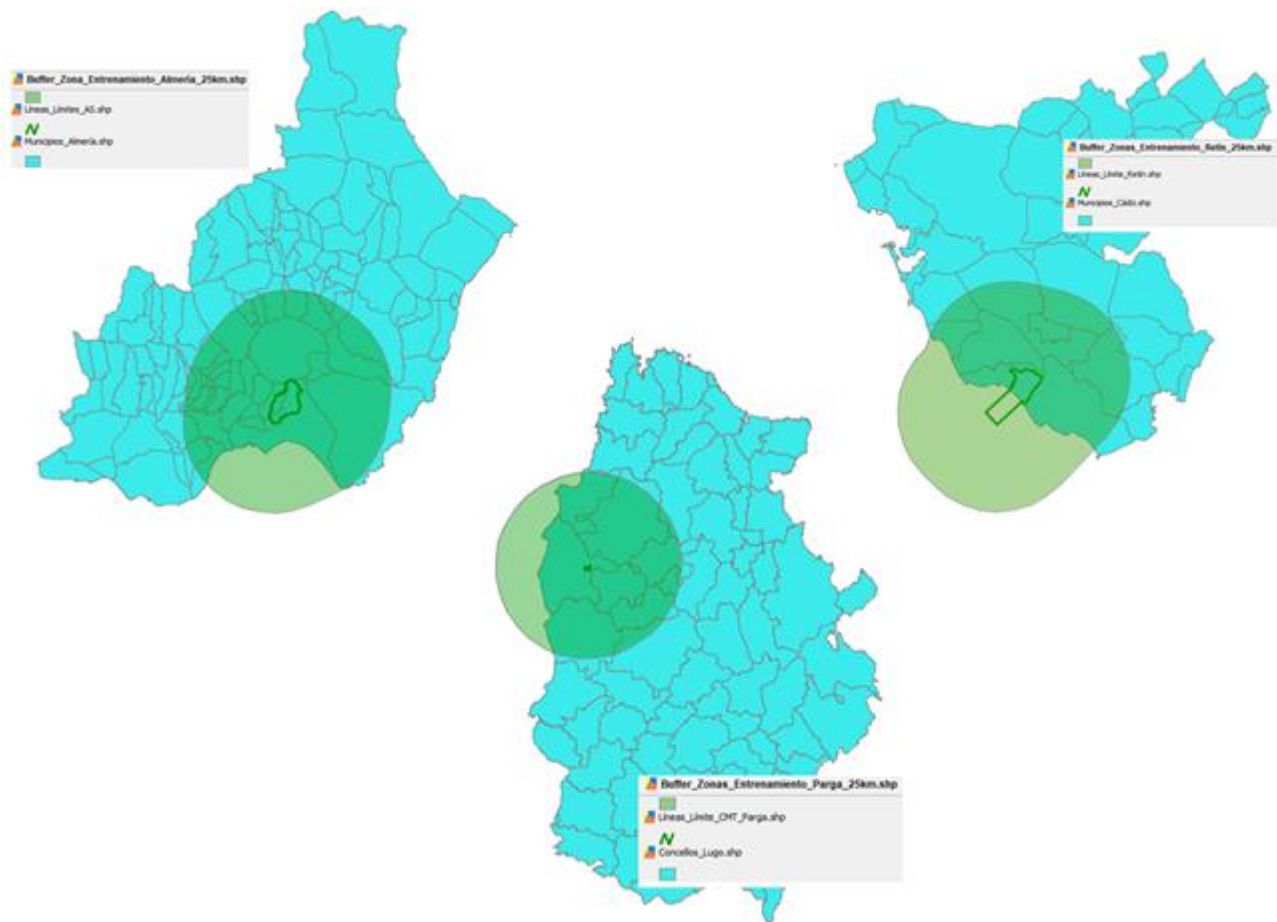


Figura 3-23 Buffer de 25 km de radio aplicado a los contornos de los CMT's

3.3.7 Recortar

Este geoproceto es de utilidad cuando se pretende emplear para obtener una nueva capa en la que se encuentren los atributos en una región determinada. En el caso de este TFG, se emplea en todas las capas que se pretenden que se vean dentro de la región de los CMT que se estudian.

Para llegar a ella, se ha de acceder al menú “Vista” y dentro de las opciones que se ofrecen, se ha de seleccionar la de “Análisis” y “Solape” dentro de “Gestor de geoprocetos” y allí se encuentra la opción de la herramienta que se pretende emplear.

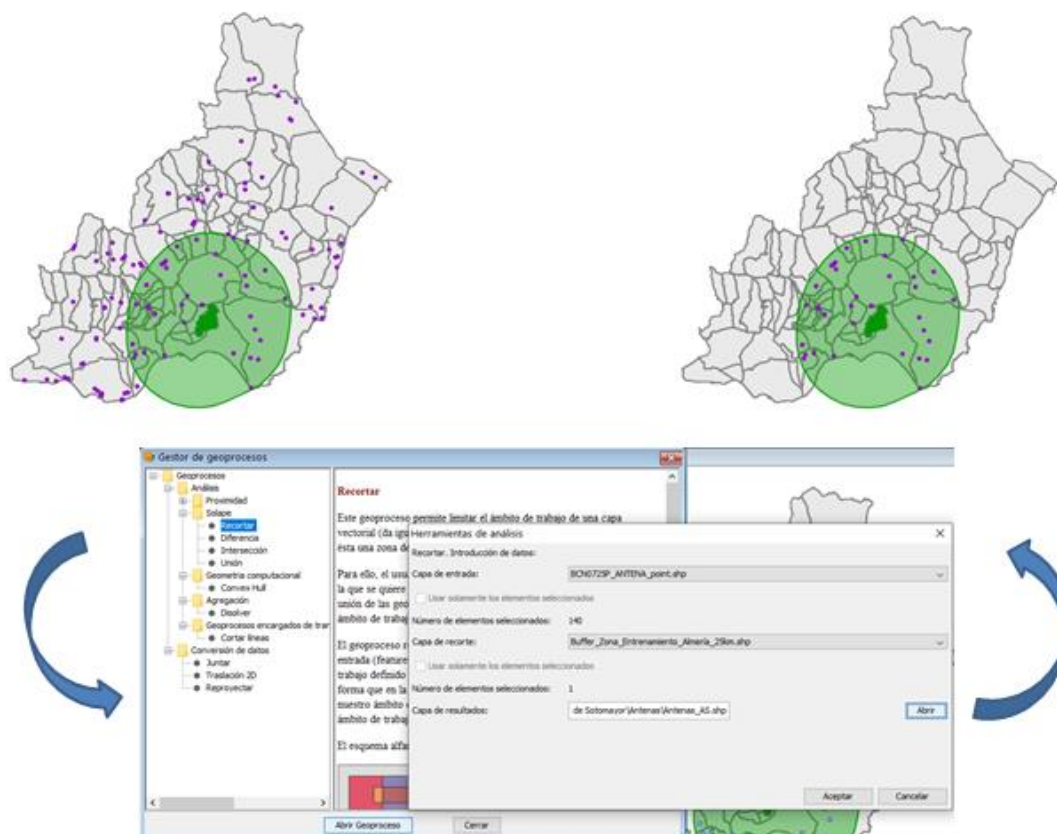


Figura 3-24 Proceso de obtención de atributos dentro de un área de influencia mediante la herramienta "Recortar"

3.3.8 Juntar

La herramienta que se presenta a continuación sirve para englobar varias capas que tengan atributos en común dentro de una única capa, de tal forma que los geoprocetos se realicen de una forma más simplificada pero completa, sin perder ningún elemento de información.

En el menú "Vista", abriendo la pestaña "Gestor de geoprocetos", se encuentra "Análisis" donde seleccionando la opción de "Conversión de datos" se accede a la herramienta "Juntar" que se aplicará a las capas que seleccionemos siempre que la entidad geométrica sea la misma.

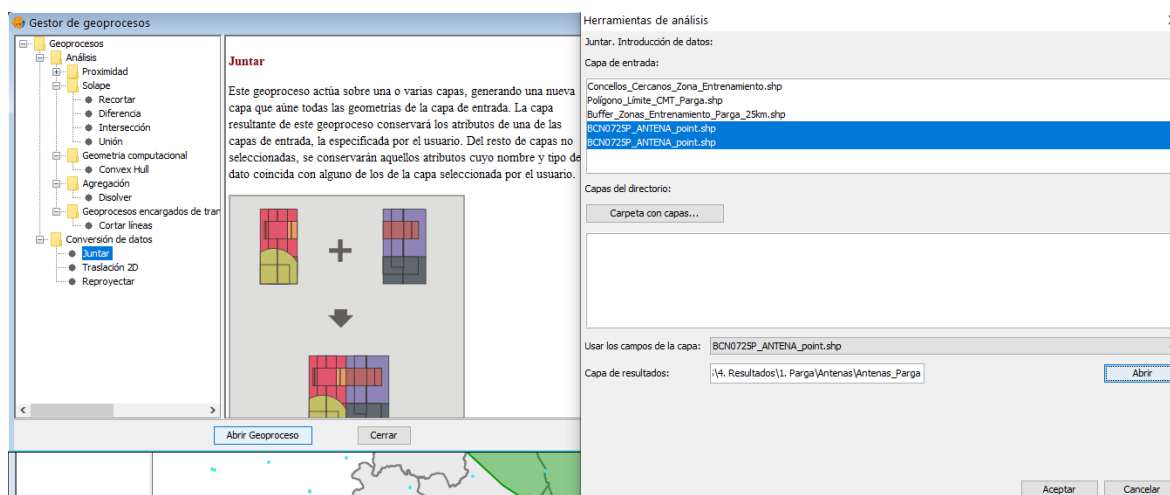


Figura 3-25 Ventana de la herramienta "Juntar"

3.4 Herramientas Carta Digital

3.4.1 Mejor ubicación del observador

Esta herramienta de la Carta Digital se emplea con el objetivo de localizar un punto, situado en una zona seleccionada por el usuario, desde el cual se maximice la superficie visible para que se pueda observar otra zona también delimitada por el propio usuario.

Las dos zonas seleccionadas son: un área de emplazamiento, que es la porción del terreno donde debe estar el punto de vista (PV), y el área observable, que es la región que se quiere visualizar y donde se pretende maximizar la visibilidad sobre ella.

Para acceder a esta herramienta, se debe seleccionar “Utilidades” en el menú de la Carta Digital, y en las opciones que en este menú se despliegan se encuentra la opción “Mejor ubicación del observador”.

Mejor emplazamiento de observador

Modelo del Terreno:

Conjunto de datos:

Consultas

Clase de entidad (tabla):

MDT LIDAR CMT RETIN

Configuración del cálculo

Altura torre: 1.80 m

Altura objetivo: 0.1 m

Velocidad: Rápido Preciso

Parámetros de realismo

Resultado del cálculo

No se ha calculado el emplazamiento desde la última modificación.

Nombre de la consulta: Mejor emplazamiento (MDT LIDAR CMT RETIN)

Descripción:

Aceptar Cancelar

Figura 3-26 Ventana de la herramienta de Carta Digital "Mejor emplazamiento del observador"

4 RESULTADOS

4.1 Cartografía temática

4.1.1 Mapas temáticos militares en los CMT

Estos mapas que se han obtenido son exclusivamente para apoyar las actividades, ejercicios y maniobras que se lleven a cabo en cada uno de los campos de maniobra que se estudian en este TFG, dependiendo de las capacidades de cada campo, el armamento que se puede emplear en estos y la disponibilidad de zonas aptas para ejercicios de tiro específicos como es el caso de tiro de artillería y el fuego aéreo.

Además, se plantean zonas distintas a las habitualmente frecuentadas por las unidades en cada uno de los campos de maniobra que se estudian. Estas zonas que se plantean, básicamente ofrecen nuevas bases de datos de puntos topográficos e itinerarios para realizar marchas dentro de los propios campos de maniobra, en el caso del Retín y del CMT “Álvarez de Sotomayor” y fuera del propio campo de maniobras pero dentro su área de influencia en el caso del CMT “Parga”.

4.1.1.1 Mapas temáticos de Observatorios para Artillería

Es habitual que, en los CMT donde se permite efectuar tiro de artillería, las unidades que lo realizan sepan de memoria tanto los asentamientos como los observatorios que van a ocupar. Esto va en detrimento del adiestramiento de los combatientes y es lo que se pretende proponer con estos mapas temáticos que se pueden encontrar en el Anexo I: Cartografía temática militar de este trabajo, en el que se plantean nuevas alternativas para que los ejercicios se alternen de unas maniobras a otras para así alcanzar el nivel de instrucción y adiestramiento que se espera de estas unidades.

Este estudio se realiza únicamente en los campos de maniobra donde se pueden efectuar el tiro de artillería o fuego aéreo, como lo son el Campo de Adiestramiento Sierra del Retín y el CMT “Álvarez de Sotomayor”. El CMT “Parga”, al ser de un área poco extensa, no dispone de zonas que estén destinadas para este tipo de tiros y, por tanto, no tendría sentido elaborar un mapa de observatorios para artillería en esta zona.

Para ello, se ha empleado la Carta Digital, en la que su herramienta de “Mejor ubicación del observador” proporciona la ubicación óptima que ha de ocupar un observador para ver los impactos de la forma más eficiente posible. Como resultado de emplear dicha herramienta, se obtienen los siguientes emplazamientos que se pueden observar en el Anexo I: Cartografía temática militar en los que se diferencia tanto el punto de vista seleccionado como la zona óptima para la observación del tiro de artillería, tanto en el CASR como en el CMT “Álvarez de Sotomayor”. Además de adjuntar los mapas temáticos de estas posiciones con sus zonas vistas y ocultas, se adjunta la Tabla 4-1 con las

coordenadas de dichos puntos en el CASR y en la Tabla 4-2 los puntos correspondientes en el CMT “Álvarez de Sotomayor”:

Observatorio	Coordenada X	Coordenada Y
N	243 401	4 011 246
S	241 099	4 008 829
E	242 865	4 010 639
W	245 042	4 009 207

Tabla 4-1 Coordenadas UTM observatorios en el CASR

Observatorio	Coordenada X	Coordenada Y
NW	557 098	4 090 733
NE	557 375	4 090 977
E	559 428	4 088 030
SE	557 097	4 085 663
SW	554 740	4 085 924
W	554 448	4 087 730

Tabla 4-2 Coordenadas UTM observatorios en el CMT "Álvarez de Sotomayor"

4.1.1.2 Mapas temáticos de Puntos topográficos

En este mapa se muestran accidentes del terreno característicos que servirán para el adiestramiento de las unidades en el ámbito de la topografía. Con esta relación de puntos se pretende que el combatiente se adiestre con diferentes puntos a los que suele estar acostumbrado y que interprete el terreno para seleccionar la ruta óptima que ha de seguir para completar el ejercicio con éxito.

Para obtener esta base de datos de puntos topográficos se han empleado las capas vectoriales de curvas de nivel, de hidrografía, entidades de población y carreteras descargadas en el Centro de Descargas del IGN, vistas en el desarrollo de este trabajo. La superposición de estas capas permite obtener puntos destacables del terreno que el Infante de Marina deberá reconocer en su mapa topográfico atendiendo a los aspectos generales del terreno que pueda divisar en su recorrido.

La elección de los puntos topográficos tiene las siguientes características:

- Las coordenadas UTM que se ofrecen utilizan el sistema de referencia ETRS89, en huso 29 para las coordenadas en el CMT “Parga” y huso 30 para las coordenadas en los otros dos campos de maniobra.
- Las zonas en las que se han elegido estos puntos son áreas en las que suele ser poco o nada habitual que las unidades se adiestren en el campo de la topografía, con el firme objetivo de que sea un terreno completamente nuevo para un mejor aprendizaje de esta destreza.
- Hay tres grupos de puntos distintos, en base a la dificultad que radica en su identificación: los puntos fáciles (F), los normales (N) y los difíciles (D), de tal manera que según el grado de adiestramiento que tenga el usuario, se le podrán exigir cada vez puntos que denoten una mayor soltura en el ámbito de la topografía.
- La capa de curvas de nivel se empleó para reconocer puntos del terreno que tuviesen relación únicamente con el relieve, como es el caso de las cotas, collados, vaguadas y espolones.

- Para identificar cruces se emplearon las capas tanto de hidrografía como la de caminos, que proporcionaron intersecciones entre ellas.
- Los puntos que requieren una fácil identificación son aquellos relacionados con estructuras artificiales, tales como pozos o edificaciones, por ello se identificaron las entidades de población y edificaciones cercanas a las zonas donde se encuentra el conjunto de puntos topográficos en cada uno de los campos de maniobra.

A continuación se ofrecen las tablas con las coordenadas de los puntos topográficos obtenidos en cada uno de los campos de maniobra en las zonas de interés para los recorridos topográficos. Además en el Anexo I: Cartografía temática militar se pueden observar los mapas temáticos en los que se muestran los puntos topográficos en la región de influencia de los campos de maniobra.

En el área de influencia del CMT “Parga”, se ha determinado que la zona a reconocer mediante itinerarios topográficos ha de ser la zona de la Capela do San André al Este del campo de maniobras, dado que es una zona en la que la Compañía de Alumnos de la ENM no ha realizado ejercicios topográficos. Los puntos topográficos obtenidos en esta zona son los reseñados en la siguiente tabla:

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Descripción
F1	609 318	4 783 646	Cota 484
F2	609 181	4 784 175	Cota 512
F3	606 650	4 783 526	Collado 512
F4	606 526	4 783 509	Cota 518
F5	606 736	4 783 572	Cota 517
F6	606 170	4 782 968	Vértice geodésico
F7	606 370	4 783 976	Collado 463
F8	606 048	4 784 108	Edificación
F9	605 586	4 784 007	Cota 472
F10	605 676	4 783 985	Collado 468
F11	605 741	4 783 912	Cota 479
F12	606 033	4 784 500	Espolón 494
N1	605 726	4 782 580	Espolón 514
N2	606 680	4 782 235	Espolón 508
N3	605 441	4 783 209	Cruce senda-río
N4	605 199	4 783 215	Cruce pista-río
N5	606 485	4 784 787	Espolón
N6	606 707	4 784 709	Espolón 484
N7	606 890	4 781 869	Espolón
N8	605 636	4 783 481	Cruce senda-cortafuegos

N9	605 330	4 784 490	Cruce río-tendido eléctrico
N10	605 293	4 784 523	Cruce río-curva de nivel
D1	605 671	4 781 728	Inicio vaguada
D2	606 406	4 782 567	Cruce pista-curva de nivel
D3	606 739	4 782 003	Espolón 515
D4	605 551	4 781 356	Cruce río-curva de nivel
D5	605 985	4 783 240	Roce curvas de nivel
D6	606 381	4 784 906	Cruce senda-curva de nivel
D7	606 809	4 785 716	Espolón
D8	606 101	4 781 337	Collado 453
D9	606 145	4 781 296	Espolón 466
D10	607 482	4 781 552	Cruce vaguadas

Tabla 4-3 Relación de puntos topográficos en el área de influencia del CMT "Parga"

En el caso de la búsqueda de puntos topográficos en el área de influencia del CASR, se ha seleccionado una zona fácilmente accesible por los camiones y vehículos para el traslado de las unidades a esta zona. Además, esta zona cuenta con una gran variedad de accidentes del terreno de distinto tipo, como los que se relacionan a continuación en la Tabla 4-4 Relación puntos topográficos en el área de influencia del CASR. La zona se encuentra al Este de la Sierra de la Plata, en las inmediaciones de El Chaparral.

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Descripción
F1	253 867	3 998 905	Pozo
F2	253 718	3 999 299	Cota 239
F3	253 339	3 997 327	Collado 175
F4	253 203	3 997 362	Cota 184
F5	253 869	3 998 354	Pozo
F6	254 617	3 996 904	Cota 443
F7	254 489	3 996 936	Collado 427
F8	254 414	3 997 070	Vértice geodésico
F9	255 956	3 997 080	Cota 169
F10	256 116	3 997 090	Collado 148
F11	256 214	3 997 073	Cota 159
F12	253 105	3 995 769	Cruce senda-río
F13	253 175	3 995 824	Cruce pista-río

F14	254 263	3 995 789	Cota 238
F15	254 313	3 995 692	Collado 231
N1	253 771	3 999 190	Espolón 232
N2	253 986	3 999 267	Cruce pista-curva de nivel
N3	254 930	3 999 242	Cruce vaguadas
N4	253 728	3 999 513	Collado 249
N5	254 424	3 998 217	Inicio vaguada
N6	255 479	3 996 349	Inicio vaguada
N7	255 556	3 997 237	Inicio vaguada
N8	255 695	3 995 378	Inicio vaguada
N9	254 131	3 996 010	Espolón
D1	252 852	3 995 774	Cruce senda-curva de nivel
D2	252 496	3 996 140	Cruce vaguadas
D3	253 698	3 995 922	Inicio vaguada
D4	256 462	3 996 422	Cruce vaguadas
D5	256 242	3 995 917	Espolón 159
D6	255 621	3 996 363	Cruce río-curva de nivel
D7	253 572	3 998 564	Inicio vaguada

Tabla 4-4 Relación puntos topográficos en el área de influencia del CASR

Aunque el CMT “Álvarez de Sotomayor” sea el campo de maniobras menos frecuentado por unidades de IM, se ha considerado más relevante seleccionar puntos topográficos fuera de los límites de este con la finalidad de encontrar zonas que no se hayan frecuentado nunca por ninguna unidad. Esta zona, donde se encuentran los puntos que a continuación se relacionan en la Tabla 4-5, se encuentra al noroeste del campo de maniobras, en las inmediaciones de la “Cantera de las Cabrerías”.

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Descripción
F1	551 220	4 091 710	Cruce senda-río
F2	550 655	4 091 332	Cota 526
F3	550 783	4 091 408	Cruce camino-río
F4	550 666	4 091 734	Collado 513
F5	550 595	4 901 756	Cota 527
F6	550 710	4 091 955	Cota 595
F7	550 555	4 092 053	Cota 605

F8	550 779	4 091 733	Cota 543
F9	551 088	4 091 568	Cota 644
F10	551 101	4 091 527	Collado 628
F11	551 109	4 091 501	Cota 636
F12	550 433	4 090 973	Cota 424
F13	550 373	4 091 022	Collado 416
F14	550 280	4 091 180	Cota 444
F15	579 938	4 091 207	Cota 523
N1	551 284	4 092 125	Espolón
N2	551 691	4 092 147	Cota 832
N3	551 732	4 092 156	Collado 813
N4	551 057	4 092 113	Collado 672
N5	550 984	4 092 095	Espolón 681
N6	550 751	4 092 107	Espolón
N7	550 332	4 091 604	Cota 534
N8	550 346	4 091 581	Collado 529
N9	550 395	4 091 526	Cota 543
N10	550 414	4 091 209	Inicio vaguada
D1	551 687	4 091 924	Collado 754
D2	551 691	4 091 878	Espolón 764
D3	551 354	4 091 988	Espolón
D4	550 458	4 091 869	Inicio vaguada
D5	551 479	4 091 303	Espolón 612
D6	551 487	4 091 374	Collado 606
D7	549 999	4 091 375	Roce curvas de nivel
D8	549 925	4 091 431	Roce curvas de nivel
D9	550 019	4 091 842	Cruce río-curvas de nivel

Tabla 4-5 Relación puntos topográficos en el área de influencia del CMT "Álvarez de Sotomayor"

4.1.1.3 Mapas temáticos de Diseño de marchas logísticas/forzadas

El producto que se presenta trata de ofrecer opciones para realizar una marcha, ya sea logística o forzada, en los CMT que se estudian. Estas marchas son ejercicios idóneos para el endurecimiento de la unidad y es importante tener presente al menos un itinerario en cada uno de los CMT que se estudian, para que, cuando la situación lo permita y sea conveniente, se puedan realizar este tipo de

ejercicios. Además, a los alumnos de IM de la ENM, les podrá servir de utilidad para futuros planeamientos de estas operaciones.

En el caso de la ENM, la motivación de diseñar itinerarios para marchas a través de los SIG radica en las pocas oportunidades, limitadas por el tiempo, que ofrece el curso académico para el adiestramiento de los alumnos en este tipo de ejercicios. Desde el punto de vista moral, resulta gratificante culminar las semanas de maniobras con una marcha logística que incentive la unidad y su cohesión, y con tal motivo, se ha elaborado una marcha en cada uno de los campos de maniobras.

A continuación se proponen unos puntos de verificación (PVE's) con el objetivo de que durante el desarrollo de la marcha se pueda asegurar que la ruta que se está siguiendo es la correcta. Estos puntos son de obligado planeamiento según la doctrina. Estos puntos han sido obtenidos consultando el visor del IGN, en el que se pueden visualizar los puntos más destacables del itinerario y consultar sus coordenadas.

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Descripción
PVE1	598 693	4 783 931	Puerta N CMT
PVE2	598 711	4 786 098	Fonte das Grallas
PVE3	598 215	4 786 954	Cruce caminos
PVE4	598 085	4 789 168	Cruce collado 596
PVE5	597 874	4 788 224	Esquina vallado parcela
PVE6	597 537	4 786 543	Cruce camino-tendido eléctrico
PVE7	597 734	4 785 624	Cruce camino-río
PVE8	598 476	4 785 020	Puerta W CMT
PVE9	597 238	4 783 907	Cruce camino-carretera
PVE10	597 330	4 783 503	Parroquia Santa Cruz de Parga

Tabla 4-6 Puntos de verificación para la marcha de 22 km en el CMT "Parga"

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Descripción
PVE1	243 129	4 004 461	Casa de Casuca
PVE2	244 013	4 005 533	Cruce caminos
PVE3	245 136	4 007 959	Vértice geodésico
PVE4	245 846	4 010 781	Casas de la Parrilla
PVE5	245 005	4 012 167	Pozo de Matasanos
PVE6	244 010	4 012 511	Cruce caminos
PVE7	243 090	4 011 488	Cruce camino-río
PVE8	242 782	4 011 892	Cruce ríos
PVE9	241 859	4 012 284	K. 47

PVE10	239 914	4 012 285	Cruce camino-río
PVE11	241 088	4 011 434	Canal Colector del Este
PVE12	241 457	4 010 195	Rancho de las Corderas
PVE13	242 004	4 006 697	Puerta zona vivac Casma

Tabla 4-7 Puntos de verificación para la marcha de 33 km en el CASR

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Descripción
PVE1	552 926	4 085 530	Cortijo de la Rambla Ancha
PVE2	553 229	4 086 474	Cruce senda-camino
PVE3	553 338	4 088 128	Cruce caminos
PVE4	554 074	4 086 752	Cruce ríos
PVE5	554 314	4 087 914	Cruce camino-río
PVE6	554 875	4 086 977	Cruce ríos
PVE7	553 554	4 085 519	Boquera del Tiricia
PVE8	552 616	4 084 692	Campo de fútbol
PVE9	552 767	4 084 419	Estanque Los Arenales

Tabla 4-8 Puntos de verificación para marcha de 20 km en el CMT "Álvarez de Sotomayor"

Además de obtener los puntos de verificación para mantener el control y coordinación de las unidades durante el itinerario, también se aporta en este trabajo el perfil de elevación de cada una de las rutas creadas. Este perfil se obtiene a través de Google Earth y muestra toda la información necesaria en cuanto a la elevación del itinerario, proporcionando la altitud y la pendiente específica en cualquier punto del itinerario. Véase en las siguientes imágenes el perfil de cada una de las rutas:



Figura 4-1 Perfil de elevación de la marcha de 22 km en el CMT "Parga"



Figura 4-2 Perfil de elevación de la marcha de 31 km en el CASR



Figura 4-3 Perfil de elevación de la marcha de 20 km en el CMT "Álvarez de Sotomayor"

4.1.2 Diseño de ejercicios I+A en CMT y su área de influencia

Los mapas que se adjuntan como Anexo II: Cartografía temática de apoyo para diseños ejercicios I+A, sirven para apoyar tanto el planeamiento de las operaciones y ejercicios que se vayan a desarrollar en el CASR, en el CMT “Parga” y en el CMT “Álvarez de Sotomayor”, así como servir de fuente de información geográfica para el diseño de los propios ejercicios tácticos y topográficos.

Para la obtención de estos mapas, además del propio recinto de los campos de maniobra, se ha establecido un área de influencia de 25 km. Esto se ha realizado así ya que, en numerosas ocasiones, los campos de maniobra no pueden ofrecer las necesidades que las unidades requieren para el adiestramiento en ejercicios que requieran de una mayor extensión del terreno. El CMT “Parga” y el CASR son campos de una extensión relativamente pequeña y, por tanto, para conseguir una mayor variedad de zonas de entrenamiento o adiestramiento, se ha decidido ampliar la zona en la que se han diseñado los siguientes mapas hasta la distancia seleccionada en base a los medios de los que disponen las unidades para el transporte del personal hasta las zonas que se encuentren fuera de los límites de los CMT.

4.1.2.1 Mapas temáticos de Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000

En la IDE de la Junta de Andalucía y de la Xunta de Galicia, se encontraban las capas que muestran la información relativa de los Espacios Naturales Protegidos así como aquellas zonas que quedan amparadas por la Red Natura 2000. Es de vital importancia que todas las unidades de las FAS respeten la integridad de estos espacios y teniendo esto en cuenta se ha generado un mapa temático de estos espacios naturales que se encuentren en los campos de maniobra y en su área de influencia.

4.1.2.2 Mapas temáticos de Carreteras

Las carreteras tienen una gran influencia en las actividades que se desarrollan en los campos de maniobra y en las zonas donde se ejecutan las maniobras, dentro de su área de influencia. Esta es la razón por la que resulta interesante elaborar cartografía temática en relación a este atributo.

Otra de las razones es el uso limitado que tienen las unidades de la BRIMAR, en general, y en la Compañía de Alumnos de IM de la ENM, en particular, a la hora de llevar a cabo los ejercicios topográficos. Asimismo, con el diseño de marchas logísticas, las intersecciones de caminos y sendas con las carreteras son puntos de especial interés para que se establezcan puntos de evacuación y puntos de avituallamiento.

4.1.2.3 Mapas temáticos de Hidrografía

El impacto que puede tener la hidrografía del terreno en las unidades que discurran por él, puede limitar en gran medida todas las acciones que desarrollen. Las unidades de infantería ligera pueden sortear cualquier tipo de obstáculo hidrográfico, pero no es el caso de las unidades motorizadas o mecanizadas, en las que quedarán limitadas por su capacidad de vadeo.

Por tanto, este mapa muestra la hidrografía del terreno en los campos de maniobra así como las zonas que quedan dentro de su área de influencia, para que a la hora del diseño de los ejercicios

tácticos y topográficos, sean tomadas en cuenta todas las características, ventajas e inconvenientes que este accidente del terreno ofrece.

4.1.2.4 Mapas temáticos de Entidades de población

Debido a la necesidad de, en determinadas ocasiones, tener que realizar ejercicios en las inmediaciones de los CMT, fuera de los límites que delimitan su propiedad, resulta evidente que se ha de tener en cuenta los núcleos de población de tal forma que, en la medida de lo posible, se eviten para así no interferir en las actividades cotidianas de los ciudadanos.

En los ejercicios tácticos y topográficos diseñados por el Departamento 4 de la ENM, queda completamente prohibido atravesar un núcleo urbano a no ser que esté específicamente autorizado. De igual manera sucede con las unidades de la BRIMAR, ya sean de infantería o, con más motivo, las unidades mecanizadas, ya que pueden perturbar en gran medida el bienestar de los ciudadanos.

4.1.2.5 Mapas temáticos de Antenas Radio

Como se ha comentado en el desarrollo del trabajo, las antenas de radio son medios recurrentes para el diseño de los ejercicios tácticos como simulación de una fuente que está siendo explotada por el enemigo en la zona de forma ilícita. Por ello, este mapa temático presenta las principales antenas de radio que se encuentran en las inmediaciones de los CMT, para que sirvan como base para los diseños de los futuros ejercicios y planeamientos.

4.1.3 Servicios cercanos a los CMT

Además de los mapas temáticos creados para el diseño y desarrollo de ejercicios y maniobras de instrucción y adiestramiento, es importante destacar los principales servicios que se encuentran dentro del área de influencia de estos campos de maniobra. Todas las necesidades logísticas que no puedan ser transportadas por las unidades desde sus acuartelamientos hasta las zonas donde vayan a desarrollar las maniobras, se han de satisfacer con los recursos que se hallen en las inmediaciones de estas regiones. Además, se plantean zonas de aterrizaje de aeronaves, así como muelles y zonas aptas para el ataque de los buques que lleven consigo unidades de Infantería de Marina. Se adjuntan estos mapas como Anexo III: Cartografía temática de servicios en los CMT en la presente memoria.

4.1.3.1 Mapas temáticos de Aeropuertos, helipuertos y puertos marítimos

Este producto muestra las posibles zonas donde las tropas pueden ser embarcadas o desembarcadas, ya sea por avión, por helicóptero o por medio de un buque. Se ha querido plasmar, las opciones con las que cuentan las unidades de las FAS de cara a facilitar los movimientos de las mismas desde sus acuartelamientos hasta los lugares donde van a realizar las maniobras o donde van a ser desplegados.

4.1.3.2 Mapas temáticos de Hospitales

Este mapa contiene los hospitales más cercanos a cada uno de los tres campos de maniobra que se estudian. Es de especial interés prever cualquier tipo de contingencia que se pueda dar de índole sanitaria y conocer de antemano cuál es el servicio sanitario más cercano, dependiendo de la zona del CMT o sus alrededores donde se produzca el imprevisto. Además, en este mapa se incluye una fotografía de dichos servicios, de cara a facilitar su identificación una vez situados en la zona.

En el caso de los hospitales de la Comunidad Autónoma de Andalucía, en la IDE se encontraban las capas en las que se mostraban estas entidades. Sin embargo, para los de la Comunidad Autónoma gallega, no existen dichas capas, por tanto, lo que se ha realizado es la creación de un archivo CSV delimitado por comas en las que aparecían los nombres y las coordenadas de los hospitales que se encontraban dentro del área de influencia del CMT “Parga”.

Además, para una mejor identificación de estos hospitales se ha añadido una fotografía en el mapa. Esto se ha realizado insertando un hiperenlace añadiendo a la tabla de atributos un campo de tipo string para introducir el hiperenlace de la fotografía. Primeramente se escribe la ruta de la imagen en el

campo creado en la tabla de atributos en formato JPG, incluyendo el nombre de la capa sin la extensión. Una vez que se haya realizado este proceso, se cierra la edición de la tabla de atributos y ya aparece el hipervínculo de la imagen asociado a cada hospital.

4.2 Exportación a otros visores: Google Earth, Iberpix y Google Maps

4.2.1 Visualización de observatorios de artillería

Una vez se han obtenido los puntos óptimos donde se emplazan los observatorios para tiros de artillería en el CASR y en el CMT “Álvarez de Sotomayor”, se crea una hoja de Excel en la que se introducen las coordenadas de estos puntos, obtenidas en la Carta Digital. Esto facilita la creación de una capa de eventos mediante un archivo CSV delimitado por comas, que permite exportar la capa vectorial que contiene estos puntos en otros formatos como KML y SHP, que a su vez permiten visualizar estos puntos en otros visores cartográficos que aportan información que es de utilidad para el desarrollo de los ejercicios y el diseño de las maniobras.

En primer lugar, se importan las tablas en formato CSV en el software gvSIG, para posteriormente exportar dicha capa en formato KML, que permite abrir estos puntos en Google Earth (Véase Figura 4-4 y Figura 4-5).

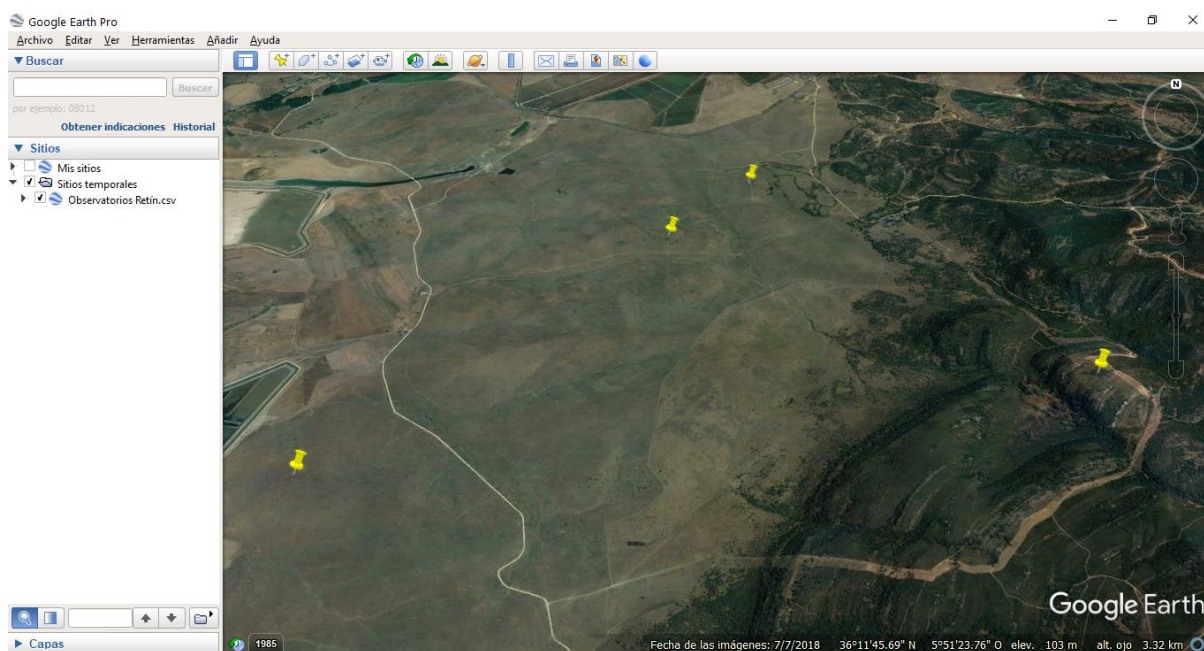


Figura 4-4 Exportación de observatorios de artillería en el CASR en Google Earth

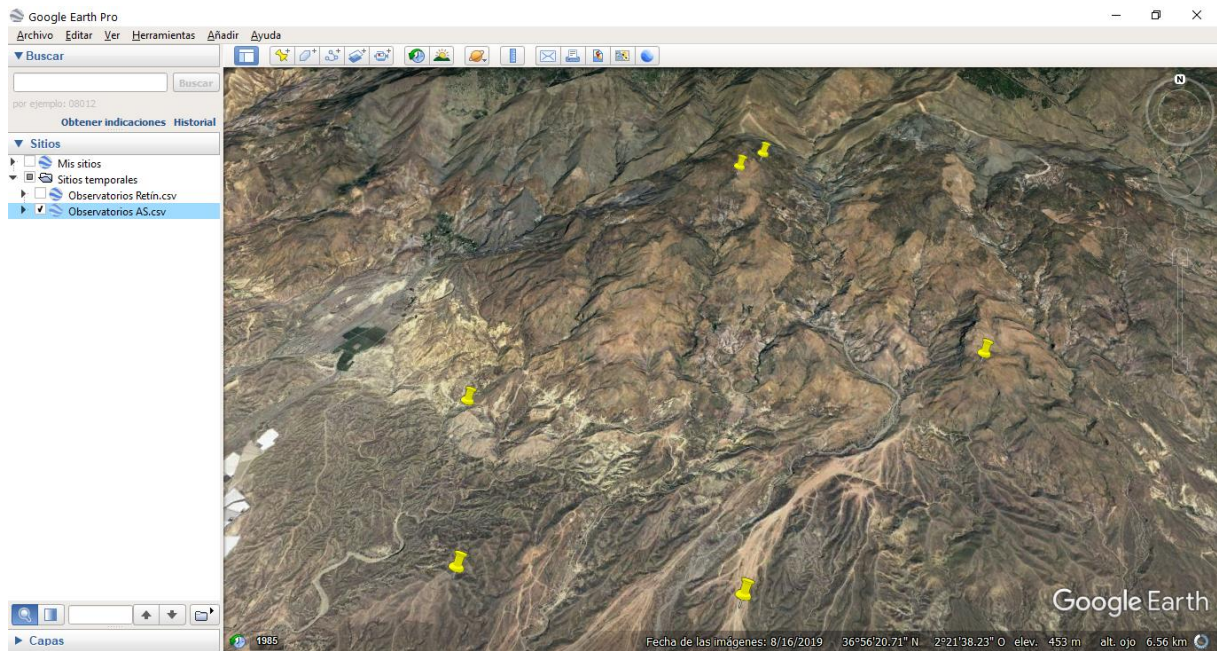


Figura 4-5 Exportación de capa de observatorios de artillería en el CMT "Álvarez de Sotomayor" en Google Earth

Posteriormente, con este archivo en formato KML, se procede a exportar la misma capa en un visor cartográfico distinto. En este caso, se importa la capa en Iberpix, visor cartográfico del IGN, tal y como se puede comprobar en las Figura 4-6 y Figura 4-7.

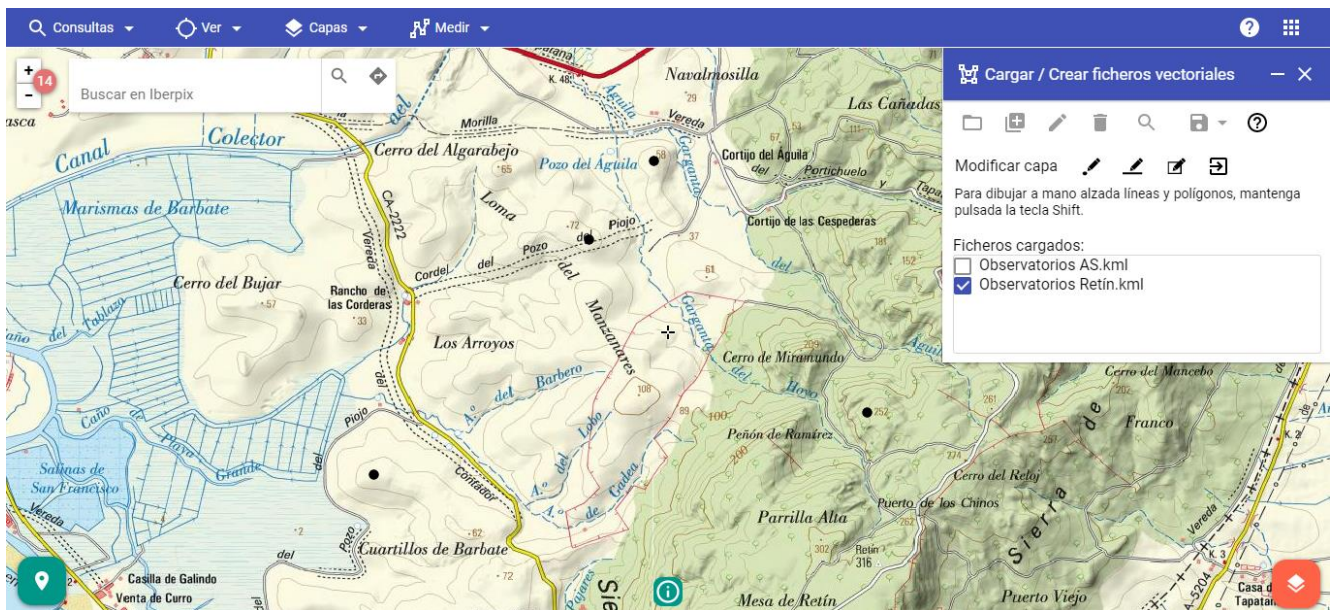


Figura 4-6 Visualización observatorios de artillería en el CASR en Iberpix

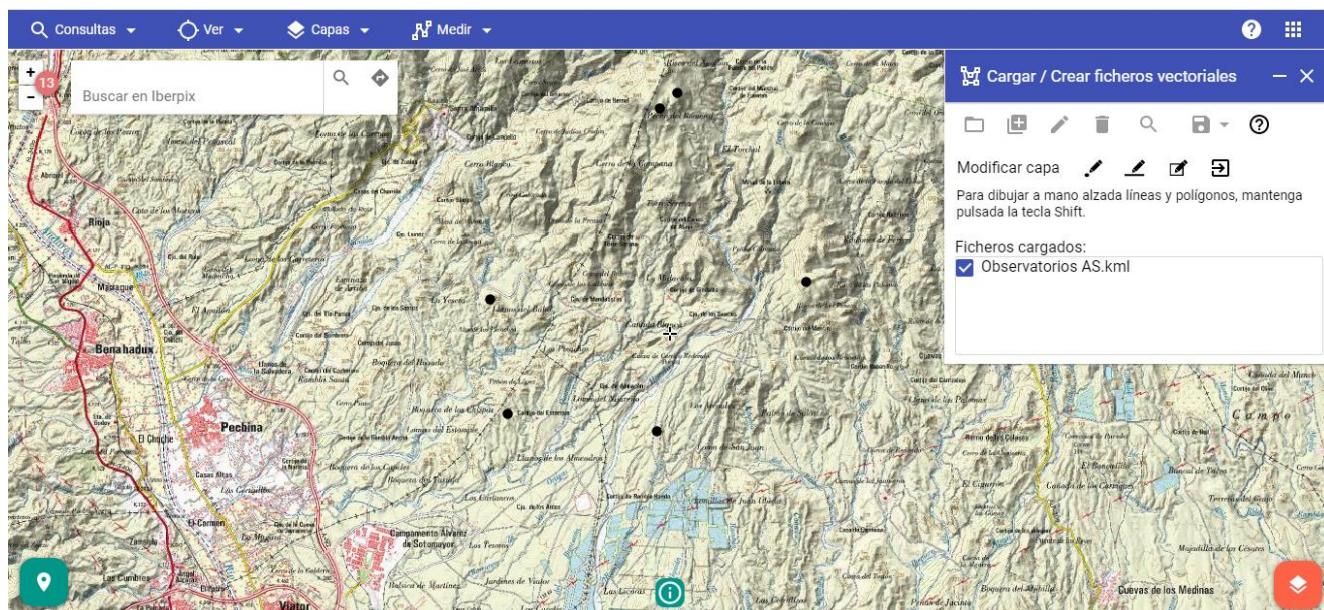


Figura 4-7 Visualización observatorios de artillería en el CMT “Álvarez de Sotomayor” en Iberpix

Para poder exportar estos archivos en Google Maps, es necesario en primer lugar contar con una cuenta de Gmail para poder tratar la información, importar y exportar capas en distintos formatos. En este caso, se ha importado la capa KML de cada uno de los observatorios en cada campo de maniobras en la pestaña “Tus sitios” de esta aplicación. Con todo ello, se obtienen las Figura 4-8 y Figura 4-9:

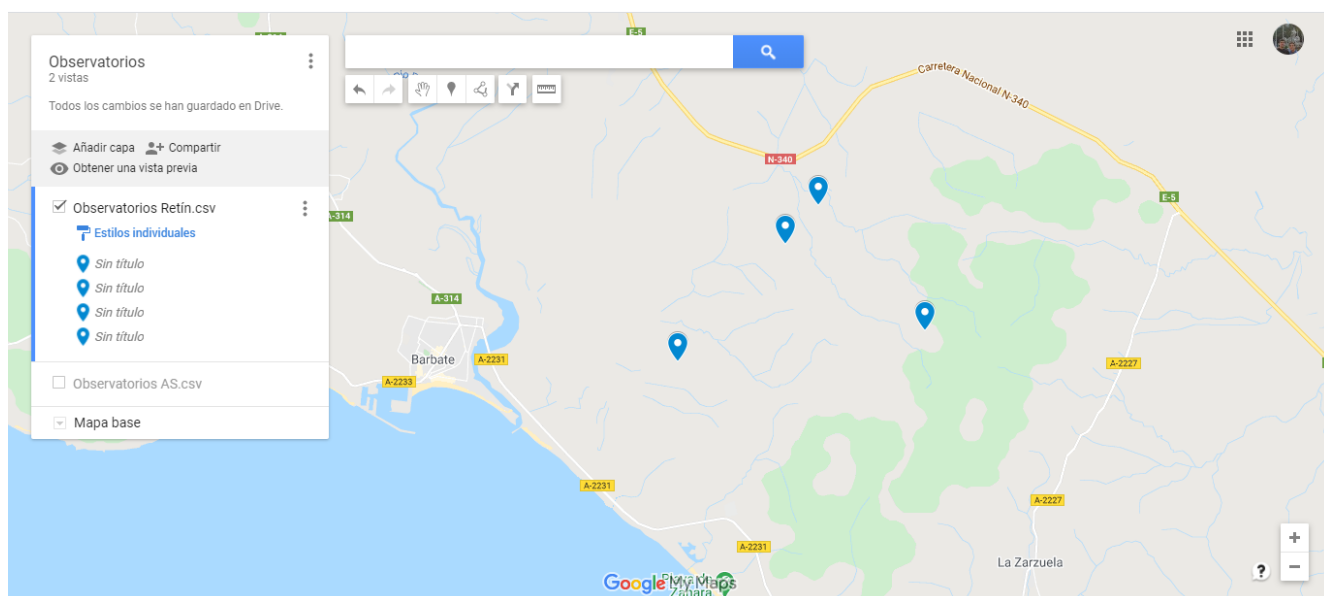


Figura 4-8 Vista de los observatorios de artillería en el CASR desde Google Maps

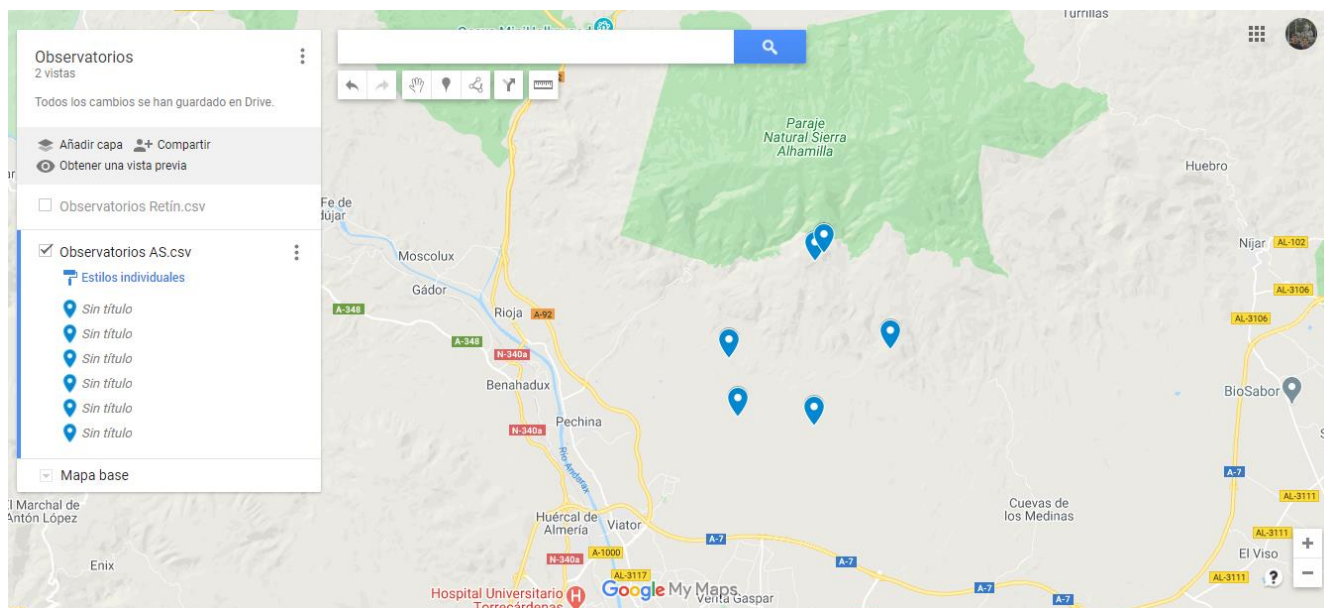


Figura 4-9 Vista de los observatorios de artillería en el CMT "Álvarez de Sotomayor" desde Google Maps

4.2.2 Visualización de puntos topográficos

La visualización de los puntos topográficos en otros visores cartográficos se realiza únicamente en Iberpix. Esto se debe a que los mapas topográficos que los Infantes de Marina portan en sus salidas al campo, son los impresos de mapas topográficos proporcionados por el IGN, tal y como aparecen en su visor. Por tanto, a continuación se muestran las imágenes de dichos puntos importados para visualizarlos de una manera que sea más intuitiva a la hora de planear cualquier recorrido o itinerario táctico.

El método para importar y exportar estos ficheros se realiza de igual manera a la ya explicada en el apartado anterior.

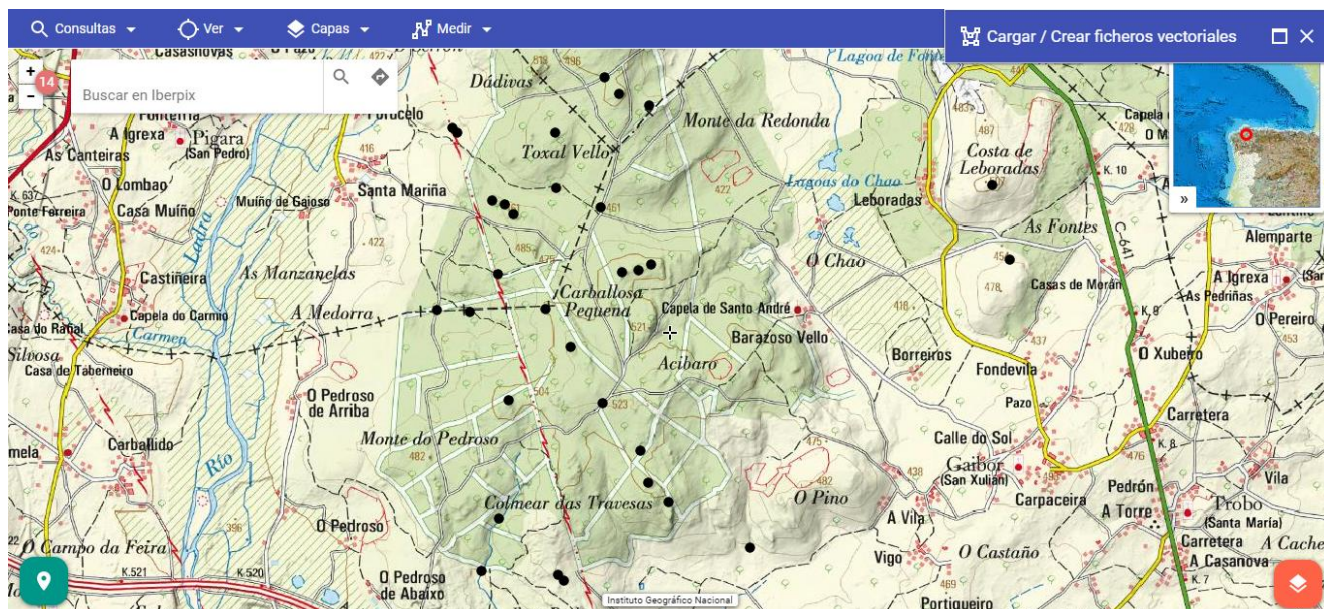


Figura 4-10 Puntos topográficos en CMT "Parga" visualizados en Iberpix

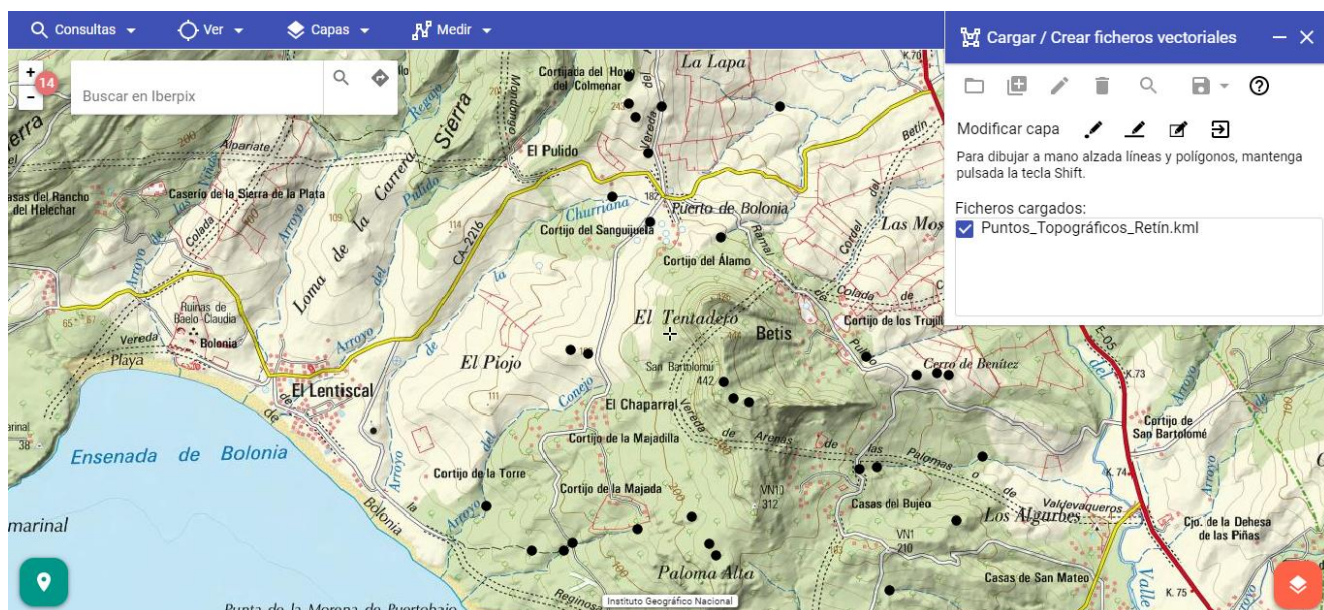


Figura 4-11 Puntos topográficos en CASR visualizados en Iberpix

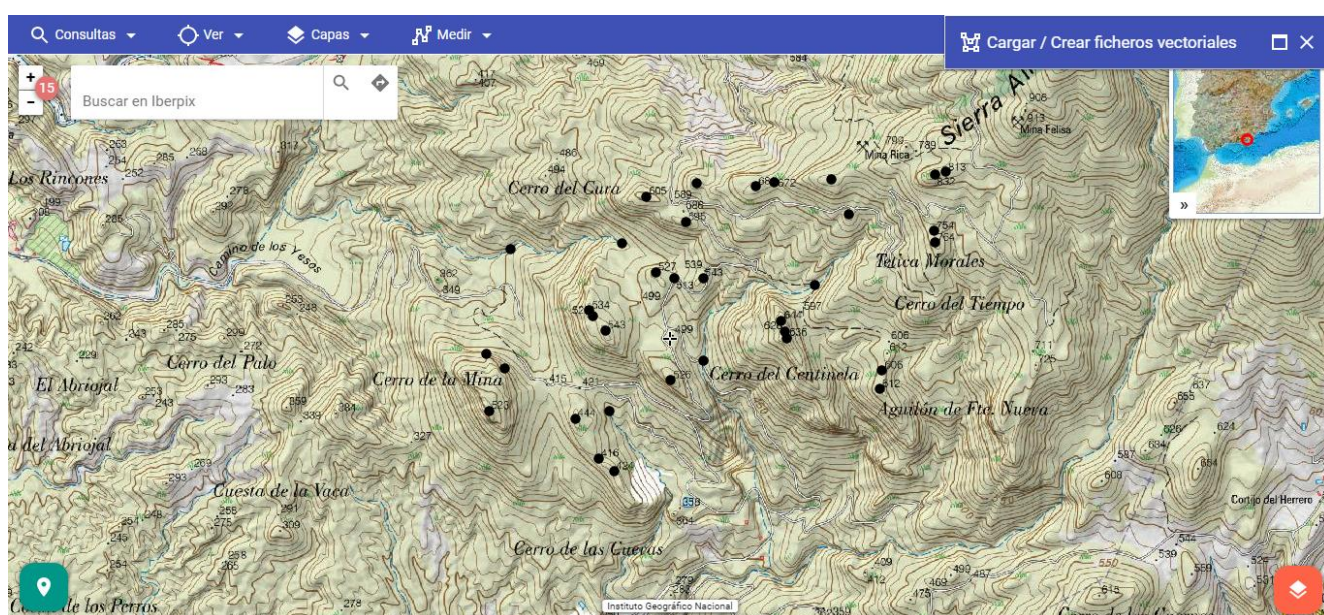


Figura 4-12 Puntos topográficos en CMT "Álvarez de Sotomayor" visualizados en Iberpix

4.2.3 Visualización de itinerarios para marchas logísticas

Tal y como se puede comprobar en el Anexo I: Cartografía temática militar los mapas temáticos que se presentan con relación a las marchas logísticas diseñadas en cada uno de los tres CMT estudiados, están representados mediante una imagen satélite de Google Earth.

Por ello, para una mejor identificación de los puntos destacables a lo largo de los itinerarios correspondientes, se exportan los archivos KML en Iberpix para que a la hora de realizar el traspaso de la información cartográfica digital a la convencional, resulte más fácil identificar los puntos de verificación en los mapas topográficos.

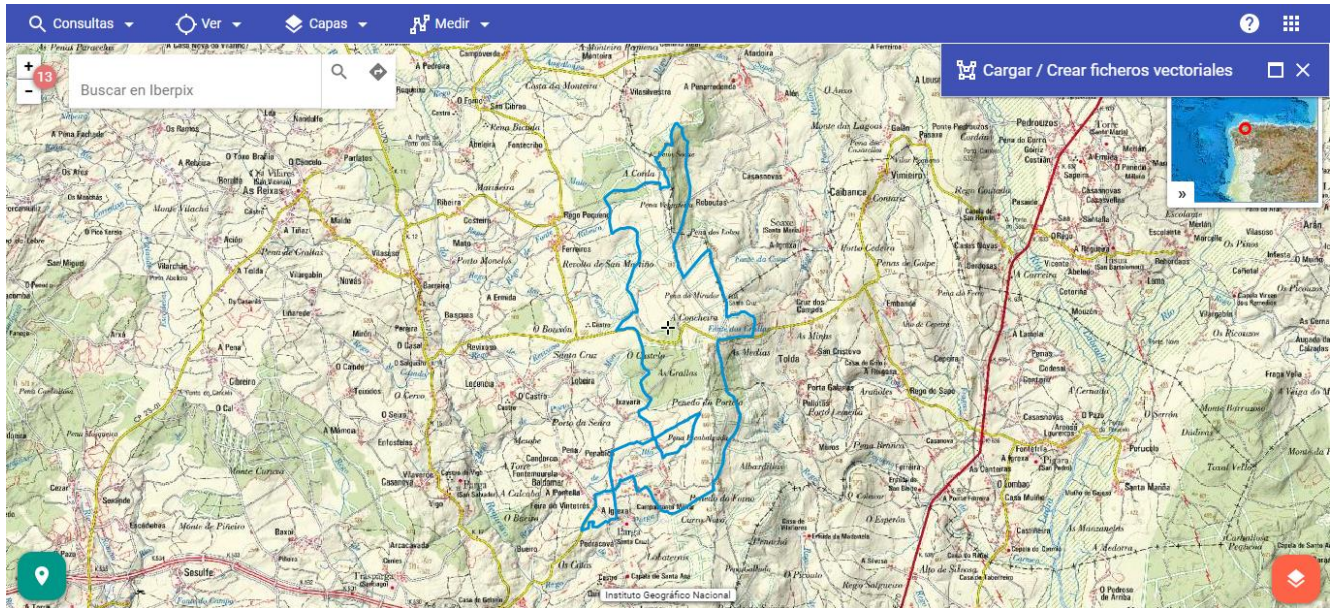


Figura 4-13 Marcha de 22 km en CMT "Parga" en Iberpix

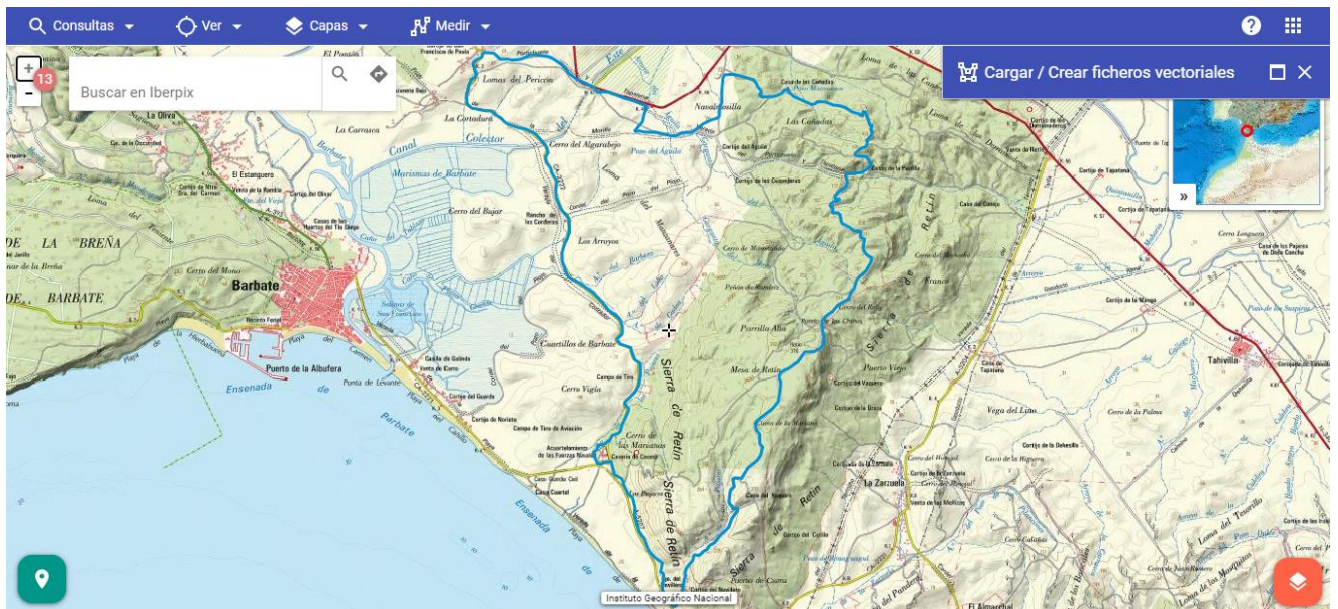


Figura 4-14 Marcha de 31 km en CASR en Iberpix

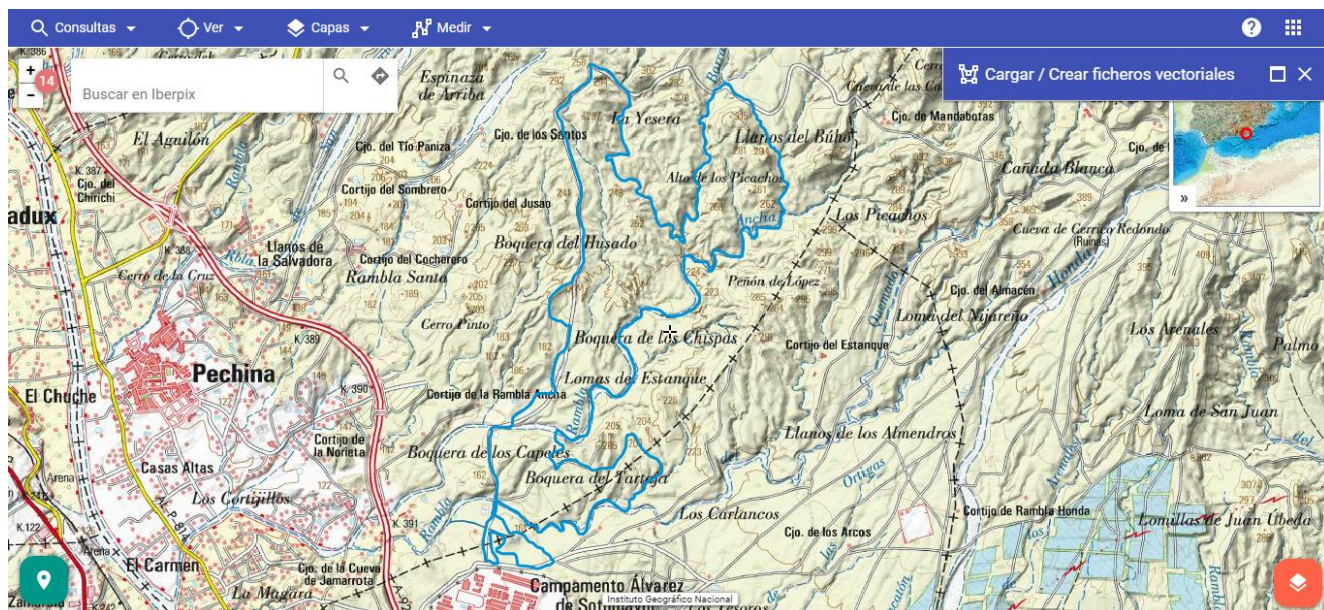


Figura 4-15 Marcha de 20 km en CMT "Álvarez de Sotomayor" en Iberpix

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Una vez finalizado este trabajo, se extrae como conclusión principal que los SIG son una gran herramienta que facilita el estudio del terreno a la hora de llevar a cabo el planeamiento de operaciones militares o el diseño de ejercicios para maniobras. De esta forma, el terreno se puede analizar con un detalle más profundo para que su aprovechamiento sea óptimo y enfocado a sacar el máximo beneficio en vistas a aumentar la instrucción y adiestramiento de todos los Infantes de Marina.

Queda cumplimentado el objetivo general que se expuso al principio de este TFG, consistente en seleccionar zonas óptimas para el adiestramiento de las unidades. No resulta sencillo estudiar el terreno con un grado de detalle exigente, pero es necesario que sea así, ya que como se demuestra en este TFG, cada porción del terreno puede ser aprovechada para el fin que sea necesario en la formación de todos los combatientes. Esta dificultad queda ratificada con el levantamiento de los puntos topográficos que se han obtenido, en el que se ha hecho una selección de un número importante de puntos destacables del terreno, pero aún así se podría obtener un número mucho mayor atendiendo a diversos criterios.

Otro de los objetivos era ofrecer información que pudiera ser de utilidad para las distintas células de planeamiento de la BRIMAR y para los profesores de Infantería de Marina de la ENM. En ambos casos los resultados son de gran provecho, aunque en ocasiones lo que puede parecer sencillo tras realizar el estudio mediante un SIG, una vez se llega al terreno, por factores como la vegetación y las condiciones meteorológicas, puede ocurrir que lo previamente planteado sea impracticable. Por ello, siempre será necesario realizar reconocimientos previos una vez analizado el terreno a través del correspondiente SIG.

En cuanto a los software y aplicaciones existentes para analizar el terreno, se han seleccionado en este TFG aquellos que presentaban dos características que lo hacían especialmente interesantes y que se han podido contrastar a lo largo del desarrollo del trabajo. La primera característica es la sencillez y viene de la mano del software gvSIG, pues el manejo de los geoprosos y las herramientas no requieren de una gran formación del usuario para hacer un uso correcto de ellas y, además, cada herramienta cuenta con una breve explicación que facilita la comprensión de su utilidad. Por otro lado, el uso de la Carta Digital en este TFG hace que el empleo de una aplicación originada en el ámbito militar y enfocada a las operaciones militares sea de gran interés para que todos los Infantes de Marina puedan hacer uso de los SIG enfocados al estudio de los aspectos militares del terreno. De esta manera, también se cumple uno de los objetivos planteados, relativo a la familiarización con este tipo de software y aplicaciones SIG.

Otra de las conclusiones extraídas es la dificultad para encontrar información geográfica en determinadas regiones. En el Centro de Descargas del IGN, se ofrece multitud de información geográfica de distintas características, aunque no es tan diversa en algunas de las IDE de determinadas Comunidades Autónomas. La principal dificultad radica en que, en algunos casos, para que la información geográfica pueda ser tratada en los software SIG, necesita estar en unos formatos concretos que soportan dichos software, y no toda la información geográfica que se requiere se puede descargar tan fácilmente. Por contraposición, en el caso de las capas vectoriales, resulta relativamente sencillo crear capas que se puedan importar en el software. Como resultado del análisis de este aspecto, se concluye que a pesar de resultar difícil obtener la información geográfica requerida, no lo es tanto la creación de las capas para su posterior tratamiento. Aquí también se ha cumplido con el objetivo de analizar tanto los aspectos generales como militares del terreno con la descarga e importación y creación de capas ráster y vectoriales.

Otro de los objetivos de este trabajo consistía en exportar la información tratada tanto en gvSIG como en la Carta Digital. Su resultado ha sido positivo, ya que es de gran utilidad contar con una misma información geográfica que se pueda importar en distintos visores cartográficos y que cada uno de ellos ofrezca unas prestaciones distintas y que en su conjunto colaboren a ofrecer la mayor cantidad de información posible de los datos geográficos. Además, en el planeamiento de las operaciones militares y en el diseño de ejercicios para maniobras tanto de unidades de la BRIMAR como de la ENM, es necesario consultar aspectos que se encuentran en distintos visores cartográficos como los empleados para este TFG.

Como conclusión final, me gustaría destacar que las zonas estudiadas, tanto en los propios campos de maniobra como en el exterior de ellos son totalmente aptas para el desarrollo de algunos ejercicios tácticos y topográficos. Aunque es cierto que los campos de maniobra ofrecen unas oportunidades excelentes para realizar tiros con una gran cantidad de armamento, los ejercicios que no requieran unas medidas de seguridad enfocadas al manejo de munición, se pueden realizar perfectamente en zonas que se encuentren en el exterior de los CMT, ya que no resulta lógico que los combatientes se adiestren constantemente en el mismo terreno y con las mismas características.

5.2 Líneas futuras

Tras la información recogida en este TFG, queda ratificada la importancia del estudio del terreno para mejorar o implementar las medidas necesarias para que el adiestramiento de las unidades de las FAS esté a la altura de la institución. Es por ello que se plantean las siguientes líneas futuras:

- Analizar la Isla de Tambo, como zona de entrenamiento para la realización de incursiones anfibias, mediante el Modelo Digital del Terreno (MDT), el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) y su batimetría, así como con el diseño de un poblado con el fin de aumentar así el adiestramiento de la Compañía de Alumnos de IM de la ENM en CQB (Close Quarters Battle) y CQC (Close Quarters Combat) o como simulación de una operación NEO cuyo fundamento sea el adiestramiento en Operaciones Anfibias.
- Realizar un estudio del terreno mediante los SIG para la búsqueda de zonas óptimas para el emplazamiento de un nuevo CMT en el territorio nacional adaptado a las nuevas tecnologías militares (simuladores de tiro, simuladores de vuelo y navegación, blancos móviles, etc.), con el objetivo de ofrecer otra alternativa diferente a la habitual en el adiestramiento de las unidades de las FAS.
- Elaborar cartografía temática de otros campos de maniobra frecuentados por las unidades de la BRIMAR y por la Compañía de Alumnos de la ENM, tales como el CMT “El Teleno” y las inmediaciones del EVA10 en la Sierra de Barbanza, con el objetivo de obtener la máxima información que proporcionan los SIG.
- Estudiar la viabilidad para incorporar la Carta Digital en las asignaturas militares de Topografía I y II, ya que con esta implementación los alumnos de IM de la ENM egresarían con un amplio conocimiento de los SIG enfocados al ámbito castrense, lo que

supondría una gran ventaja en su formación con respecto a los planes de estudios anteriores.

6 BIBLIOGRAFÍA

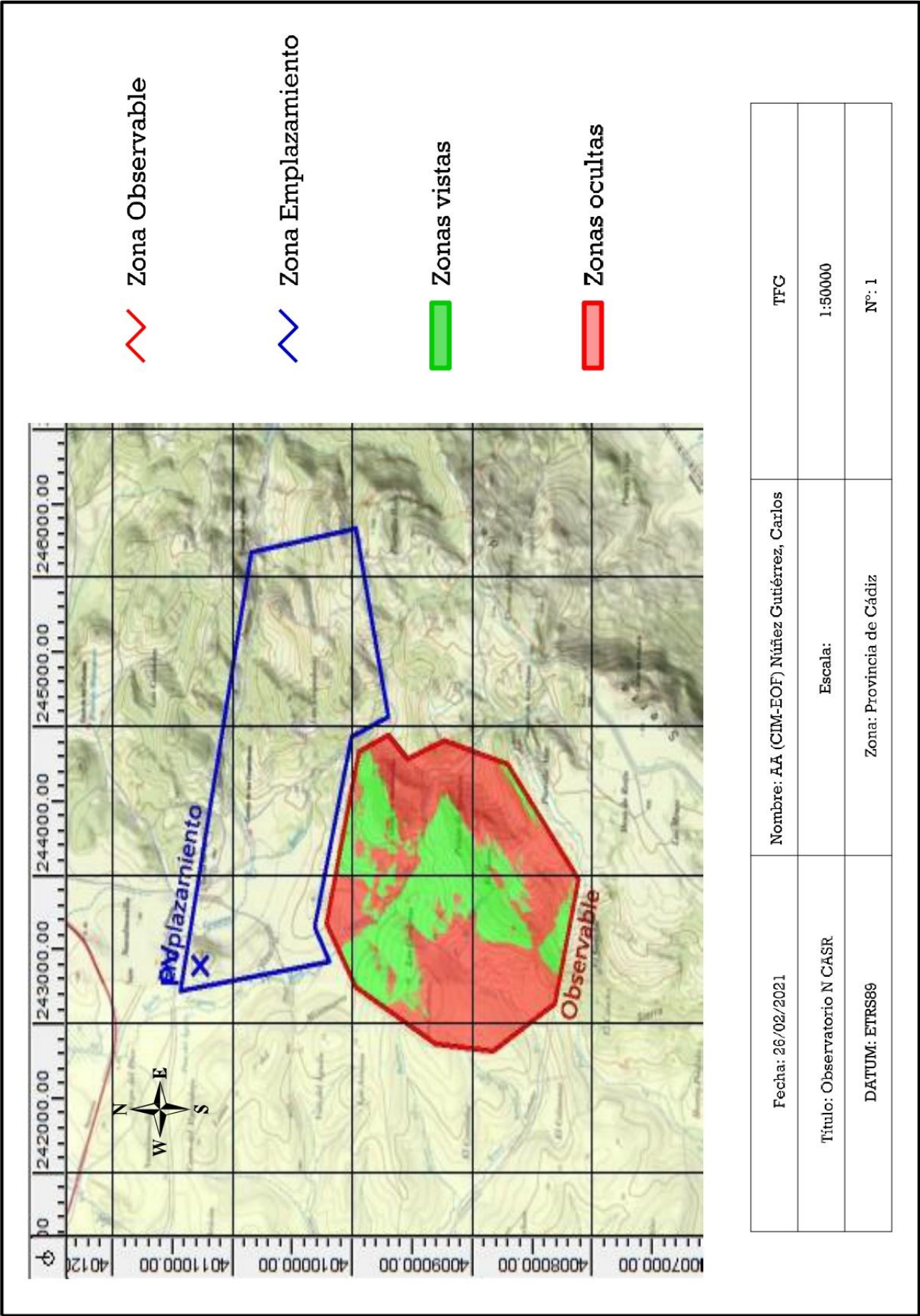
- [1] «Página Oficial de la Armada Española,» [En línea]. Available: <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquesinfanteria/prefLang-es/>. [Último acceso: 3 Enero 2021].
- [2] PD4-026: Proceso de las Operaciones a Nivel Táctico (PPO-T), Ejército de Tierra, 2020.
- [3] INTE. Integración Terreno y Enemigo y otros factores, Ejército de Tierra, 2006.
- [4] ATP-08 VOL I (D) (VERSION 1)_DOCTRINE FOR AMPHIBIOUS OPERATIONS, NATO STANDARDIZATION OFFICE (NSO), 2017.
- [5] V. Olaya, Sistemas de Información Geográfica, GitHub, 2016.
- [6] «La Cartoteca,» 20 Febrero 2006. [En línea]. Available: <https://alpoma.net/carto/?p=119>. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [7] «EcuRed,» [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/SYMAP>. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [8] «ESRI,» [En línea]. Available: <https://www.esri.es/es-es/descubre-los-gis/qu-es-sig/historia-de-gis>. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [9] «GIS Geography,» 12 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://gisgeography.com/grass-gis-geographic-resources-analysis-support-system/>. [Último acceso: 16 Enero 2021].
- [10] M. N. deMers, Fundamentals of geographic information system, Nuevo México: John Wiley and Sons (WIE), 1997.
- [11] D. F. Escobar, «Introduction to GIS,» Department of Geomatics, The University of Melbourne, [En línea]. Available: <http://www.geogra.uah.es/patxi/gisweb/GISModule/GISTheory.pdf>. [Último acceso: 16 Enero 2021].
- [12] M. Solla Carracelas, Apuntes de Fundamentos de Topografía, Marín: Centro Universitario de la Defensa - Escuela Naval Militar, 2019/2020.

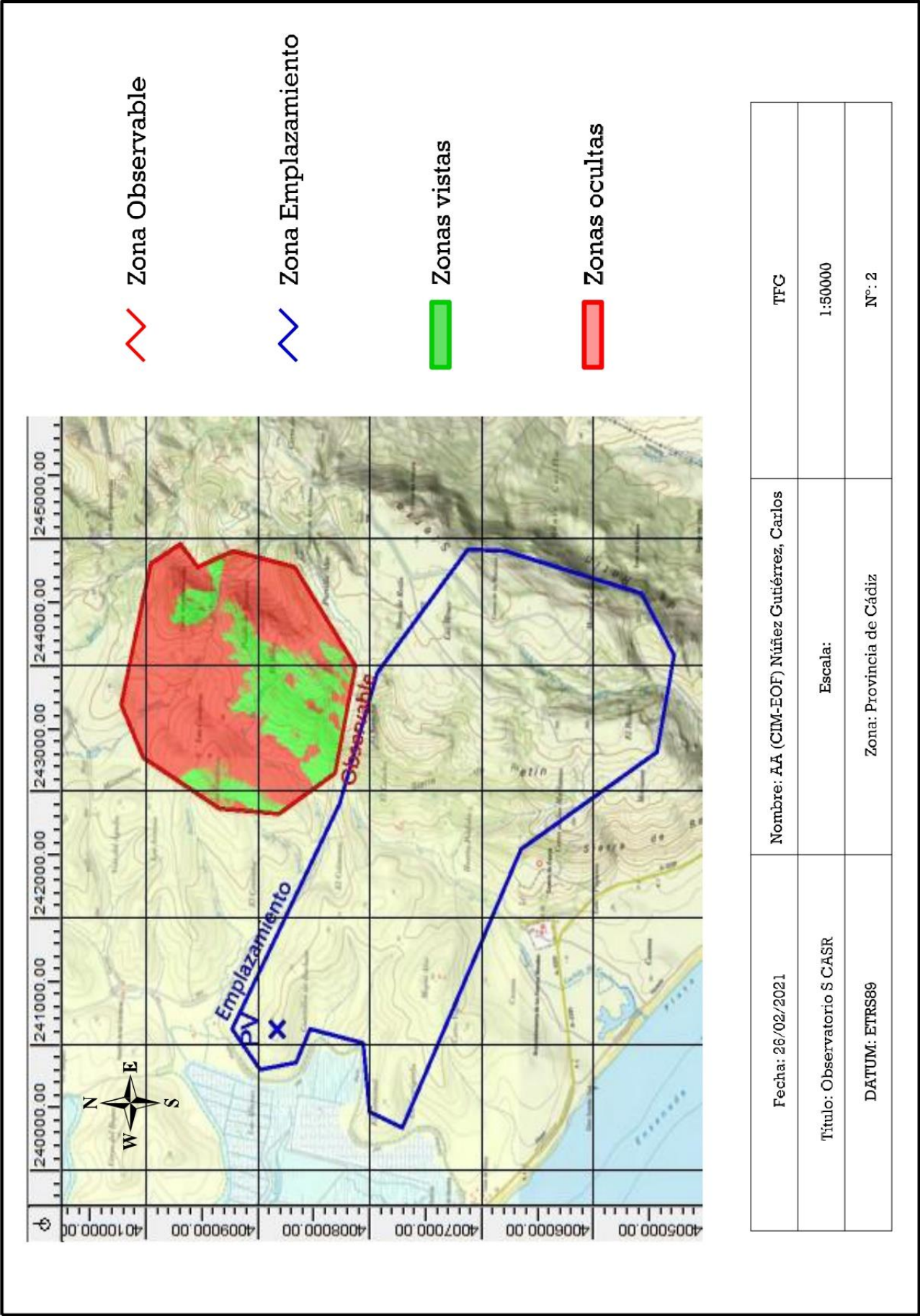
- [13] «GIS Municipal,» [En línea]. Available: <https://gismunicipal.com/componentes-sig-ventajas-frente-a-cad/>. [Último acceso: 16 Enero 2021].
- [14] Curso de Iniciación a Carta Digital, Madrid: Escuela de Guerra del Ejército, Departamento de Geodesia, 2017.
- [15] G. D. Martín, «Base de Datos Espacial en el Modelo Vector,» Universidad Politécnica de Madrid, 22 Mayo 2017. [En línea]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=R_lzoXXzbCc. [Último acceso: 18 Enero 2021].
- [16] A. Rubio Barroso y J. Gutiérrez Puebla, «Los Sistemas de Información Geográficos: origen y perspectivas,» *Revista General de Información y Documentación*, vol. 7, nº 1, pp. 94-106, 1997.
- [17] T. S. Foundation, «Essentials of Geographic Information Systems,» [En línea]. Available: <https://resources.saylor.org/wwwresources/archived/site/textbooks/Essentials%20of%20Geographic%20Information%20Systems.pdf>. [Último acceso: 18 Enero 2021].
- [18] «Geoinnova Formación: SIG y Medio Ambiente,» [En línea]. Available: <https://geoinnova.org/cursos/cuales-son-los-tipos-de-archivos-cartograficos-en-arcmap/>. [Último acceso: 18 Enero 2021].
- [19] P. Fiorenza, «GOVLOOP: Top 10 Benefits of GIS Technology,» 16 Marzo 2012. [En línea]. Available: <https://www.govloop.com/top-10-benefits-of-gis-technology/>. [Último acceso: 18 Enero 2021].
- [20] «Calixto Escariz: Ventajas para la gestión local del territorio,» 22 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://www.calixtoescariz.com/blog/ventajas-sistemas-informacion-geografica/>. [Último acceso: 18 Enero 2021].
- [21] A. E. Seguí, C. Portalés, M. Cabrelles y J. L. Lerma, «Los Sistemas de Información Geográfica: concepto, ventajas y posibilidades en el campo de la restauración,» Valencia, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universitat Politècnica de València.
- [22] «Página Oficial de la Universidad de Murcia,» 13 Febrero 2006. [En línea]. Available: <https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node18.html>. [Último acceso: 18 Enero 2021].
- [23] P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire y D. W. Rhind, de *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, John Wiley & Sons, 1991, pp. 889-899.
- [24] J. E. Gutiérrez Palacios, *Geoinformática: Sistemas de Información Geográfica Militar*.
- [25] «Página Oficial de la Armada Española: Instituto Hidrográfico de la Marina,» [En línea]. Available: <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/cienciainhm1/prefLang-es/>. [Último acceso: 19 Enero 2021].
- [26] «Página Oficial del Ejército del Aire: Centro Cartográfico y Fotográfico,» [En línea]. Available: <https://ejercitodelaire.defensa.gob.es/EA/ejercitodelaire/es/organizacion/unidades/unida>

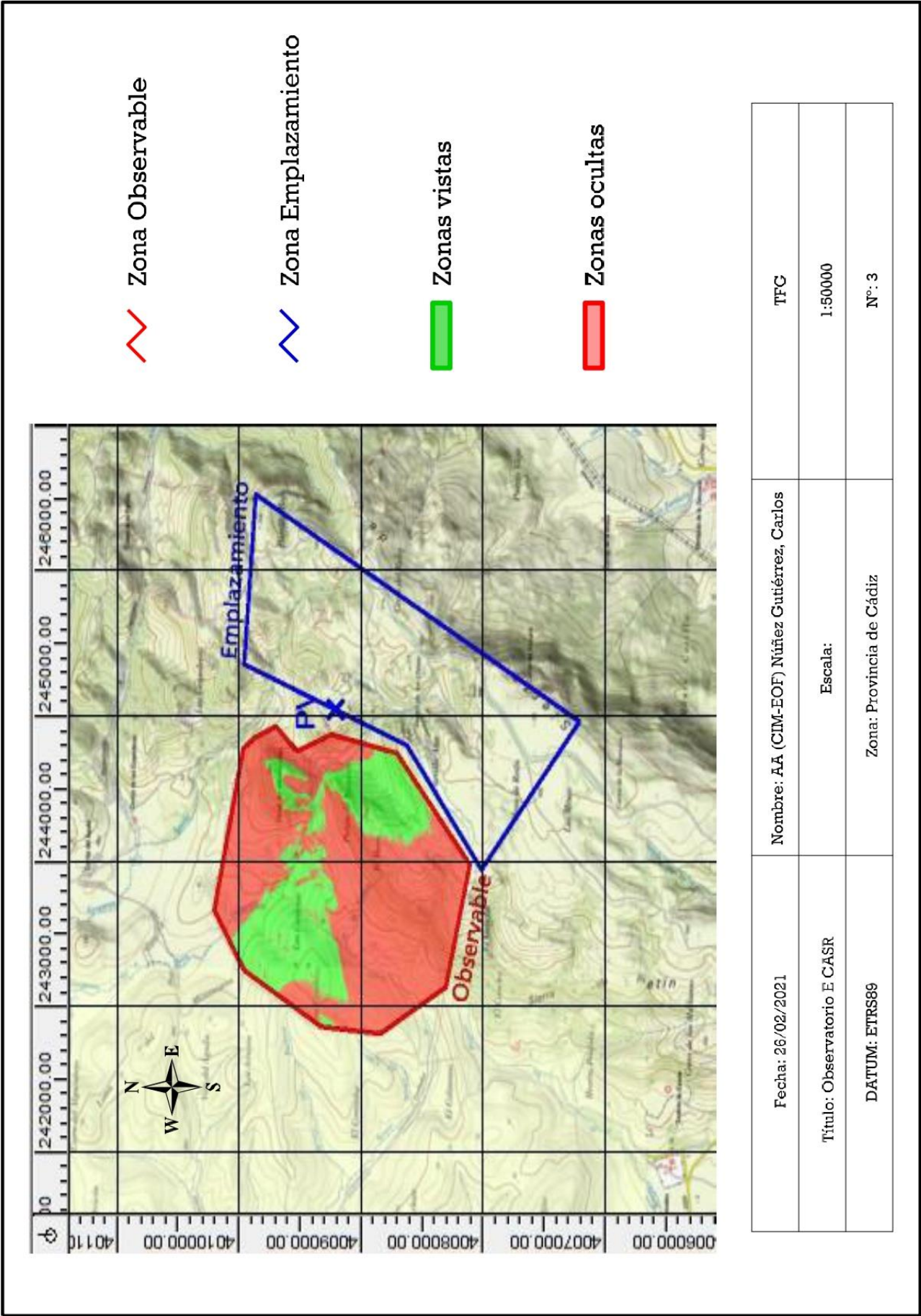
- d/Centro-Cartografico-y-Fotografico-CECAF/. [Último acceso: 19 Enero 2021].
- [27] «Página Oficial del Ejército de Tierra: Centro Geográfico del Ejército,» [En línea]. Available: <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Madrid/ceget/Historial/index.html>. [Último acceso: 19 Enero 2021].
- [28] L. Rico, «Página Oficial del Ministerio de Defensa,» 13 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://ejercito.defensa.gob.es/gl/noticias/2013/04/2263.html>. [Último acceso: 19 Enero 2021].
- [29] «GMV Innovating solutions,» [En línea]. Available: <https://www.gmv.com/es/Productos/Talos/>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [30] CESEDEN y UPM, «En la frontera de la tecnología aeroespacial,» Madrid, 2010.
- [31] CEGET, Manual de usuario de la Carta Digital V7.0.
- [32] C. E. Cortés Narváez, «Centro Geográfico del Ejército: a la vanguardia de la información geoespacial,» *Revista del Ejército de Tierra Español*, nº 923, pp. 76-111, 2018.
- [33] C. A. J. Medina Fuentes, «Apoyo Geográfico a Operaciones,» CEGET.
- [34] «UNA VISIÓN COMPLETA del campo de batalla,» *Revista Española de Defensa*, p. 55, 2017.
- [35] E. Villarejo, «BMS-Lince: el novedoso sistema de mando y control de los Leopard y Pizarro en Letonia,» *ABC*, 14 Septiembre 2017.
- [36] «Indra Company,» [En línea]. Available: <https://www.indracompany.com/es/indra/avion-tactico-largo-alcance-tripulado-espanol-atlante>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [37] I-RIM-202 INTE. Integración terreno-enemigo, Cuartel General de la Flota, 2013.
- [38] ATP-3.2.1 Allied Land Tactics, OTAN.
- [39] «Esri,» [En línea]. Available: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [40] «QSIG,» [En línea]. Available: <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [41] «GeoDa on GitHub,» [En línea]. Available: <https://geodacenter.github.io/>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [42] «Geodan,» [En línea]. Available: <https://www.geodan.es/que-hacemos/software/mapinfo-pro/>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [43] «ArcGeek,» [En línea]. Available: <https://acolita.com/las-13-opciones-de-software-libre-sig/>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [44] «GRASSGIS,» [En línea]. Available: <https://grass.osgeo.org/learn/overview/>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [45] «gvSIG,» [En línea]. Available: <http://www.gvsig.com/es>. [Último acceso: 20 Enero 2021].

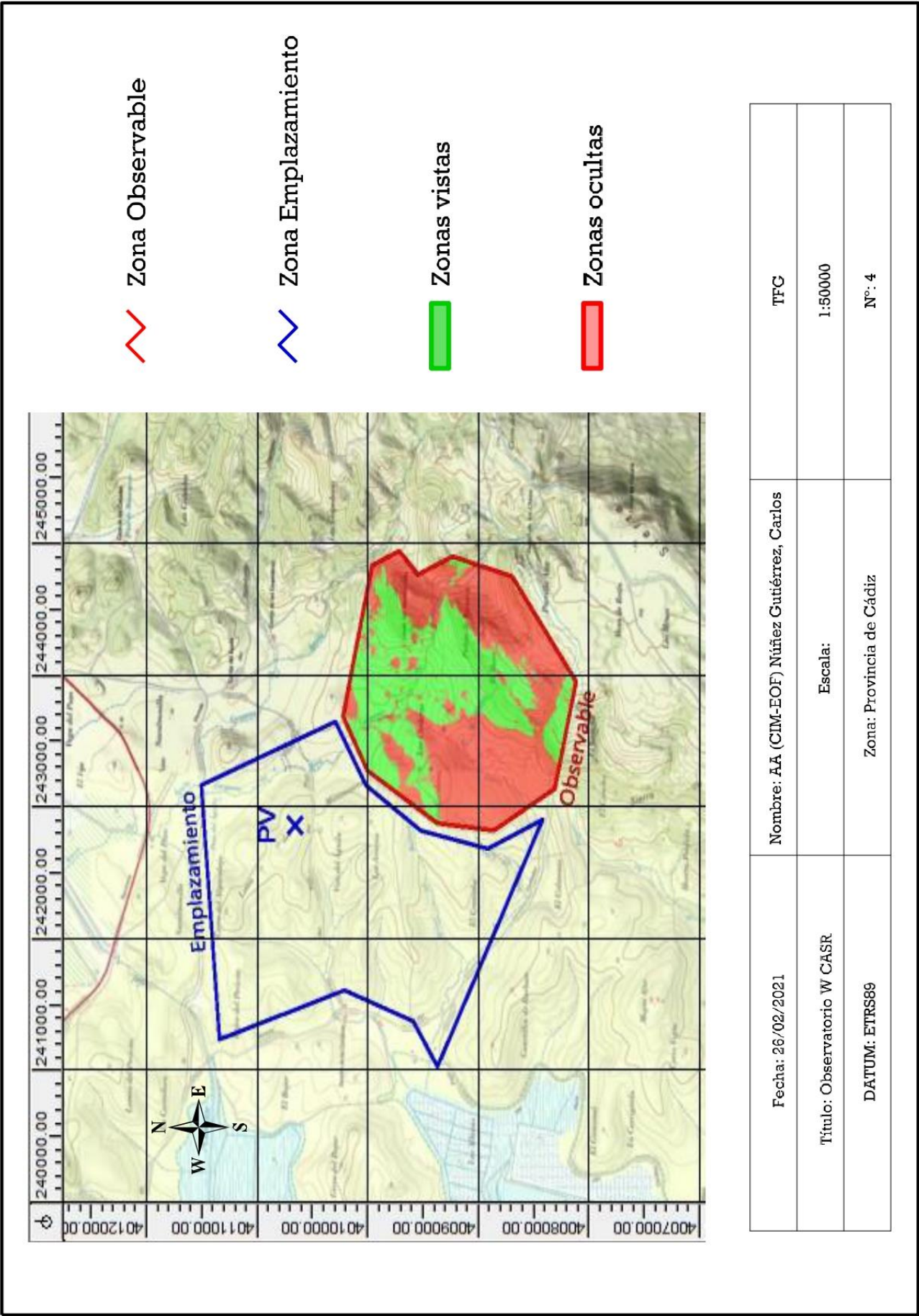
- [46] «Knowledge Base Manager,» [En línea]. Available: <http://ide.unex.es/conocimiento/index.php?/article/AA-31877/0/gvSIG-Desktop.html>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [47] «Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado,» 12 Junio 2018. [En línea]. Available: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2018-7878. [Último acceso: 5 Febrero 2021].
- [48] «Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado,» 3 Noviembre 2014. [En línea]. Available: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-11326. [Último acceso: 5 Febrero 2021].
- [49] «Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado,» 5 Septiembre 2014. [En línea]. Available: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-9109. [Último acceso: 5 Febrero 2021].
- [50] «Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica,» [En línea]. Available: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=02101>. [Último acceso: 2 Febrero 2021].
- [51] «Información Geográfica de Galicia,» [En línea]. Available: <http://mapas.xunta.gal/centro-de-descargas>. [Último acceso: 2 Febrero 2021].
- [52] «IDE Junta de Andalucía,» [En línea]. Available: <https://www.ideandalucia.es/portal/>. [Último acceso: 26 Enero 2021].

ANEXO I: CARTOGRAFÍA TEMÁTICA MILITAR

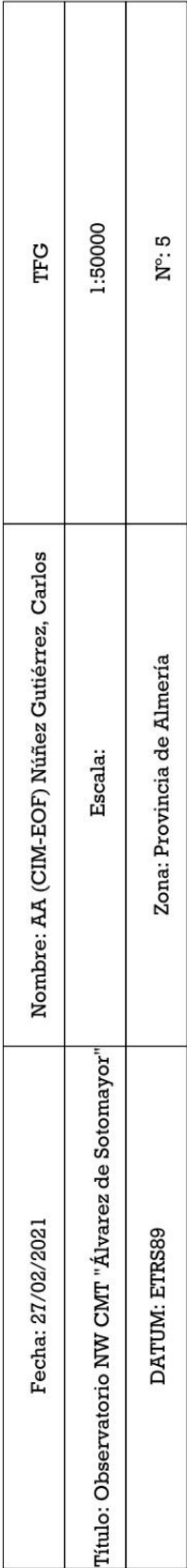


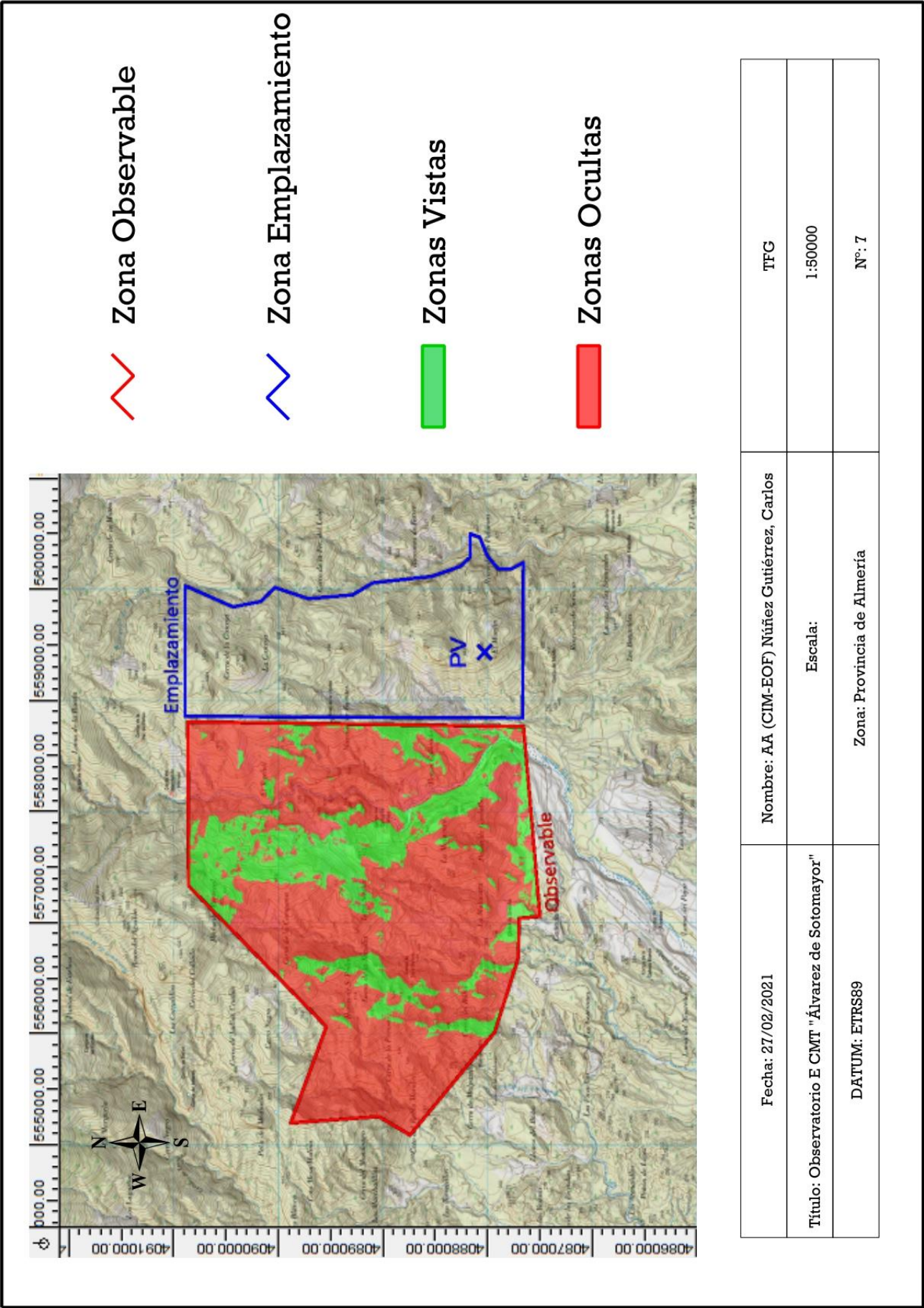


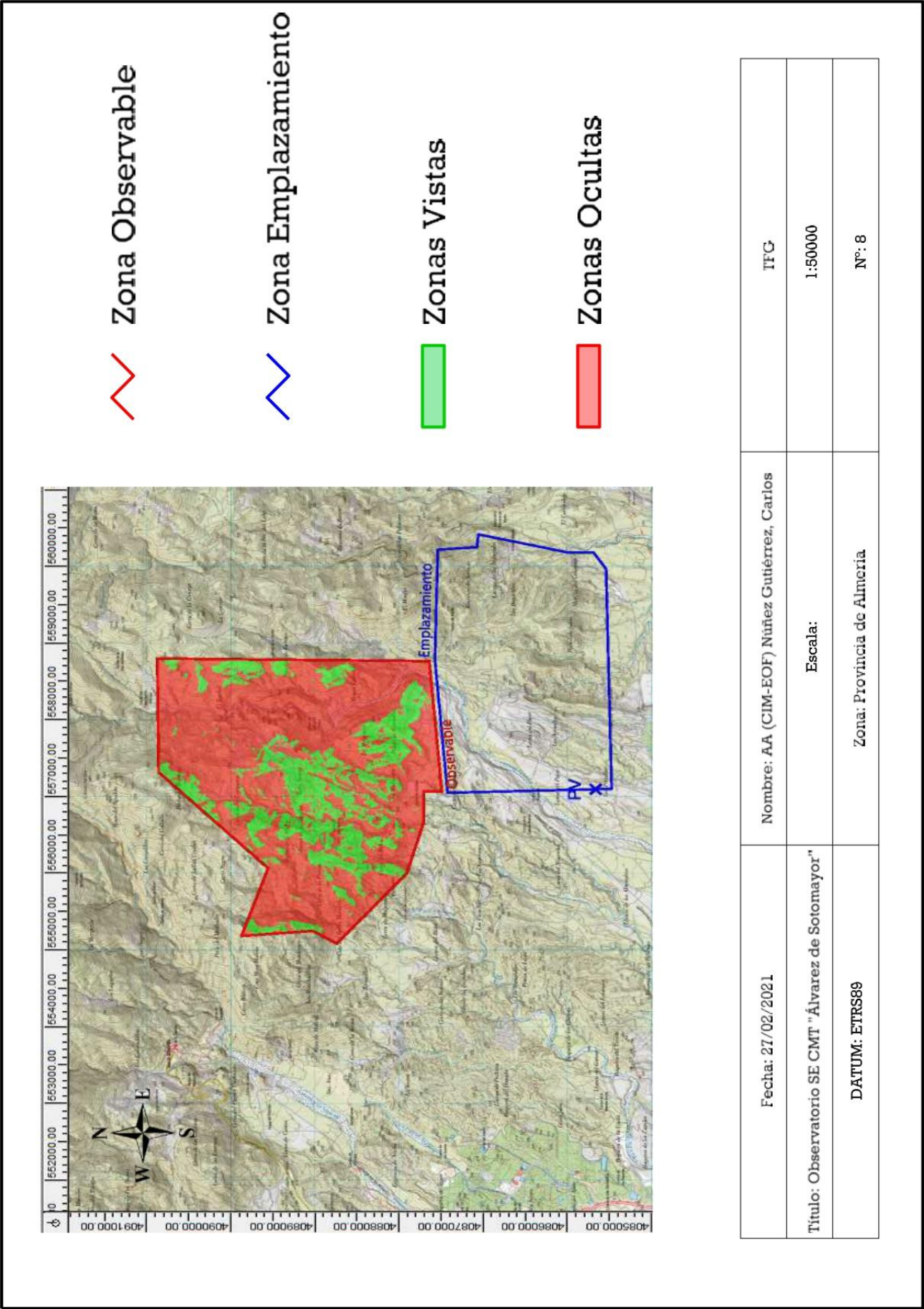


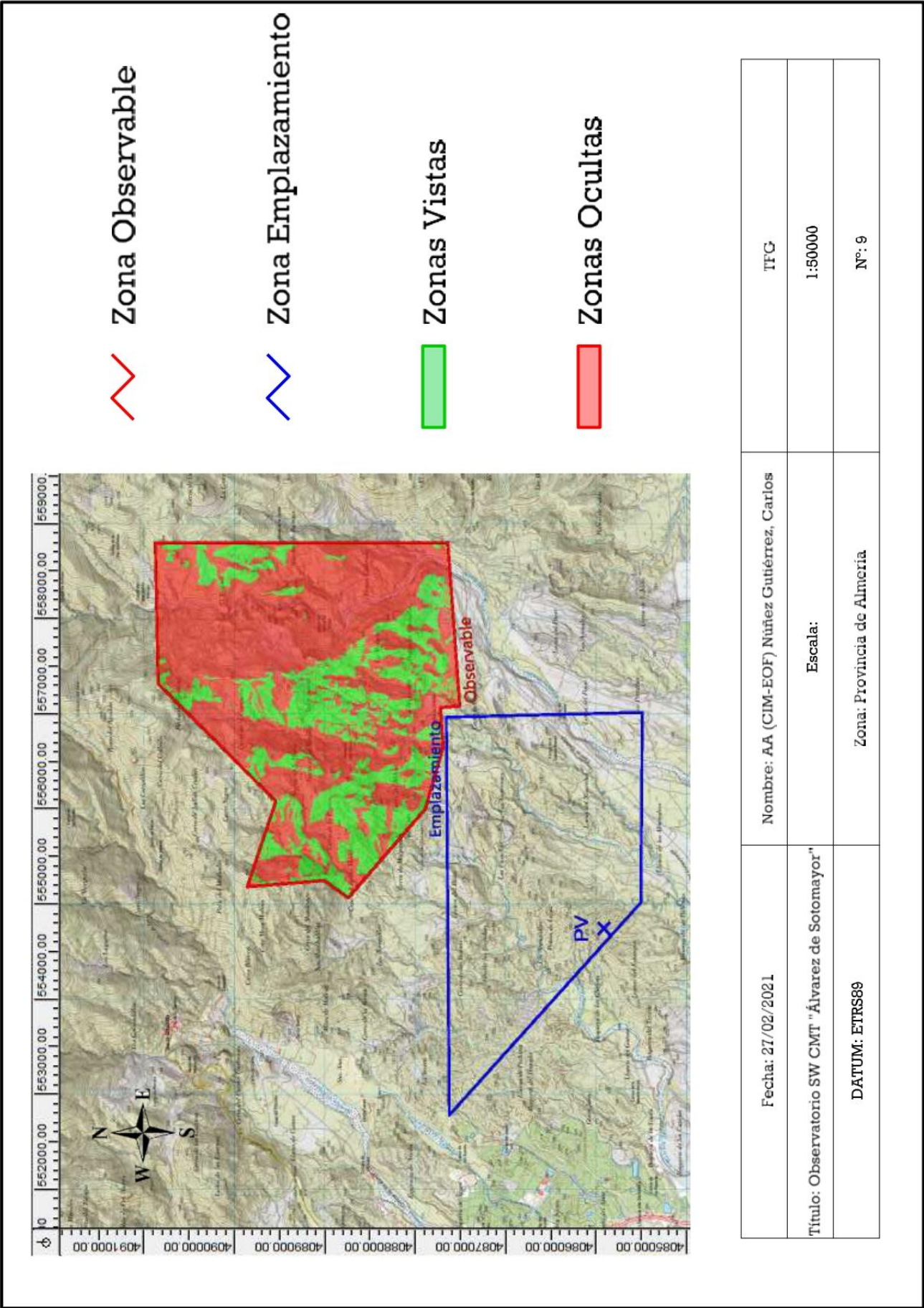


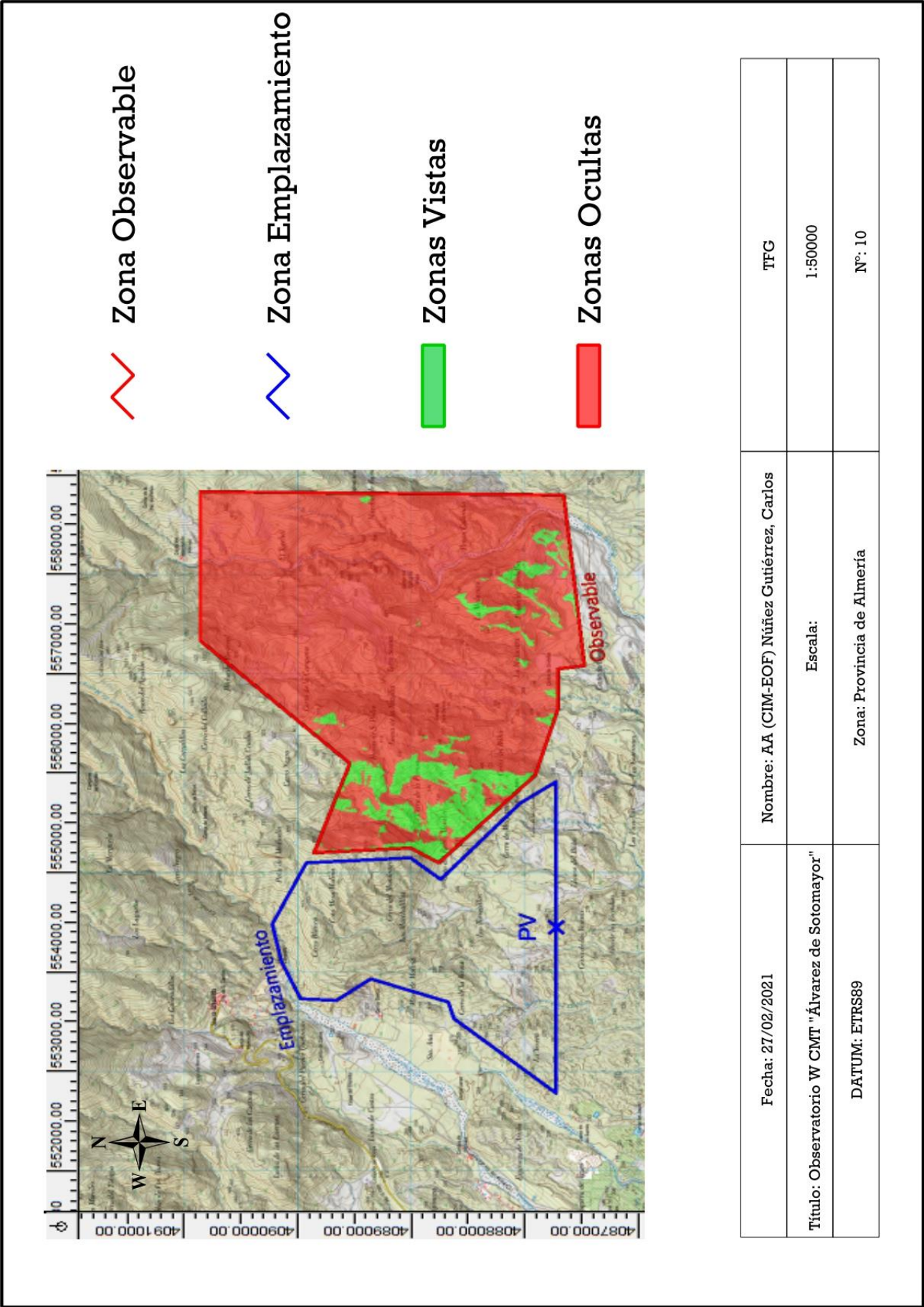
Fecha: 26/02/2021	Nombre: AA (CIM-EOF) Núñez Gutiérrez, Carlos	TFC
Título: Observatorio W CASR	Escala:	1:50000
DATUM: ETRS89	Zona: Provincia de Cádiz	Nº: 4

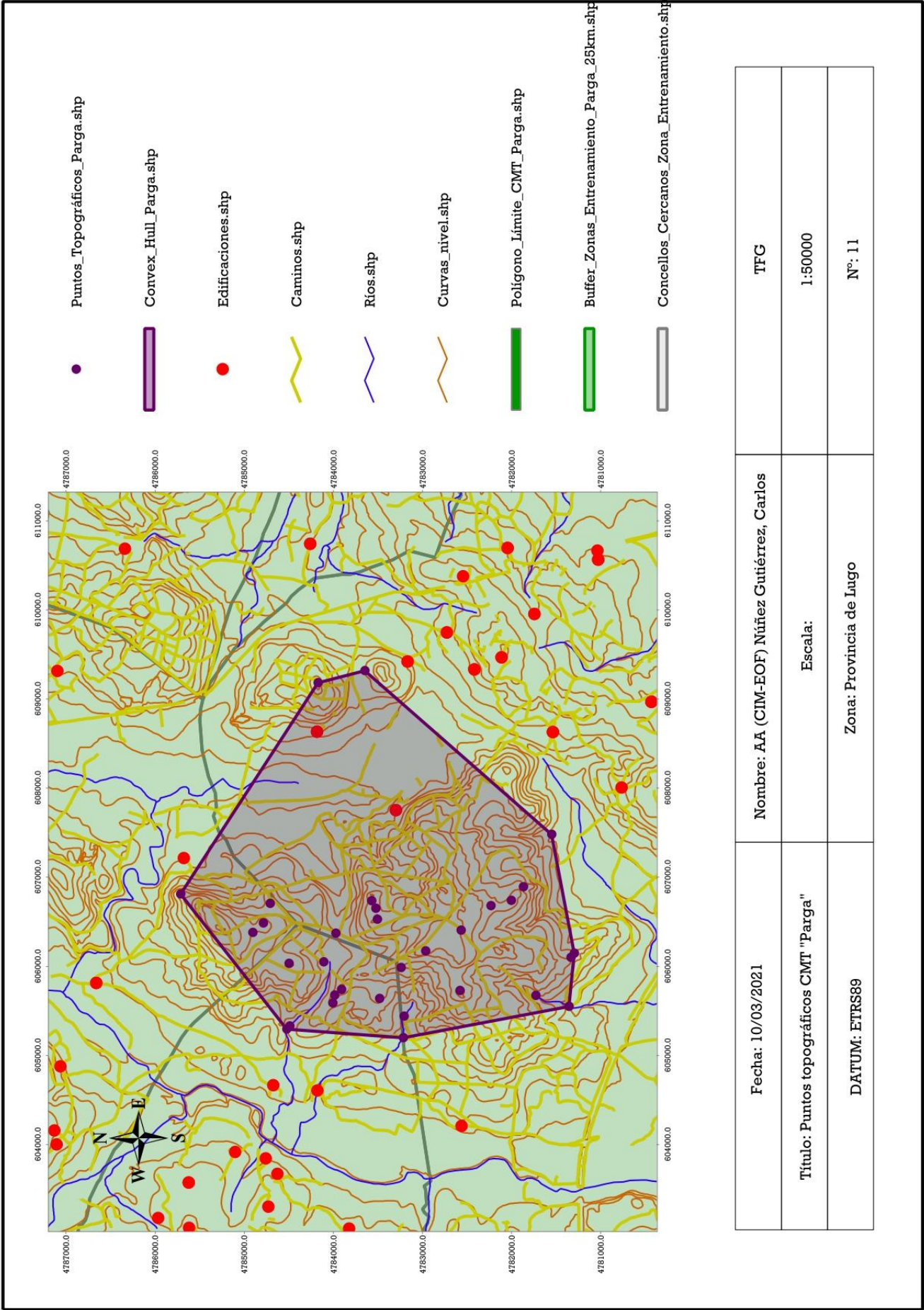


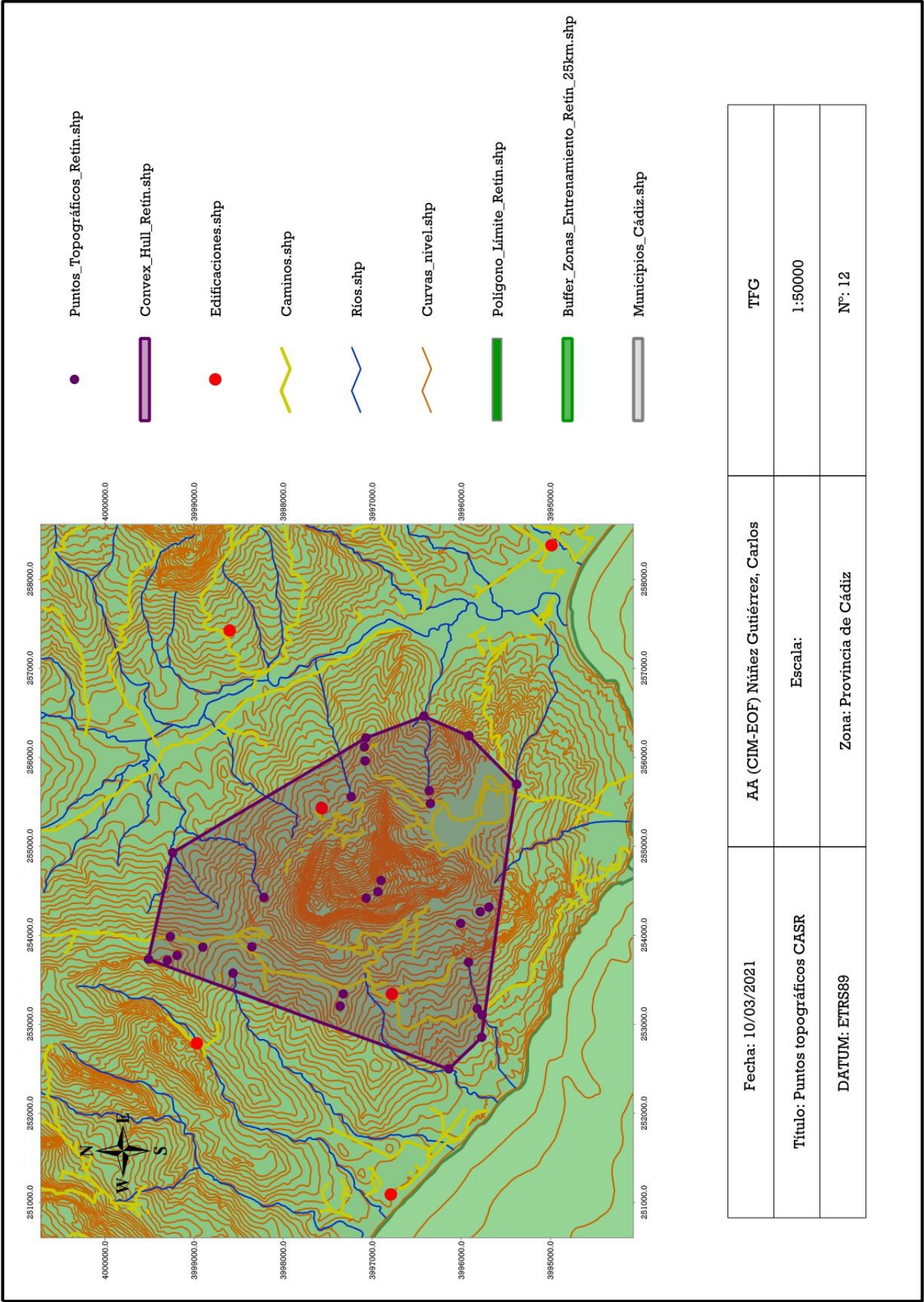


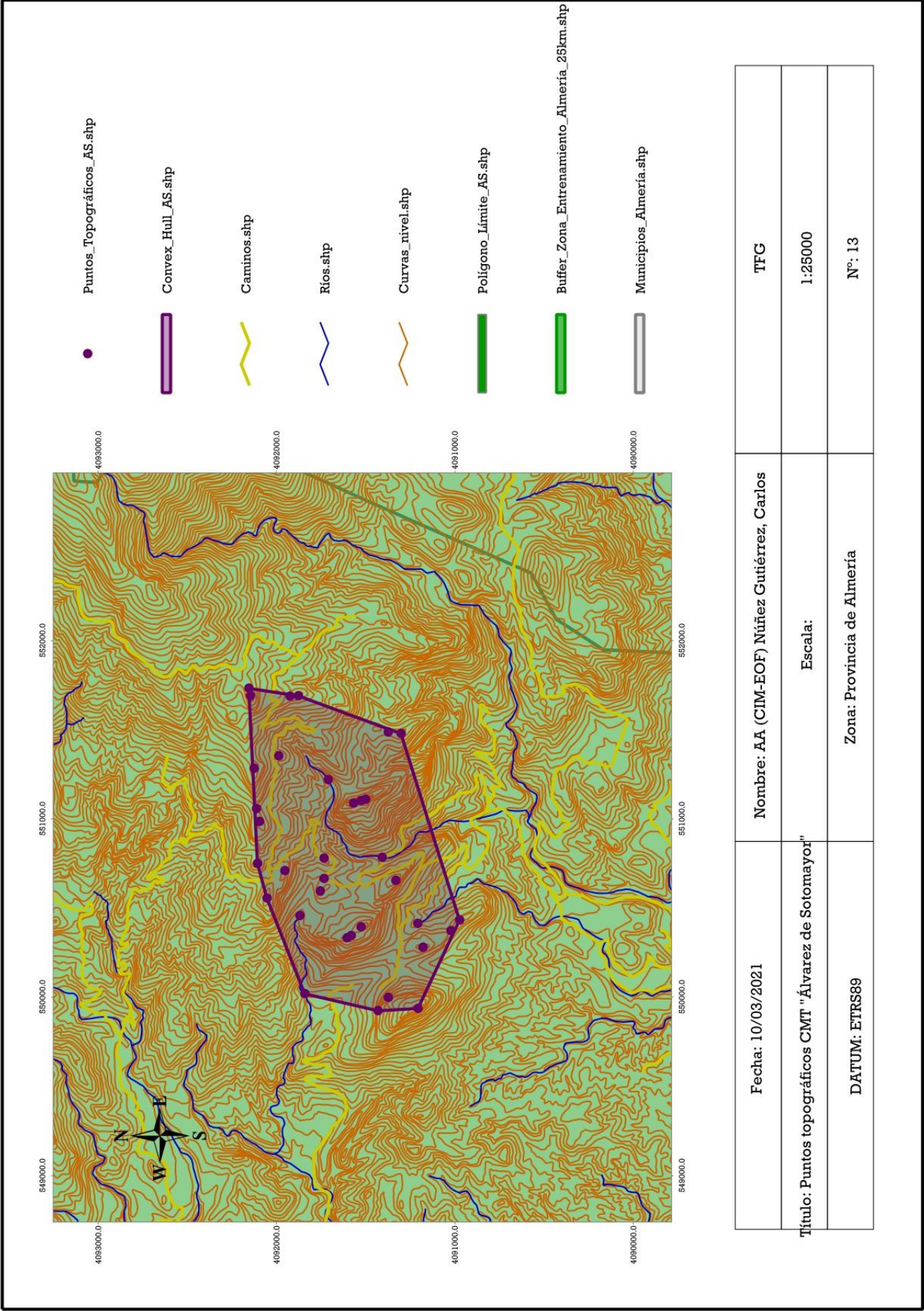


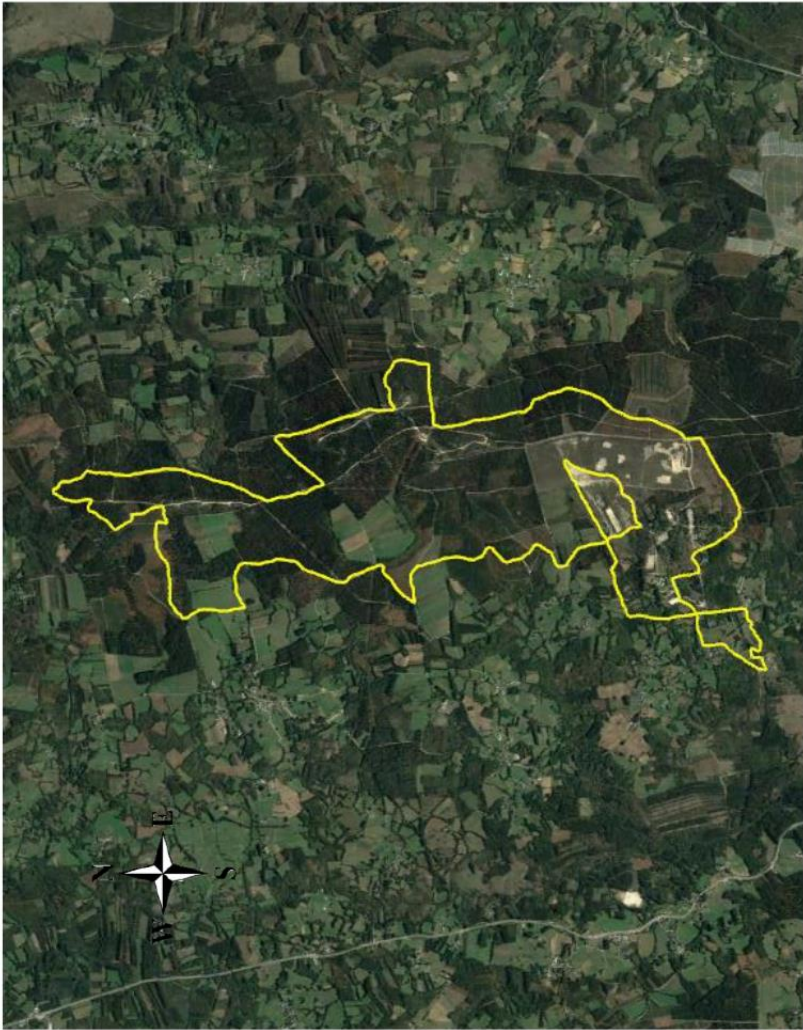












Itinerario marcha

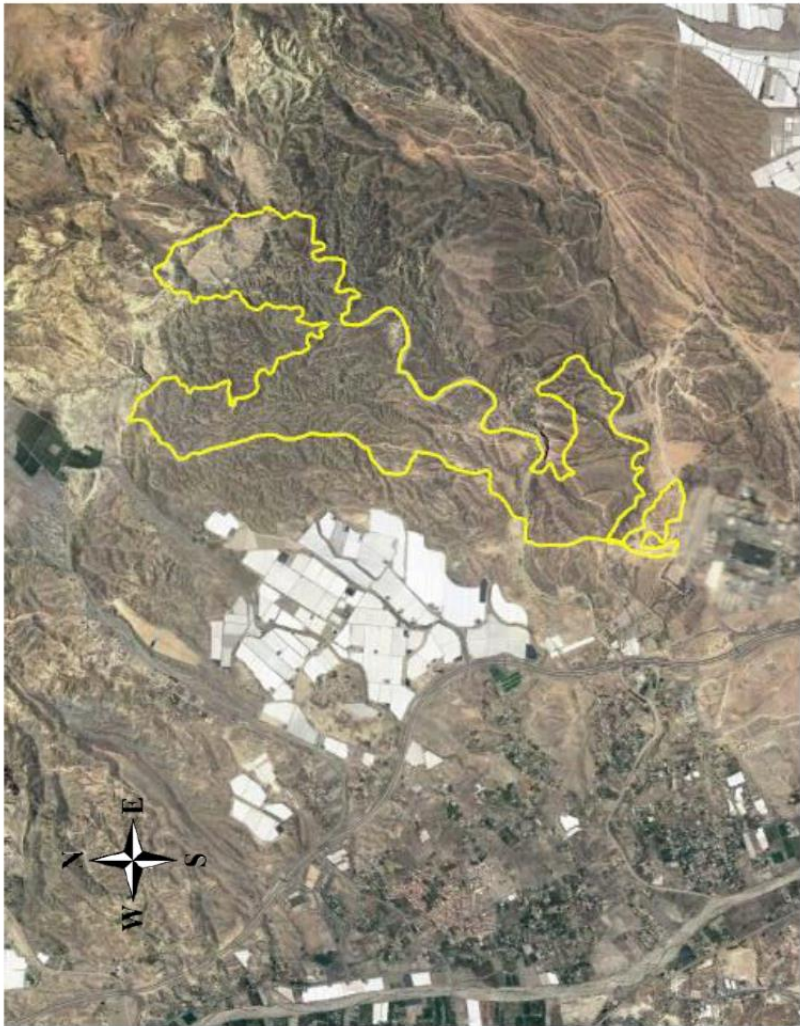


Fecha: 16/03/2021	Nombre: AA (CIM-EOF) Núñez Gutiérrez, Carlos	TFG
Título: Marcha 22 km CMT "Parga"	Escala:	1:25000
DATUM: ETRS89	Zona: Provincia de Lugo	Nº: 14



Itinerario marcha

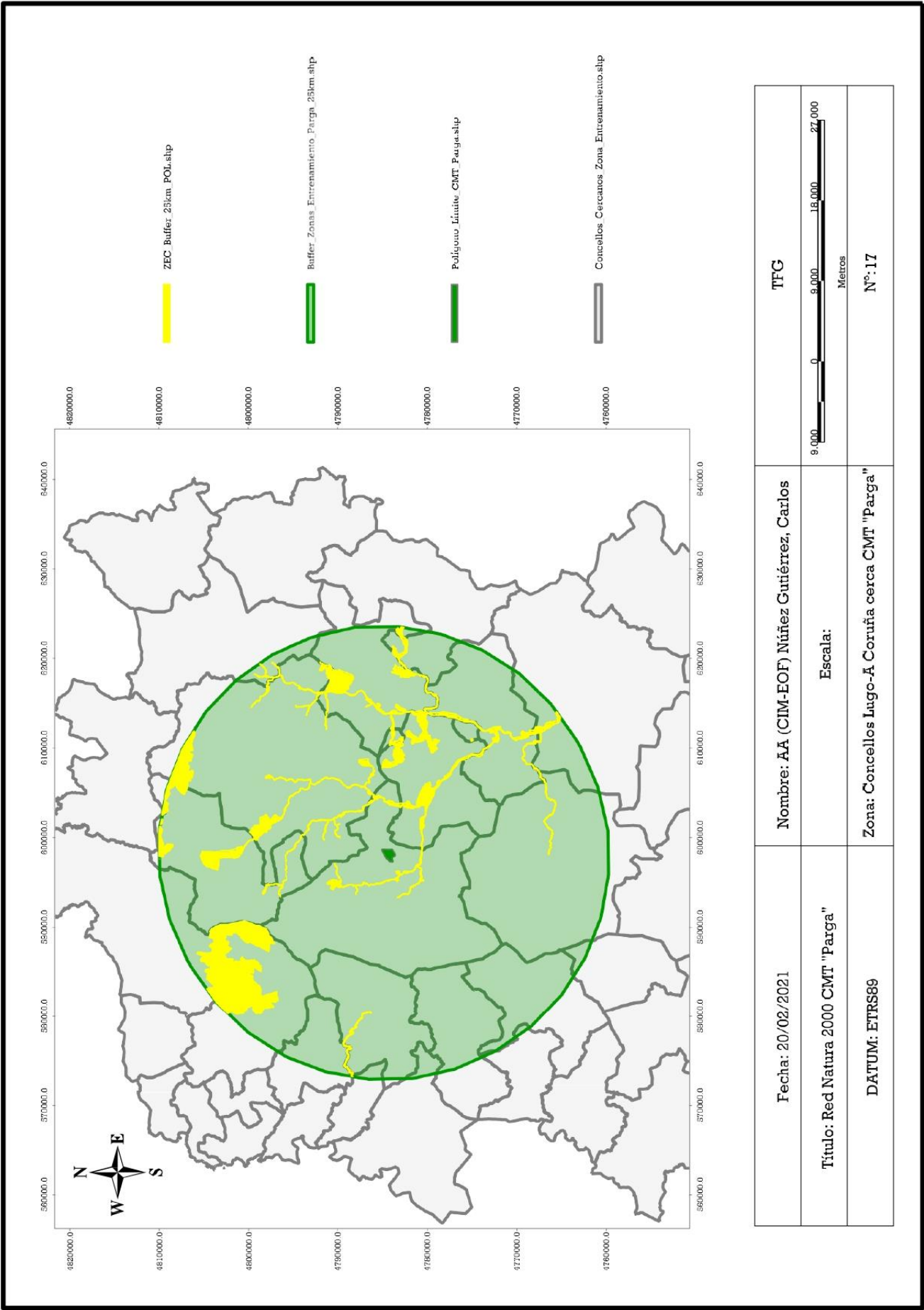
Fecha: 16/03/2021	Nombre: AA (CIM-EOF) Núñez Gutiérrez, Carlos	TFG
Título: Marcha 31 km en el CASR	Escala:	1:50000
DATUM: ETRS89	Zona: Provincia de Cádiz	Nº: 15



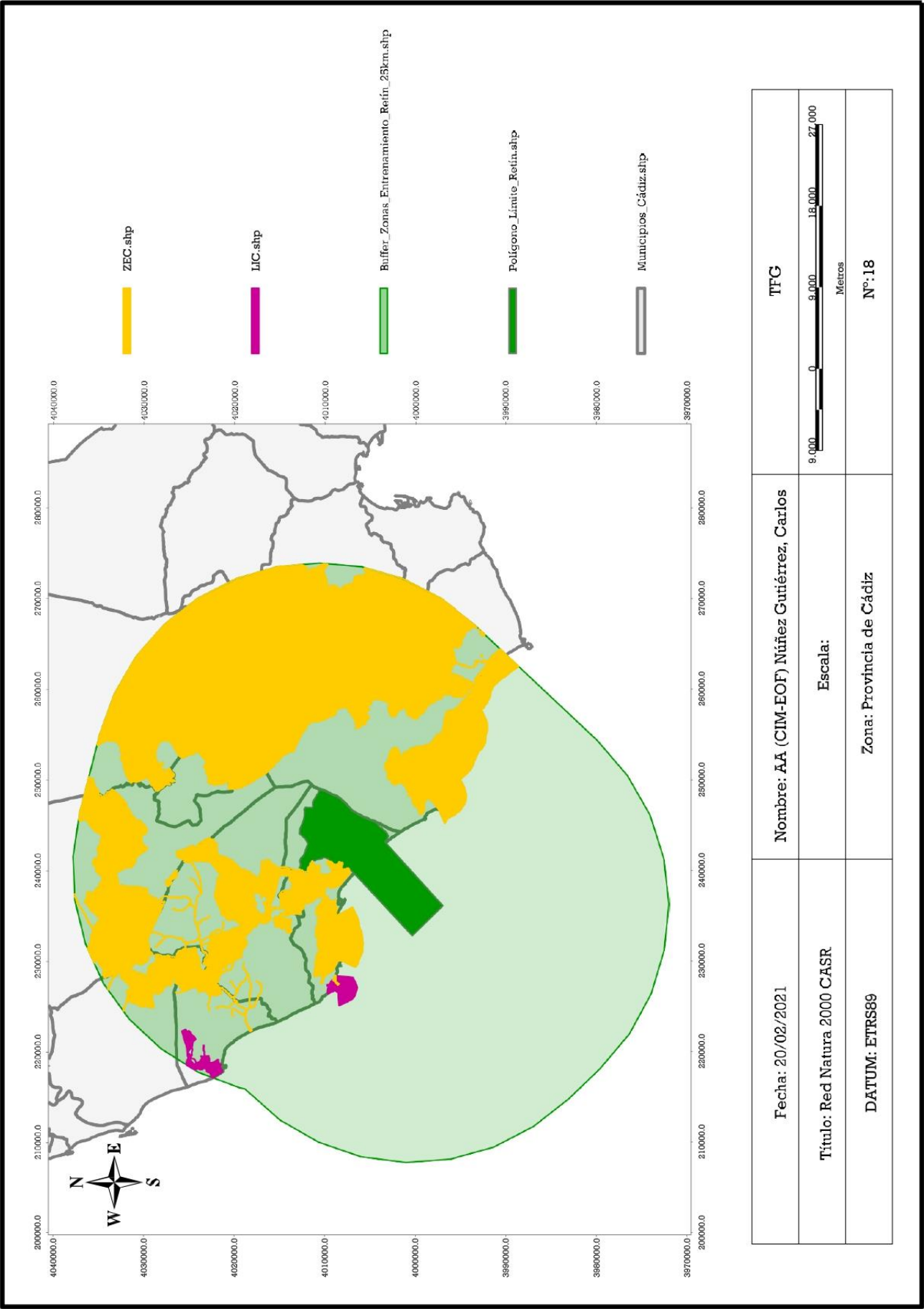
Itinerario marcha

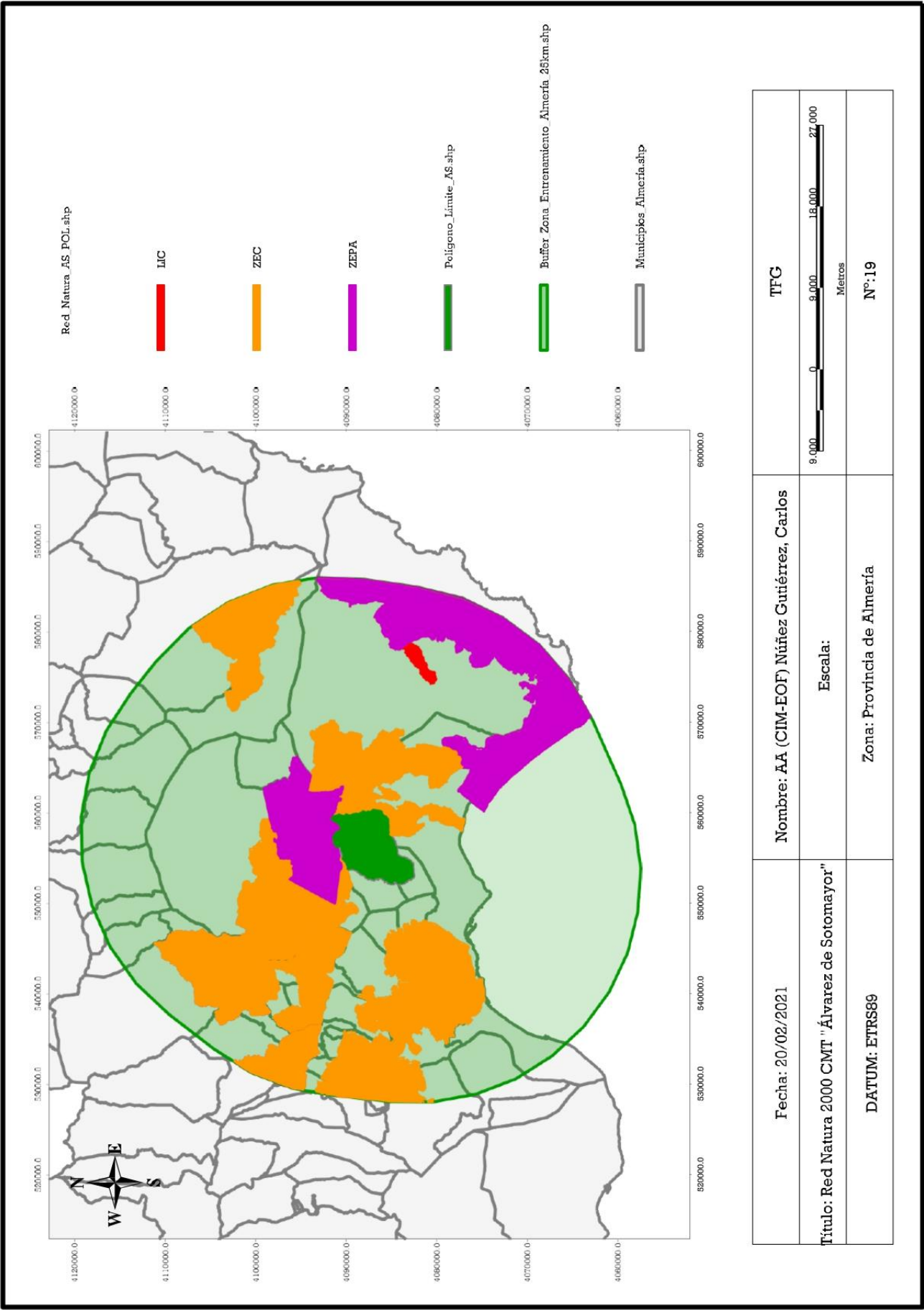
Fecha: 16/03/2021	Nombre: AA (CIM-EOF) Núñez Gutiérrez, Carlos	TFG
Título: Marcha 20 km CMT "Álvarez de Sotomayor"	Escala:	1:25000
DATUM: ETRS89	Zona: Provincia de Almería	Nº: 16

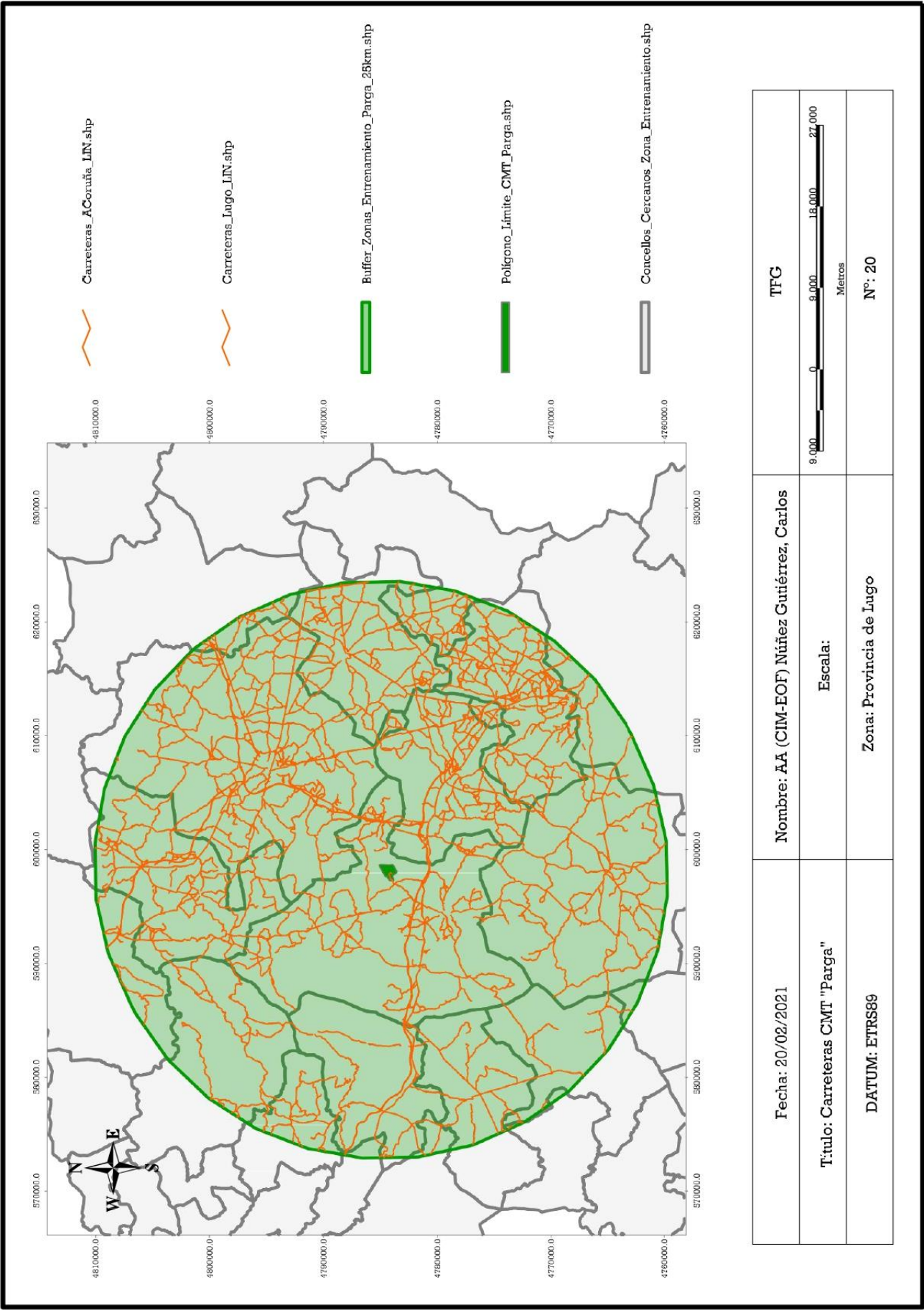
ANEXO II: CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APOYO PARA DISEÑOS EJERCICIOS I+A

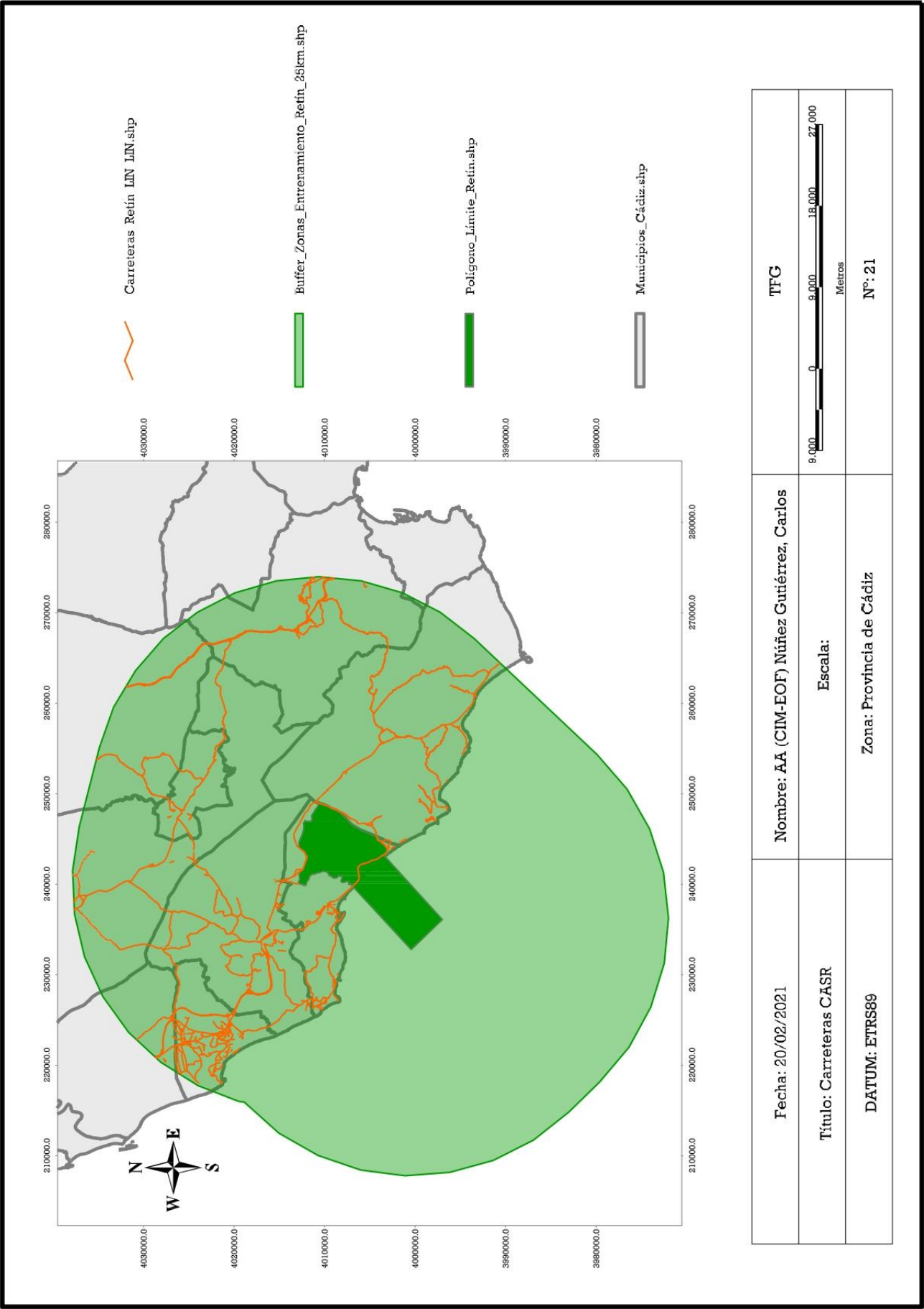


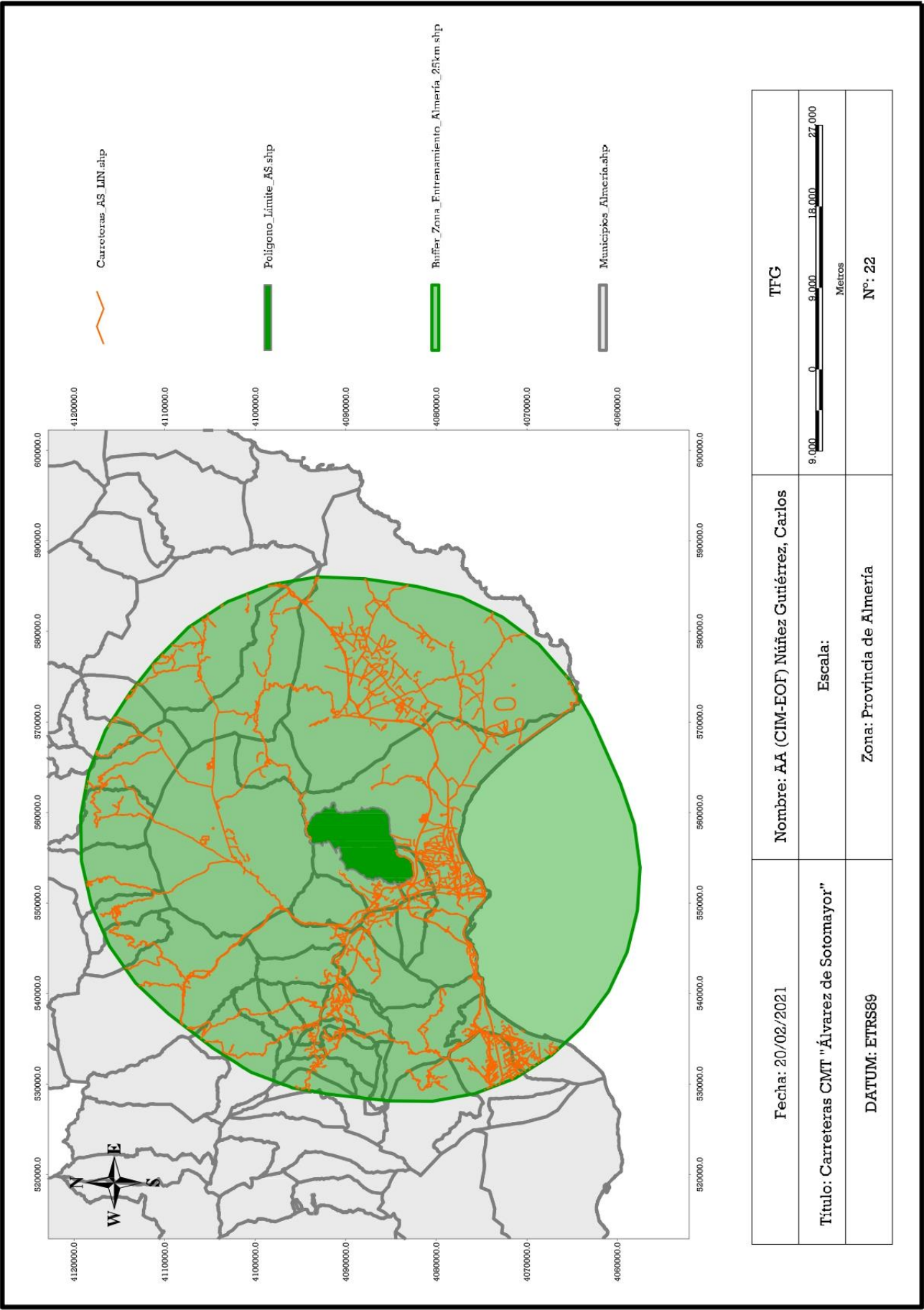
Fecha: 20/02/2021	Nombre: AA (CIM-EOF) Núñez Gutiérrez, Carlos	TFG
Título: Red Natura 2000 CMT "Parga"	Escala:	9,000 0 9,000 18,000 27,000 Metros
DATUM: ETRS89	Zona: Concellos Lugo-À Coruña cerca CMT "Parga"	Nº: 17

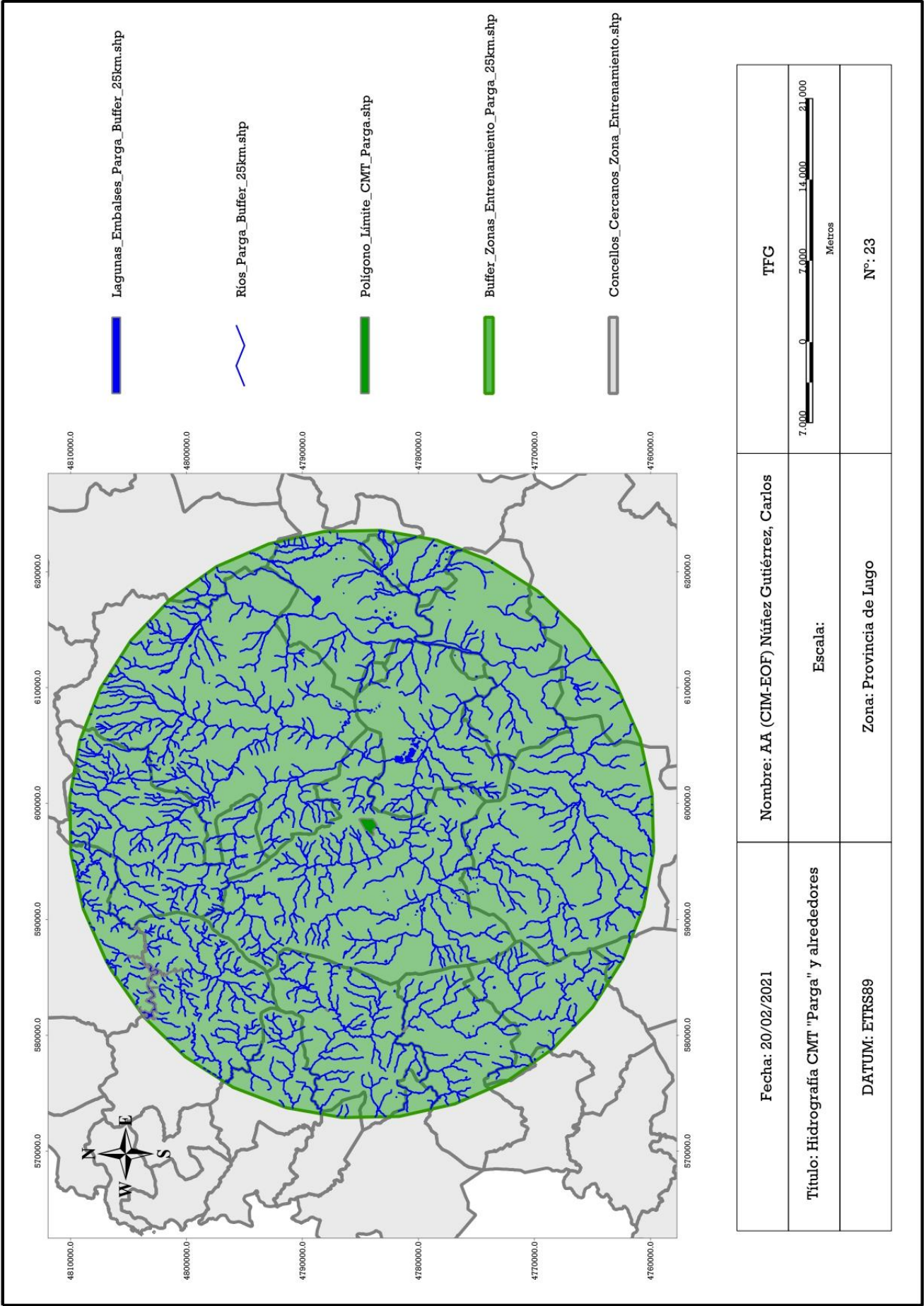


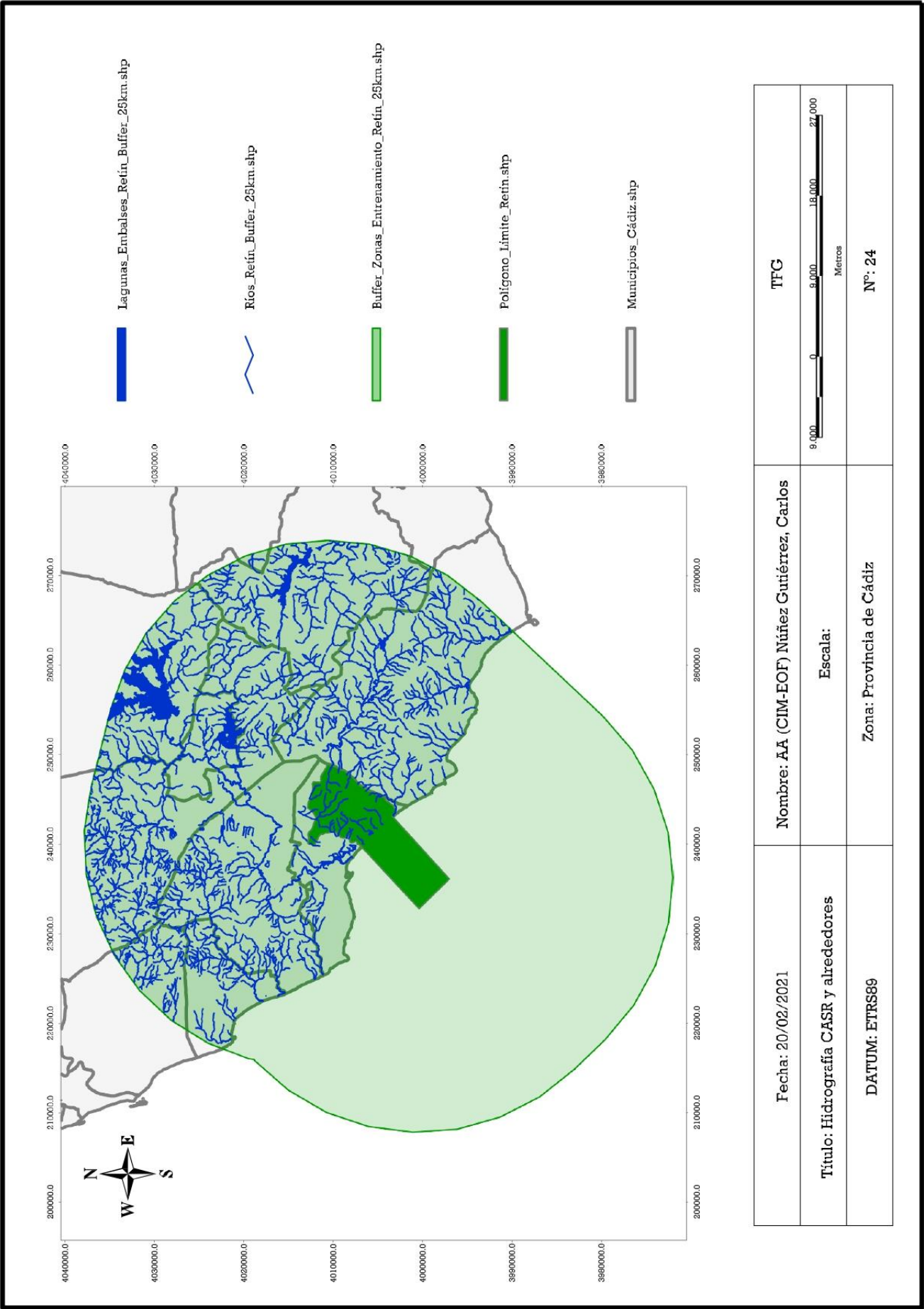


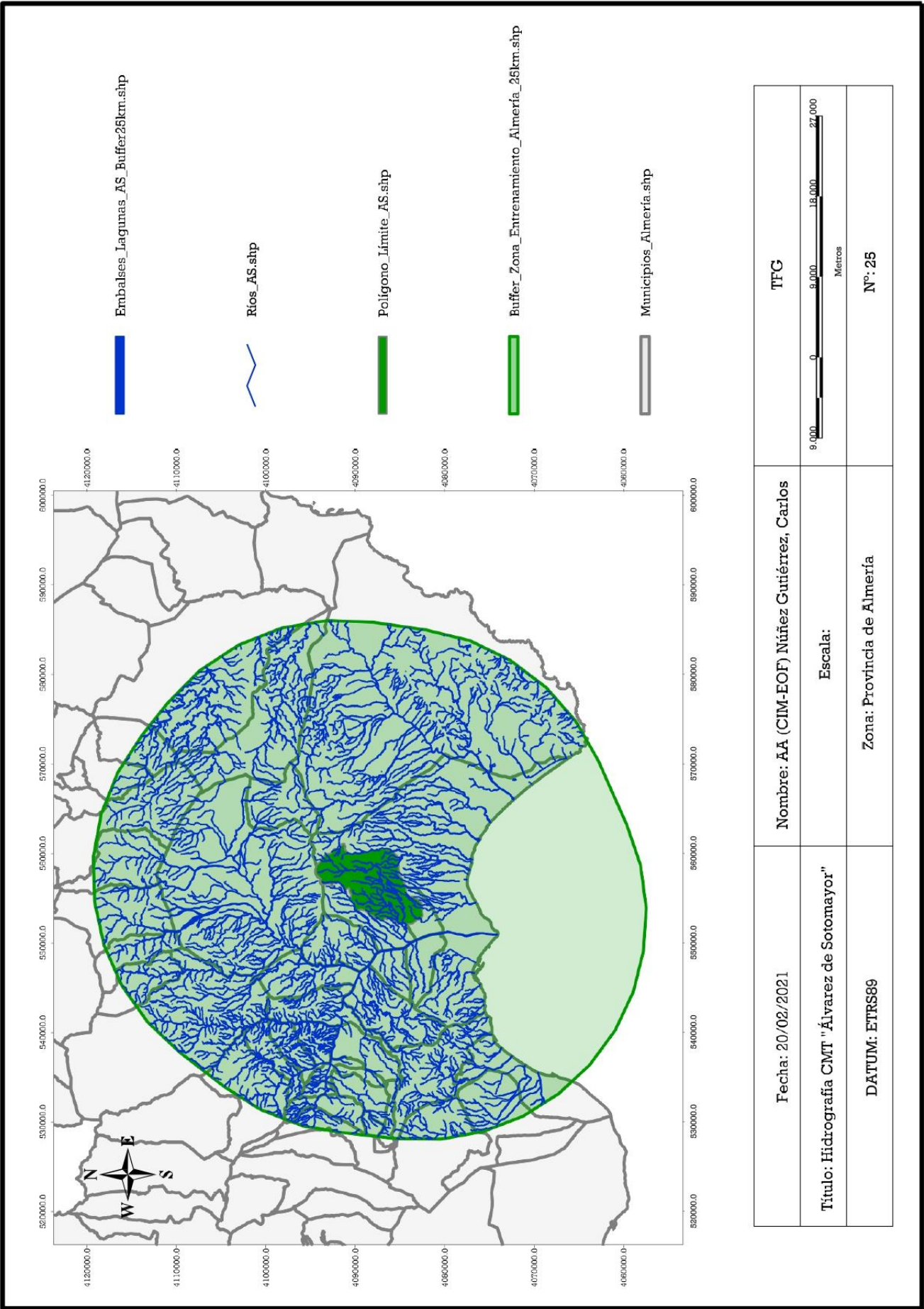


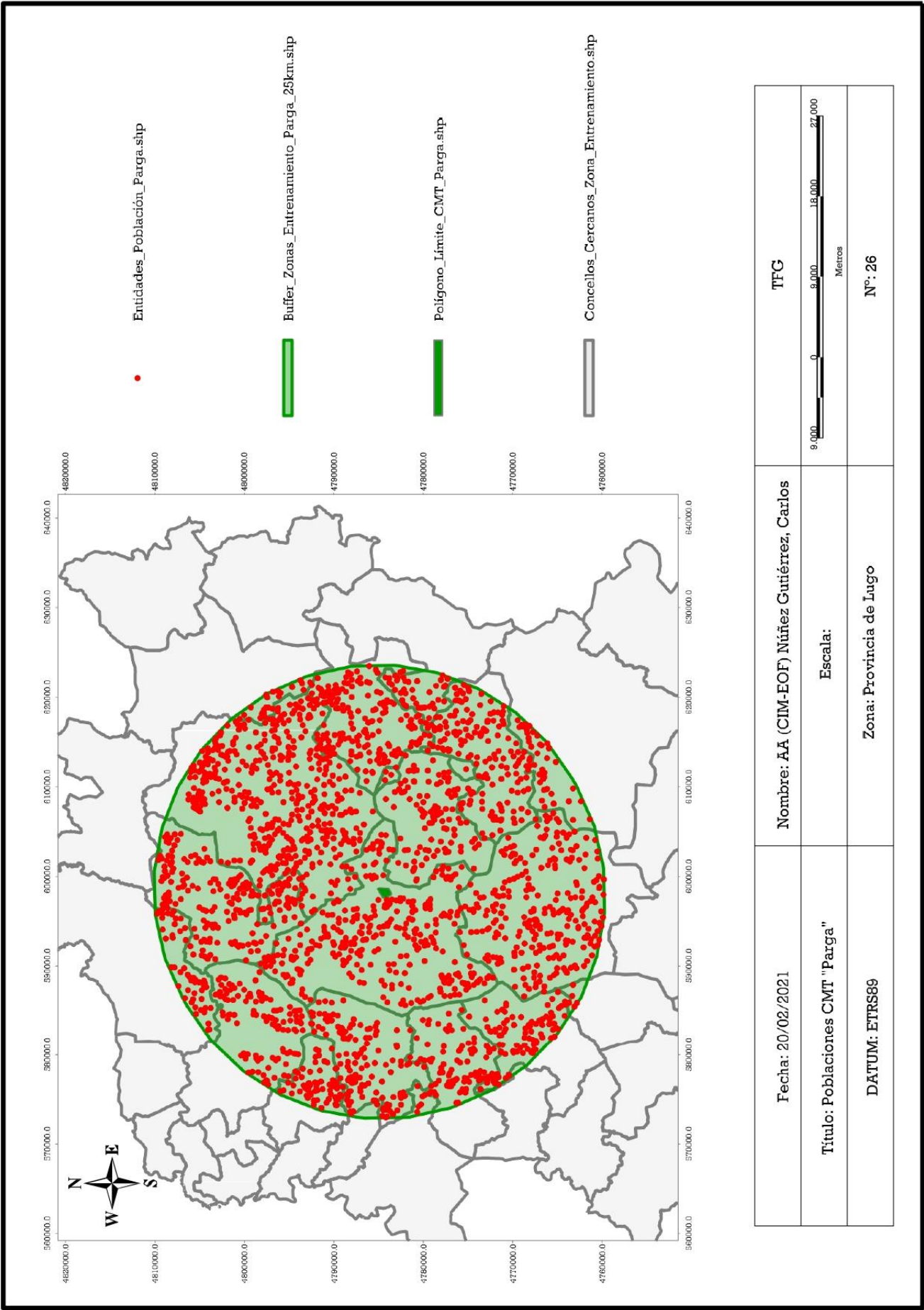


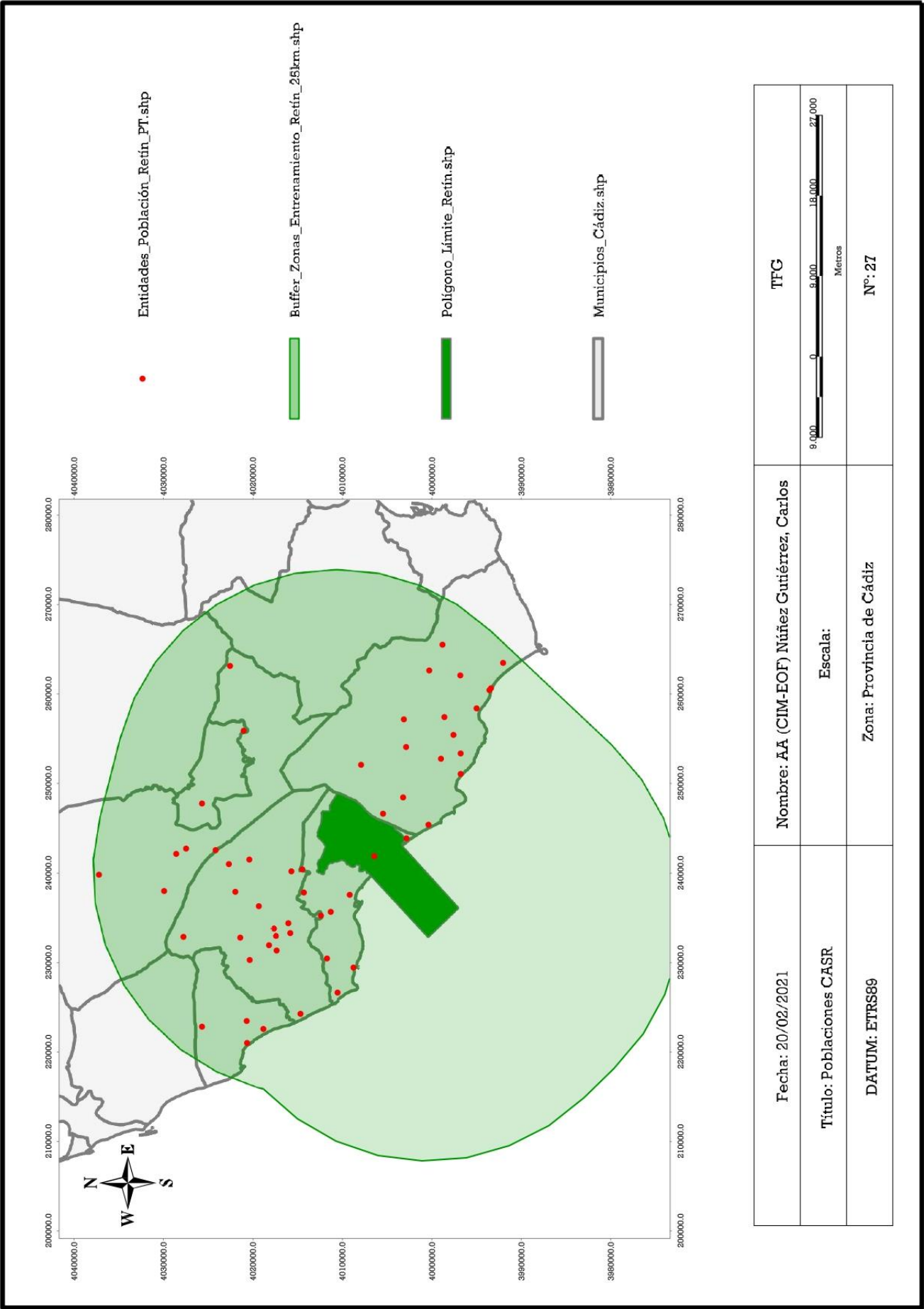


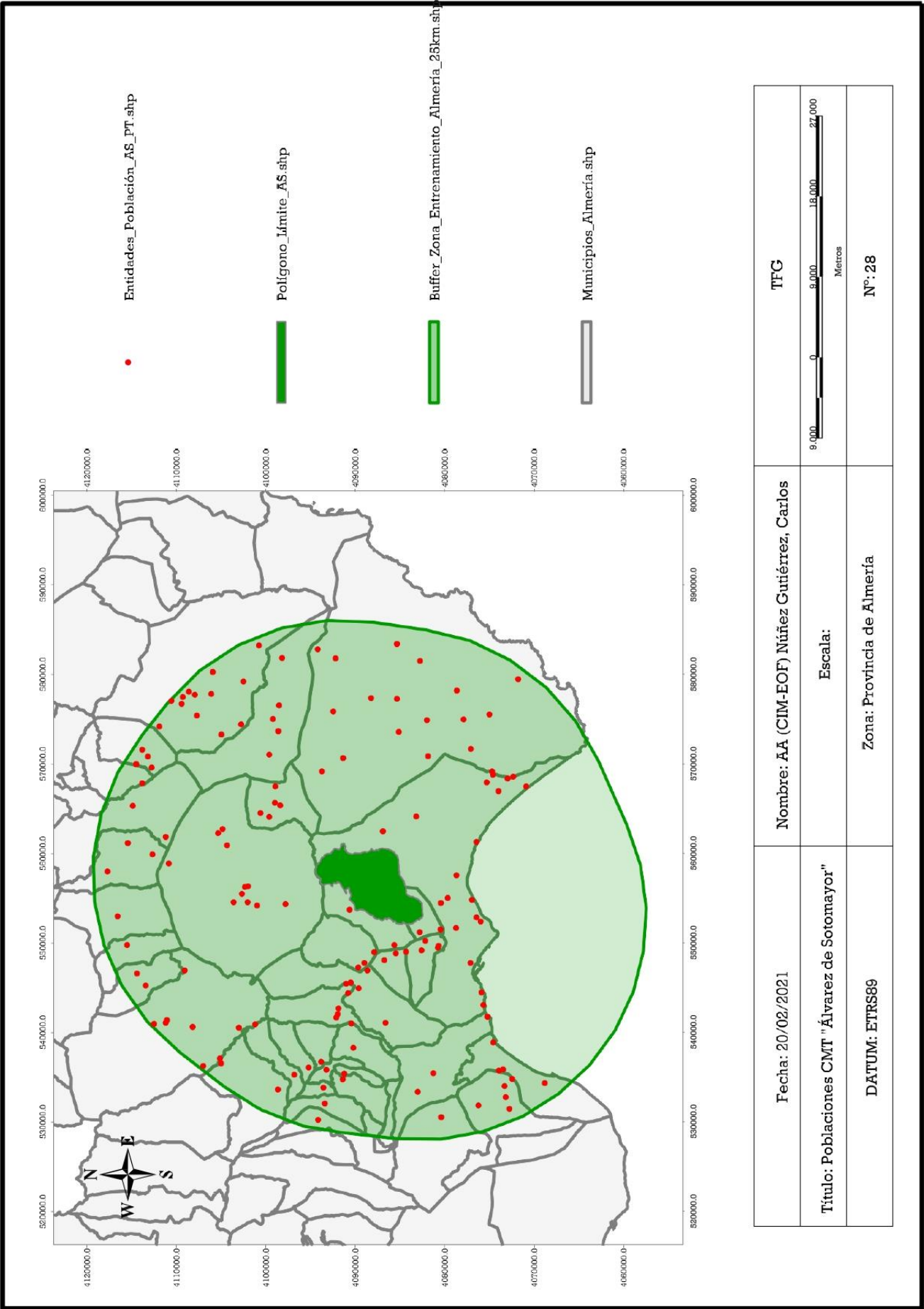


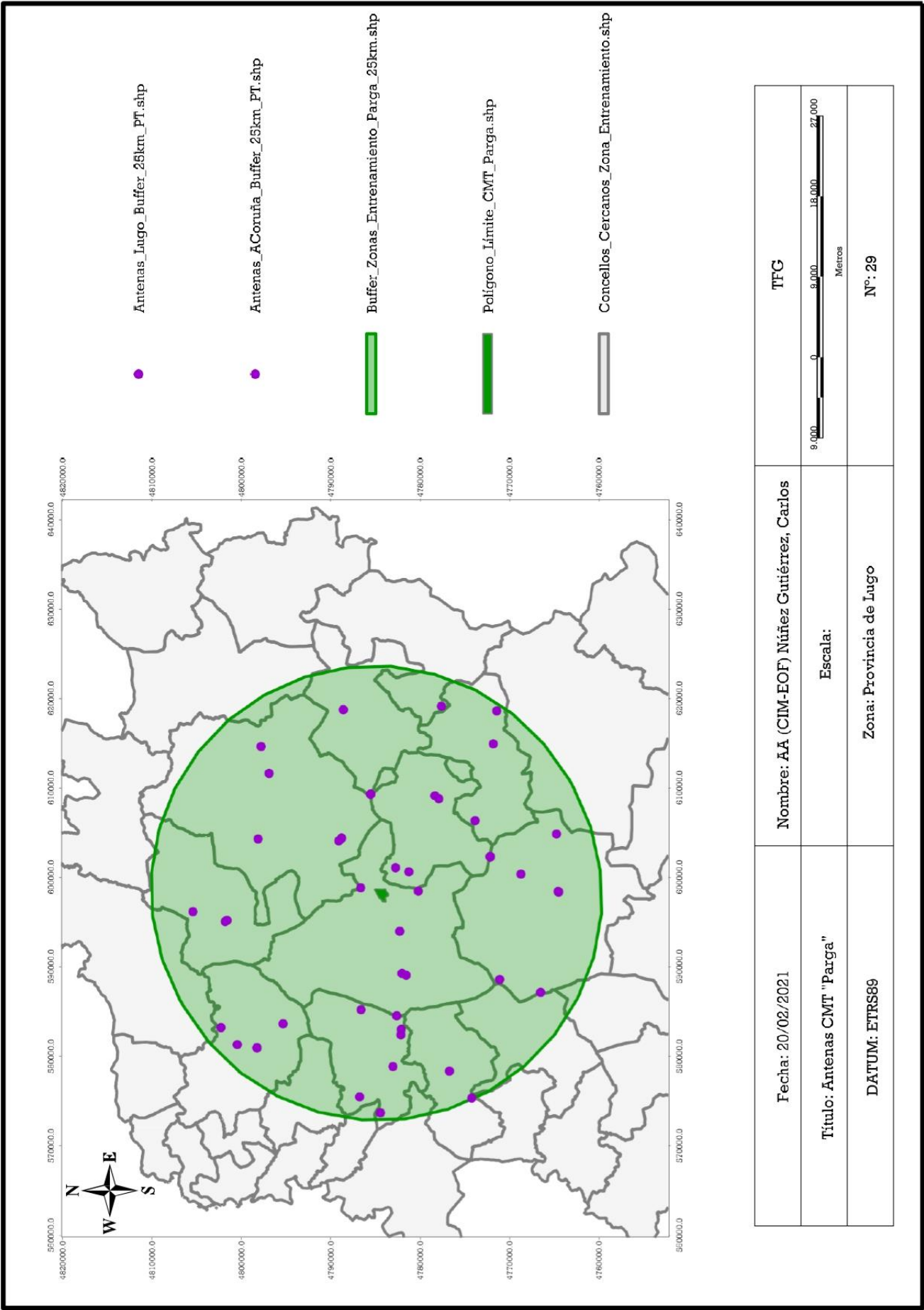




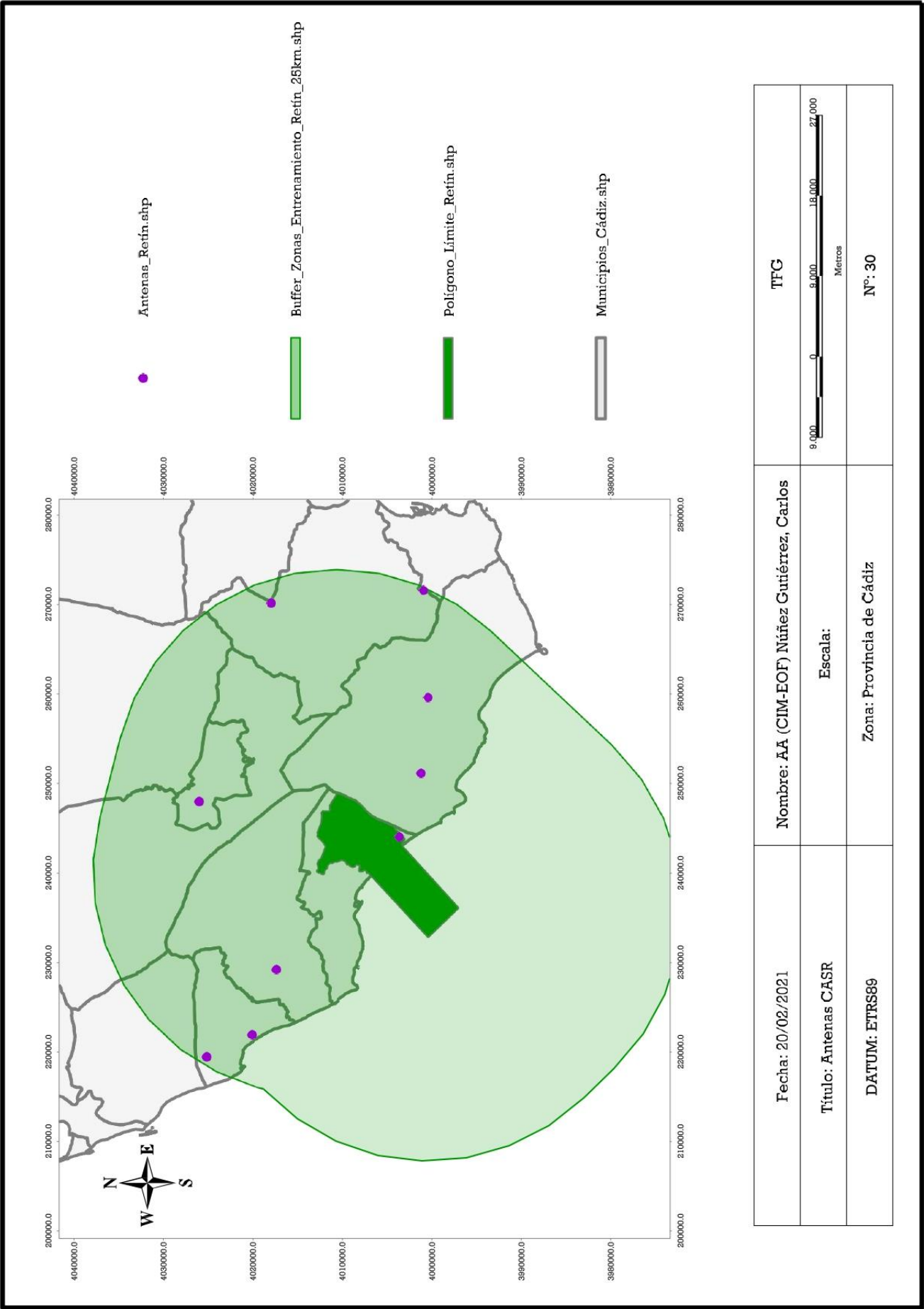


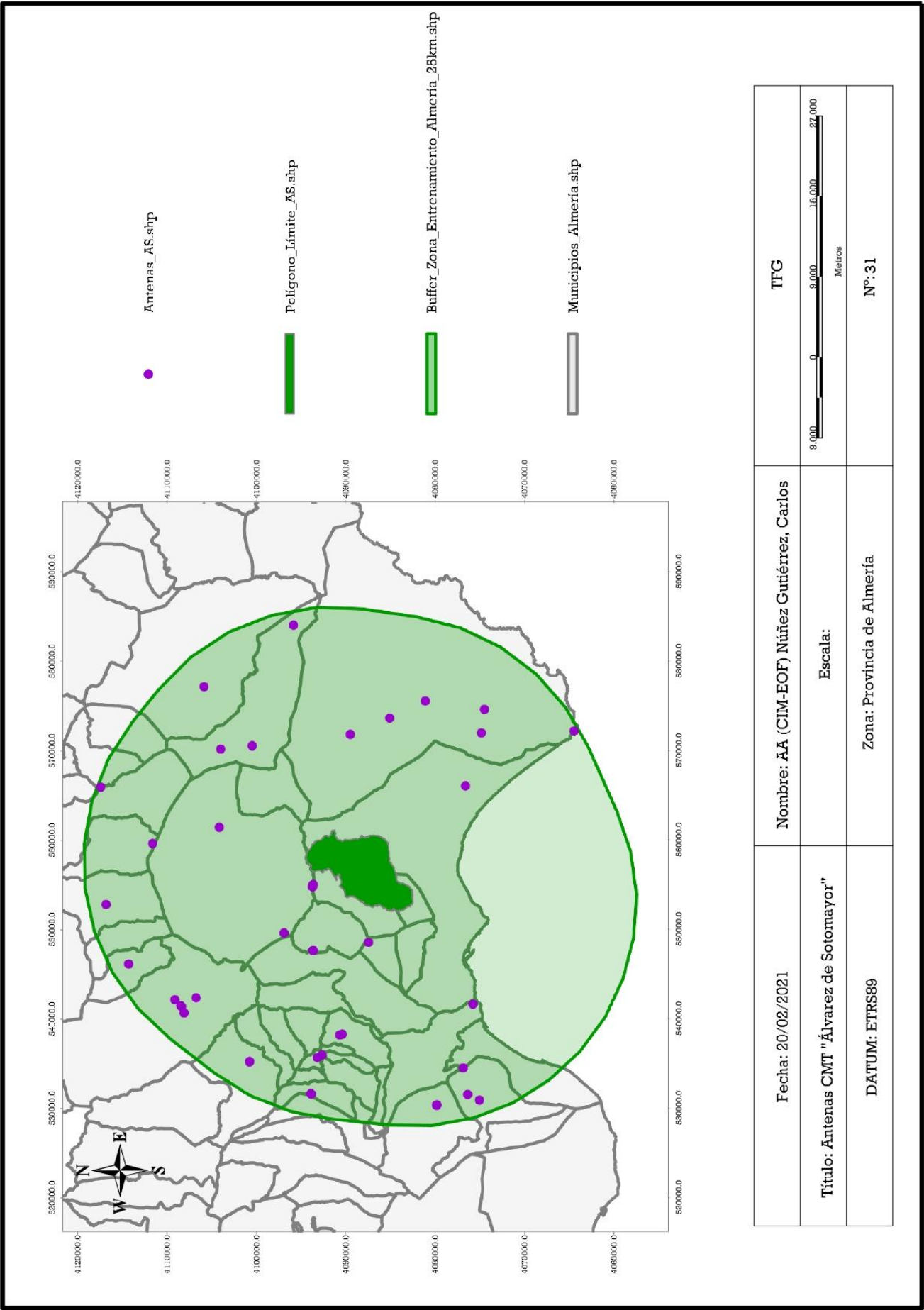






Fecha: 20/02/2021	Nombre: AA (CIM-EOF) Núñez Gutiérrez, Carlos	TFG
Título: Antenas CMT "Parga"	Escala:	9,000 0 9,000 18,000 27,000 Metros
DATUM: ETRS89	Zona: Provincia de Lugo	Nº: 29





ANEXO III: CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE SERVICIOS EN LOS CMT

