



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DESARROLLO DE METODOLOGÍAS GIS PARA EL ANÁLISIS
DEL USO DEL ESPACIO AÉREO Y EL SEGUIMIENTO DE
PROCEDIMIENTOS.**

CASO PRÁCTICO DEL AEROPUERTO DE VALENCIA.

TRABAJO FINAL DEL

Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica

REALIZADO POR

Pablo Alcaraz Martínez

TUTORIZADO POR

PhD. Israel Quintanilla García

PhD. Áurea Cecilia Gallego Salguero

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

Índice de Contenido

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE CONTENIDO | 3 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1. OBJETO, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA | 5 |
| 2. LEGISLACIÓN APLICABLE | 6 |
| 2.1. LEGISLACIÓN BÁSICA | 7 |
| 2.2. REGULACIÓN ESPECÍFICA DEL USO DEL ESPACIO AÉREO | 8 |
| 2.3. ANEXOS Y PROCEDIMIENTOS DE LA OACI | 9 |
| 3. ÁREA DE ESTUDIO | 10 |
| 3.1. AEROPUERTO DE VALENCIA | 10 |
| 3.2. ESPACIO AÉREO ESTUDIADO | 12 |
| 4. PROCEDIMIENTOS DE LLEGADA Y SALIDA | 12 |
| CAPÍTULO II. RECOGIDA Y CONVERSIÓN DE DATOS | 15 |
| 1. FUENTES DE LOS DATOS | 15 |
| 1.1. REGISTROS DE OPERACIONES | 15 |
| 1.2. SEÑAL DE TRANSPONDEDOR | 17 |
| 2. OBTENCIÓN DE LAS TRAZAS | 17 |
| 3. CONVERSIÓN DE TRAZAS A DXF | 20 |
| 4. CONVERSIÓN DE TRAZAS A SHAPEFILE | 22 |
| CAPÍTULO III. ESTUDIO DE USO DEL ESPACIO AÉREO | 27 |
| 1. FUNDAMENTOS DE LOS ANÁLISIS GEOESTADÍSTICOS | 27 |
| 1.1. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE PATRONES Y CLÚSTER ESTADÍSTICOS | 27 |
| 1.2. DETECCIÓN DE PUNTOS CALIENTES | 28 |
| 1.3. PRINCIPIOS DEL MÉTODO GETIS-ORD | 31 |
| 2. ESTUDIO DEL USO DEL TMA VALENCIA | 32 |
| 2.1. DETERMINACIÓN DE LA CELDA | 32 |
| 2.2. ESTUDIO DE LLEGADAS | 35 |
| 2.3. ESTUDIO DE SALIDAS | 37 |
| 3. ESTUDIO DEL USO DEL ÁREA 1 DEL TMA VALENCIA | 38 |
| 4. ESTUDIO POR AEROLÍNEAS DEL USO DEL ESPACIO AÉREO | 41 |
| 5. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DEL ESPACIO AÉREO | 44 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO IV. ESTUDIO DEL GRADO DE SEGUIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS | 47 |
| 1. DEFINICIÓN DEL GRADO O NIVEL DE SEGUIMIENTO DE UN PROCEDIMIENTO | 47 |
| 2. ESTUDIO SOBRE TRAZAS NO FILTRADAS | 49 |
| 3. ESTUDIO SOBRE TRAZAS FILTRADAS | 52 |
| 4. ESTUDIO SOBRE TRAZAS FILTRAS PERFECCIONADO | 55 |
| 5. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DEL GRADO DE SEGUIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS | 57 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES | 59 |
| BIBLIOGRAFÍA | 61 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 63 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 65 |
| ANEXOS | 66 |
| 1. PRESUPUESTO DEL PROYECTO | 67 |
| 1.1. CONSIDERACIONES GENERALES | 67 |
| 1.2. PRESUPUESTO DESGLOSADO | 68 |
| 1.3. PRESUPUESTO AGRUPADO POR RECURSO | 69 |
| 2. PLANOS | 70 |
| 3. CARTAS AERONÁUTICAS | 91 |

Capítulo I. Introducción

El seguimiento de rutas es uno de los aspectos principales de la gestión del tráfico aéreo pues la precisión con la que una aeronave sea capaz de seguir una ruta condiciona, junto con la precisión en la determinación de la posición, los límites de protección en el diseño del procedimiento. Por ello, una mejoría en la precisión podría posibilitar una reducción de los límites de protección manteniendo los niveles de seguridad. Esto repercutiría en el uso del espacio aéreo pudiendo trazar procedimientos que hoy en día no pueden ser trazados pudiendo mejorar la eficiencia del sistema.

1. Objeto, Objetivos y Metodología

El objeto de este Trabajo Final de Máster es generar metodologías de trabajo en sistemas de información geográfica para estudiar el uso del espacio aéreo y el grado de seguimiento en los tramos de aproximación y despegue aplicado al Aeropuerto de Valencia. De esta forma se pretende desarrollar métodos de trabajos sobre sistemas de información geográfica que posibiliten tomar decisión sobre el uso y gestión del espacio aéreo, así como conocer los errores en el seguimiento de procedimientos e identificar si existe margen de mejora de cara a su rediseño.

Para abordar estos estudios se realizarán los siguientes pasos, en primer lugar se obtendrán datos de tráfico de llegadas y salidas del Aeropuerto de Valencia, en segundo lugar se tratarán los datos para obtener ficheros tratables en sistemas de

información geográfica, en tercer lugar se realizarán mapas de calor para estudiar el uso del espacio aéreo, en cuarto lugar se realizará una serie de estudios para cada procedimiento definido del grado de seguimiento y, por último, se extraerán conclusiones de estos estudios. La metodología seguida en cada uno de estos pasos se detalla profundamente en la sección de cada capítulo destinada a ello.

Los objetivos de este Trabajo Final de Máster son el desarrollo de metodologías de análisis aplicadas al seguimiento de rutas de llegadas y salidas del Aeropuerto de Valencia, así como el uso del espacio aéreo del TMA Valencia y comprobar si los niveles de protección establecidos en el diseño de procedimientos son adecuados conforme a la situación actual o deben ser revisados.

La creación de metodologías en entornos GIS es de gran interés en lo que respecta a la aviación pues, por un lado, el Environmental Systems Research Institute (ESRI) ha incluido un módulo especializado en aviación que a fecha de hoy sólo incluye información relativa al AIS de Estados Unidos y ciertas herramientas orientada a la producción de cartas aeronáuticas, pero es esperable que este módulo sea ampliado y mejorado en sucesivas versiones. Por otro lado, el AIS de España ha migrado a un servidor de mapas que funciona bajo licencia de ArcGIS® y la tendencia es que los AIS pasen a estar disponibles como servidores de mapas en sistemas de información geográfica. Por ello el sector de la navegación aérea está evolucionando a la integración de los sistemas de información geográfica como herramienta básica de trabajo que requiere del desarrollo de metodologías adaptadas al entorno de la aviación.

2. Legislación aplicable

A la hora de emprender un proyecto de ingeniería debe considerarse en todo momento la legislación aplicable con el fin de que el producto final no sólo corresponda a los requerimientos técnicos si no que pueda emplearse con acuerdo a la regulación existente. Por ello se debe considerar tanto la regulación básica que atañen al sector como la regulación concreta que atañe al servicio o producto, así como la regulación internacional que permita adaptar el producto fácilmente a otros mercados. Si bien en este caso más que el desarrollo de un producto o servicio a comercializar se desarrollan una serie de metodologías de estudio sobre el grado de cumplimiento de unos límites

impuestos en la norma, se debe considerar en igual o mayor medida la legislación aplicable.

2.1. Legislación básica

El convenio de Chicago es la base reglamentaria de la aviación civil a nivel internacional mediante el cual se establecen las bases mínimas regulatorias de la navegación aérea, el transporte aéreo internacional y de la Organización de Aviación Civil Internacional. Mediante este convenio, los estados firmantes se comprometen acordar medidas a nivel internacional que faciliten la interoperabilidad de la aviación civil entre los estados firmantes debiendo, en su caso, transponer las disposiciones acordadas en la regulación nacional. La voluntad de cooperación queda reflejada en el preámbulo de dicho convenio:

"CONSIDERANDO que el desarrollo futuro de la aviación civil internacional puede contribuir poderosamente a crear y a preservar la amistad y el entendimiento entre las naciones y los pueblos del mundo, mientras que el abuso de la misma puede llegar a constituir una amenaza a la seguridad general;

CONSIDERANDO que es deseable evitar toda disensión entre las naciones y los pueblos y promover entre ellos la cooperación de que depende la paz del mundo;

POR CONSIGUIENTE, los Gobiernos que suscriben, habiendo convenido en ciertos principios y arreglos, a fin de que la aviación civil internacional pueda desarrollarse de manera segura y ordenada y de que los servicios internacionales de transporte aéreo puedan establecerse sobre una base de igualdad de oportunidades y realizarse de modo sano y económico;

Han concluido a estos fines el presente Convenio." [1]

El convenio ha sufrido diversas modificaciones a lo largo de los años habiéndose incluido como el Doc 7300 de la OACI.

La Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea establece las bases de la seguridad operacional, la investigación de accidentes e incidentes de la aviación civil, de la inspección aeronáutica y del régimen sancionador.

La Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea establece las bases del sistema de transporte aéreo desde regulación básica de navegación aérea, aeropuertos, registro de aeronaves y del transporte aéreo.

Ambas leyes han sufrido un gran número de modificaciones fruto de los avances en materia de navegación y seguridad aérea, así como por trasposiciones de acuerdos internacionales y directivas europeas.

2.2. Regulación específica del uso del espacio aéreo

Hay que considerar que España se encuentra sujeta a la regulación común europea y en ese sentido es de aplicación los Reglamentos (CE) y Reglamentos de ejecución (UE) del cielo único europeo en el marco del proyecto SESAR que son:

- **El Reglamento (CE) 2150/2005** de la Comisión, de 23 de diciembre de 2005, por el que se establecen **normas comunes para la utilización flexible del espacio aéreo**.
- **Reglamento de Ejecución (UE) 923/2012** de la Comisión, de 26 de septiembre de 2012, por el que se establecen el **reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea**.
- **Reglamento (UE) 1332/2011** de la Comisión, de 16 de diciembre de 2011, por el que se establecen **requisitos comunes de utilización del espacio aéreo y procedimientos operativos para los sistemas anticolidión de a bordo**.
- **Reglamento de Ejecución (UE) 1048/2018** de la Comisión, de 18 de julio de 2018, por el que se establecen los **requisitos de utilización del espacio aéreo y los procedimientos operativos en relación con la navegación basada en la performance**.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/317 de la Comisión, de 11 de febrero de 2019, por el que se establece un sistema de evaluación del rendimiento y de tarificación en el cielo único europeo.
- **Reglamento (UE) 255/2010** de la Comisión, de 25 marzo de 2010, por el que se establecen **normas comunes sobre la gestión de afluencia del tránsito aéreo**.

- Reglamento de Ejecución (UE) 1079/2012 de la Comisión, de 16 de noviembre de 2012, por el que se establecen requisitos de separación entre canales de voz para el Cielo Único Europeo.
- Reglamento (CE) 29/2009 de la Comisión, de 16 de enero de 2009, por el que se establecen requisitos relativos a los servicios de enlace de datos para el cielo único europeo.
- Reglamento (CE) 219/2007 del Consejo, de 27 de febrero de 2007, relativo a la constitución de una empresa común para la realización del sistema europeo de nueva generación para la gestión del tránsito aéreo (SESAR).
- Reglamento (CE) 1033/2006 de la Comisión, de 4 de julio de 2006, por el que se establecen los requisitos relativos a los procedimientos de los planes de vuelo en la fase de prevuelo para el cielo único europeo.

Estos se complementan a nivel nacional con:

- **Real Decreto 1180/2018**, de 21 de septiembre, por el que se desarrolla el **Reglamento del aire** y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea.
- **Real Decreto 57/2002**, de 18 de enero, por el que se aprueba el **Reglamento de Circulación Aérea**.
- **Real Decreto 601/2016**, de 2 de diciembre, por el que se aprueba el **Reglamento de la Circulación Aérea Operativa**.

2.3. Anexos y Procedimientos de la OACI

- **Anexo 2** al Convenio sobre Aviación Civil, **Reglamento del aire**.
- **Anexo 4** al Convenio sobre Aviación Civil, **Cartas aeronáuticas**.
- **Anexo 11** al Convenio sobre Aviación Civil, **Servicios de Tránsito Aéreo**.
- **Anexo 14** al Convenio sobre Aviación Civil, **Aeródromos**.
- Procedimientos para los servicios de navegación aérea **Doc. 8168, Operaciones de Aeronaves**, Volumen II Construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos.
- Procedimientos para los servicios de navegación aérea **Doc. 4444, Gestión del tránsito aéreo**.

3. Área de estudio

Atendiendo a que se pretende emplear como fuente¹ de los datos de navegación los mensajes de transpondedor de los aviones que deben ser captados por una antena receptora instalada en la Universitat Politècnica de València y por consiguiente existe una limitación de rango máximo de alcance, se estudiará el Aeropuerto de Valencia (LEVC).

3.1. Aeropuerto de Valencia

El Aeropuerto de Valencia con designación IATA “VLC” y designación OACI “LEVC” se sitúa a ocho kilómetros de la ciudad de Valencia entre los términos municipales de Manises y Quart de Poblet. Con el establecimiento de las primeras líneas aéreas postales de España se realizaron vuelos de pruebas Madrid-Valencia en 1926. De forma que con la llegada en 1927 de la Ley de Aeropuertos se considere de carácter urgente la construcción del aeropuerto de Valencia que vio su apertura a la navegación aérea comercial en 1930 en la lengua de mar que separa La Albufera del mar. No obstante, el rápido crecimiento de la actividad aérea supuso que el aeródromo quedara insuficiente de forma que se abre un aeródromo en Manises en 1934 que tras varias ampliaciones y mejoras de sus instalaciones han dado lugar al actual aeropuerto de Valencia.²

La evolución de las operaciones en los últimos años de los que AENA dispone de datos consolidados es ascendente pasando de 56.000 operaciones en 2014 a 75.000 en 2018 como se observa en el Gráfico 1. Por otro lado, el aeropuerto tiene una estacionalidad que varía del 6% al 11% cada mes del número de operaciones anuales por lo que se puede concluir que no es un aeropuerto estacional como se observa en el Gráfico 2. Cabe destacar que estrictamente la definición de estacionalidad se basa en el número de pasajeros sin embargo como este proyecto se centra en el movimiento de

¹ PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE LAS FUENTES DE LOS DATOS CONSULTAR EL CAPÍTULO II.1.

RECOGIDA Y CONVERSIÓN DE DATOS.

² Para información detallada sobre la historia del Aeropuerto de Valencia consultar la sección 1.5. Reseña Histórica del Plan Director [10, pp. 1.16-1.20].

aeronaves y no de pasajeros por lo que en ese contexto la estacionalidad se ha de considerar, y de hecho se ha considerado, en operaciones.

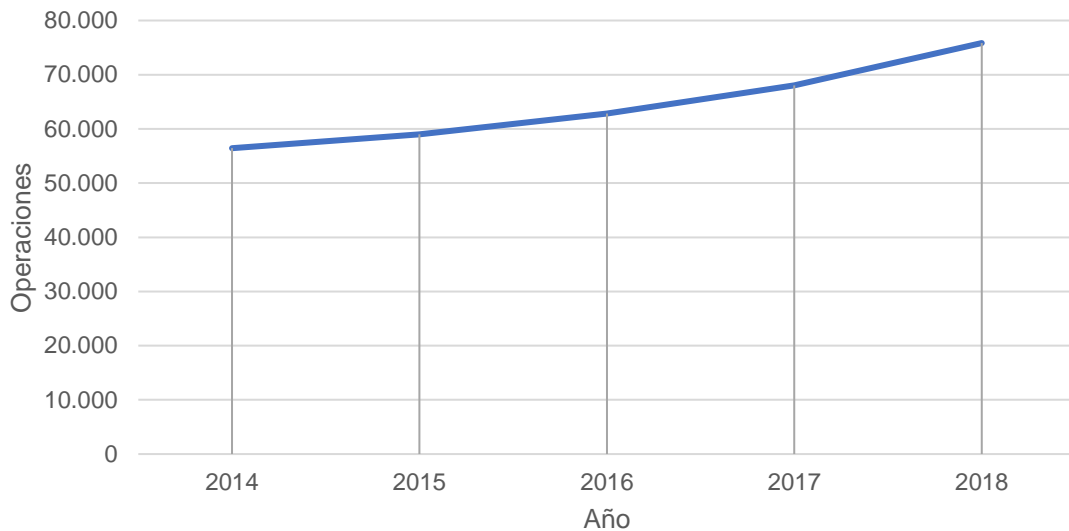


GRÁFICO 1. EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE OPERACIONES. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE AENA.

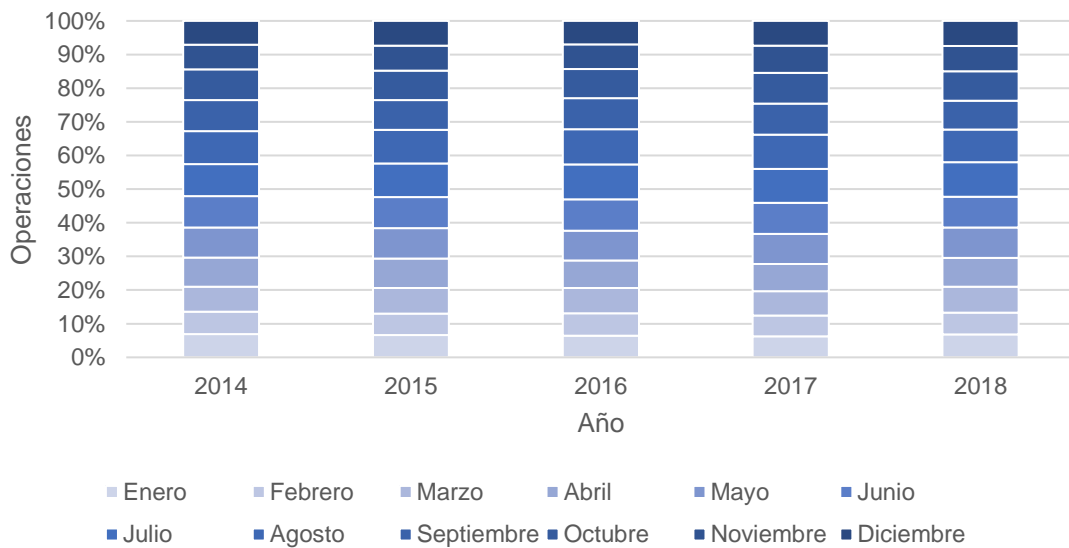


GRÁFICO 2. EVOLUCIÓN DEL PORCENTAJE MENSUAL DE OPERACIONES. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE AENA.

3.2. Espacio aéreo estudiado

Puesto que este trabajo pretende estudiar el seguimiento de rutas de llegadas y salidas del aeropuerto de Valencia se han de acortar la zona de estudio al área de control terminal (TMA) de Valencia con especial atención al espacio aéreo “TMA Valencia Área 1” que es la que engloba el área terminal del Aeropuerto de Valencia.

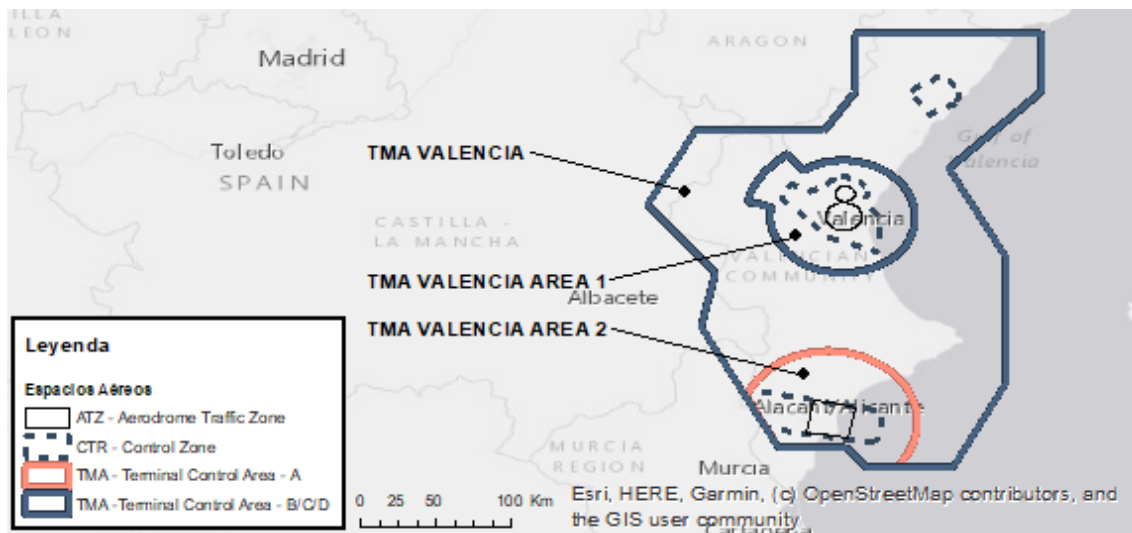


FIGURA 1. ESPACIOS AÉREO DEL TMA VALENCIA. ELABORACIÓN PROPIA.

Los espacios aéreos de la zona de estudio se muestran en la Figura 1 y pueden consultarse con más detalle en el Plano 01-Espacios aéreos TMA Valencia – Área de estudio.

4. Procedimientos de Llegada y Salida

Se estudiarán los procedimientos de llegada y salida normalizados por instrumentos (STAR y SID) del Aeropuerto de Valencia correspondientes al ciclo AIRAC AMDT 02/19 que corresponde con el de los datos de tráfico aéreo capturados. De tal forma los procedimientos estudiados son:

- **LLEGADAS PISTA 12**
 - LLEGADA ABOSI CUATRO DELTA (ABOSI4D)
 - LLEGADA ALTET CUATRO DELTA (ALT4D)
 - LLEGADA ARGOR TRES DELTA (ARGOR3D)
 - LLEGADA ARGOR TRES JULIETT (ARGOR3J)
 - LLEGADA ASTRO CUATRO JULIETT (ASTRO4J)
 - LLEGADA MABUX DOS DELTA (MABUX2D)

- LLEGADA MANDY CUATRO DELTA (MANDY4D)
- LLEGADA NARGO CUATRO DELTA (NARGO4D)
- LLEGADA NINOT CINCO DELTA (NINOT5D)
- LLEGADA NINOT TRES FOXTROT (NINOT3F) B-RNAV
- LLEGADA SAURA CUATRO DELTA (SAURA4D)
- LLEGADA SOPET CUATRO DELTA (SOPET4D)

• **LLEGADAS PISTA 30**

- LLEGADA ALTET CUATRO CHARLIE (ALT4C)
- LLEGADA ARGOR TRES CHARLIE (ARGOR3C)
- LLEGADA ARGOR TRES ECHO (ARGOR3E) B-RNAV
- LLEGADA ASTRO CUATRO CHARLIE (ASTRO4C)
- LLEGADA ASTRO TRES ECHO (ASTRO3E) B-RNAV
- LLEGADA MABUX DOS CHARLIE (MABUX2C)
- LLEGADA MABUX DOS ECHO (MABUX2E) B-RNAV
- LLEGADA MANDY CUATRO CHARLIE (MANDY4C)
- LLEGADA NARGO CUATRO CHARLIE (NARGO4C)
- LLEGADA NARGO TRES ECHO (NARGO3E) B-RNAV
- LLEGADA NINOT CINCO CHARLIE (NINOT5C)
- LLEGADA SAURA CUATRO CHARLIE (SAURA4C)
- LLEGADA SOPET CUATRO CHARLIE (SOPET4C)
- LLEGADA SOPET DOS ECHO (SOPET2E) B-RNAV

• **SALIDAS PSITA 12**

- SALIDA ALTET CINCO BRAVO (ALT5B)
- SALIDA ASTRO CINCO GOLF (ASTRO5G)
- SALIDA CENTA SIETE GOLF (CENTA7G)
- SALIDA MANDY SEIS GOLF (MANDY6G)
- SALIDA NARGO TRES BRAVO (NARGO3B)
- SALIDA ODSN UNO BRAVO (ODSN1B)
- SALIDA ORVUS DOS BRAVO (ORVUS2B)
- SALIDA ORVUS UNO GOLF (ORVUS1G) B-RNAV
- SALIDA SOPET CINCO BRAVO (SOPET5B)
- SALIDA TATOS CINCO BRAVO (TATOS5B)

• **SALIDAS PISTA 30**

- SALIDA ALTET CINCO ALPHA (ALT5A)
- SALIDA ASTRO CINCO FOXTROT (ASTRO5F)
- SALIDA CENTA OCHO ALPHA (CENTA8A)
- SALIDA MANDY SIETE ALPHA (MANDY7A)
- SALIDA NARGO TRES ALPHA (NARGO3A)

- SALIDA ODSSEN UNO ALPHA (ODSEN1A)
- SALIDA ODSSEN UNO HOTEL (ODSEN1H) B-RNAV
- SALIDA ORVUS UNO ALPHA (ORVUS1A)
- SALIDA ORVUS UNO HOTEL (ORVUS1H) B-RNAV
- SALIDA SOPET CINCO ALPHA (SOPET5A)
- SALIDA TATOS SEIS ALPHA (TATOS6A)

Cabe destacar que se muestran conjuntamente procedimientos RNAV y convencionales sin embargo la definición de los límites de protección en cada caso es distinta. En el caso de los procedimientos RNAV que se muestran son del tipo B-RNAV con unos límites de protección de 5 millas náuticas. En el caso de los procedimientos convencionales depende las radioayudas empleadas y su distancia a estas. Para conocer por tanto el límite de protección se debe seguir lo descrito en el capítulo II de la sección 2 del segundo volumen de Operaciones de aeronaves [2] y en las secciones correspondientes a salidas y llegadas sabiendo que por un lado está la precisión en la definición del punto y por otro las áreas de protección del trazado de la ruta.

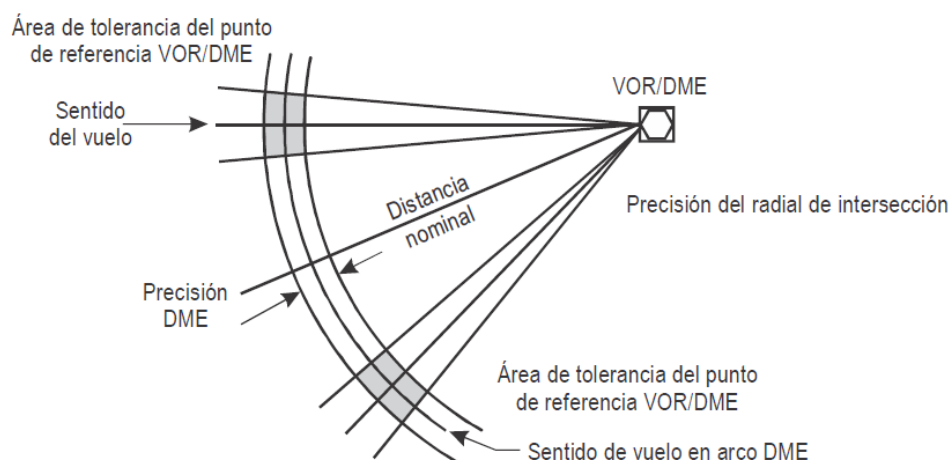


FIGURA 2. ÁREA DE TOLERANCIA DEL PUNTO DE REFERENCIA VOR/DME. EXTRAÍDO DE FIGURA I-2-2-1 [2].

Capítulo II. Recogida y conversión de datos

En este capítulo trataremos la recogida de datos y su conversión para ser empleados por ArcGIS®, un software de información geográfica. Nos centraremos en la fuente de los datos y explicaremos los distintos algoritmos para la conversión de datos empleados.

1. Fuentes de los datos

Los datos que se desean obtener son por un lado las trazas de las aeronaves y por otra la información relativa al vuelo, la aeronave y el operador, lo que denominemos información de la operación. No obstante, no se encuentran fuentes libres con toda la información requerida por lo que se debe construir a partir de varias fuentes.

1.1. Registros de operaciones

Para obtener información de la operación a estudiar se buscan fuentes libres de consulta. Se encuentran dos fuentes de datos y se estudia su adecuación para ver la integración con la fuente de datos de las trazas.

Por un lado, “Infovuelos” de AENA que muestra información relativa a los vuelos en tiempo real desde -2 horas a +24 horas de la hora de consulta. Ofrece hora de salida o llegada programada del/al aeropuerto consultado, identificador de vuelo formato IATA,

origen o destino, compañía aérea y terminal. Entrando en la información del vuelo concreto ofrece, además, el modelo de aeronave.

Por otro lado, Flight Radar 24 que muestra información de los vuelos en tiempo real desde -24 horas a +24 horas de la hora actual. Ofrece hora de salida real y programada, hora de llegada real y programada, tiempo de vuelo, compañía, aeronave, equipo, identificador de vuelo formato IATA, Callsign de transpondedor. Además, en sus servicios de comerciales se puede obtener las trazas de las aeronaves y acceder a los registros de las operaciones sin límite temporal.

Para valorar las dos fuentes de datos se marcan las siguientes claves:

1. Relación directa con campo clave con la señal de transpondedor.
2. Relación indirecta con campo clave con la señal de transpondedor.
3. Extracción de datos con una consulta diaria.
4. Automatización de extracción de datos desde lectura de HTML.
5. Obtención de datos a obtener mínimos:
 - Hora de salida/llegada programada
 - Compañía
 - Aeronave

| Clave | Infovuelos AENA | Flight Radar 24 |
|--------------|--|--|
| 1 | <input type="checkbox"/> No ofrece Callsign o equivalente único. | <input checked="" type="checkbox"/> Ofrece callsign |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> A partir del identificador del vuelo. | <input checked="" type="checkbox"/> A partir del identificador del vuelo o del callsign. |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> Extracción de datos con una consulta al día. | <input checked="" type="checkbox"/> Extracción de datos con una consulta al día. |
| 4 | <input type="checkbox"/> Requiere entrar en el enlace de cada operación. | <input checked="" type="checkbox"/> Se muestra toda la información en HTML cargado. Al hacer clic se da visibilidad a secciones ya cargadas. |
| 5 | <input checked="" type="checkbox"/> Se pueden obtener todos los datos. | <input checked="" type="checkbox"/> Se pueden obtener todos los datos. |
| Total | <input type="checkbox"/> NO SE ESCOGE | <input checked="" type="checkbox"/> SE ESCOGE |

TABLA 1. DETALLE DE LA VALORACIÓN DE CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE LA FUENTE DE DATOS DE REGISTRO DE OPERACIONES.

La fuente de datos más idóneas es Flight Radar 24 por lo que se empleará como origen de los datos. Para ello se copia el código html de los vuelos de cada día tanto de llegada y salida y se filtran mediante etiquetas que designan la sección con el campo de datos para generar ficheros “.csv” con los datos requeridos.

1.2. Señal de transpondedor

El transpondedor es un sistema electrónico de comunicaciones con el objetivo de identificar las aeronaves. Los usos principales son el radar secundario de vigilancia (SSR) y el sistema anticolidión de a bordo (ACAS). El transpondedor emite mensajes cada dos segundos y bajo interrogación del radar secundario.

En nuestro caso emplearemos las respuestas en modo S que transmiten un mensaje de 112 bits con un mensaje ADS-B que contiene el vector de estado de la aeronave, es decir posición y velocidad entre otros.

Empleando el equipo de recepción instalado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño y la librería provistas por los responsables del mantenimiento del equipo se puede obtener de los mensajes de transpondedor; el callsign, la hora de envío, latitud, longitud y altitud, velocidad horizontal, velocidad vertical y rumbo entre otros.

2. Obtención de las trazas

Mediante el uso de la librería provista por los responsables del mantenimiento del equipo receptor de mensajes de transpondedor se pueden capturar las trazas de las aeronaves a partir de los vectores de estados de los mensajes ADS-B. Para ello se implementan tres estrategias distintas que siguen el esquema de la Figura 3.

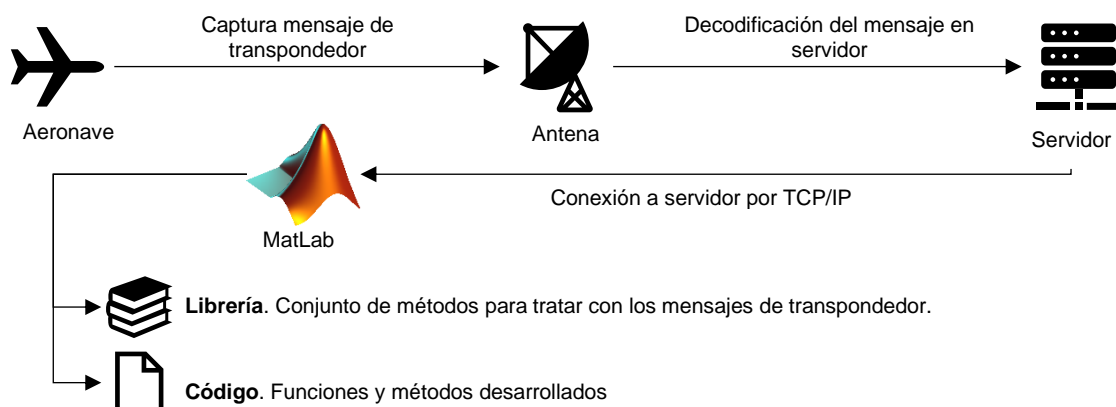


FIGURA 3. ESQUEMA DEL TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES DE TRANSPONDEDOR. ELABORACIÓN PROPIA.

La primera consiste en almacenar las trazas de todas las aeronaves que se encuentren en el rango de recepción para posteriormente filtrar las que realicen las operaciones objeto de estudio. No obstante, esta estrategia tiene un problema en la

velocidad de procesado ya que la velocidad con la que se reciben trazas es mayor que la velocidad de almacenado dando lugar a una acumulación de eventos en la cola de almacenado con un resultado fatal. Esta estrategia podría implementarse en un entorno de programación paralela si bien el diseño del método de escritura no es trivial pues el orden en el que se escribe las trazas es relevante y se debe asegurar evitar errores de concurrencias al intentar escribir más de un procesador a un mismo fichero.

La segunda estrategia consiste en almacenar las trazas filtrando por identificador de vuelo. Sabiendo que las operaciones de interés a almacenar se encuentran con 24 horas de antelación en “Infovuelos” de AENA con su identificador de vuelo y que en el mensaje de transpondedor modo S viene un campo que se corresponde con el identificador de vuelo se puede realizar el filtrado a priori. Sin embargo, el identificador de vuelo que provee AENA no se corresponde en la mayoría de casos con el del transpondedor. Si bien existen formas de transformar el identificar de vuelo IATA suministrado por AENA al OACI suministrado por el transpondedor complicaría el proceso de filtrado.

La tercera estrategia consiste en almacenar las trazas filtrando por callsign. Dado que los vuelos regulares emplean los mismos callsign en sus operaciones se revisan los callsign empleados la semana anterior y se almacenan los datos que tengan un callsign de la lista. Esta estrategia es la implementada en este proyecto si bien las trazas de los vuelos no regulares no serán almacenadas nos permite obtener un gran número de muestras ya filtradas.

El pseudo código de esta estrategia sería el que se muestra a continuación que guardará las trazas como “{fecha}-{callsign}.txt” en una estructura compatible con la librería.

```
function [ ] = recorderByCallSign( callsignlist )
    while true
        traffics = getTraffics()
        for traffic in traffics
            if traffic->callsign is in callsignlist
                writeTraffic(traffic)
            End
        End
    End
End
```

Sin embargo, hay unos detalles que se deben considerar para el procesado posterior de los datos. Por un lado, hay trazas de vuelos que inician un día, pero finalizan el siguiente por lo que se encuentran en dos ficheros ".txt" diferentes. Por otro lado, el sistema tiene un error en la lectura del buffer del servidor y en algunos casos al leer los datos se lee una cadena que no es correcta y debe ser purgada. Para solventarlo se genera una función que verifica el fichero y en el caso de tener que hacer algo con el fichero lo marca y mueve en una carpeta para su verificación manual con el siguiente pseudo código.

```
function [ ] = verifyFile( trafficFile )
    line = 0
    while line < trafficFile->numLines
        Try
            [traffic , line] = readTraffic(trafficFile,line)
        catch error
            print('Verifica fichero ' + trafficFile + ' línea ' + (line+1)+ './n')
        End
    End
    if traffic->time > time('24:55:00' , 'hh:mm:ss')
        print('Posible traza dividida verificar ' + trafficFile + './n')
    End
End
```

3. Conversión de trazas a DXF

El formato de archivos “.dxf” se emplea para trazados de diseño asistido por ordenador siendo de los formatos con mayor interoperabilidad entre este tipo de software. En nuestro caso se desea tener las trazas en este formato para poder realizar operaciones tanto en AutoCAD® como en ArcGIS®.

Para realizar la conversión de los mensajes transpondedor grabados a “.dxf” se debe transformar las coordenadas del mensaje de geográficas a geocéntricas, seguidamente realizar un fichero “.scr” que es una macro de comandos de AutoCAD®, por último, lanzar las macros desde comandos con una llamada a un archivo “.bat” todo ello se realiza desde MATLAB®.

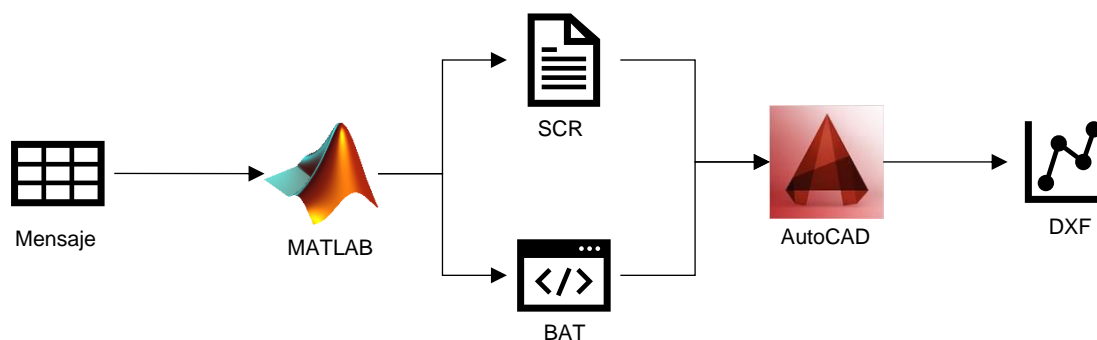


FIGURA 4. ESQUEMA DE LA CONVERSIÓN DE LA MENSAJES DE TRANSPONDEDOR A TRAZADOS DXF. ELABORACIÓN PROPIA.

Cabe destacar que es importante conocer el datum, el modelo elipsoidal y sistema de coordenadas con la que se muestra la posición de la aeronave en mensaje de transpondedor o realizaremos una transformación a coordenadas geocéntricas errónea. En este caso, las coordenadas son obtenidas del sistema de navegación que emplea el WGS84 [3] [4] por tanto empleando la designación estándar del Geodetic Parameter Dataset (EPSG) se tiene:

- **Sistema:** urn:ogc:def:crs:EPSG::4979
 - **Elipsoide:** urn:ogc:def:ellipsoid:EPSG::7030
 - **Datum:** urn:ogc:def:datum:EPSG::6326
 - **Ejes**
 - Latitud geodésica norte (grados)
 - Longitud geodésica este (grados)
 - Altura elipsoidal arriba (metros)

Para realizar la conversión de las trazas a “.dxf” se sigue el siguiente pseudo código que mediante un script hacemos que recorra los ficheros de mensajes grabados lanzando la función para cada uno de ellos.

```
function [ ] = traffic2dxf( trafficFile , acadDir)
    line = 0
    scrFile = trafficFile + '.scr'
    while line < trafficFile->numLines
        [traffic , line] = readTraffic(trafficFile,line)
        lla = [traffic->lat , traffic->lon , traffic->alt]
        ecef = lla2ecef(lla, 'WGS84')
        write(scrFile, '_POINT\n'+ ecef->x +','+ ecef->y +','+ ecef->z +'/\n')
    end
end
write(scrFile, '_SaveAs\nDXF\n16\n'+ traffic->date +'_'+ traffic->callsign
+ '\n')
system('AcadDir scrFile')
end
```

Por simplificar la comprensión del pseudo código no se muestra la gestión del cierre de AutoCAD® pero esta función abriría un nuevo proceso de AutoCAD® llevando al fallo del sistema por lo que se pone un control que consiste en esperar a que el archivo “.dxf” se encuentre en el directorio para matar el proceso de AutoCAD®. Del mismo modo, en ocasiones no se obtiene licencia al emplear el servidor de licencias flotantes de la Universitat Politècnica de València provocando que no se genere el “.dxf”. Para solventar este error se implementa un temporizador de forma que si no se traza en un tiempo límite se lanza de nuevo el proceso añadiendo las siguientes líneas a la función:

```
starTime = getTime()
while true
    if exist(file, scrFile + '.dxf')
        break
    elseif (getTime()-starTime)> 180
        system('AcadDir scrFile')
        starTime = getTime()
    end
End
system('kill acad.exe')
```

4. Conversión de trazas a Shapefile

El “shapefile” (SHP) es un formato creado por el Environmental Systems Research Institute (ESRI) para sus softwares de Sistemas de Información Geográfica que se ha terminado convirtiendo en un estándar para el intercambio de archivos para información geográfica. El “shapefile” es un formato vectorial de almacenamiento de localización de elementos geográficos y de los atributos asociados a los mismos³. En realidad, el “shapefile” no es un único archivo, sino que se compone de varios archivos:

– Archivos obligatorios

- **.shp**: entidades geométricas de los objetos.
- **.shx**: índices de entidades geométricas.
- **.dbf**: base de datos con los atributos asociados a las entidades geométricas en formato “dBASE”.

– Archivos opcionales

- **.prj**: sistema de coordenadas espacial en formato “WKT”.
- **.sbn** y **.sbx**: índice espacial de las entidades.
- **.fbn** y **.fbx**: índice espacial de las entidades inalterables (sólo lectura).
- **.ain** y **.aih**: índice de los campos activos en la tabla de atributos.
- **.xml**: metadatos.

Con el fin de obtener los “shapefile” para poder realizar el tratamiento en ArcGIS® realizaremos la tabla de atributos fusionando los mensajes de transpondedor con la información de los registros de operaciones en formato “csv” mediante MATLAB® y mediante ArcGIS® se importan como “shapefile”.

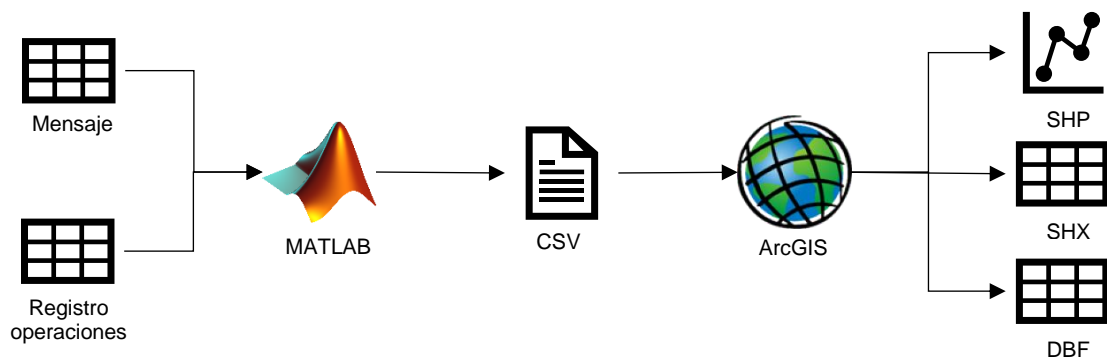


Figura 5. Esquema de la conversión de la mensajes de transpondedor a shapefile. Elaboración propia.

³ Para más información consultar el reporte de descripción técnica de ESRI. [11]

Los ficheros “csv”, y por tanto la tabla de atributos de las entidades de los “shapefile”, contendrán los campos que se muestran en la Tabla 2. Para ello se emplea MATLAB® procesando todos los registros de una sola llamada siguiendo el siguiente pseudocódigo:

```
operFiles = getFiles('operFilesDir')
for operFile in operFile
    operList = read(operFile)
    for oper in operList
        trackfile = oper->date + '_' + oper->callSign + '.txt'
        if exist('file', trackfile)
            line = 0
            csvFile = operDate + '_' + oper->callSign + '.csv'
            while line < trackfile->numlines
                [traffic , line] = readTraffic(trafficFile,line)
                traffic2csv(csvFile , traffic , oper)
            end
        end
    end
end
end
```

La implementación de la conversión de los archivos de registro de operaciones y mensajes de transpondedor a fichero “csv” mediante una única llamada es implementada de esta forma para que en el caso de requerir nuevos campos la creación de los archivos “csv” su modificación y la nueva creación de los mismos sea cómoda y simple. Esto mismo se requerirá en el procesamiento de los “csv” en ArcGIS®.

Por otro lado, la función que escribe propiamente el “csv”, que en el pseudo código se denomina “traffic2csv”, no se detalla al igual que otras muchas partes de los pseudo códigos pues si bien son laboriosas a nivel de código tienen poca complejidad y no facilitan o mejoran la comprensión del propio funcionamiento del código o de sus resultados.

| Campo | Descripción | Tipo | Unidad |
|------------------|--------------------------------|----------|--------|
| ID | Identificador único | UInteger | - |
| date | Fecha de mensaje | DateTime | - |
| time | Hora de mensaje | TimeSpan | - |
| X | Coordenada geocéntrica X WGS84 | Double | Metros |
| Y | Coordenada geocéntrica Y WGS84 | Double | Metros |
| Z | Coordenada geocéntrica Z WGS84 | Double | Metros |
| Callsign | Callsign de mensaje | Char | - |
| From | Origen de operación | Char | - |
| To | Destino de operación | Char | - |
| Airline | Aerolínea operadora | Char | - |
| Equipment | Equipamiento de la aeronave | Char | - |
| Aircraft | Modelo de aeronave | Char | - |
| Operation | Tipo de operación | Char | - |
| lon | Coordenada geográfica Y WGS84 | Double | Grados |
| lat | Coordenada geográfica X WGS84 | Double | Grados |
| alt | Coordenada geográfica Z WGS84 | Double | Metros |
| gspeed | Velocidad horizontal | Single | Knots |
| track | Rumbo | Single | Grados |
| vertRate | Velocidad vertical | Single | ft/min |

TABLA 2. CAMPOS DE LA TABLA DE ATRIBUTOS DE LOS SHAPEFILES DE LOS TRACKS REGISTRADOS.

Una vez se han obtenido los ficheros “csv” se deben procesar mediante ArcGis® para ello emplearemos el “model builder” de ArcMap⁴ que se trata de una herramienta que permite establecer flujos de trabajos mediante bloques. Para ello emplearemos principalmente bloques iteradores, bloques lógicos, bloques de variables y parámetros y bloques de herramientas.

En este caso para cada “csv” se carga el fichero como una tabla, esta tabla se representa como un layer mediante la herramienta “Make XY Event Layer” empleando las coordenadas geográficas WGS84 (urn:ogc:def:crs:EPSG::4979), y el layer se exporta como shapefile mediante la herramienta “Copy Feature”. El modelo desarrollado sigue por tanto el diagrama de la Figura 2 y permite la conversión de “csv” a shapefile con una única ejecución cargando uno a uno todos los ficheros del directorio introducido en el iterador de tablas.

⁴ Para más información sobre el Model Builder se recomienda acudir al manual de usuario de ArcMap: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/analyze/modelbuilder/index.html>

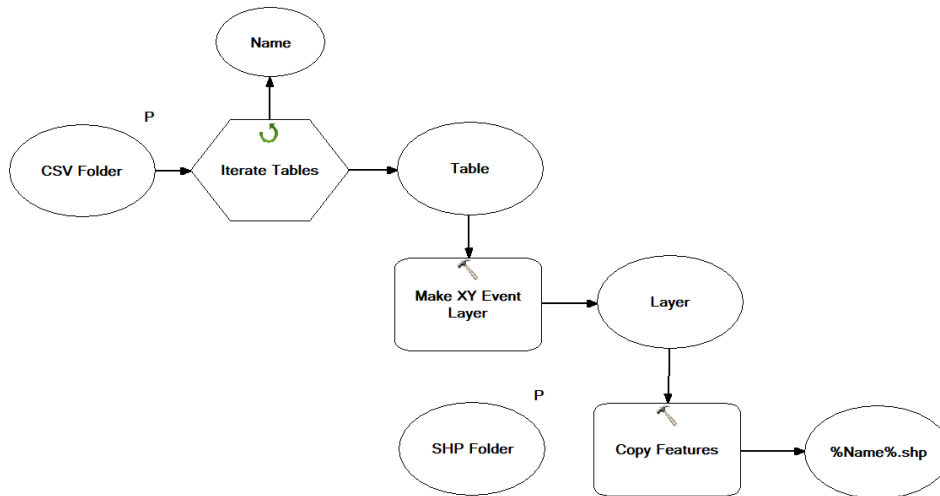


FIGURA 6. DIAGRAMA DEL MODELO DE CONVERSIÓN DE CSV A SHP. ELABORACIÓN PROPIA.

En el proceso de recogida de datos se han obtenido los registros de operaciones de 24 días comprendidos entre el 28 de junio y el 25 de julio de 2019 y los mensajes de transpondedor de 1.576 aeronaves. Tras su procesado se han generado 169.123 puntos para su estudio. Cabe destacar que los datos que se van a emplear fueron capturados en fase de prueba del código pues la intención era capturarlos en junio de 2020, sin embargo, debido al COVID-19 el tráfico en el Aeropuerto de Valencia se vio drásticamente reducido y por tanto no se ha podido capturar datos de tráfico cuando estaba previsto.

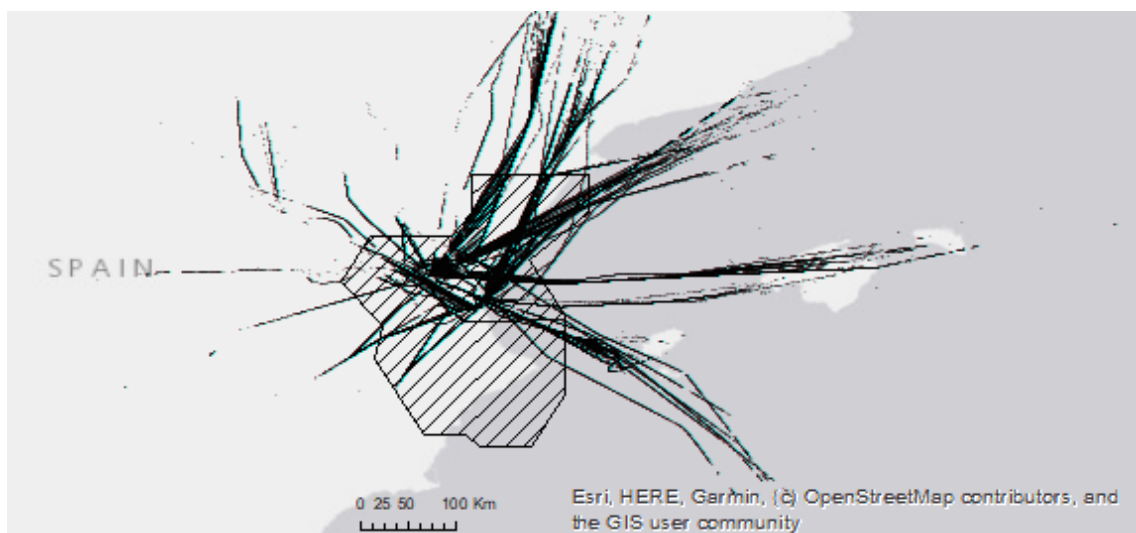


FIGURA 7. PUNTOS DE DATOS DE TRÁFICO REGISTRADOS. ELABORACIÓN PROPIA.

Capítulo III. Estudio de uso del espacio aéreo

En este capítulo se aborda el estudio del uso del espacio aéreo en las operaciones de llegadas y salidas del aeropuerto de Valencia. Conocer el uso del espacio aéreo es fundamental para poder tomar decisiones operativas hacia un uso más eficiente del mismo. En este capítulo se pretende la aplicación de técnicas geoestadísticas para localizar puntos de mayor saturación de tráfico. Mediante este estudio se pretende explorar la aplicación de técnicas geoestadísticas a la ingeniería aeronáutica y en concreto a la aeronavegación.

1. Fundamentos de los análisis geoestadísticos

1.1. Técnicas de análisis de patrones y clúster estadísticos

Puesto que el objeto del estudio es la identificación de zonas con un mayor tráfico se van a emplear técnicas de análisis de patrones y clúster estadísticos. Esto se puede abordar desde la elaboración de mapas de calor o de mapas de puntos calientes que se tratan de técnicas similares en los conceptos fundamentales pero que ofrecen resultados distintos y por tanto las aplicaciones son distintas. Ambos procesos buscan a partir de datos geográficos reflejar las zonas donde se produce una mayor y una menor cantidad de eventos a través de un gradiente de color, pero se diferencian en la forma de obtener el producto final.

Por un lado, en los **mapas de calor** los datos geográficos se analizan desde una superficie interpolada, es decir se trata de un ráster donde se realiza un recuento de eventos y posteriormente se realiza un crecimiento de regiones interpolando con los vecinos dando como resultado un mapa de color con degradados. El análisis del resultado puede tornarse subjetiva ya que según sea la configuración del mapa de calor el gradiente obtenido es distinto siendo especialmente sensible al tamaño de celda del ráster y a los intervalos del gradiente de visualización.

Por otro lado, en los **mapas de puntos calientes** los datos geográficos se analizan estadísticamente para definir las áreas de alta y baja densidad de eventos, es decir se trata de una capa, no necesariamente ráster, donde las áreas señaladas son estadísticamente significativas. De esta forma la interpretación del resultado es menos subjetiva y usualmente se representa en términos de confianza estadística del 99%, 95% y 90% tanto de puntos calientes y fríos.

1.2. Detección de puntos calientes

El estudio de puntos calientes iniciado en los años 1950s para la detección de zonas donde fueran más propensos los accidentes de tráfico automovilístico han ido evolucionando hacia técnicas de detección más eficientes y han permitido la evolución de la geoestadística junto con su aplicación a múltiples ámbitos [5].

Un aspecto importante a considerar en lo relacionado con la detección de puntos calientes es que existen dos formas de definir un punto caliente; como entidades fijas o como clústeres de eventos individuales.

Los **puntos calientes de entidades fijas** (Figura 8) se tratan de definir los puntos calientes en relación a la organización del espacio con el que se relacionan siendo definidos los **eventos de forma agregada** en cada una de las entidades que organizan el espacio. Por ejemplo, si se analizara los accidentes de tráfico en una ciudad, cada tramo de calle, cada tramo de avenida, cada cruce y cada glorieta serían una entidad fija de organización del espacio de la red viaria de la ciudad que tendrían asociados el número de accidentes de tráfico ocurrido en cada uno. Por tanto, al analizar puntos calientes se podrán obtener cómo tales tramos de calle o de avenidas y sus intersecciones no habiendo subdivisiones dentro de los mismos. Esto refiere que o todo

el tramo es un punto caliente o no lo es, pero nunca se obtendrá parte del tramo como punto caliente y parte como zona no significativa.

Los **puntos calientes asociados a clúster de eventos individuales** (Figura 9) se tratan de evaluar los **eventos de forma individual** normalmente junto con una definición del espacio de estudio. Siguiendo con el ejemplo de los accidentes de tráfico, cada accidente estaría definido como una locación (sus coordenadas) y la red viaria de la ciudad limitaría la zona de estudio. Por consiguiente, al analizar los puntos calientes se podrán obtener zonas que no correspondan con las divisiones del caso anterior abarcando parte de estas o mezclando otras sin necesidad de cada tramo o intersección sean al completo un punto caliente.

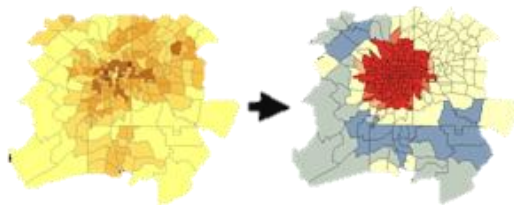


FIGURA 8. EJEMPLO DE ESTUDIO DE PUNTOS CALIENTES COMO ENTIDADES FIJAS. EXTRAÍDO DE MANUAL DE USUARIO DE ARCGIS.

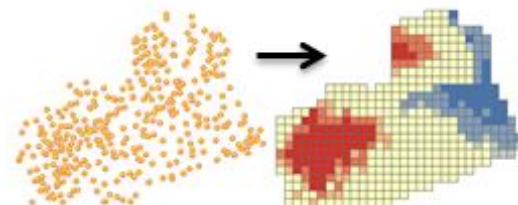


FIGURA 9. EJEMPLO DE ESTUDIO DE PUNTOS CALIENTES ASOCIADOS A CLÚSTER DE EVENTOS INDIVIDUALES. EXTRAÍDO DE MANUAL DE USUARIO DE ARCGIS.

Bajo estas dos formas de entender los puntos calientes se han desarrollado múltiples métodos de obtención de estos puntos calientes de los que se van a presentar algunos especialmente relevantes.

Entre los estudios de los puntos calientes como entidades fijas destaca el método de **“Potential Events Reduction” (PER)**, también conocido como **“Potential Accidents Reduction” (PAR)** puesto que su diseño original se centraba en accidentes de tráfico. Este método se basa en a través de atributos de las entidades que organizan el espacio y mediante un modelo previamente calibrado obtener el número de eventos potenciales de cada entidad y compararlo con el número de eventos reales. Las desviaciones entre los eventos reales y potenciales son lo que definen los puntos calientes y los puntos fríos. Este método requiere de un modelo calibrado que no siempre es fácil de conseguir, siendo muy sensible al modelo de obtención de eventos potenciales.

Con el fin de evitar la necesidad de un modelo calibrado se desarrollaron métodos de análisis de frecuencias comparadas que dieron lugar a métodos estadísticos destacando **“Regression-To-Mean” (RTM)**. En un inicio el método consistía en

partiendo de unas entidades categorizadas obtener la media y desviación típica del número de eventos para cada categoría, de forma que se considera como un punto caliente aquel que se supere en un cierto número de desviaciones típicas la media para su categoría. Esto dio pie a categorizar el nivel de calor de los puntos calientes en función del número de desviaciones típicas de diferencia con la media. Sin embargo, el método RTM al depender de la distribución de los eventos puede ofrecer falsos puntos calientes por lo que requiere de la aplicación de correcciones en distribuciones de eventos no normales o con un número pequeño de eventos.

Con la aparición de la posibilidad de realizar estudios de puntos calientes como clúster de eventos individuales se desarrollaron métodos basados en **densidad de puntos** manteniendo el espíritu del método RTM. Estos métodos consisten en dividir el espacio de análisis mediante una cuadrícula, calcular la densidad de eventos en cada casilla y compararla con la del resto de casillas.

Los métodos de densidad de puntos derivaron en métodos de **“Point Pattern Analysis” (PPA)** donde se busca distinguir si los puntos siguen una distribución aleatoria o con algún tipo de ordenación sistemática que da lugar a un patrón regular. Los métodos PPA se originan de la combinación del geoprocesamiento y el análisis estadístico de patrones incorporando algoritmos como el “*K-nearest-neighbor*” (KNN) o “*kernel density estimation*” aplicados a la categorización de los eventos y las distancias entre los mismos.

La aplicación de pesos a los eventos de los métodos PPA, dio lugar a métodos de autocorrelación espacial también conocidos como “*Advanced Point Pattern Analysis*” (APPA). El método más extendido de medida de autocorrelación espacial es el **Moran’s I** que a cada punto un índice en función de su similitud con sus vecinos cercanos. Este índice tiene una validez local pero no global, es decir no sirve para identificar puntos calientes, pero si para separar en clústeres los puntos a estudiar.

Siguiendo con la idea de las autocorrelaciones espaciales se desarrolló el método **Getis-Ord (Gi*)** que si es de aplicación a nivel global permitiendo detectar puntos calientes. Este método es el que se va aplicar en el desarrollo de nuestra metodología de estudio del uso del espacio aéreo.

1.3. Principios del método Getis-Ord

La familia de métodos “*G statistics*” fue originalmente desarrollada por Getis and Ord entre 1992 y 1995 para el estudio de identificación de patrones espaciales. Es similar al método Moran’s I con la diferencia de que el índice G es global para toda el área de estudio pudiéndose emplear para la detección de patrones globales, pero neutralizando los patrones locales.

Considerando el área de estudio dividida en n regiones de tamaño indefinido designadas por sus centroides i y los eventos definidos en sus localizaciones. El objetivo es examinar la existencia de un patrón espacial con respecto a una variable aleatoria X empleando un atributo asociado a los eventos cuyo valor agregado en cada región es x_i , pudiendo existir un peso entre las regiones contiguas i y j designada por el atributo w_{ij} . De forma que si x_i presenta similitudes con las regiones contiguas se dice que existe autocorrelación de la variable X en la región i .

La primera definición⁵ del índice de autocorrelación G_i^* dada por el Getis y Ord en 1992 es que $G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j}{\sum_{j=1}^n x_j}$ con $i \neq j$. Normalmente w_{ij} se obtiene en base a la distancia entre regiones (d) de forma que se expresa $w_{ij}(d)$ pero por simplificar la notación no se indica la dependencia de la distancia.

Expresando la suma de los pesos entre las regiones de la región i como $W_i = \sum_{j=1}^n w_{ij}$, se define la expectación $E(G_i^*)$ como $E(G_i^*) = W_i/n$ y la variancia $var(G_i^*)$ como $var(G_i^*) = \frac{s^2}{\bar{x}} \cdot \frac{W_i(n-W_i)}{n-1}$ donde \bar{x} y s^2 son respectivamente la media y variancia de x , es decir $\bar{x} = \sum_{j=1}^n x_j / n$ y $s^2 = \frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - \bar{x}^2$.

Cuando la distribución de G_i^* es normal implica que la distribución de la variable X también lo es. Sin embargo, cuando la distribución de G_i^* es no normal se debe aumentar el número de muestras o aumentar el tamaño de las regiones (d) con el fin de que G_i^* tienda a una distribución normal. De forma que las se simbolizan las regiones cuyo G_i^* se encuentre a $\{-2\sigma, -3\sigma, -4^+\sigma\}$ de la media como punto caliente y los que

⁵ Para más información sobre la primera definición del índice G_i^* consultad A. Getis y J. K. Ord, «The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics,» Geographic Analysis, vol. 24, nº 3, pp. 189-206, 1992 en <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x> [12].

se encuentre a $\{+2\sigma, +3\sigma, +4\sigma\}$ de la media como punto frío, siendo las regiones cuyo G_i^* se encuentre entre -2σ y $+2\sigma$ como no significativo.

De la necesidad de normalizar la distribución de G_i^* se define⁶ un valor Z en función de G_i^* con una mayor significancia estadística tal que $Z(G_i^*) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}^2}{s \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}}$

siendo valores altos de Z puntos calientes, valores bajos puntos fríos y los próximos a 0 puntos sin significancia estadística. De esta forma se procede a la representación siguiendo el criterio anterior basado en σ o estableciendo un umbral de significancia y empleando una rampa de color.

El uso de $Z(G_i^*)$ es equivalente a establecer la hipótesis de distribución aleatoria, o de correlación espacial nula, y detectar las regiones en las que no se cumple dicha hipótesis clasificándolas como puntos calientes o fríos. En este estudio se emplea para la detección de puntos calientes el algoritmo basado en $Z(G_i^*)$ empleando la representación basada en bandas de σ .

2. Estudio del uso del TMA Valencia

2.1. Determinación de la celda

Para abordar el análisis se debe dividir el área de estudio en un número de regiones o celdas con el fin de aplicar el algoritmo de Getis-Ord. Por tanto, se debe definir el tamaño y forma de la celda considerando tres factores: resolución espacial, información espacial y tiempo de procesado.

La resolución espacial está relacionada con la forma del punto caliente, es decir que los contornos se definan con curvas suaves o con límites irregulares tipo diente de sierra. Sabiendo que conforme a la metodología [6] se establece el área mínima cartografiable en 25 mm^2 , por tanto, el tamaño de la celda debe ser superior a 5 mm .

⁶ Para más información consultar A. Getis y J. K. Ord, «Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application,» *Geographical Analysis*, vol. 27, nº 4, pp. 286-306, 1995 [13].

La información espacial está relacionada con la representación de los puntos calientes, es decir el tipo de información extraíble de la representación del mapa de calor. Según el tamaño de las regiones se puede extraer una información distinta del uso del espacio aéreo. Atendiendo a que nos centramos en el grado de seguimiento de los tramos de aproximación y despegue, la representación que buscamos debe poder distinguir entre los distintos procedimientos.

El tiempo de procesado es un limitante temporal para la obtención de resultados. Si el número de celdas es grande se debe añadir una limitación de memoria empleada, pero en este problema no va a ser limitante. Este criterio no es vinculante al no tratarse de un sistema de tiempo real pero se empleará como criterio adicional de decisión entre las posibles soluciones.

Atendiendo a estas características se busca el tamaño de celda más próximo posible a $5 \times 5 \text{ mm}^2$ que permita identificar las rutas y que permita la obtención del mapa de puntos calientes en el menor tiempo posible marcando el máximo en 30 minutos. En ese sentido dado que las áreas de protección lateral de los procedimientos estudiados son de 5NM, se comenzará con un tamaño de celda de 7,5NM y se reducirá progresivamente hasta alcanzar una visualización de la información espacial con una buena resolución espacial.

| Tamaño de Celda | | Forma de Celda | Resolución Espacial | Información Espacial | Tiempo de Procesado |
|-----------------|--------|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| NM | grados | | | | |
| 7,50 | 0,1248 | Square | ☒ Muy mala | ☒ Muy mala | ☑ 0:00:55 |
| 5,00 | 0,0832 | Square | ☒ Muy mala | ☒ Muy mala | ☑ 0:01:04 |
| 3,00 | 0,0499 | Square | ☒ Mala | ☒ Mala | ☑ 0:01:21 |
| 2,00 | 0,0333 | Square | Regular | ☒ Mala | ☑ 0:02:01 |
| 1,00 | 0,0166 | Square | Regular | Regular | ☑ 0:05:51 |
| 0,75 | 0,0125 | Square | Regular | Regular | ☑ 0:09:12 |
| 0,50 | 0,0083 | Square | ☑ Buena | ☑ Buena | ☑ 0:15:56 |
| 7,50 | 0,1248 | Hexagone | ☒ Muy mala | ☒ Muy mala | ☑ 0:01:39 |
| 5,00 | 0,0832 | Hexagone | ☒ Muy mala | ☒ Muy mala | ☑ 0:01:02 |
| 3,00 | 0,0499 | Hexagone | ☒ Mala | ☒ Mala | ☑ 0:01:22 |
| 2,00 | 0,0333 | Hexagone | Regular | ☒ Mala | ☑ 0:02:09 |
| 1,00 | 0,0166 | Hexagone | ☑ Buena | Regular | ☑ 0:06:52 |
| 0,75 | 0,0125 | Hexagone | ☑ Buena | Regular | ☑ 0:12:06 |
| 0,50 | 0,0083 | Hexagone | ☑ Muy buena | ☑ Buena | ☑ 0:25:44 |

TABLA 3. DETALLE DE LOS RESULTADOS DE SELECCIÓN DE LA CELDA PARA EL ESTUDIO DEL USO DEL ESPACIO AÉREO DEL TMA VALENCIA.

A la vista de los resultados de la Tabla 3 se selecciona para el análisis del uso del espacio aéreo del TMA Valencia la celda de 0,5 NM con forma hexagonal puesto que ofrece la mejor resolución espacial con una buena información espacial.

En las siguientes figuras se muestra la paulatina evolución de la resolución espacial e información espacial. Empezando por unos contornos irregulares y con información espacial muy escasa (Figura 10) donde sólo se puede distinguir que el tráfico de llegadas al Aeropuerto de Valencia se concentra en la mitad norte del TMA. Seguidamente se reduce el área de concentración de tráfico y se mejoran los contornos, aunque siguen muy irregulares (Figura 11). Y por último se empiezan a apreciar las trayectorias seguidas por las aeronaves y los bordes son más suaves (Figura 12).

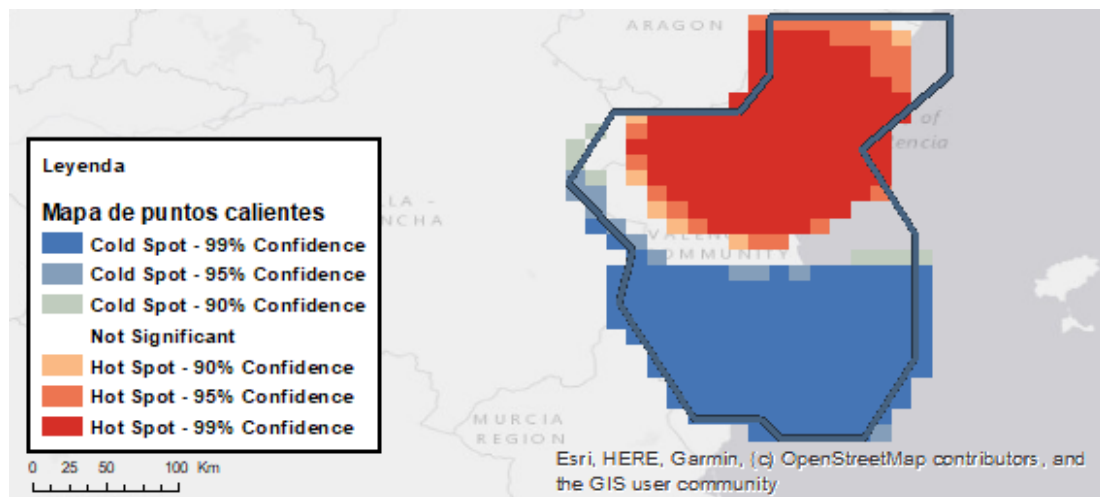


FIGURA 10. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA CON TRÁFICO DE LLEGADAS Y CELDA CUADRADA DE 7,5 NM.

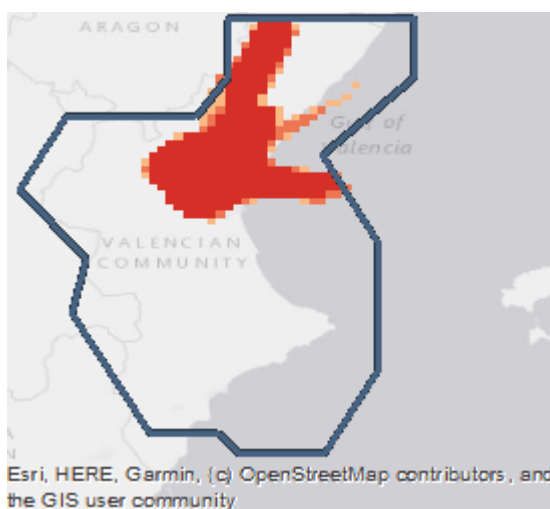


FIGURA 11. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA CON TRÁFICO DE LLEGADAS Y CELDA CUADRADA DE 3,0 NM.

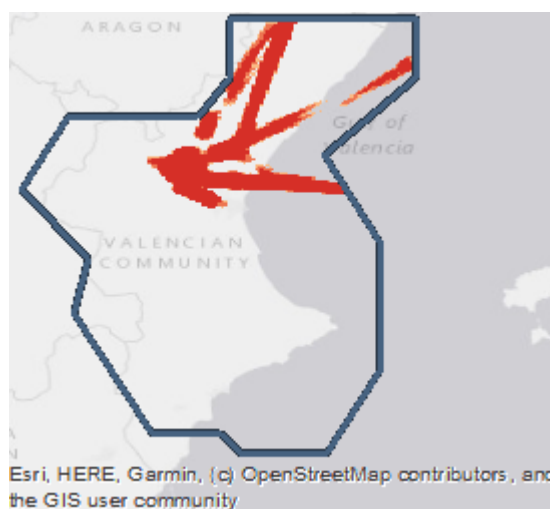


FIGURA 12. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA CON TRÁFICO DE LLEGADAS Y CELDA CUADRADA DE 1,0 NM.

2.2. Estudio de llegadas

Obtenemos el mapa de puntos calientes con una rejilla hexagonal de tamaño de celda 0,5 NM de las trazas de vuelos de llegadas registradas empleando el algoritmo de Getis-Ord como se describe en la sección 1.1.3 de este capítulo. Sobre este plano superponemos los procedimientos normalizados de llegada por instrumentos publicados con el fin de identificar los puntos calientes esperables y anómalos. Es decir, por el método de identificación de puntos calientes lo esperable es que el espacio analizado no esté igualmente ocupado si no que los puntos se concentren a 5NM (tolerancia lateral de diseño) de los procedimientos de llegada.

Por tanto, lo **esperable** es que los puntos se concentren siguiendo el patrón de los procedimientos y lo **anómalo** que haya concentraciones relevantes de puntos en otras zonas. Sin embargo, la realización de directos al IAF (punto de referencia de aproximación inicial) que si son frecuentes estarán presentes en el mapa de puntos calientes.

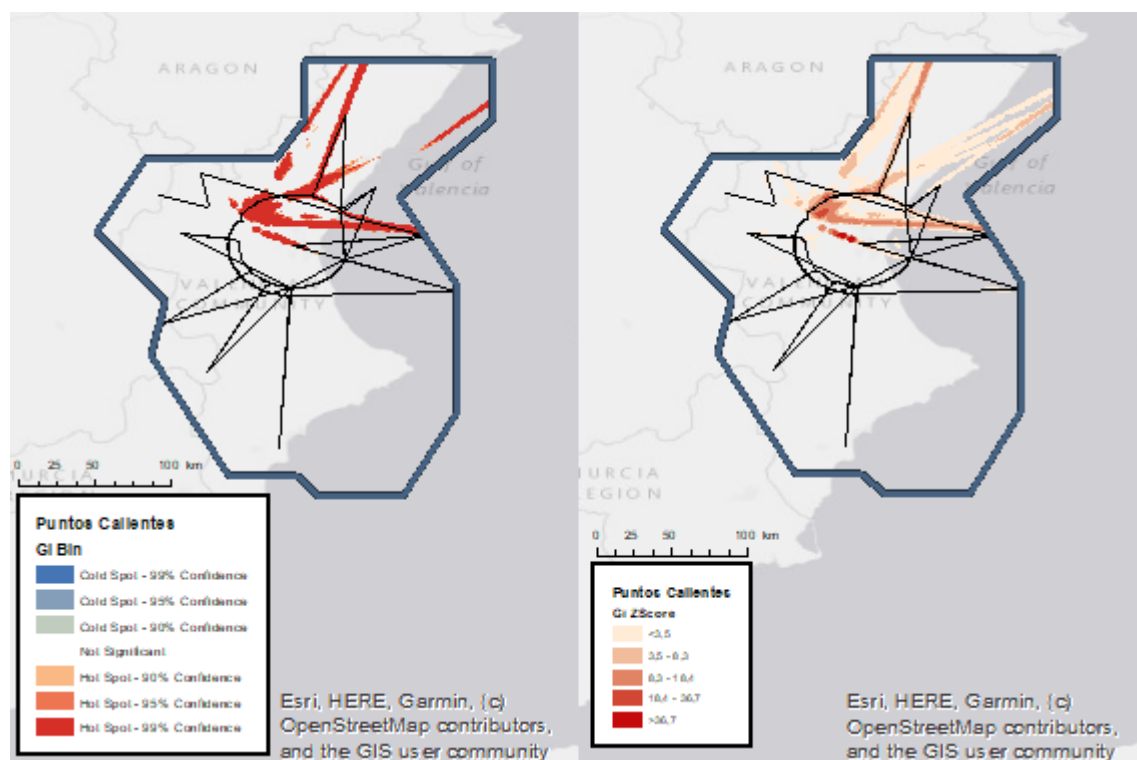


FIGURA 13. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALÈNCIA LLEGADAS. ELABORACIÓN PROPIA.

En la Figura 13 se muestran los puntos calientes con los procedimientos superpuestos que pueden verse con más detalles en los Plano 02 A y B, representados en valores de σ (Gi Bin) y en valores de Z (Gi Zscore) respectivamente. En la figura y

en dichos planos se aprecia a simple vista que existen 4 grupos de puntos calientes que no corresponden con los procedimientos superpuestos.

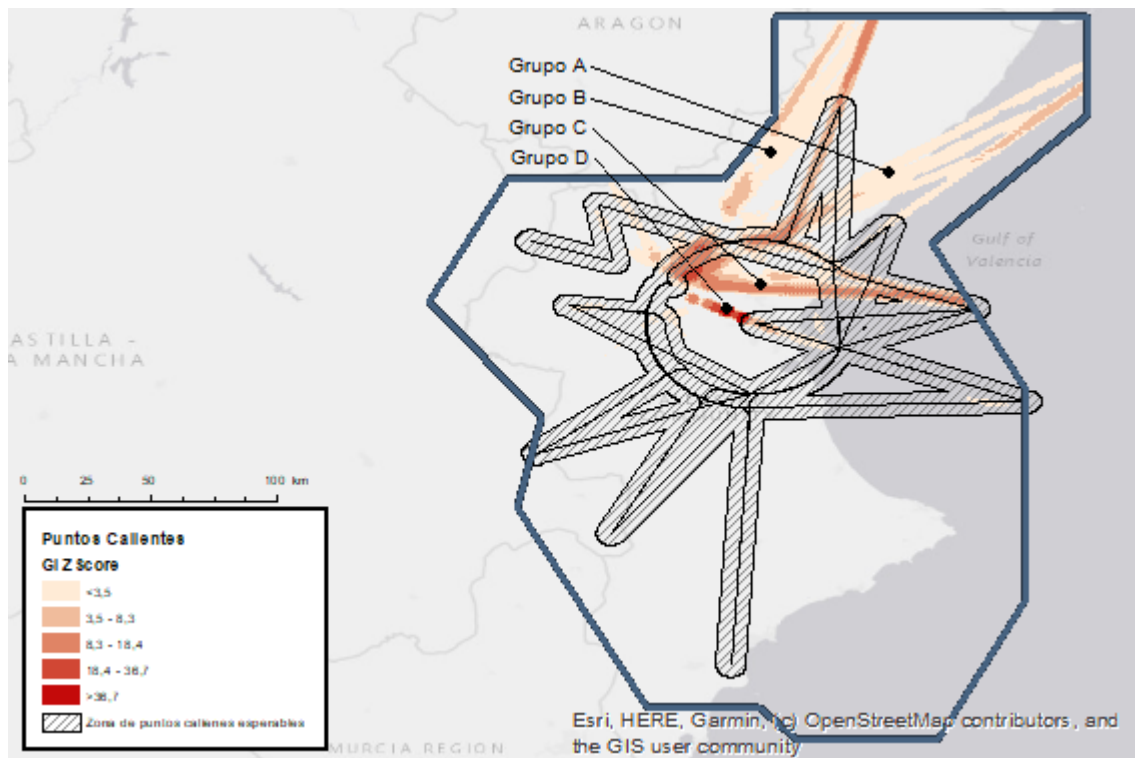


FIGURA 14. ZONAS ANÓMALAS DE PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALÈNCIA LLEGADAS. ELABORACIÓN PROPIA.

De los grupos designados en la Figura 14 observamos que el grupo D se corresponde con la aproximación final por lo que no se trata de una zona de puntos calientes anómala si no que se corresponde a otro procedimiento. Por otro lado, los grupos A, B y C se corresponden con la realización de directos al IAF de OPERA situado a 16.0NM en el radial 301 de DVOR/DME VLC. El grupo A corresponde con aeronaves que llegan por SOPET realizando una directo a OPERA en lugar de la aproximación SOPET4D. El grupo B corresponde a aeronaves que llegan por SAURA y también realizan un directo a OPERA en lugar de una aproximación SAURA4D. El grupo C se trata igualmente de aeronaves que llegan por ARGOR y realizan un directo a OPERA en lugar de una aproximación ARGOR3J.

2.3. Estudio de salidas

Repetimos el estudio anterior con los datos de salidas del aeropuerto de Valencia obteniendo una vez más el mapa de puntos calientes en una rejilla hexagonal de 0,5NM de tamaño de celda y superponemos los procedimientos de salida normalizados publicados.

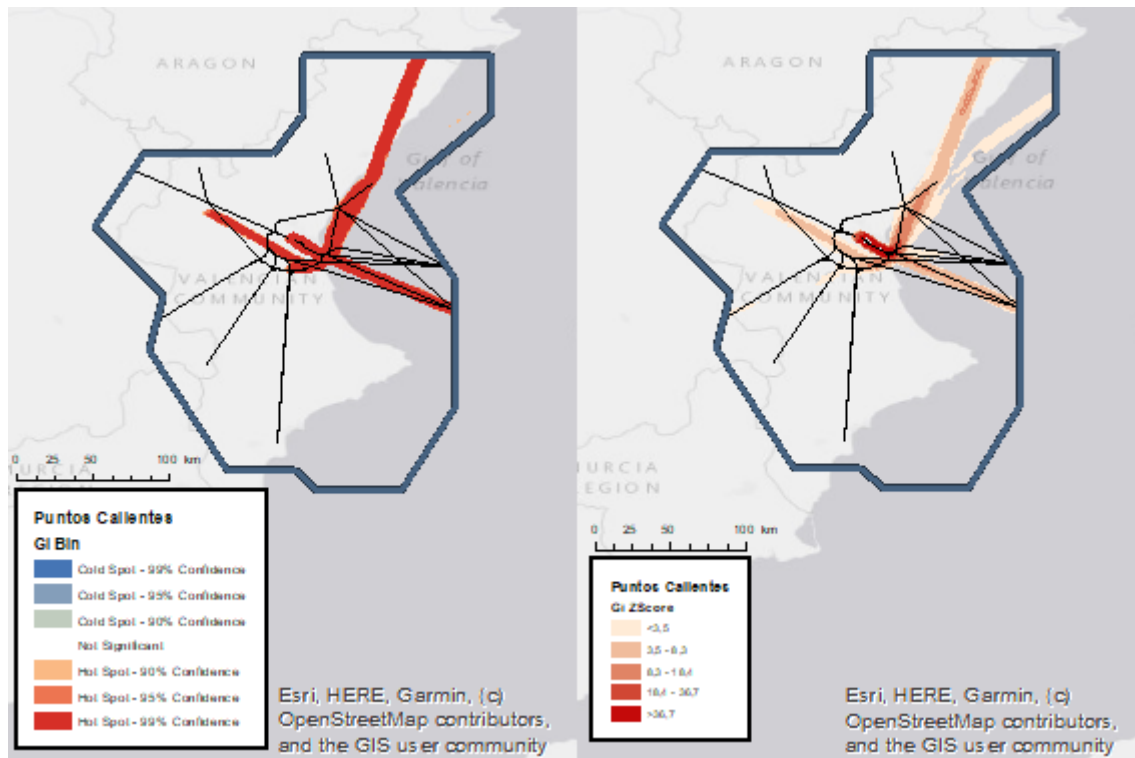


FIGURA 15. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA SALIDAS. ELABORACIÓN PROPIA.

En la Figura 15 se muestran los puntos calientes del tráfico de salidas con los procedimientos superpuestos que pueden verse con más detalles en los Plano 03 A y B, representados en valores de σ (Gi Bin) y en valores de Z (Gi Zscore) respectivamente.

En la Figura 16 se observan los grupos de puntos calientes anómalos donde cabe reseñar que, si bien parte de la zona indicada está dentro del área donde se esperan puntos calientes, se considera la tendencia de cada uno de estos grupos de puntos calientes. En este caso las tendencias se han detectado a simple vista por el contexto de los procedimientos que deben trazar, pero se pueden analizar mediante métodos de clustering y detección de patrones para obtener áreas indexadas para cada grupo.

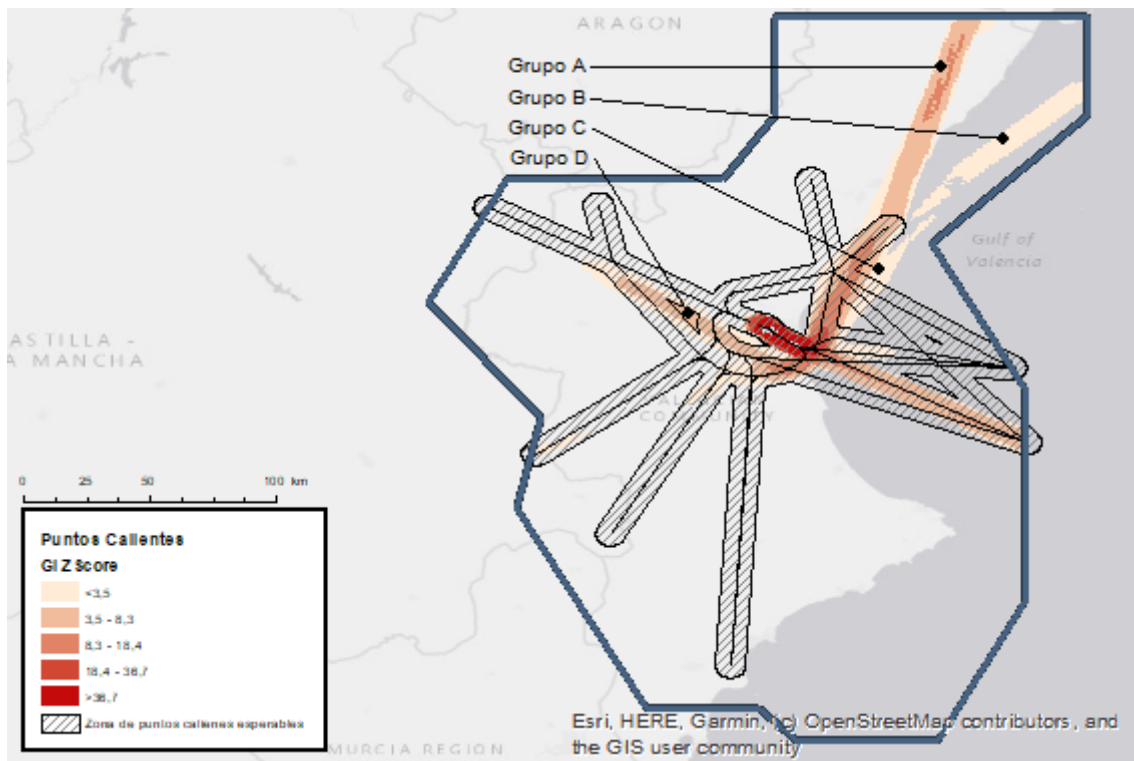


FIGURA 16. ZONAS ANÓMALAS DE PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA SALIDAS. ELABORACIÓN PROPIA.

En este caso se identifican los grupos A y B que corresponden el inicio de la fase en ruta una vez finalizada la salida por SOPET, el grupo A toma la aerovía UN608 y el grupo B la aerovía B28. Por otro lado, los grupos C y D se tratan de directos una vez alcanzado el 9.0 NM del DME VLC por el radial 124 (punto de recorrido tipo *Flyover* con notificación a petición). En el caso del grupo C es un directo a SOPET en lugar de realizar el procedimiento SOPET5B y el caso del grupo D es un directo a CENTA en lugar del procedimiento CENTA 7G o MANDY6G.

3. Estudio del uso del Área 1 del TMA Valencia

Con el fin de observar con mayor detalle el uso que se da al espacio aéreo en los procedimientos de llegadas y salidas al Aeropuerto de Valencia reducimos la zona de estudio al Área 1 del TMA Valencia, lo que nos debería permitir reducir el tamaño de celda obteniendo una mayor resolución y detalle en dicha zona.

Al igual que en el estudio relativo a todo el TMA Valencia es fundamental escoger un tamaño de celda de adecuado tanto para obtener unos resultados que contengan información espacial relevante y una resolución adecuado a la escala de representación.

Para seleccionar el tamaño de la celda se siguen las mismas directrices que en la sección 2.1 salvo en lo que se refiere al tiempo de procesado que se amplía a 60 minutos dado que al reducir la escala de representación se va a requerir un menor tamaño de celda. Pese a haber reducido el área de estudio se considera pertinente ampliar el tiempo de procesado para obtener resultados satisfactorios.

| Tamaño de Celda | | Forma de Celda | Resolución Espacial | Información Espacial | Tiempo de Procesado |
|-----------------|--------|----------------|---|---|---|
| NM | grados | | | | |
| 1,00 | 0,0166 | Square | <input checked="" type="checkbox"/> Muy mala | <input checked="" type="checkbox"/> Muy mala | <input checked="" type="checkbox"/> 0:02:17 |
| 0,75 | 0,0125 | Square | <input checked="" type="checkbox"/> Muy mala | <input checked="" type="checkbox"/> Muy mala | <input checked="" type="checkbox"/> 0:02:43 |
| 0,50 | 0,0083 | Square | Regular | Regular | <input checked="" type="checkbox"/> 0:04:15 |
| 0,30 | 0,0050 | Square | Regular | <input checked="" type="checkbox"/> Buena | <input checked="" type="checkbox"/> 0:09:02 |
| 0,20 | 0,0033 | Square | <input checked="" type="checkbox"/> Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena | <input checked="" type="checkbox"/> 0:17:30 |
| 0,10 | 0,0017 | Square | <input checked="" type="checkbox"/> Muy buena | <input checked="" type="checkbox"/> Muy buena | <input checked="" type="checkbox"/> 1:13:55 |
| 1,00 | 0,0166 | Hexagone | <input checked="" type="checkbox"/> Muy mala | <input checked="" type="checkbox"/> Muy mala | <input checked="" type="checkbox"/> 0:02:20 |
| 0,75 | 0,0125 | Hexagone | <input checked="" type="checkbox"/> Mala | <input checked="" type="checkbox"/> Muy mala | <input checked="" type="checkbox"/> 0:02:46 |
| 0,50 | 0,0083 | Hexagone | Regular | Regular | <input checked="" type="checkbox"/> 0:04:34 |
| 0,30 | 0,0050 | Hexagone | Buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena | <input checked="" type="checkbox"/> 0:11:00 |
| 0,20 | 0,0033 | Hexagone | <input checked="" type="checkbox"/> Muy buena | <input checked="" type="checkbox"/> Buena | <input checked="" type="checkbox"/> 0:23:01 |
| 0,10 | 0,0017 | Hexagone | <input checked="" type="checkbox"/> Muy buena | <input checked="" type="checkbox"/> Muy buena | <input checked="" type="checkbox"/> 0:59:08 |

TABLA 4. DETALLE DE LOS RESULTADOS DE SELECCIÓN DE LA CELDA PARA EL ESTUDIO DEL USO DEL ESPACIO AÉREO DEL ÁREA 1 DEL TMA VALÈNCIA.

A la vista de los resultados de la Tabla 4 se selecciona la celda hexagonal de 0,1 NM por ofrecer los mejores resultados en resolución espacial e información espacial con un tiempo de procesado inferior a los 60 minutos.

Estudiamos las trazas de llegadas registradas dentro del sector 1 del TMA Valencia con la celda seleccionada siendo el resultado el que se muestra en la Figura 17 y en los Plano 04 A y B. En la figura no se observan puntos calientes distintos al estudio del TMA en conjunto por lo que no hay pequeños núcleos de puntos calientes con relevancia a nivel local frente al nivel global. Sin embargo, la mayor resolución en la zona del punto de recorrido OPERA permite observar de forma diferencia el paso por el IAF de los que proceden de directos y de los que proceden del arco DME que en el anterior estudio se mostraba como una única área caliente.

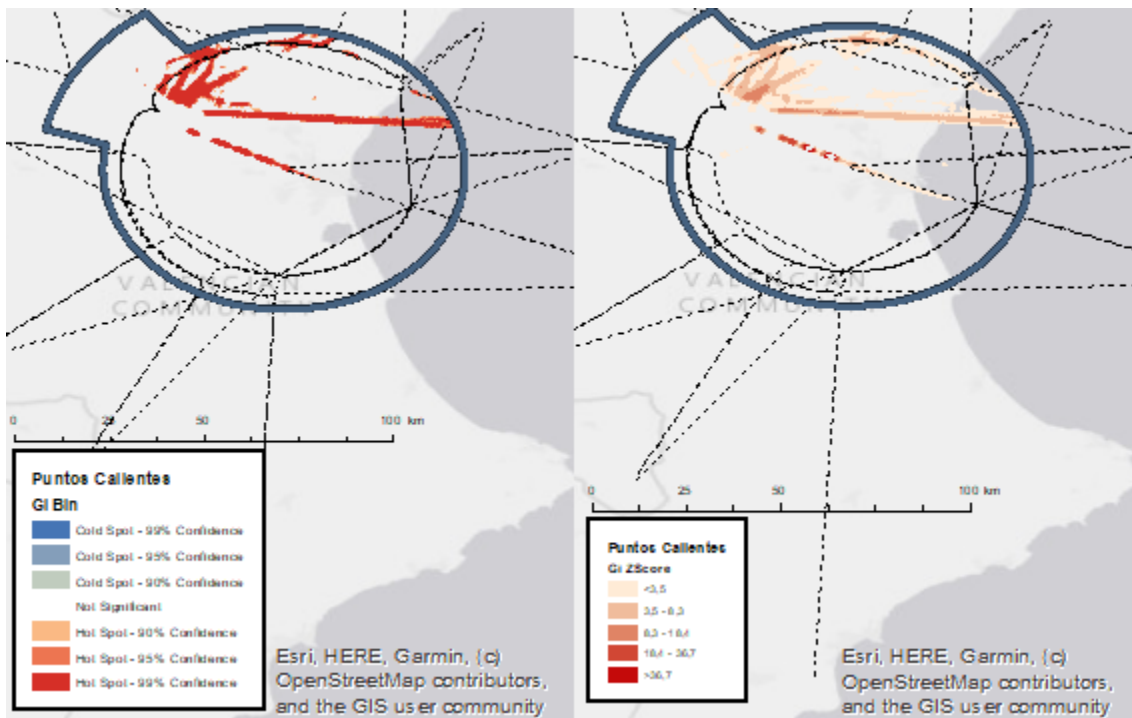


FIGURA 17. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA SECTOR 1 LLEGADAS. ELABORACIÓN PROPIA.

De igual modo realizamos el estudio con las salidas en el sector 1 del TMA Valencia cuyo resultado se puede observar en la Figura 18 y en los Plano 05 A y B. No obstante, no se muestran cambios relevantes en los puntos calientes a nivel local con respecto al estudio global.

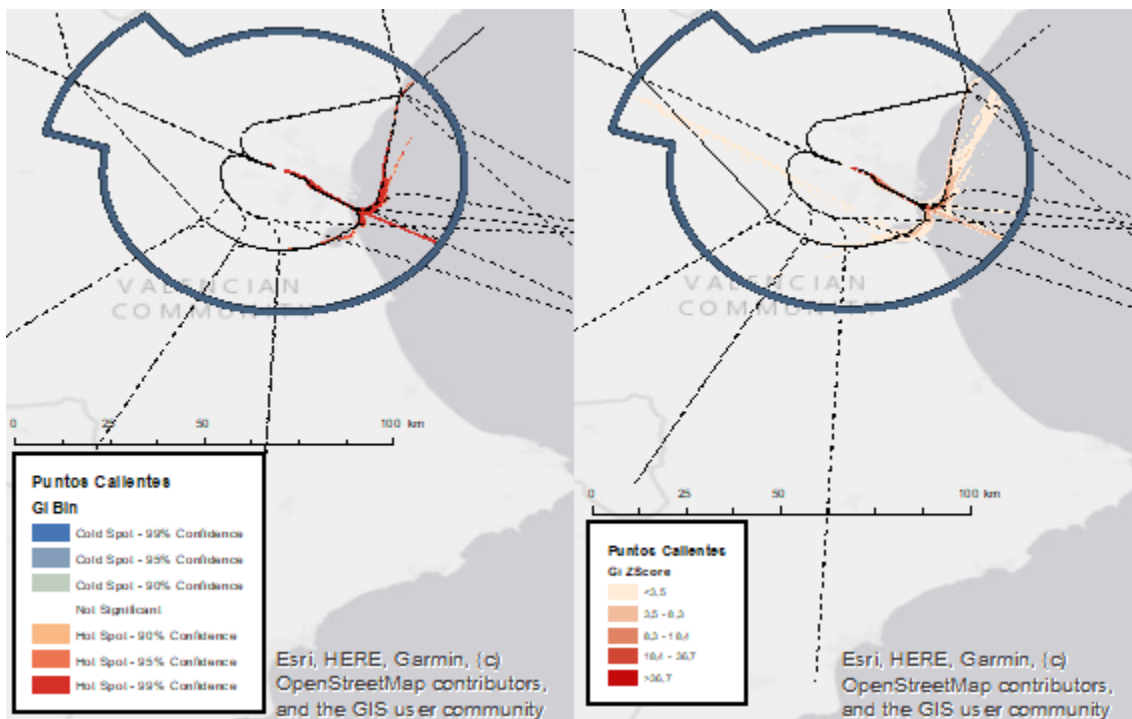


FIGURA 18. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA SECTOR 1 SALIDAS. ELABORACIÓN PROPIA.

4. Estudio por aerolíneas del uso del espacio aéreo

Con el fin de comprobar si el uso de directos es generalizado o se corresponde con algunas aerolíneas en particular se realiza un estudio disgregando el tráfico por aerolíneas empleando la misma celda que en el “Estudio del uso del TMA Valencia”, es decir celda de 0,5 NM con forma hexagonal.

Para ello en primer lugar generamos un modelo de ArcGIS® en el que dado un “shapefile” y un atributo de su tabla de atributos se generan un fichero para cada valor único de ese atributo con las entidades que contengan dicho valor. En la Figura 19 se muestra el diagrama del modelo implementado en que cabe destacar que se emplea una “Calculate Value” para modificar el valor del atributo y emplear de nombre del fichero para evitar que contenga caracteres no válidos para la denominación de “shapefiles”.

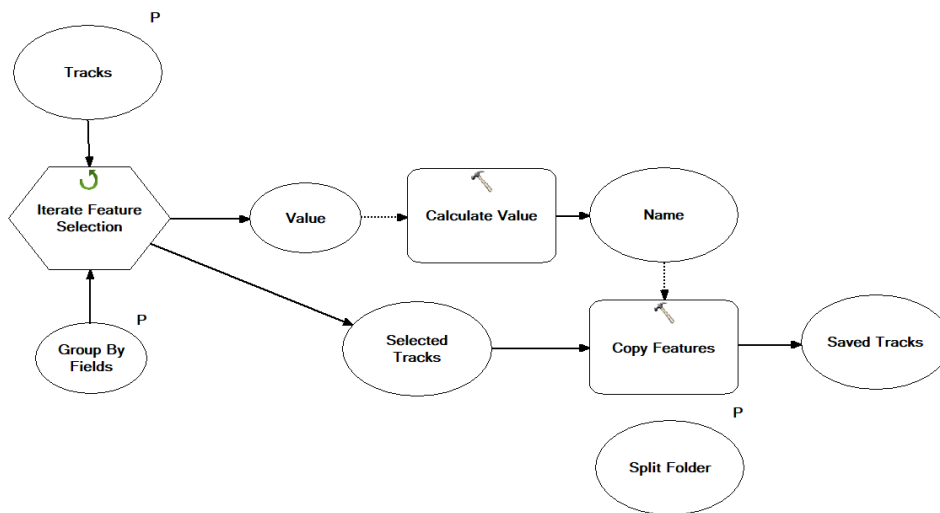


FIGURA 19. DIAGRAMA DEL MODELO DE SEPARACIÓN DE TRAZAS POR ATRIBUTOS. ELABORACIÓN PROPIA.

Una vez separados los puntos por aerolíneas se mira el número de puntos de cada una para ver si hay muestras suficientes para poder realizar el estudio y se seleccionan las que mayor número puntos se dispongan.

Para realizar un estudio geoestadístico de puntos calientes se requiere una cantidad de datos o eventos espaciales suficientemente grande para que los patrones sean identificables sin generar falsos puntos calientes. Por lo tanto, se estudian las tres aerolíneas con mayor número de puntos que son Ryanair, Vueling y Easy Jet tal y como se recoge en la Tabla 5.

| Aerolínea | Llegadas | Salidas | Total | |
|------------------------|----------|---------|--------|---|
| Ryanair | 30.660 | 32.829 | 63.489 | ☑ |
| Vueling | 32.378 | 19.726 | 52.104 | ☑ |
| Easy Jet | 8.702 | 9.636 | 18.338 | ☑ |
| Transavia | 1.262 | 8.204 | 9.466 | ☒ |
| Iberia Regional | 341 | 6.404 | 6.745 | ☒ |
| Royal Air Maroc | 1.418 | 5.321 | 6.739 | ☒ |
| Laudamotion | 4.935 | - | 4.935 | ☒ |
| Lufthansa | - | 3.859 | 3.859 | ☒ |
| Air Europa | - | 3.439 | 3.439 | ☒ |
| TAP Express | - | 9 | 9 | ☒ |

TABLA 5. RECUENTO DE PUNTOS CAPTURADOS POR AEROLÍNEA.

Seleccionadas las tres aerolíneas a estudiar se realizan los estudios geoestadísticos de puntos calientes con el algoritmo Getis-Ord prestando especial atención a la frecuencia de realización de directos frente a los procedimientos publicados. Para ello se analizan los resultados mediante la variable de “Z score” representado como mapa de calor.

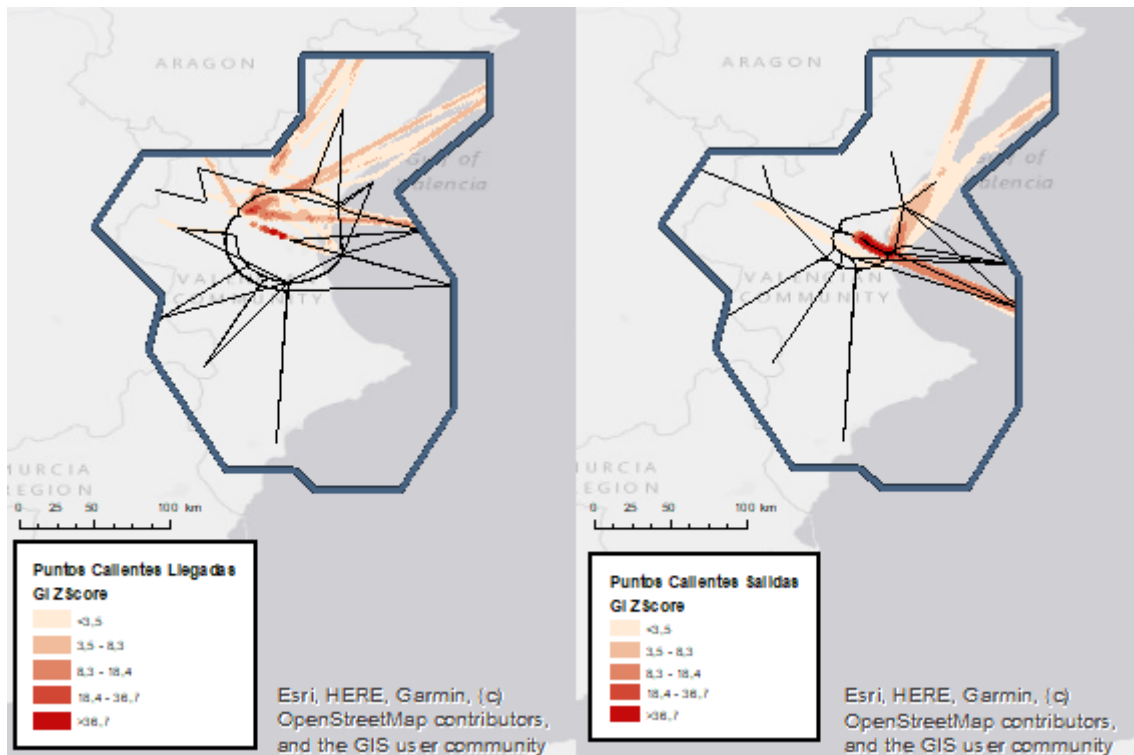


FIGURA 20. PUNTOS CALIENTES DE LLEGADAS Y SALIDAS DE RYANAIR EN EL TMA VALENCIA. ELABORACIÓN PROPIA.

En la Figura 20 podemos observar las llegadas y salidas de **Ryanair** en el TMA Valencia que se refiere a los Plano 06 A y B. Si comparamos las llegadas con la

Figura 14, que contiene las zonas anómalas de puntos calientes, observamos que Ryanair realiza los tres tipos de directos detectados teniendo mayor intensidad de calor⁷ el trazado directo que en el procedimiento publicado. Por otro lado, en lo que respecta a las salidas, que se pueden observar comparadas con a la Figura 16, no se observan grandes anomalías si bien si se realizan directos a CENTA tienen poco nivel de calor y directos a SOPET pero la huella de calor se sitúa próxima al procedimiento por lo que los directos son de baja frecuencia frente a los procedimientos.

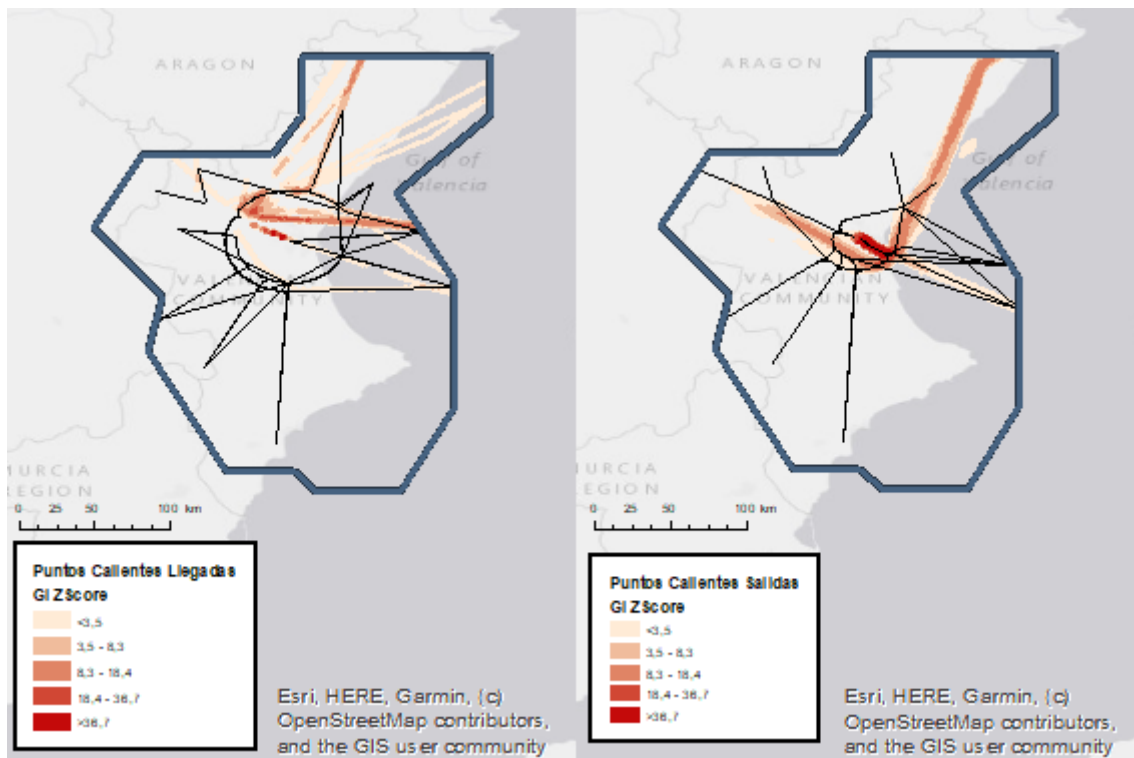


FIGURA 21. PUNTOS CALIENTES DE LLEGADAS Y SALIDAS DE VUELING EN EL TMA VALENCIA. ELABORACIÓN PROPIA.

En lo que respecta a **Vueling** (Figura 21), que se refiere a los Plano 07 A y B, se observa en llegadas que se realizan también los tres tipos de directo, pero solo tiene un calor alto el directo de ARGOR a OPERA. A mayores el procedimiento SAURA4D tienen más calor que directo de SAURA a OPERA. En cuando a las salidas se observan los dos tipos de directos detectados con un nivel de calor elevado.

⁷ Cuando se habla de calor o intensidad de calor se refiere a un mayor valor de Z que en el mapa de calor se refiere normalmente como calor.

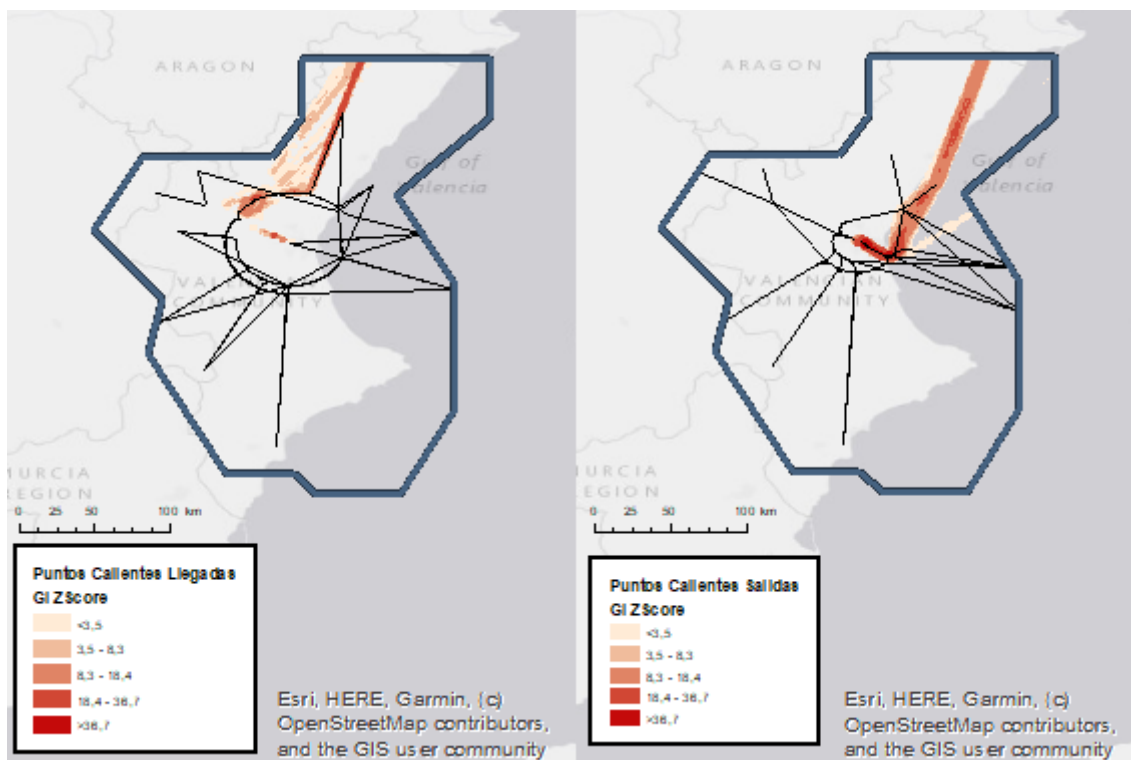


FIGURA 22. PUNTOS CALIENTES DE LLEGADAS Y SALIDAS DE EASY JET EN EL TMA VALÈNCIA. ELABORACIÓN PROPIA.

En lo que se refiere a **Easy Jet** (Figura 22), correspondiente a los Plano 08 A y B, se observa en llegadas que sólo se realizan aproximaciones por SAURA y, si bien los directos de SAURA a OPERA tienen un calor intermedio, el procedimiento SAURA4D tiene un nivel de calor muy elevado. Por otro lado, las salidas se observa un nivel elevado de calor en el directo a SOPET.

5. Conclusiones del estudio del espacio aéreo

Del estudio del uso del espacio aéreo con métodos geoestadísticos se puede concluir, en primer lugar, que el análisis geoestadístico se demuestra un método efectivo para identificar zonas de alta saturación de tráfico. Esto tiene aplicaciones para la identificación de patrones en el trazado de rutas y la detección de rutas más saturadas frente a otras siendo de utilidad para la elaboración de estrategias de planificación de la gestión del tráfico aéreo. Por otro lado, la implementación de métodos de previsión del tráfico se podría emplear como método de detección temprana de saturación de nodos del espacio aéreo e implementar estrategias de gestión flexible del tráfico aéreo.

En lo que se refiere al propio estudio, se identifican que el uso de tramos directos en las llegadas y salidas del Aeropuerto de València es una práctica habitual, no

obstante, si bien el directo de ARGOR a OPERA se realiza siempre con un trazado similar, en el resto de aproximaciones los directos se realizan sobre una amplia área. Por tanto, cabría estudiar el impacto acústico de estos directos e intentar desde control de tráfico concentrar estos directos sobrevolando las regiones con menor impacto. Por último, destacar que las llegadas y salidas del Aeropuerto de Valencia se realizan muy mayoritariamente por pista 12 en el periodo estudiado.

Capítulo IV. Estudio del grado de seguimiento de procedimientos normalizados

En este capítulo se aborda el estudio mediante métodos geoespaciales del grado o nivel de seguimiento de los procedimientos normalizados por instrumentos de llegada (STAR) y de salida (SID). Mediante este estudio se pretende explorar la aplicación de técnicas geoespaciales a la ingeniería aeronáutica y en concreto a la aeronavegación.

1. Definición del grado o nivel de seguimiento de un procedimiento

Cuando hablamos del nivel de seguimiento de un procedimiento nos referimos a cómo de grande es la distancia entre la posición deseada establecida por el procedimiento y la posición real de la aeronave. Por ello no podemos emprender este estudio sin conocer los tipos y las fuentes de error.

Como se muestra en la Figura 23, está la trayectoria deseada (“desired path” en figura) que es el trazado que el diseñador del procedimiento desea que se realice. Por otro lado, está la trayectoria definida (“defined path” en la figura) que es el trazado que se ha publicado del procedimiento que diverge de la trayectoria deseada en lo que se conoce por error de definición de trayectoria (**PDE** por sus siglas en inglés). Este error se debe principalmente a como se realiza la codificación de este procedimiento y a la

precisión con la que este se puede codificar. Por otro lado, se tiene la posición estimada de la aeronave (“estimated position” en la figura) que diverge de la trayectoria definida en un error técnico de vuelo (FTE) por sus siglas en inglés). El FTE está relacionado con la capacidad del autopiloto para seguir la trayectoria que tiene definida en el sistema. Por último, se tiene la posición real de la aeronave (“true position” en la figura) que también diverge de la posición estimada debido al error del sistema de navegación (NSE) por sus siglas en inglés). El NSE se debe a la capacidad de estimar correctamente la posición y tiene una gran dependencia del sistema de posicionamiento empleado. La suma cuadrática de estos errores da lugar al error total del sistema (TSE) por sus siglas en inglés).

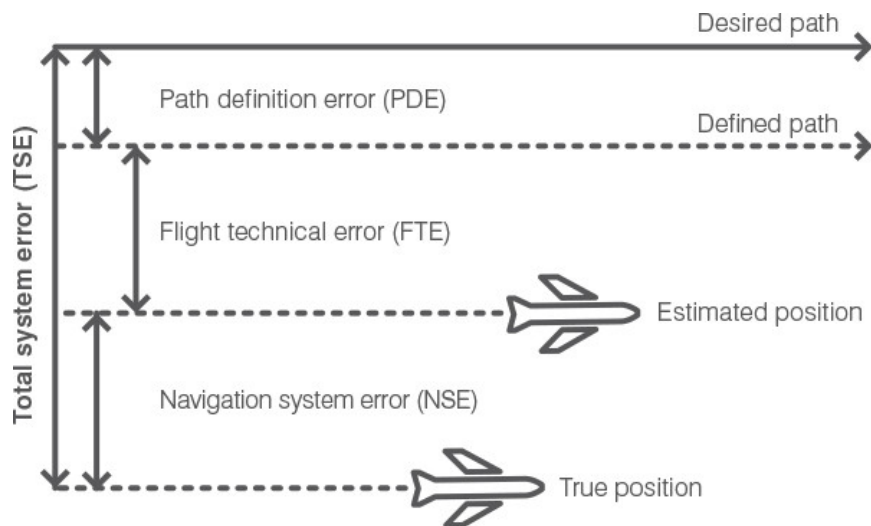


FIGURA 23. TIPOLOGÍA DE ERRORES EN LA NAVEGACIÓN AÉREA. EXTRAÍDO DE CNS/ATM RESOURCE GUIDE [7].

En lo que respecta a este estudio, se van a emplear como trayectorias para comparar su seguimiento las publicadas en forma vectorial en el AIP suministradas directamente por ENAIRE remitiendo una copia de la geodatabase del AIP para el ciclo AIRAC AMDT 02/19 que coincide con el de los datos de trazas de aeronaves capturadas para el análisis. En consecuencia, dado que no trabajamos sobre la codificación del procedimiento ni se ha trazado siguiendo las instrucciones codificadas si no que se trata del trazado a partir del cual se ha realizado la codificación, **nuestra referencia es la trayectoria deseada.**

Por otro lado, las posiciones de las aeronaves que se van a emplear son extraídas de los mensajes del transpondedor con ADS-B en modo S si bien, de los tipos de squitter extendidos que provee el ADS-B en modo S el aplicativo empleado para capturar los mensajes de transpondedor y reconstruir las trazas de las aeronaves solo

procesa los mensajes que proveen información de los valores y no los que indican los errores. Por tanto, **somos concedores de la posición estimada** de la aeronave, pero no conocemos el margen de error de la estimación que podríamos emplear como NSE. Por consiguiente, nuestro estudio versará en la diferencia de la trayectoria deseada y la posición estimada de la aeronave teniendo como resultados valores correspondientes a la suma del PDE y FTE.

En ese sentido, para este estudio, y no debiéndose tomar a nivel general, se considerará como nivel o grado de seguimiento a una categorización de la diferencia entre la trayectoria deseada y la posición estimada de la aeronave. No obstante, dado que se dispone de un gran número de posiciones estimadas de las aeronaves, el estudio se realizará a nivel estadístico por lo que debemos definir el grado de seguimiento en términos estadísticos considerando todas las muestras estudiadas.

Definiendo la diferencia de la trayectoria deseada y la posición estimada de la aeronave como d y siendo su media \bar{d} y su desviación estándar $\sigma(d)$, expresamos el nivel o grado de seguimiento con una probabilidad del 95% como una categorización de $\bar{d} + 2\sigma(d)$ que se representará en un mapa de color por categorías. Atendiendo a que este grado de seguimiento puede ser variable a lo largo de la trayectoria descrita se analizará su valor en intervalos discretos de la trayectoria cuyo tamaño se selecciona en función del lado de un cuadrado de mínimo área representable a la escala seleccionada, en nuestro caso 0,5 millas náuticas.

2. Estudio sobre trazas no filtradas

En primer lugar, se aborda el estudio sobre trazas no filtradas, es decir sobre todas las trazas capturadas, aunque estas no sigan necesariamente el procedimiento si no que estén realizando un directo. Evidentemente el resultado de este estudio no mostrara el nivel de seguimiento real, sino que se trata de una primera aproximación al problema para poder desarrollar una metodología válida mejorando las deficiencias que se detecten en cada uno de los estudios planteados. Es decir, el objetivo es complicar la metodología paso a paso en cada estudio siendo este primer estudio el desarrollo de la metodología básica que debe ser mejorada.

Este estudio se subdivide en tres etapas diferenciadas, para cada una de las cuales se desarrolla un model builder de ArcGIS®: la obtención de las distancias entre

las trazas y los procedimientos, la obtención de valores estadísticos por tramo de los procedimientos y la representación del nivel de seguimiento mediante buffer y mapa de color.

El model builder que obtiene las distancias entre las trazas y los procedimientos, cuyo gráfico se muestra en la Figura 24, funciona tal que para cada procedimiento se hace una copia de las trazas registradas y mediante la función de ArcGIS® “Near” se obtiene para cada traza la mínima distancia al procedimiento. Esta función crea en la tabla de atributos del shapefile con la copia de las trazas un campo con el identificador del tramo del procedimiento que está a mínima distancia y un campo con la mínima distancia en la unidad de medida del sistema de referencia empleado, en nuestro caso al emplear coordenadas geográficas WGS84 (urn:ogc:def:crs:EPSG::4979) la distancia se obtiene en grados.

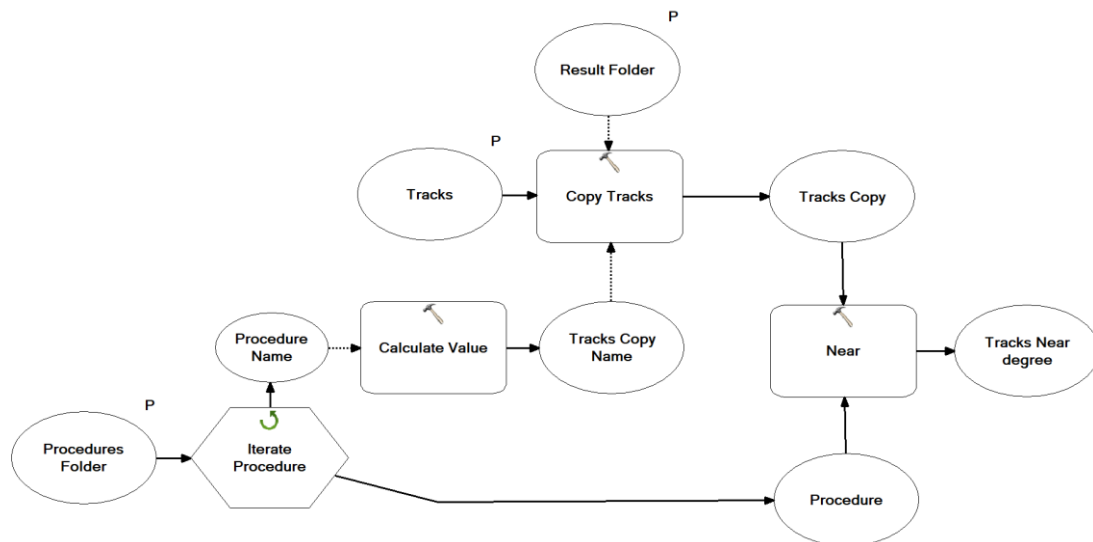


FIGURA 24. DIAGRAMA DEL MODELO DE OBTENCIÓN DE LAS DISTANCIAS ENTRE PROCEDIMIENTO Y TRAZAS VERSIÓN 1. ELABORACIÓN PROPIA.

El model builder que obtiene los resultados estadísticos del grado de seguimiento de los procedimientos, cuyo diagrama se muestra en la Figura 25, opera tal que para cada fichero con la copia de las trazas generado con el modelo anterior selecciona aquellos puntos que contienen un valor de distancia asociado y genera una tabla de estadísticos de la distancia agrupados por identificador del tramo del procedimiento empleando la función de ArcGIS® “Summary Statistics”. Seguidamente se añade en la tabla obtenida un campo con el valor de nivel de seguimiento (Accuracy en el diagrama) obtenido como la suma de la media y el doble de la desviación estándar ($\bar{d} + 2\sigma(d)$). No obstante, para futuras herramientas se requiere añadir un campo a la tabla con el valor

del grado del seguimiento indicando la unidad de medida, que en el diagrama se trata de Accuracy TXT. Por último, se guarda la tabla temporal como una tabla Excel mediante un script Python incluido en ArcGIS® denominado "Table to Excel".

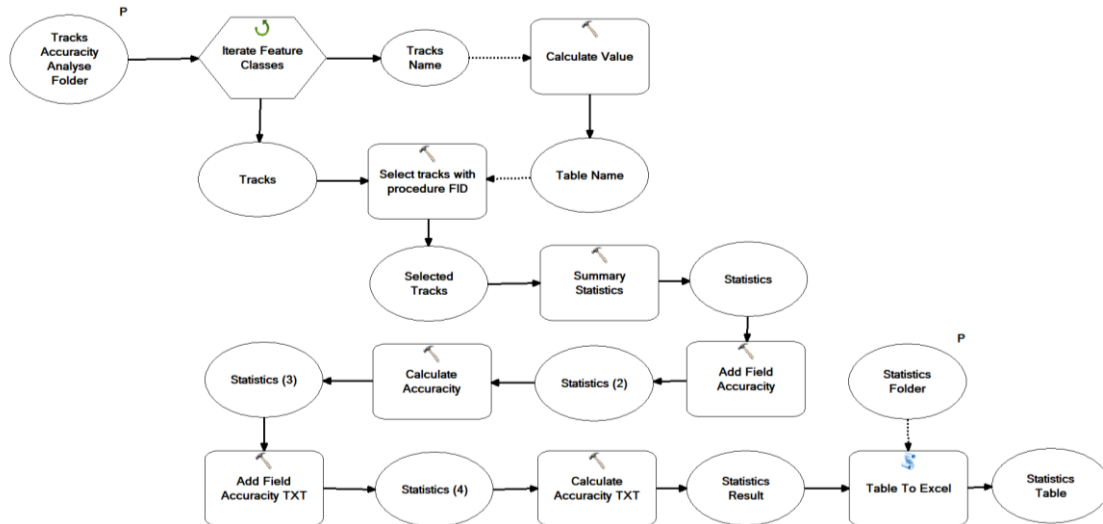


FIGURA 25. DIAGRAMA DEL MODELO DE OBTENCIÓN DE LAS ESTADÍSTICAS DE GRADO DE SEGUIMIENTO. ELABORACIÓN PROPIA.

El model builder que obtiene la representación gráfica de los resultados estadísticos, cuyo diagrama se muestra en la Figura 26, opera tal que para cada procedimiento analizado se carga su tabla de resultados estadísticos y se realiza una unión de las tablas de atributos empleando como campo clave único el Identificador de tramo del procedimiento. Una vez unidas ambas tablas se hace un buffer lateral con la distancia correspondiente al valor de nivel de seguimiento calculado para cada tramo.

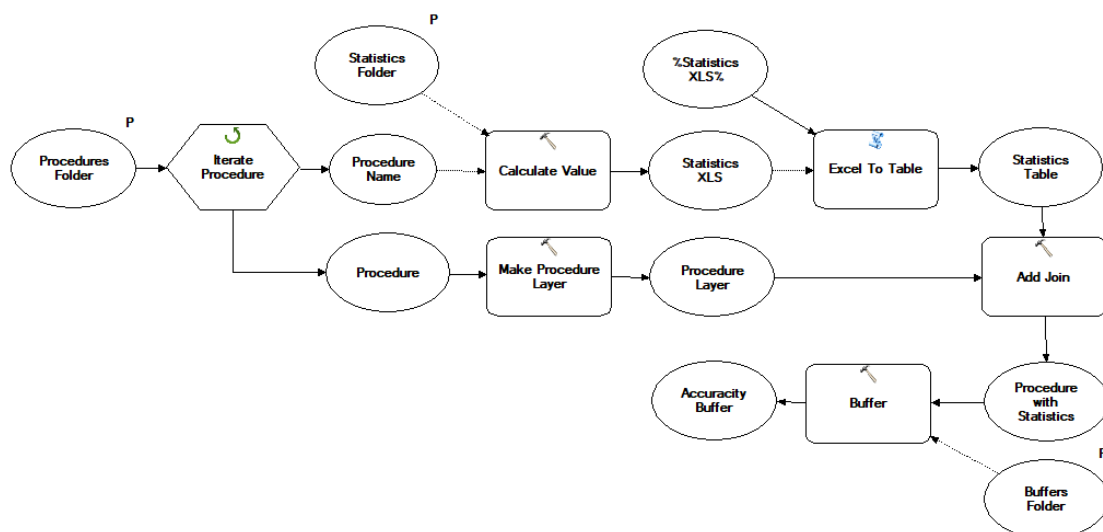


FIGURA 26. DIAGRAMA DEL MODELO DE OBTENCIÓN DE LOS BUFFER DE REPRESENTACIÓN DEL GRADO DE SEGUIMIENTO. ELABORACIÓN PROPIA.

Como muestra de los resultados de este primer estudio se muestra el resultado del procedimiento de llegada SOPET4D en la Figura 27. Cabe destacar que, tal y como se explicó al inicio de esta sección este estudio es la fase inicial para la depuración de una metodología de realización de análisis de nivel de seguimiento de ahí que los resultados mostrados no sean muy prometedores siendo mayoritariamente superior a 5NM, el límite del TSE del procedimiento estudiado.

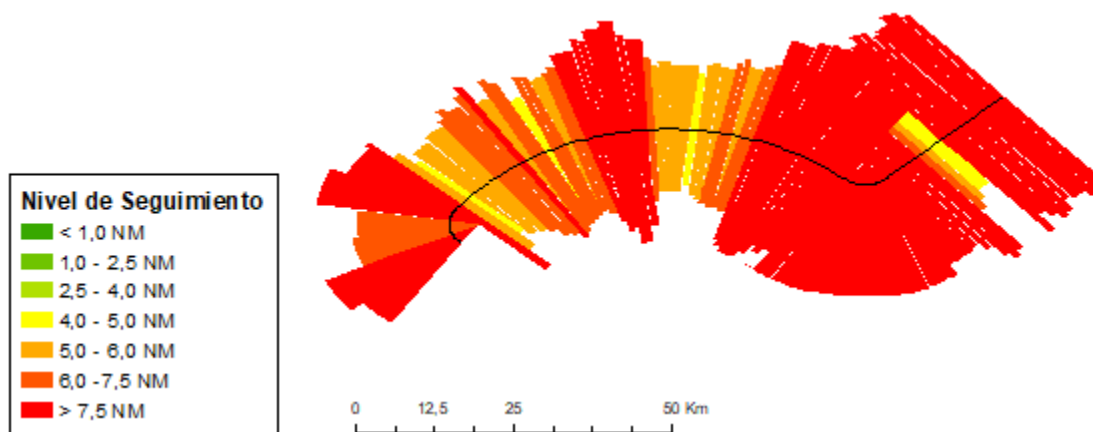


FIGURA 27. NIVEL DE SEGUIMIENTO DEL PROCEDIMIENTO DE LLEGADA SOPET4D CON TRAZAS NO FILTRADAS. ELABORACIÓN PROPIA.

Las deficiencias de este análisis se deben principalmente a la consideración de todas las trazas cuando hay aeronaves que realizaron aproximaciones directas y otras que corresponden con aproximaciones frustradas. Para mejorar la metodología se propone filtrar las trazas y tomar exclusivamente aquellas de aeronaves que estén realizando procedimientos normalizados descartando las trazas correspondientes a directos y frustradas.

3. Estudio sobre trazas filtradas

Detectada la fuente de la principal deficiencia del estudio anterior se proceda a filtrar las trazas para realizar un nuevo estudio y de esta forma mejorar el análisis de seguimiento de procedimientos. Para realizar el filtrado se realizan dos acciones complementarias cada una de estas orientada a discriminar ciertas trazas consideradas en el estudio y que no deberían serlo.

En primer lugar, para detectar las trazas que no se corresponden con los procedimientos normalizados se comparan cada traza individualmente contra los procedimientos normalizados, evidentemente las operaciones de llegada con los

procedimientos de llegada y las operaciones de salida con los procedimientos de salida. Para ello empleamos la herramienta de búsqueda de similitud de ArcGIS® con la que comparamos si dos entidades son similares espacialmente. Dado que las entidades han de ser de la misma clase debemos transformar las trazas de puntos a polilíneas, pero al estar ordenados tanto por identificador como por la marca de tiempo del mensaje resulta trivial mediante el script “multipoint to polyline” de ArcGIS®. Los valores de similitud van de 1 para referir a idéntico a 0 para referir nula por lo que se consideran trazas que siguen el procedimiento aquellas con un valor superior a 0,6. El resultado de este proceso se muestra en la Figura 28.

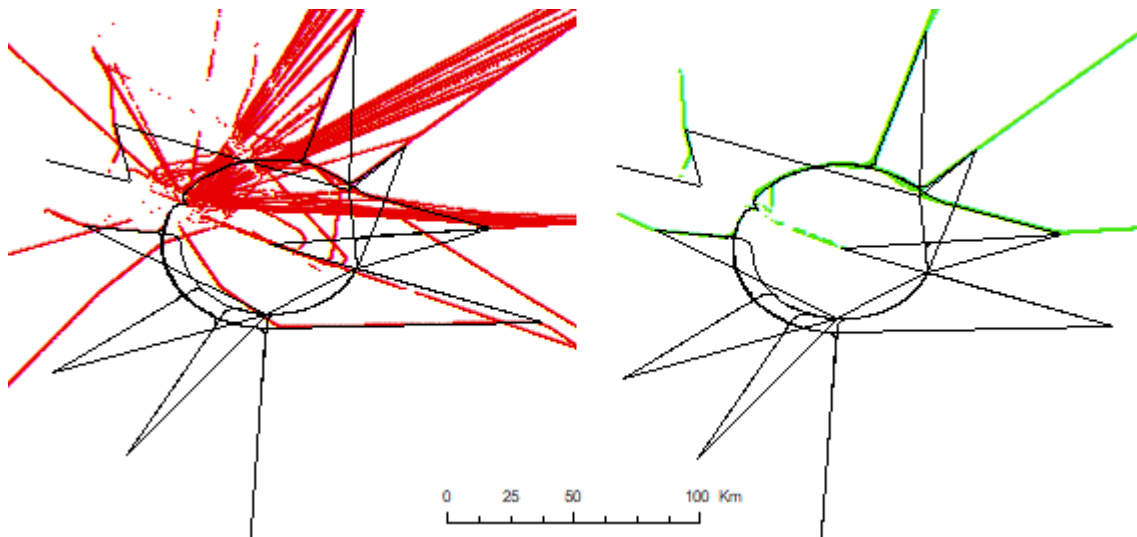


FIGURA 28. RESULTADO DEL FILTRADO DE TRAZAS. ELABORACIÓN PROPIA.

En segundo lugar, modificamos el model builder que obtiene las distancias entre las trazas y los procedimientos, cuyo diagrama se muestra en la Figura 29, con el fin preseleccionar las trazas que corresponden al procedimiento estudiado. Para ello se añade la realización de un buffer lateral y se seleccionan las trazas interiores a dicho buffer para que sólo sean copiadas y analizadas estas trazas. La distancia del buffer se debe seleccionar en función del procedimiento estudiado en nuestro caso se indica en la capa de procedimientos del AIP que el error lateral máximo de cálculo es de 5 NM por lo que emplearemos un buffer de 7,5NM. En el caso de estar analizando el TSE en lugar de suma de PDE y FTE sería recomendable tomar un valor de buffer superior al $\frac{1}{2}$ A/W no obstante en nuestro caso emplearemos 1,5 XTT⁸.

⁸ Estas definiciones sólo tienen sentido en navegación PBN, en caso de procedimiento convencional se debe considerar el error de las radioayudas empleadas e incrementarlo por un coeficiente adecuado.

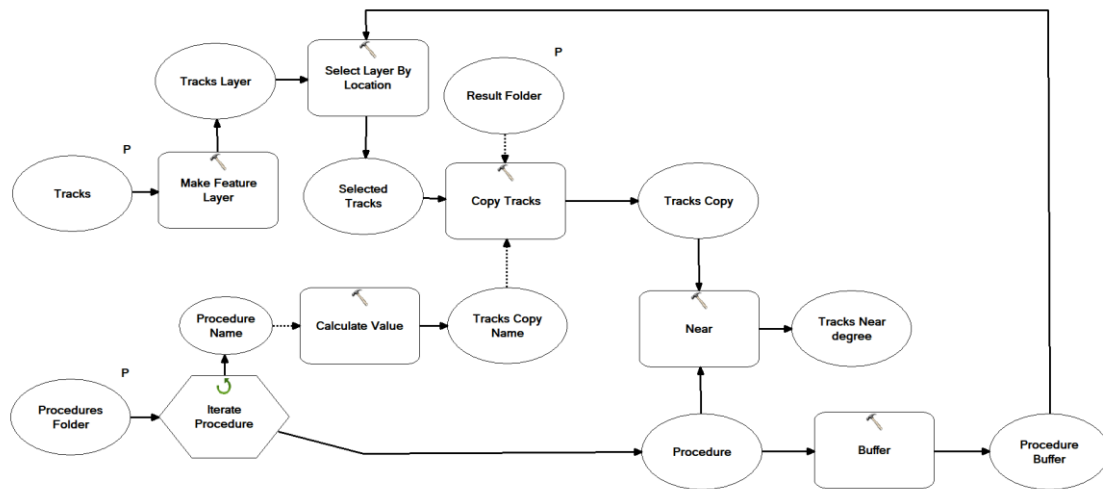


FIGURA 29. DIAGRAMA DEL MODELO DE OBTENCIÓN DE LAS DISTANCIAS ENTRE PROCEDIMIENTO Y TRAZAS VERSIÓN 2. ELABORACIÓN PROPIA.

Como muestra de los resultados de la aplicación de este nuevo modelo a las trazas se muestra el nivel de seguimiento del procedimiento SOPET4D, el mismo que el estudio anterior, en la Figura 30.

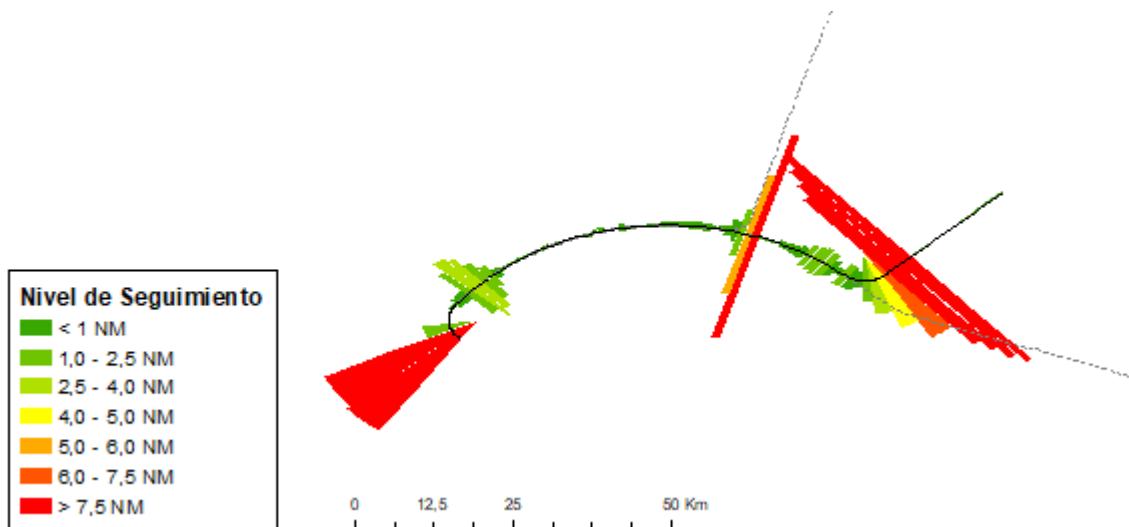


FIGURA 30. NIVEL DE SEGUIMIENTO DEL PROCEDIMIENTO DE LLEGADA SOPET4D CON TRAZAS FILTRADAS. ELABORACIÓN PROPIA.

Si bien hay una mejoría notable frente al estudio con trazas no filtradas, existen algunas deficiencias que deben tratar de resolverse para mejorar la metodología empleada. Cuando los procedimientos discurren siendo espacialmente coincidentes el nivel de seguimiento obtenido es coherente con los resultados esperables. No obstante, cuando estos discurren de forma paralela a menos de la distancia del buffer de selección o directamente secantes se generan zonas donde el nivel de seguimiento obtenido es

mayor a lo esperable. Esto se debe a que se están considerando trazas que siguen un procedimiento distinto al estudiado para el análisis del nivel de seguimiento. Por consiguiente, para mejorar la metodología se debe identificar que trazas sigue que procedimiento y analizarla solo con dicho procedimiento.

4. Estudio sobre trazas filtradas perfeccionado

Para identificar que procedimiento sigue cada traza se podría emplear la herramienta de búsqueda de similitud de ArcGIS® analizando el grado de similitud de la traza con cada procedimiento y asociándolo al procedimiento de mayor similitud. Sin embargo, eso supone un doble iterador (cada traza con cada procedimiento) que no está soportado por el model builder debiendo descartar dicha alternativa.

No obstante, se puede asumir que cada traza estará más próxima al procedimiento que sigue y, por consiguiente, si se analizan todos los procedimientos de forma conjunta la función empleada para detectar la mínima distancia entre cada punto de las trazas y los procedimientos multilínea asociaría a cada punto con su procedimiento a través del identificador de tramo. Para ello se genera unos nuevos shapefiles que contiene la unión de todos los procedimientos, previamente subdivididos en tramos, de salida y llegada en su respectivo shapefile. Posteriormente, se subdivide el buffer de resultados por procedimientos para poder representarlos de forma separada empleando el campo de la capa de atributos que contiene la designación del procedimiento.

Como muestra de los resultados de esta metodología se muestra una vez más el resultado obtenido para el procedimiento SOPET4D en la Figura 31. En este caso los resultados obtenidos son bastante coherentes con lo esperado habiendo un mayor nivel de seguimiento en las zonas donde se realiza un algún viraje como se aprecia en la incorporación al arco DME.

A la vista de los resultados se puede dar como válida esta metodología si bien podría mejorarse conociendo realmente que procedimiento se está trazando y no debiendo realizar la hipótesis que, si bien es razonable, puede dar niveles más reducidos de seguimiento cuando varios procedimientos discurren de forma próxima pero no coincidente.

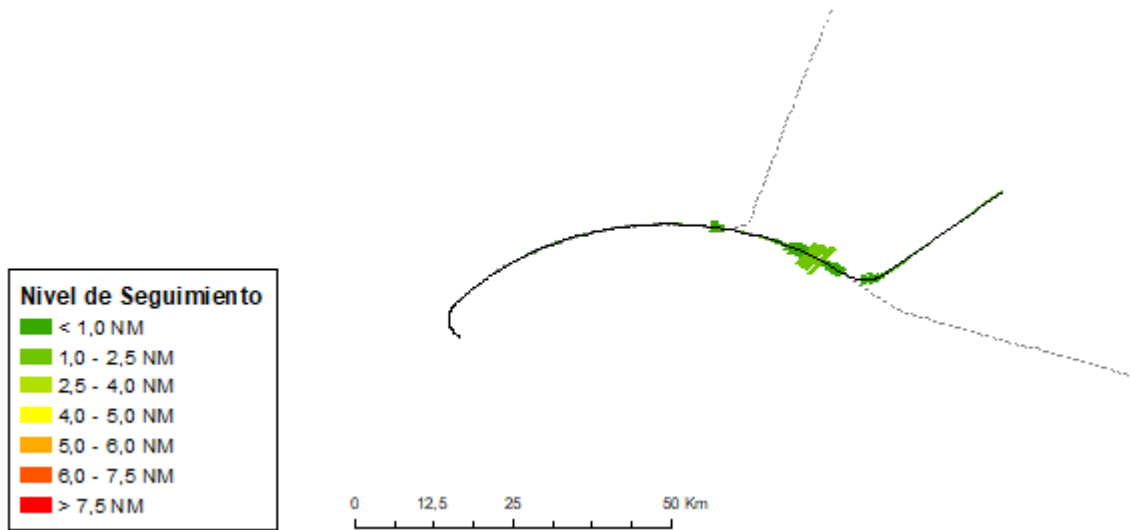


FIGURA 31. NIVEL DE SEGUIMIENTO DEL PROCEDIMIENTO DE LLEGADA SOPET4D CON TRAZAS FILTRADAS PERFECCIONADO. ELABORACIÓN PROPIA.

Comprobado que esta metodología aporta resultados válidos procedemos al análisis de los resultados obtenidos. En la Figura 32, que puede verse con mayor resolución en el Plano 09.A, se muestra el nivel de seguimiento de los procedimientos de llegadas al aeropuerto de Valencia de los vuelos de los que se recogieron datos y realizaron una aproximación normalizada. Observando los resultados, en el 95% de los tramos de los procedimientos analizados tienen un nivel de seguimiento inferior a 1,0 NM y el 99% inferior a 2,5 NM, sólo el 1% se encuentra entre 2,5 y 5,0 NM. Por otro lado, se localizan áreas de mayor nivel de seguimiento donde se realizan virajes entre los tramos que componen el procedimiento y cuando viran hacia la senda de planeo en OPERA (IAF) y en CALLES (IAF).

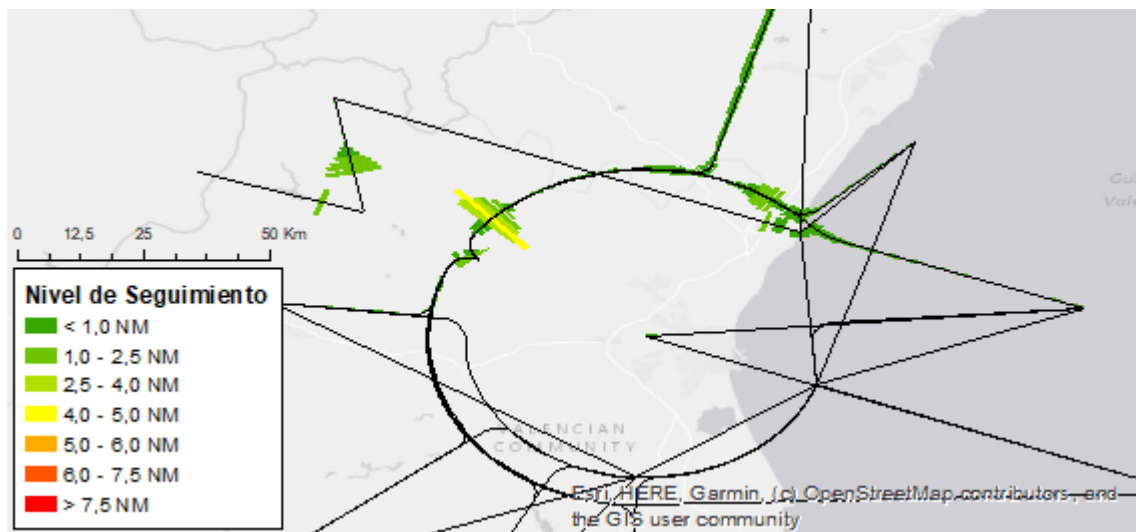


FIGURA 32. NIVEL DE SEGUIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LLEGADAS CON TRAZAS FILTRADAS PERFECCIONADO. ELABORACIÓN PROPIA.

En cuanto a las salidas que se muestra en la Figura 33, y pueden verse con mayor resolución en el Plano 09.B, el nivel de seguimiento para cada tramo analizado de los procedimientos de salidas. El 94% de los tramos tienen un nivel de seguimiento menor a 1,0 NM y el 99% menor a 2,5 NM siendo solo el 1% entre 2,5 NM y 4,0 NM. Al igual que en los procedimientos de llegadas, se localizan áreas de mayor nivel de seguimiento donde se realizan virajes entre los tramos que componen el procedimiento y en los finales de procedimiento al incorporarse a la aerovía correspondiente.

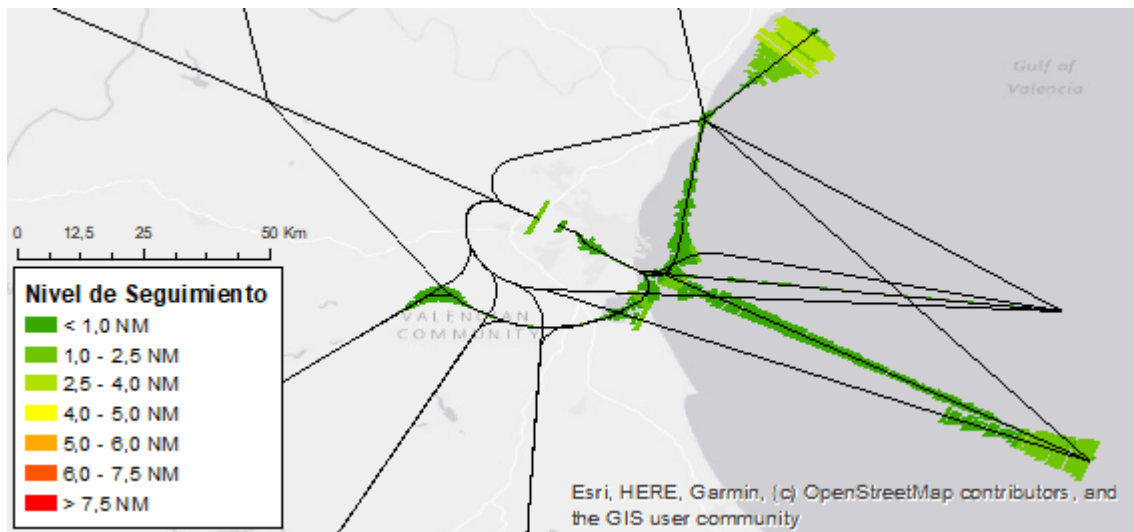


FIGURA 33. NIVEL DE SEGUIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SALIDAS CON TRAZAS FILTRADAS PERFECCIONADO. ELABORACIÓN PROPIA.

5. Conclusiones del estudio del grado de seguimiento de procedimientos normalizados

Considerando que el objeto de este capítulo es el desarrollo de una metodología en ArcGIS® para identificar el nivel o grado de seguimiento en los procedimientos normalizados se ha cumplido el objetivo parcialmente. La metodología desarrollada permite obtener la suma de los errores de definición de trayectoria (PDE) y el técnico de vuelo (FTE) no obstante lo ideal sería poder obtener el error total del sistema (TSE). Para ello se requeriría tener datos para obtener el error del sistema de navegación (NSE) y modificar el modelo para considerarlo y poder estimar el error total del sistema como $TSE \approx \sqrt{(PDE + FTE)^2 + NSE^2}$.

Por otro lado, la posibilidad de monitorizar el TSE de forma periódica permite analizar el desempeño de ciertos trazados con el fin de identificar zonas que requieran de ajustes para mejorar su nivel de seguimiento. Del mismo modo, si se detectara de

forma generalizada una reducción sustancial del TSE en el tráfico de un cierto aeropuerto podría dar pie a rediseñar los procedimientos con unos mayores requerimientos PBN que permitan un trazado más directo manteniendo la seguridad en el franqueamiento de obstáculos.

Por lo expuesto resultaría provechoso trabajar en la captura e integración en los shapefile de los mensajes de transpondedor operando en ADS-B modo S que contienen los niveles de error para poder realizar el análisis basado en el error total del sistema.

En lo que respecta al propio estudio, según los datos analizados el nivel de seguimiento en los procedimientos estudiados es adecuado tan sólo debiendo destacar los virajes entre los distintos tramos que componen cada procedimiento así como la toma de la senda de planeo o las incorporaciones a aerovías que se realizan mediante un viraje previo a la finalización del procedimiento y que el algoritmo de búsqueda de similitud considera que no son disparidades de suficiente relevancias para descartar la traza.

Capítulo V. Conclusiones

Una vez expuestos los resultados del estudio del uso del espacio aéreo y del estudio de seguimiento de procedimientos podemos concluir que se ha cumplido el objeto de este trabajo final de máster que se definía como el desarrollo de metodologías GIS para el estudio del uso del espacio aéreo y seguimiento de procedimientos. Considerando la evolución previsible de los sistemas de información geográfica como una herramienta básica de trabajo en el campo de la navegación aérea cabe destacar ciertos hitos de este trabajo final de máster que dan pasos para crear herramientas y metodologías básicas de trabajo.

En primer lugar, en lo que refiere al **Capítulo II**, si bien la recogida de datos ya se había desarrollado con anterioridad para otro tipo de uso, la interconexión de los datos recopilados con MATLAB® y el software ArcGIS® es un hito a destacar. Con el uso de las funciones desarrolladas se posibilita pasar las trazas capturadas para su estudio mediante sistemas de información geográfica mediante la creación de ficheros csv con los atributos de la traza y ficheros dxf con la forma de la traza que se interconectan en ArcGIS® dando lugar al shapefile que es un estándar de transferencia de datos entre los distintos sistemas de información geográfica. En resumen, se ha posibilitado la transferencia de datos de trazas a software GIS.

En segundo lugar, en lo que refiere al **Capítulo III**, si bien no se desarrolla una metodología propia de obtención de puntos calientes, se aplica el algoritmo de Getis-

Ord a la ingeniería aeronáutica en concreto al uso del espacio aéreo. Esta aplicación de la geoestadística a la ingeniería aeronáutica posibilita la toma de decisiones informada sobre el uso del espacio aéreo, por otra parte, con el futuro desarrollo de shapefiles dinámicos anunciada por ESRI se posibilita el análisis dinámico del uso del espacio aéreo tanto actual como previsiones futuras. Ese análisis dinámico puede ser de utilidad hacia un uso flexible del espacio aéreo y a la integración UTM/ATM, próximos retos a abordar en el sector aeronáutico con el incremento de los UAVs.

En tercer lugar, en lo que respecta al **Capítulo IV**, se ha desarrollado una metodología para evaluar el seguimiento de procedimientos no obstante, debido a los datos recopilados, no ha sido posible obtener el error total del sistema (TSE) pero se ha sentado las bases para hacerlo con modificaciones menores del modelo desarrollado. En ese sentido, si bien la aplicación final no ha sido todo lo provechosa que se podría esperar, se ha obtenido un método funcional para obtener grados de seguimiento que recopilando los datos del error del sistema de navegación (NSE), que posibilita la obtención del error total del sistema (TSE), sería de aplicación en el sector aeronáutico. La posibilidad de monitorización del error total del sistema (TSE) de los procedimientos es de gran interés tanto para detectar cuando los niveles de TSE de las aeronaves que operan el entorno aeroportuario permiten trazar procedimiento con mayores requerimientos, y de mayor eficiencia, como para detectar zonas donde ocurra lo contrario y se deba buscar trazados alternativos.

En resumen, se han cumplido los objetivos de este trabajo final de master habiendo desarrollado métodos básicos de trabajo introduciendo el software GIS en aplicaciones aeronáuticas. Estos métodos en concreto y el software GIS en general pueden ser de gran utilidad al sector aeronáutico en labores que requieren de la integración de datos espaciales y estadísticos facilitando toda clase de tareas que requieran de análisis espacial y geoestadístico.

Bibliografía

- [1] Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), «Doc 7300/9 Convenio sobre Aviación Civil Internacional,» 2006.
- [2] Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), «Doc 8168/6 Operación de aeronaves. Volumen II Construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos,» 2006.
- [3] Eurocontrol, «Principles of Mode S Operation and Interrogator Codes,» 2003. [En línea]. Available: <https://www.eurocontrol.int/publication/principles-mode-s-operation-and-interrogator-codes>. [Último acceso: Julio 2020].
- [4] Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), «Anexo 10 Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen IV Sistemas de vigilancia y anticolidión.,» 2007.
- [5] P. Songchitruksa y X. Zeng, «Getis–Ord Spatial Statistics to Identify Hot Spots by Using Incident Management Data,» *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, nº 2165, pp. 42-51, 2010.
- [6] J. Velasquez, G. Ochoa, J. Oballos, J. Manrique y J. Santiago, «Metodología para la delineación cartográfica de suelos,» *Revista Forestal Latinoamericana*, nº 36, pp. 15-34, 2004.
- [7] Civil Aviation Safety Authority - Australian Government, «CNS/ATM resource guide,» Australian Government, 13 Noviembre 2017. [En línea]. Available:

<https://www.casa.gov.au/publication/cnsatm-resource-guide>. [Último acceso: 13 Septiembre 2020].

- [8] Boletín Oficial del Estado, «Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea,» 2003.
- [9] Boletín Oficial del Estado, «Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea,» 1960.
- [10] Gobierno de España - Ministerio de Fomento, «Plan Director del Aeropuerto de Valencia,» 29 Noviembre 2010. [En línea]. Available: <https://www.mitma.gob.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/politicas-aeroportuarias/integracion-territorial-aeroportuaria/planes-directores/plan-director-del-aeropuerto-de-valencia>. [Último acceso: 14 Julio 2020].
- [11] Environmental Systems Research Institute, Inc., «ESRI Shapefile Technical Description,» 1998.
- [12] A. Getis y J. K. Ord, «The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics,» *Geographic Analysis*, vol. 24, nº 3, pp. 189-206, 1992.
- [13] A. Getis y J. K. Ord, «Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application,» *Geographical Analysis*, vol. 27, nº 4, pp. 286-306, 1995.

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| FIGURA 1. ESPACIOS AÉREO DEL TMA VALENCIA. ELABORACIÓN PROPIA..... | 12 |
| FIGURA 2. ÁREA DE TOLERANCIA DEL PUNTO DE REFERENCIA VOR/DME. EXTRAÍDO DE FIGURA I-2-2-1 [2]..... | 14 |
| FIGURA 3. ESQUEMA DEL TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES DE TRANSPONDEDOR. ELABORACIÓN PROPIA. | 17 |
| FIGURA 4. ESQUEMA DE LA CONVERSIÓN DE LA MENSAJES DE TRANSPONDEDOR A TRAZADOS DXF. ELABORACIÓN PROPIA..... | 20 |
| FIGURA 5. ESQUEMA DE LA CONVERSIÓN DE LA MENSAJES DE TRANSPONDEDOR A SHAPEFILE. ELABORACIÓN PROPIA..... | 22 |
| FIGURA 6. DIAGRAMA DEL MODELO DE CONVERSIÓN DE CSV A SHP. ELABORACIÓN PROPIA..... | 25 |
| FIGURA 7. PUNTOS DE DATOS DE TRÁFICO REGISTRADOS. ELABORACIÓN PROPIA. | 25 |
| FIGURA 8. EJEMPLO DE ESTUDIO DE PUNTOS CALIENTES COMO ENTIDADES FIJAS. EXTRAÍDO DE MANUAL DE USUARIO DE ARCGIS. | 29 |
| FIGURA 9. EJEMPLO DE ESTUDIO DE PUNTOS CALIENTES ASOCIADOS A CLÚSTER DE EVENTOS INDIVIDUALES. EXTRAÍDO DE MANUAL DE USUARIO DE ARCGIS. | 29 |
| FIGURA 10. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA CON TRÁFICO DE LLEGADAS Y CELDA CUADRADA DE 7,5 NM. | 34 |
| FIGURA 11. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA CON TRÁFICO DE LLEGADAS Y CELDA CUADRADA DE 3,0 NM. | 34 |
| FIGURA 12. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA CON TRÁFICO DE LLEGADAS Y CELDA CUADRADA DE 1,0 NM. | 34 |
| FIGURA 13. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA LLEGADAS. ELABORACIÓN PROPIA..... | 35 |
| FIGURA 14. ZONAS ANÓMALAS DE PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA LLEGADAS. ELABORACIÓN PROPIA..... | 36 |
| FIGURA 15. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA SALIDAS. ELABORACIÓN PROPIA..... | 37 |
| FIGURA 16. ZONAS ANÓMALAS DE PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA SALIDAS. ELABORACIÓN PROPIA..... | 38 |
| FIGURA 17. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA SECTOR 1 LLEGADAS. ELABORACIÓN PROPIA. .. | 40 |
| FIGURA 18. PUNTOS CALIENTES DEL TMA VALENCIA SECTOR 1 SALIDAS. ELABORACIÓN PROPIA. | 40 |
| FIGURA 19. DIAGRAMA DEL MODELO DE SEPARACIÓN DE TRAZAS POR ATRIBUTOS. ELABORACIÓN PROPIA..... | 41 |
| FIGURA 20. PUNTOS CALIENTES DE LLEGADAS Y SALIDAS DE RYANAIR EN EL TMA VALENCIA. ELABORACIÓN PROPIA..... | 42 |
| FIGURA 21. PUNTOS CALIENTES DE LLEGADAS Y SALIDAS DE VUELING EN EL TMA VALENCIA. ELABORACIÓN PROPIA..... | 43 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 22. PUNTOS CALIENTES DE LLEGADAS Y SALIDAS DE EASY JET EN EL TMA VALENCIA. ELABORACIÓN PROPIA..... | 44 |
| FIGURA 23. TIPOLOGÍA DE ERRORES EN LA NAVEGACIÓN AÉREA. EXTRAÍDO DE CNS/ATM RESOURCE GUIDE [7]..... | 48 |
| FIGURA 24. DIAGRAMA DEL MODELO DE OBTENCIÓN DE LAS DISTANCIAS ENTRE PROCEDIMIENTO Y TRAZAS VERSIÓN 1. ELABORACIÓN PROPIA..... | 50 |
| FIGURA 25. DIAGRAMA DEL MODELO DE OBTENCIÓN DE LAS ESTADÍSTICAS DE GRADO DE SEGUIMIENTO. ELABORACIÓN PROPIA..... | 51 |
| FIGURA 26. DIAGRAMA DEL MODELO DE OBTENCIÓN DE LOS BUFFER DE REPRESENTACIÓN DEL GRADO DE SEGUIMIENTO. ELABORACIÓN PROPIA..... | 51 |
| FIGURA 27. NIVEL DE SEGUIMIENTO DEL PROCEDIMIENTO DE LLEGADA SOPET4D CON TRAZAS NO FILTRADAS. ELABORACIÓN PROPIA..... | 52 |
| FIGURA 28. RESULTADO DEL FILTRADO DE TRAZAS. ELABORACIÓN PROPIA..... | 53 |
| FIGURA 29. DIAGRAMA DEL MODELO DE OBTENCIÓN DE LAS DISTANCIAS ENTRE PROCEDIMIENTO Y TRAZAS VERSIÓN 2. ELABORACIÓN PROPIA..... | 54 |
| FIGURA 30. NIVEL DE SEGUIMIENTO DEL PROCEDIMIENTO DE LLEGADA SOPET4D CON TRAZAS FILTRADAS. ELABORACIÓN PROPIA..... | 54 |
| FIGURA 31. NIVEL DE SEGUIMIENTO DEL PROCEDIMIENTO DE LLEGADA SOPET4D CON TRAZAS FILTRADAS PERFECCIONADO. ELABORACIÓN PROPIA..... | 56 |
| FIGURA 32. NIVEL DE SEGUIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LLEGADAS CON TRAZAS FILTRADAS PERFECCIONADO. ELABORACIÓN PROPIA. | 56 |
| FIGURA 33. NIVEL DE SEGUIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SALIDAS CON TRAZAS FILTRADAS PERFECCIONADO. ELABORACIÓN PROPIA. | 57 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| TABLA 1. DETALLE DE LA VALORACIÓN DE CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE LA FUENTE DE DATOS DE REGISTRO DE OPERACIONES..... | 16 |
| TABLA 2. CAMPOS DE LA TABLA DE ATRIBUTOS DE LOS SHAPEFILES DE LOS TRACKS REGISTRADOS.... | 24 |
| TABLA 3. DETALLE DE LOS RESULTADOS DE SELECCIÓN DE LA CELDA PARA EL ESTUDIO DEL USO DEL ESPACIO AÉREO DEL TMA VALENCIA. | 33 |
| TABLA 4. DETALLE DE LOS RESULTADOS DE SELECCIÓN DE LA CELDA PARA EL ESTUDIO DEL USO DEL ESPACIO AÉREO DEL ÁREA 1 DEL TMA VALENCIA. | 39 |
| TABLA 5. RECUENTO DE PUNTOS CAPTURADOS POR AEROLÍNEA. | 42 |

Anexos

1. Presupuesto del proyecto

1.1. Consideraciones generales

El presupuesto del proyecto se desarrolla en función de las horas de uso de cada recurso y la tasa horaria o coste horario del recurso en función de si el mismo es de material y software o de capital humano. La tasa horaria se obtendrá considerando que los recursos no tienen un valor residual al final de su vida de amortización, mientras que el coste horario se obtendrá asumiendo una jornada laboral equivalente a 1840 horas laborables anuales. En las siguientes tablas, se muestra el coste de horario o la tasa horaria de cada recurso empleado, según corresponda.

| Perfil | Salario Bruto Anual | Coste Horario |
|---------------------------------|---------------------|---------------|
| Ingeniero Aeronáutico Junior | 22.000,00 € | 11,96 €/h |
| Profesor Titular de Universidad | 35.000,00 € | 19,02 €/h |

| Material o Software | Importe | Amortización | Tasa horaria |
|---|------------|--------------|--------------|
| ArcGIS 10.1 for Desktop Standard Single Use License | 4.200,00 € | 12 meses | 0,48 €/h |
| MatLab R2018a Standard License | 800,00 € | 12 meses | 0,09 €/h |
| MatLab R2019a Standard License | 800,00 € | 12 meses | 0,09 €/h |
| AutoCAD 2019 Standard License | 2.227,00 € | 12 meses | 0,25 €/h |
| Office 2019 Standard License | 299,00 € | 12 meses | 0,03 €/h |
| Lenovo Ideapad 310-15iKB 15" Core i7 2.7 GHz - HDD 1 TB | 940,00 € | 120 meses | 0,01 €/h |

1.2. Presupuesto desglosado

| Concepto | Perfil | Horas | Total |
|---|---------------------------------|--------------|-------------------|
| Consulta de bibliografía y redacción de memoria | Ingeniero Aeronáutico Junior | 50 h | 597,83 € |
| Programación Recogida de datos | Ingeniero Aeronáutico Junior | 30 h | 358,70 € |
| Programación Conversión de datos | Ingeniero Aeronáutico Junior | 20 h | 239,13 € |
| Programación Manejo de datos | Ingeniero Aeronáutico Junior | 5 h | 59,78 € |
| Trazado de planos | Ingeniero Aeronáutico Junior | 10 h | 119,57 € |
| Tutorización | Profesor Titular de Universidad | 135 h | 2.567,93 € |
| Revisión Recogida de datos | Ingeniero Aeronáutico Junior | 45 h | 538,04 € |
| Programar análisis de HotSpot | Ingeniero Aeronáutico Junior | 20 h | 239,13 € |
| Análisis de HotSpot | Ingeniero Aeronáutico Junior | 15 h | 179,35 € |
| Programar análisis de seguimiento | Ingeniero Aeronáutico Junior | 20 h | 239,13 € |
| Análisis de seguimiento | Ingeniero Aeronáutico Junior | 20 h | 239,13 € |
| Total | | 370 h | 5.377,72 € |

| Concepto | Material o Software | Horas | Total |
|---|---|---------------|-----------------|
| Conversión de trazas de csv a shp | ArcGIS 10.1 for Desktop Standard Single Use License | 5 h | 2,40 € |
| Recogida de datos de trazas | MatLab R2018a Standard License | 720 h | 65,75 € |
| Conversión de trazas de txt a dxf | MatLab R2018a Standard License | 384 h | 35,07 € |
| Conversión de trazas de txt a csv | MatLab R2019a Standard License | 5 h | 0,46 € |
| Conversión de trazas de txt a dxf | AutoCAD 2019 Standard License | 384 h | 97,62 € |
| Consulta de bibliografía y redacción de memoria | Office 2019 Standard License | 50 h | 1,71 € |
| Unificación de trazas en un solo shp | ArcGIS 10.1 for Desktop Standard Single Use License | 2 h | 0,96 € |
| Trazado de planos | ArcGIS 10.1 for Desktop Standard Single Use License | 10 h | 4,79 € |
| Análisis de Hot Spot | ArcGIS 10.1 for Desktop Standard Single Use License | 50 h | 23,97 € |
| Análisis de Seguimiento de rutas | ArcGIS 10.1 for Desktop Standard Single Use License | 50 h | 23,97 € |
| Total | | 1660 h | 256,70 € |

1.3. Presupuesto agrupado por recurso

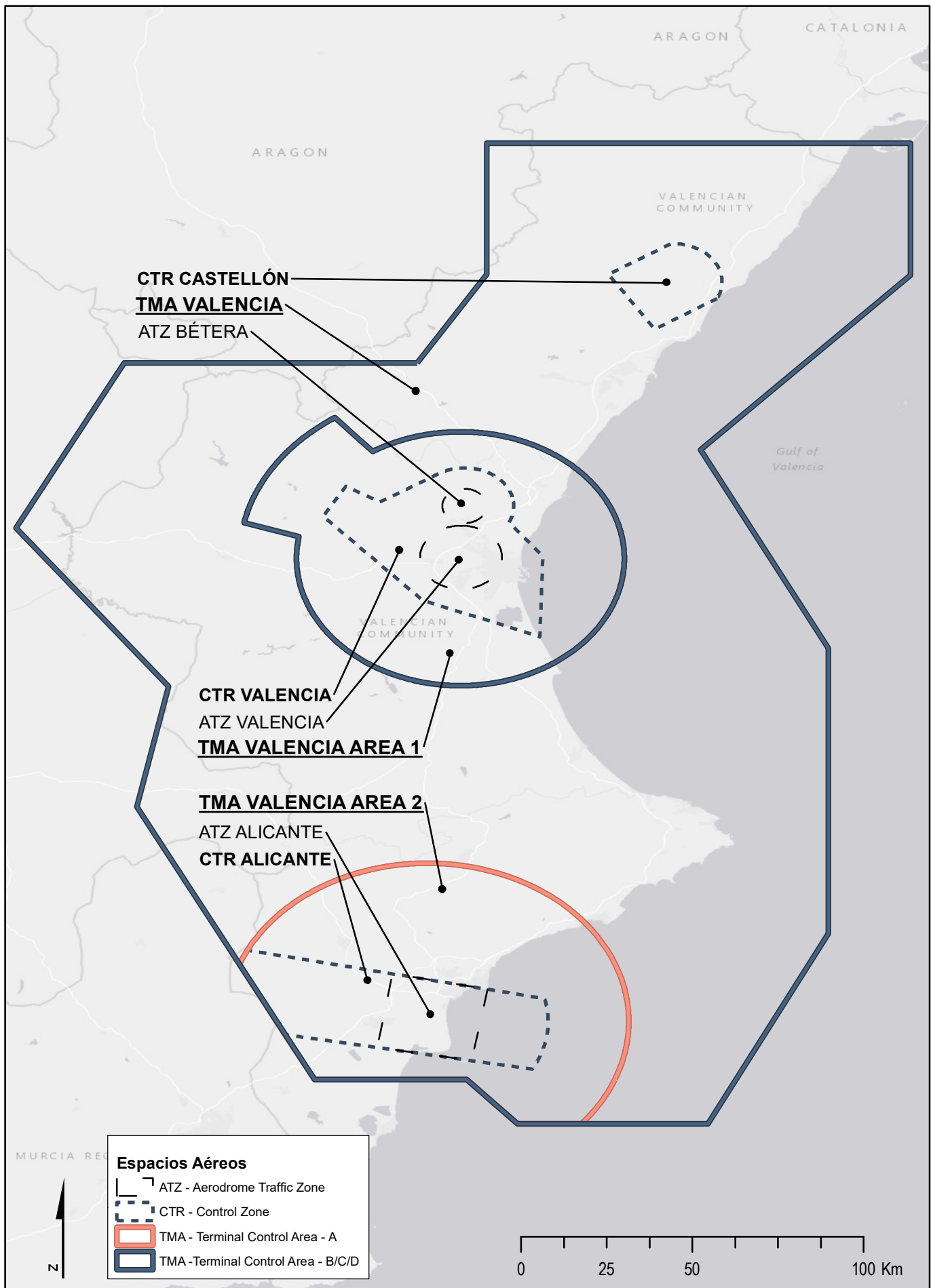
| Perfil | Horas | Total |
|---------------------------------|--------------|-------------------|
| Ingeniero Aeronáutico Junior | 235 h | 2.809,78 € |
| Profesor Titular de Universidad | 135 h | 2.567,93 € |
| Total | 370 h | 5.377,72 € |

| Material o Software | Horas | Total |
|---|---------------|-----------------|
| ArcGIS 10.1 for Desktop Standard Single Use License | 117 h | 56,10 € |
| MatLab R2018a Standard License | 1104 h | 100,82 € |
| MatLab R2019a Standard License | 5 h | 0,46 € |
| AutoCAD 2019 Standard License | 384 h | 97,62 € |
| Office 2019 Standard License | 50 h | 1,71 € |
| Lenovo Ideapad 310-15iKB 15" Core i7 2.7 GHz - HDD 1 TB | 1660 h | 17,81 € |
| Total | 3320 h | 274,52 € |

| Recurso | Horas | Total |
|---------------------|---------------|-------------------|
| Humano | 370 h | 5.377,72 € |
| Material o Software | 3320 h | 274,52 € |
| Total | 3690 h | 5.652,23 € |

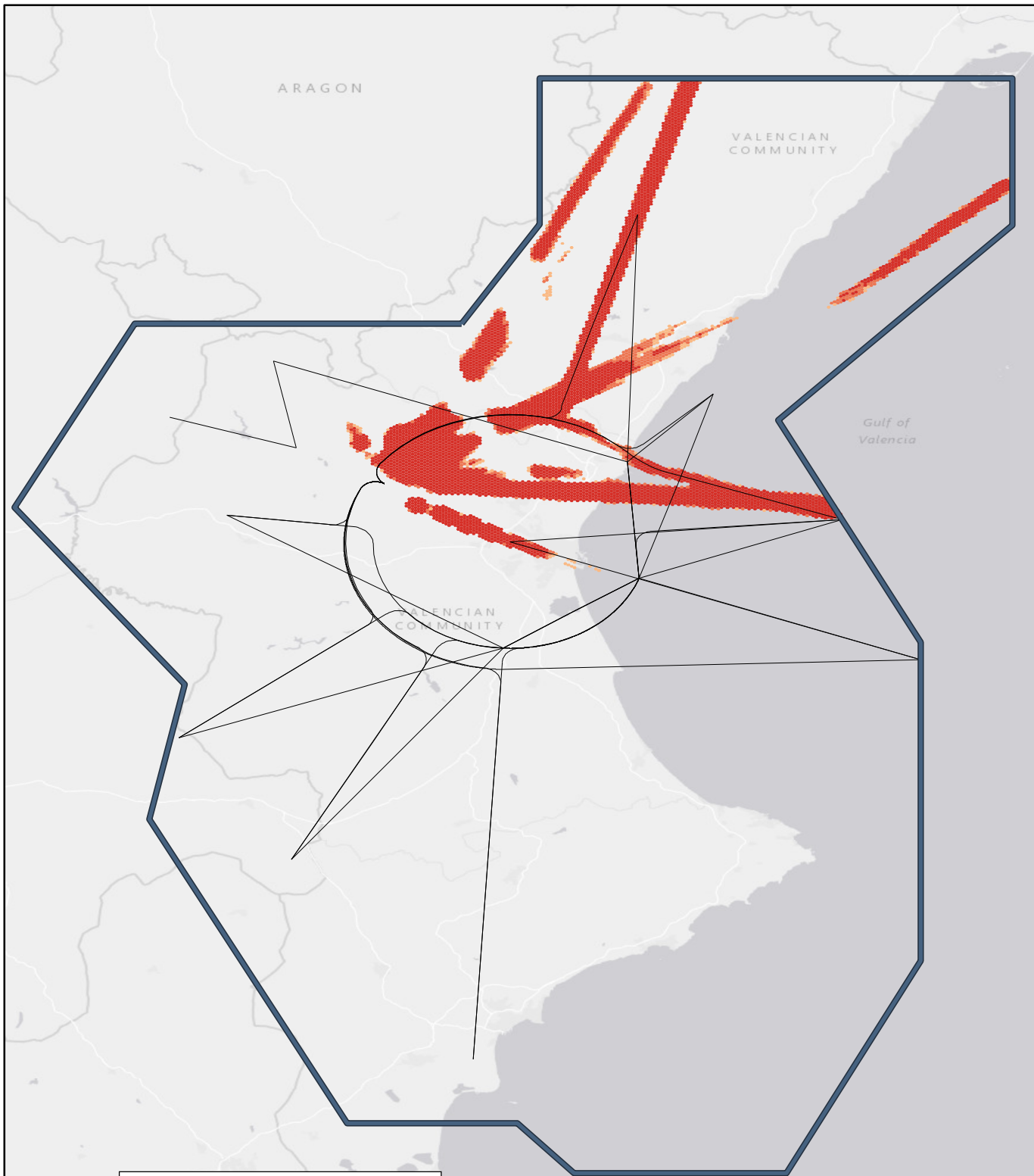
2. Planos

- Plano 01. Espacios aéreos TMA Valencia – Área de estudio
- Plano 02. Puntos Calientes – Llegadas TMA Valencia
 - A. Puntos Calientes (Gi-Bin) – Llegadas TMA Valencia
 - B. Puntos Calientes (Z score) – Llegadas TMA Valencia
- Plano 03. Puntos Calientes – Salidas TMA Valencia
 - A. Puntos Calientes (Gi-Bin) – Salidas TMA Valencia
 - B. Puntos Calientes (Z score) – Salidas TMA Valencia
- Plano 04. Puntos Calientes – Llegadas TMA Valencia Sector 1
 - A. Puntos Calientes (Gi-Bin) – Llegadas TMA Valencia Sector 1
 - B. Puntos Calientes (Z score) – Llegadas TMA Valencia Sector 1
- Plano 05. Puntos Calientes – Salidas TMA Valencia Sector 1
 - A. Puntos Calientes (Gi-Bin) – Salidas TMA Valencia Sector 1
 - B. Puntos Calientes (Z score) – Salidas TMA Valencia Sector 1
- Plano 06. Puntos Calientes – Ryanair TMA Valencia
 - A. Puntos Calientes (Z score) – Ryanair Llegadas TMA Valencia
 - B. Puntos Calientes (Z score) – Ryanair Salidas TMA Valencia
- Plano 07. Puntos Calientes – Vueling TMA Valencia
 - A. Puntos Calientes (Z score) – Vueling Llegadas TMA Valencia
 - B. Puntos Calientes (Z score) – Vueling Salidas TMA Valencia
- Plano 08. Puntos Calientes – Easy Jet TMA Valencia
 - A. Puntos Calientes (Z score) – Easy Jet Llegadas TMA Valencia
 - B. Puntos Calientes (Z score) – Easy Jet Salidas TMA Valencia
- Plano 09. Nivel de Seguimiento – TMA Valencia Sector 1
 - A. Nivel de Seguimiento – Llegadas TMA Valencia Sector 1
 - B. Nivel de Seguimiento – Salidas TMA Valencia Sector 1



| Espacios Aéreos | |
|-----------------|-------------------------------------|
| | ATZ - Aerodrome Traffic Zone |
| | CTR - Control Zone |
| | TMA - Terminal Control Area - A |
| | TMA - Terminal Control Area - B/C/D |

| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|-------------|-------------------------------------|-----------------------|--|
| Dibujado | 15/07/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Espacios aéreos TMA Valencia | | Número |
| 1:1.500.000 | Área de estudio | | 01 |

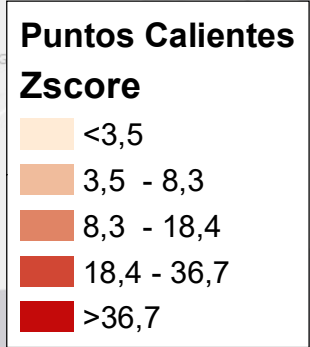
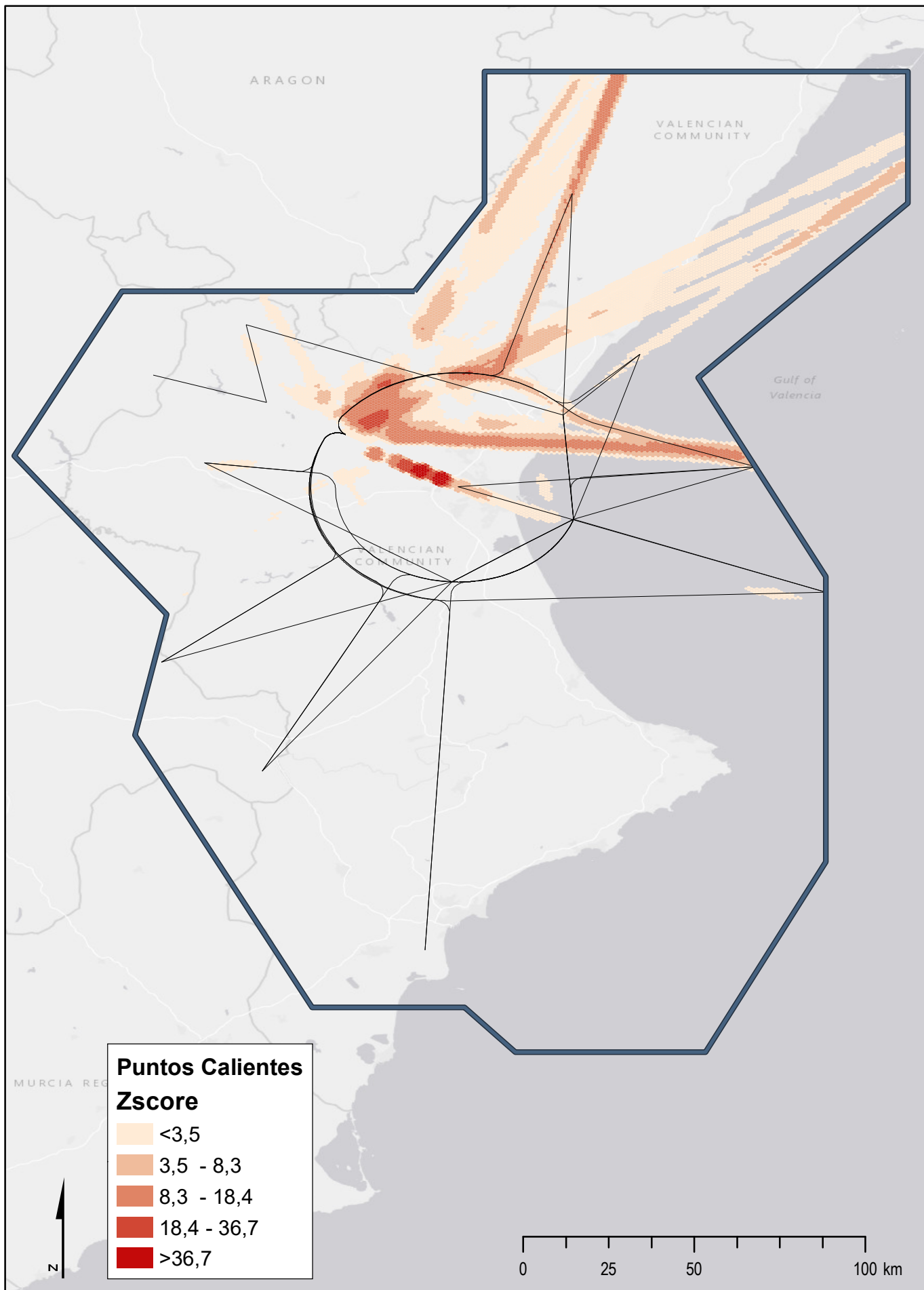


Puntos Calientes

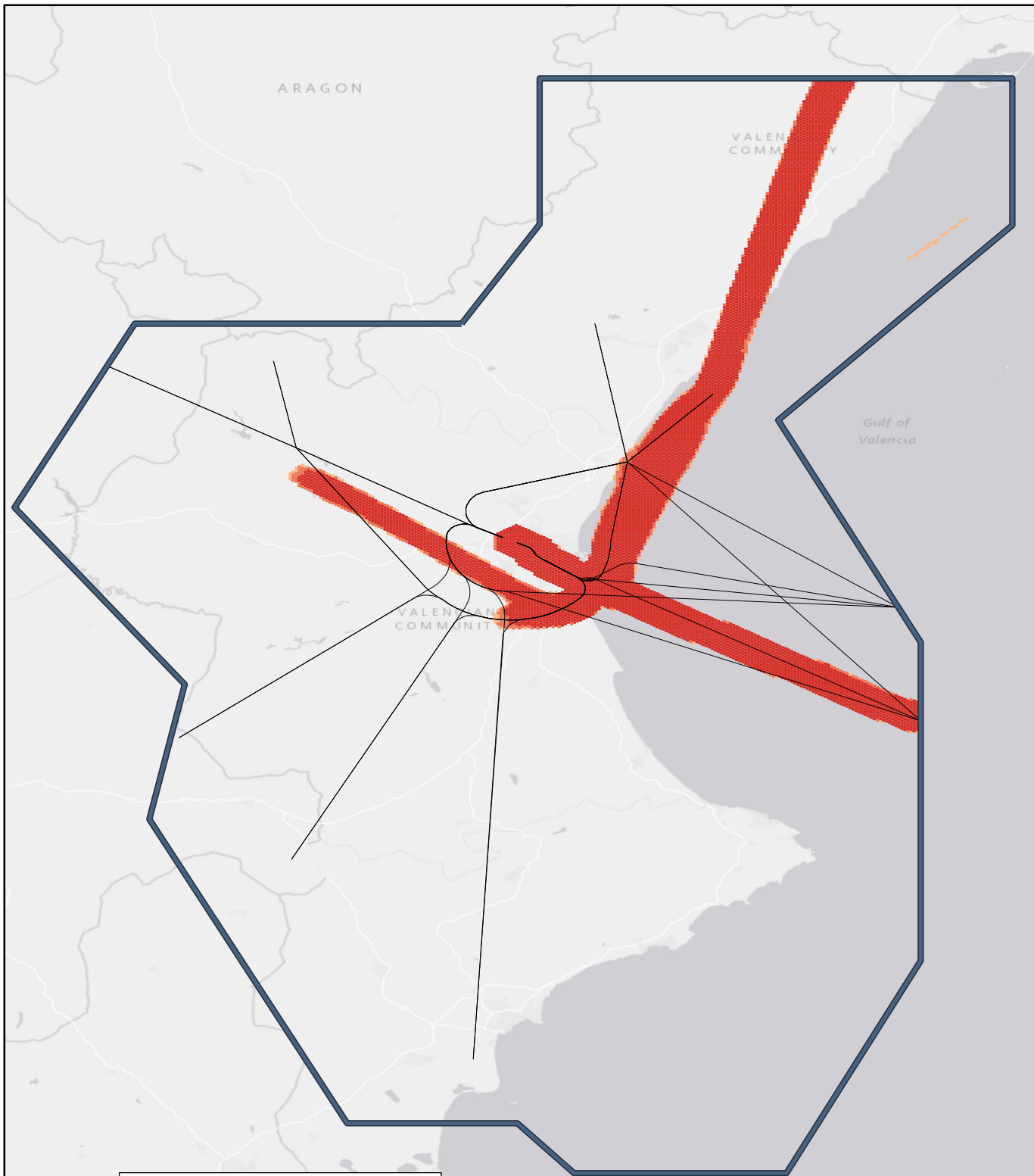
- Cold Spot - 99% Confidence
- Cold Spot - 95% Confidence
- Cold Spot - 90% Confidence
- Not Significant
- Hot Spot - 90% Confidence
- Hot Spot - 95% Confidence
- Hot Spot - 99% Confidence



| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|-------------|----------------------------------|-----------------------|--|
| Dibujado | 25/08/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Gi Bin) | | Número |
| 1:1.500.000 | Llegadas TMA Valencia | | 02A |



| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|-------------|----------------------------------|-----------------------|--|
| Dibujado | 25/08/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) | | Número |
| 1:1.500.000 | Llegadas TMA Valencia | | 02B |

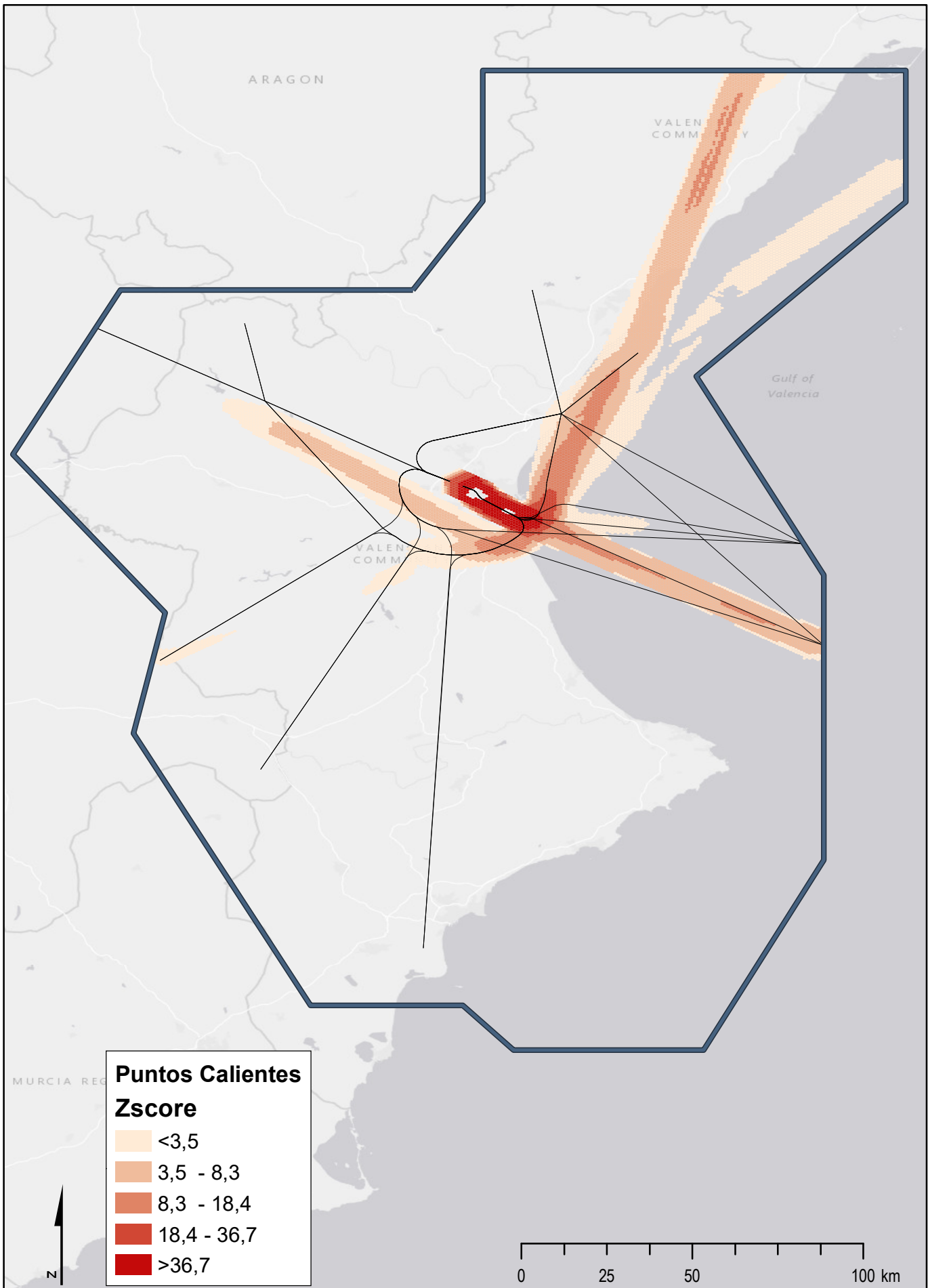


Puntos Calientes

- Cold Spot - 99% Confidence
- Cold Spot - 95% Confidence
- Cold Spot - 90% Confidence
- Not Significant
- Hot Spot - 90% Confidence
- Hot Spot - 95% Confidence
- Hot Spot - 99% Confidence



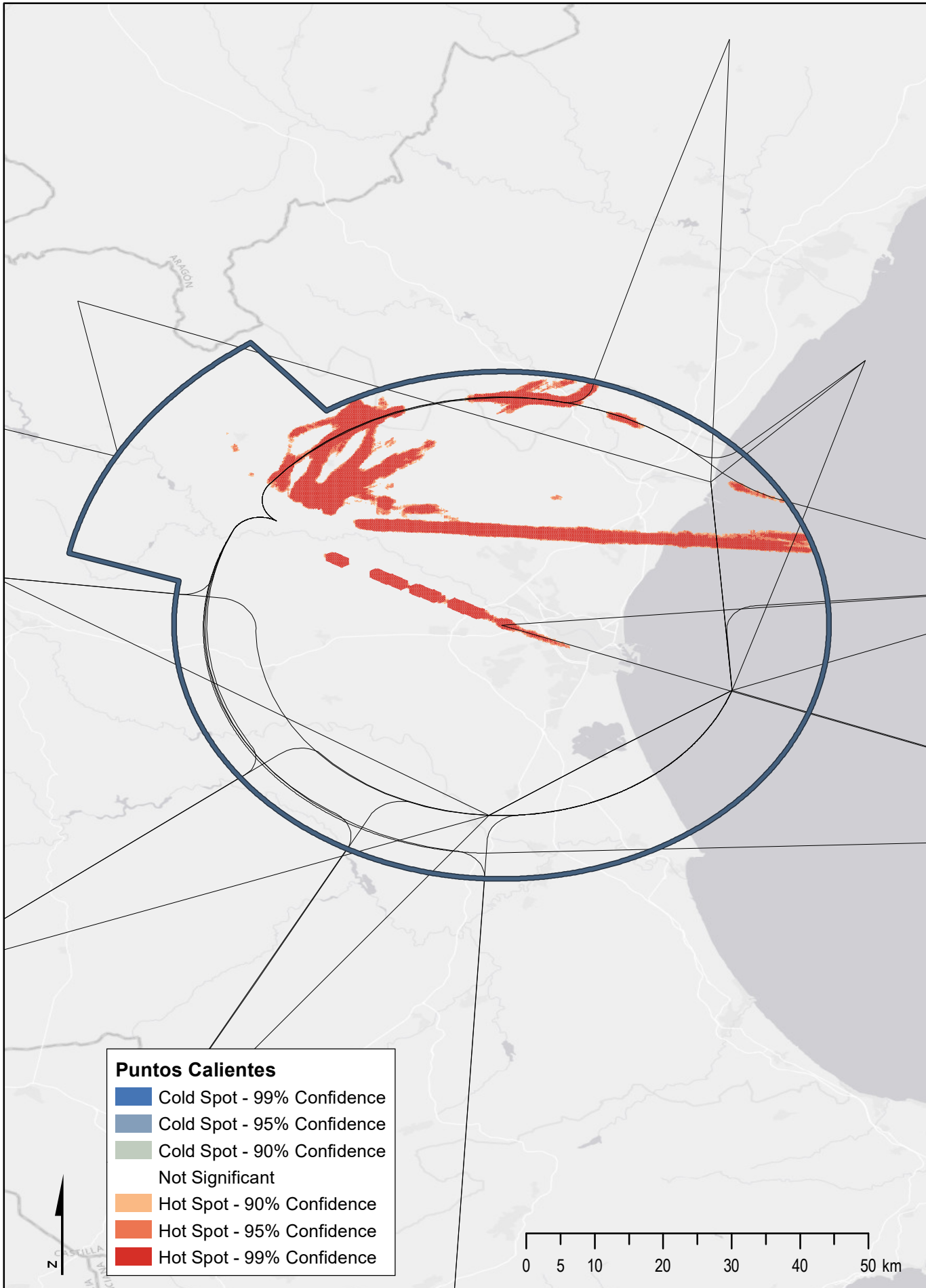
| | | | |
|-------------|---|-----------------------|--|
| | Fecha | Nombre | Razón Social |
| Dibujado | 25/08/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Gi Bin) Salidas TMA Valencia | | Número |
| 1:1.500.000 | | | 03A |



**Puntos Calientes
Zscore**

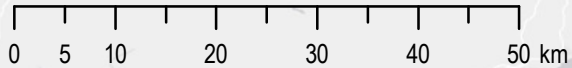
- <math><3,5</math>
- 3,5 - 8,3
- 8,3 - 18,4
- 18,4 - 36,7
- >36,7

| | | | |
|-------------|----------------------------------|-----------------------|---|
| | Fecha | Nombre | Razón Social |
| Dibujado | 25/08/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) | | Número |
| 1:1.500.000 | Salidas TMA Valencia | | 03B |

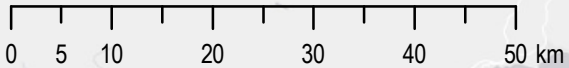
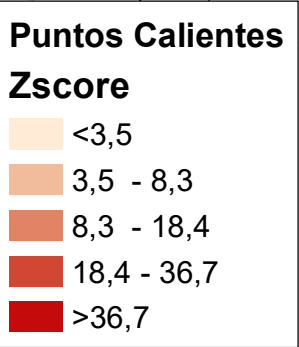
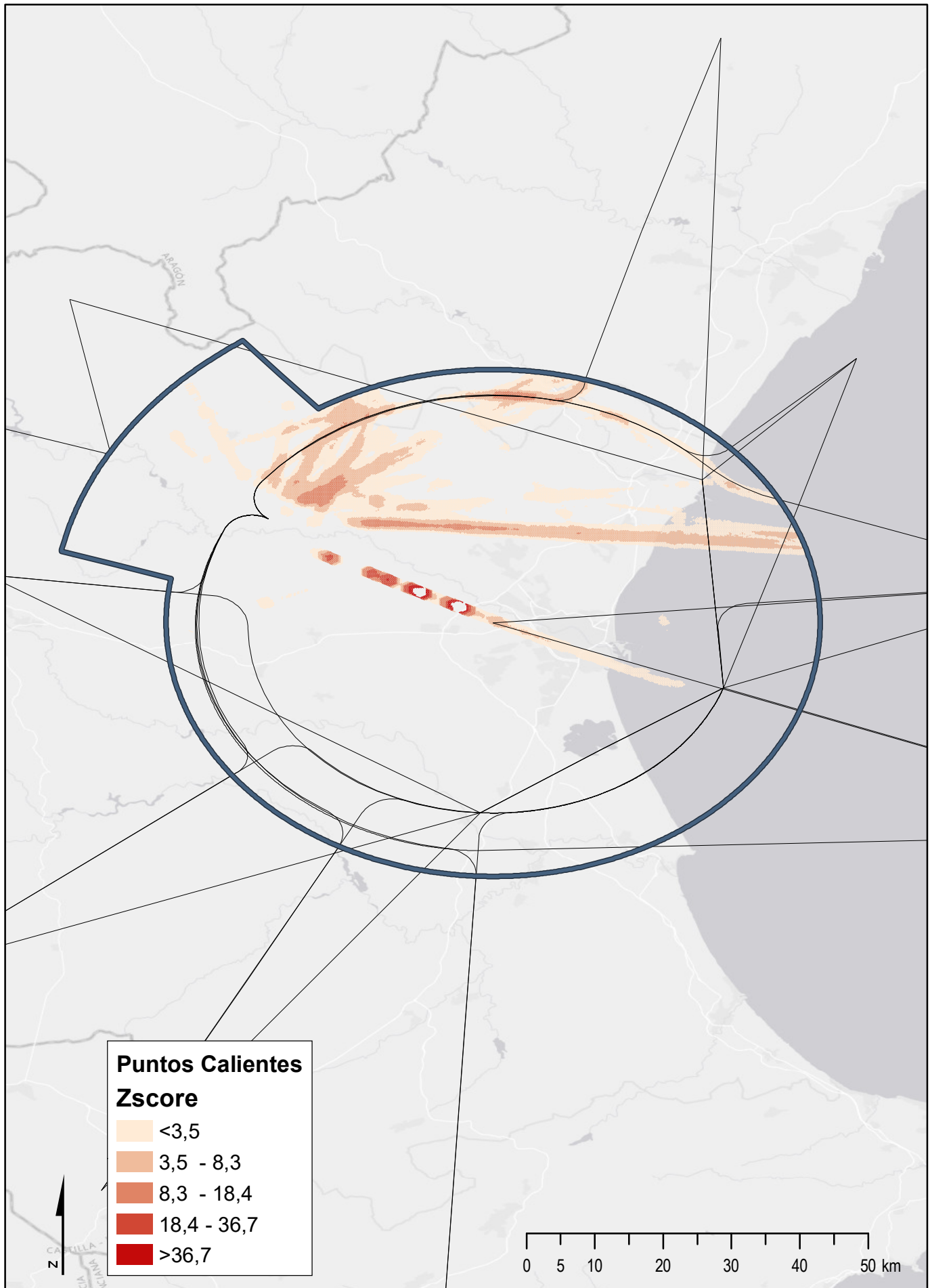


Puntos Calientes

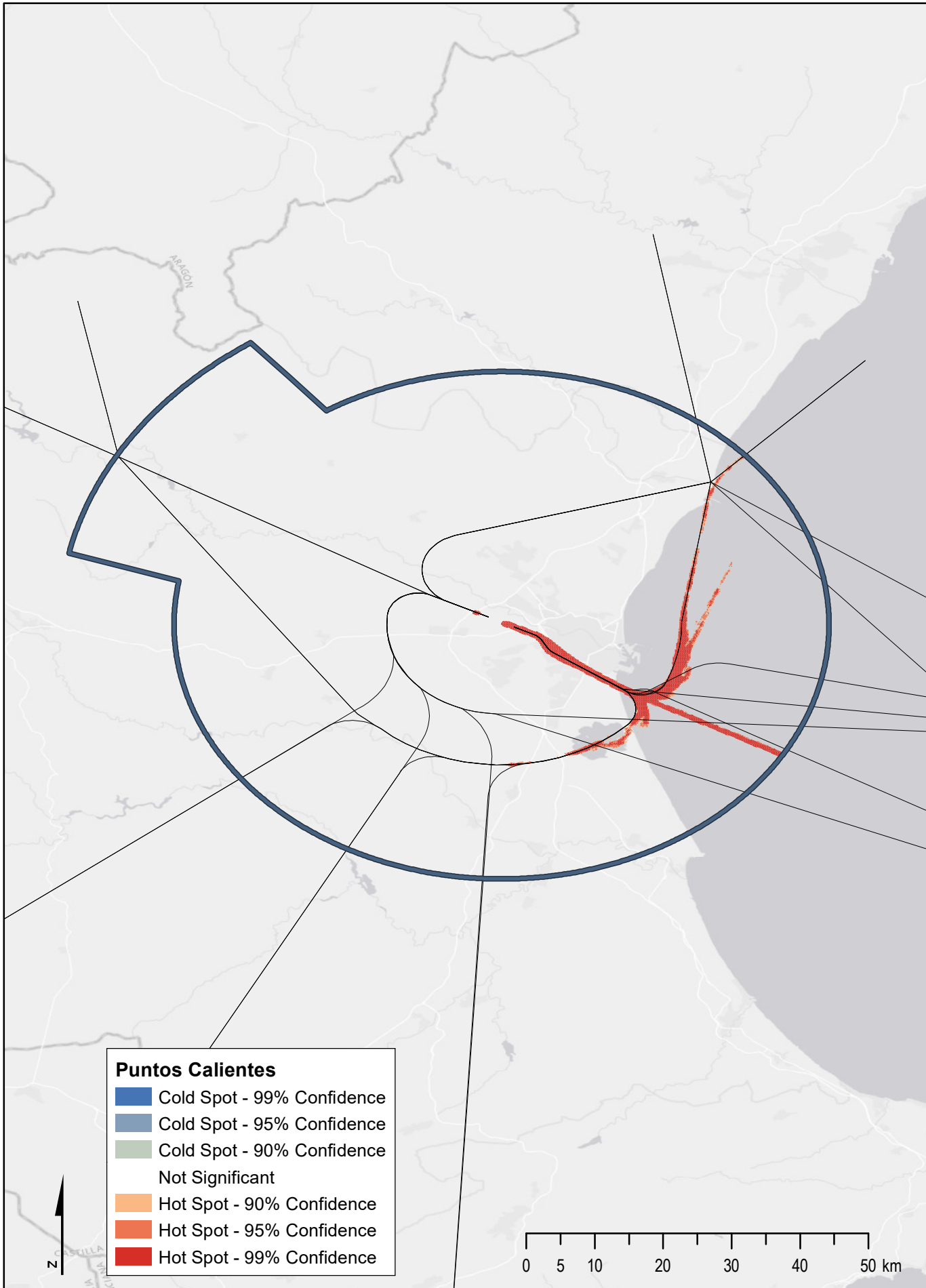
- Cold Spot - 99% Confidence
- Cold Spot - 95% Confidence
- Cold Spot - 90% Confidence
- Not Significant
- Hot Spot - 90% Confidence
- Hot Spot - 95% Confidence
- Hot Spot - 99% Confidence



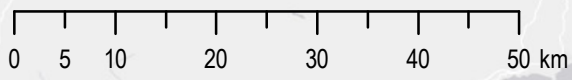
| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|------------|---|-----------------------|--|
| Dibujado | 01/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Gi Bin) Llegadas TMA Valencia Sector 1 | | Número |
| 1:750.000 | | | 04A |



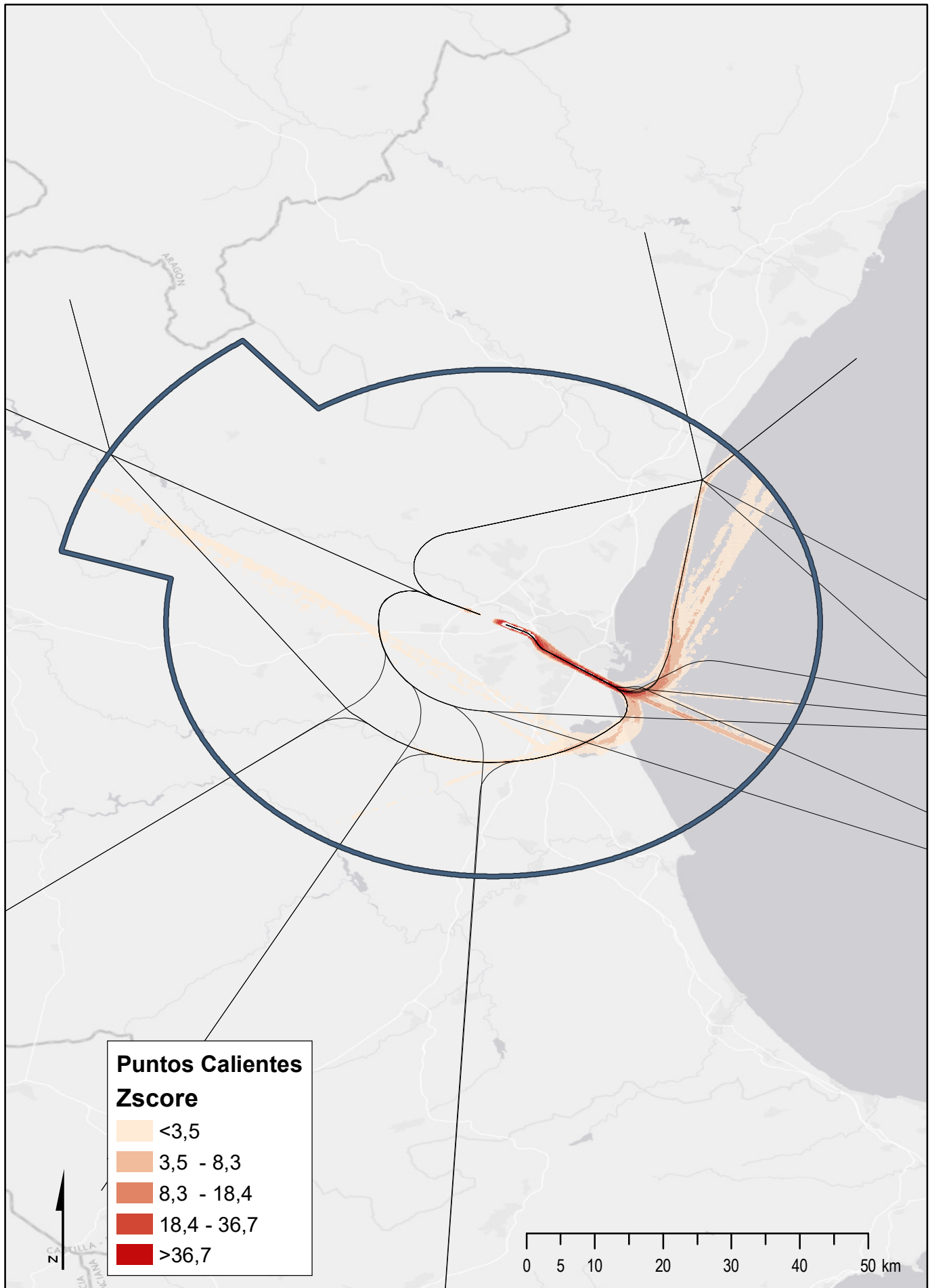
| | | | |
|------------|---------------------------------------|-----------------------|--|
| | Fecha | Nombre | Razón Social |
| Dibujado | 01/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) | | Número |
| 1:750.000 | Llegadas TMA Valencia Sector 1 | | 04B |



- Puntos Calientes**
- Cold Spot - 99% Confidence
 - Cold Spot - 95% Confidence
 - Cold Spot - 90% Confidence
 - Not Significant
 - Hot Spot - 90% Confidence
 - Hot Spot - 95% Confidence
 - Hot Spot - 99% Confidence

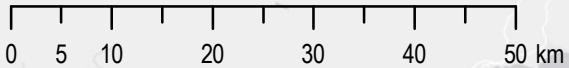


| | | | |
|------------|--------------------------------------|-----------------------|--|
| | Fecha | Nombre | Razón Social |
| Dibujado | 01/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Gi Bin) | | Número |
| 1:750.000 | Salidas TMA Valencia Sector 1 | | 05A |

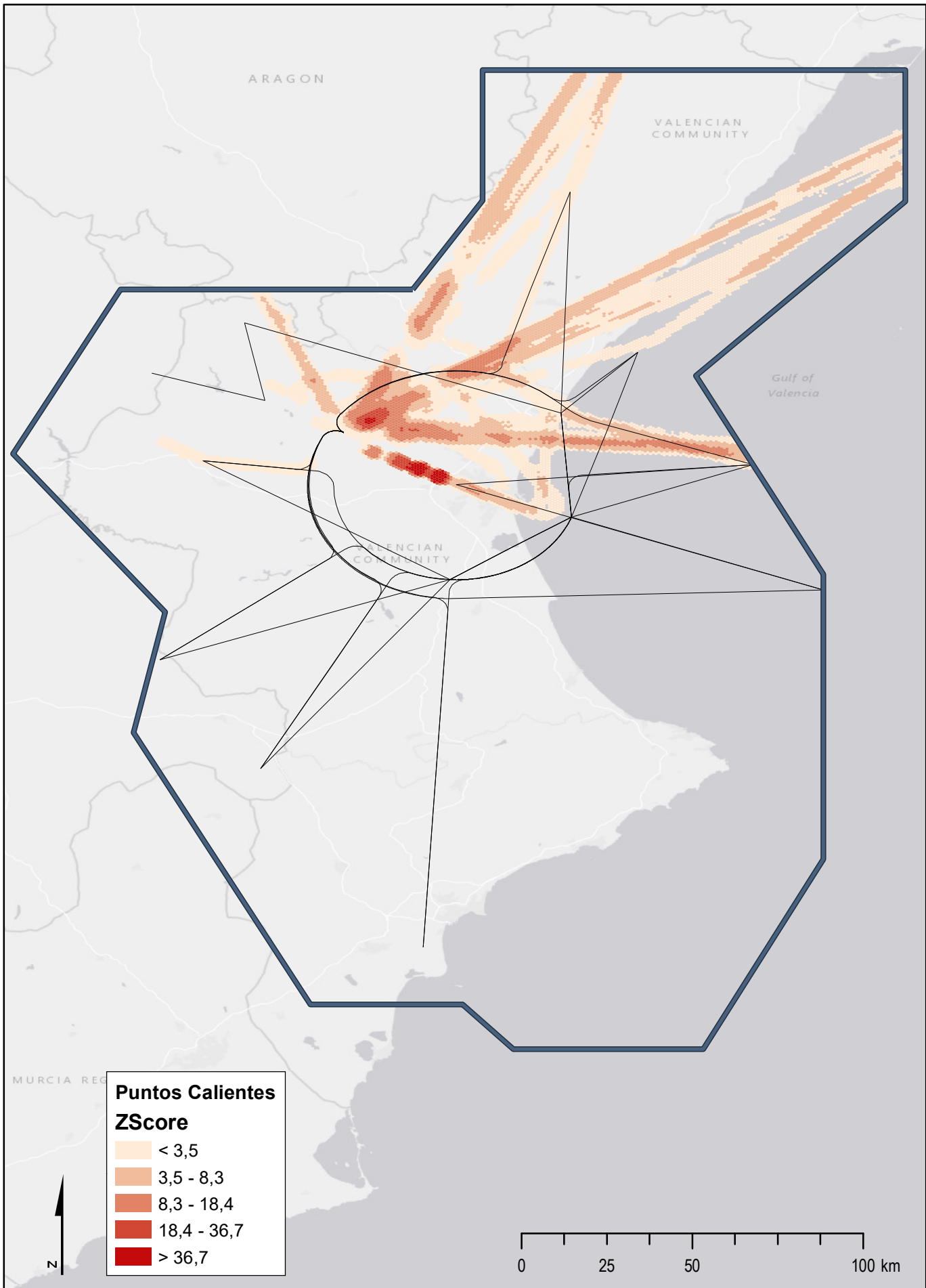


Puntos Calientes
Zscore

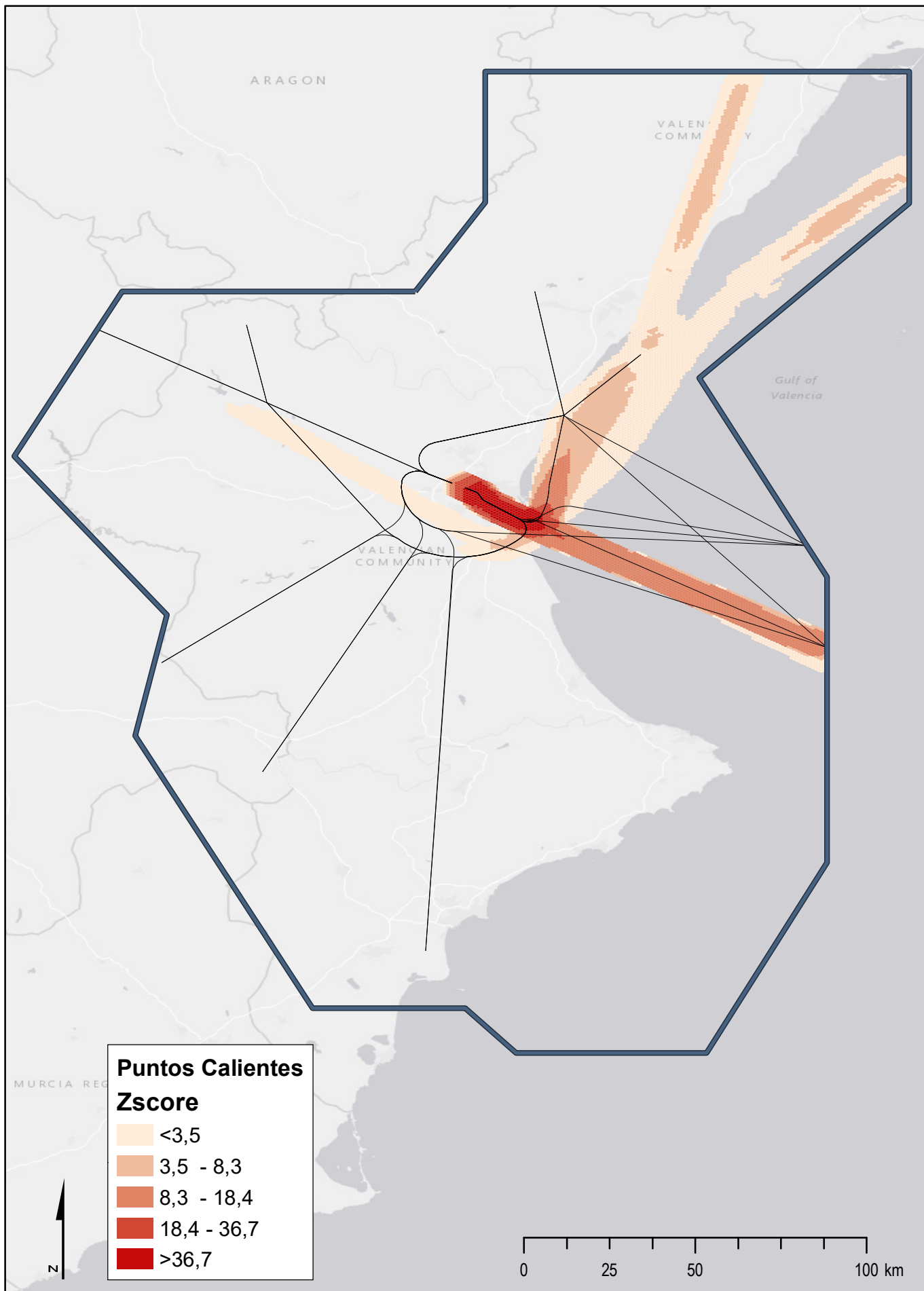
- <3,5
- 3,5 - 8,3
- 8,3 - 18,4
- 18,4 - 36,7
- >36,7



| | | | |
|------------|-------------------------------------|-----------------------|--|
| | Fecha | Nombre | Razón Social |
| Dibujado | 01/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) | | Número |
| 1:750.000 | SalidasTMA Valencia Sector 1 | | 05B |



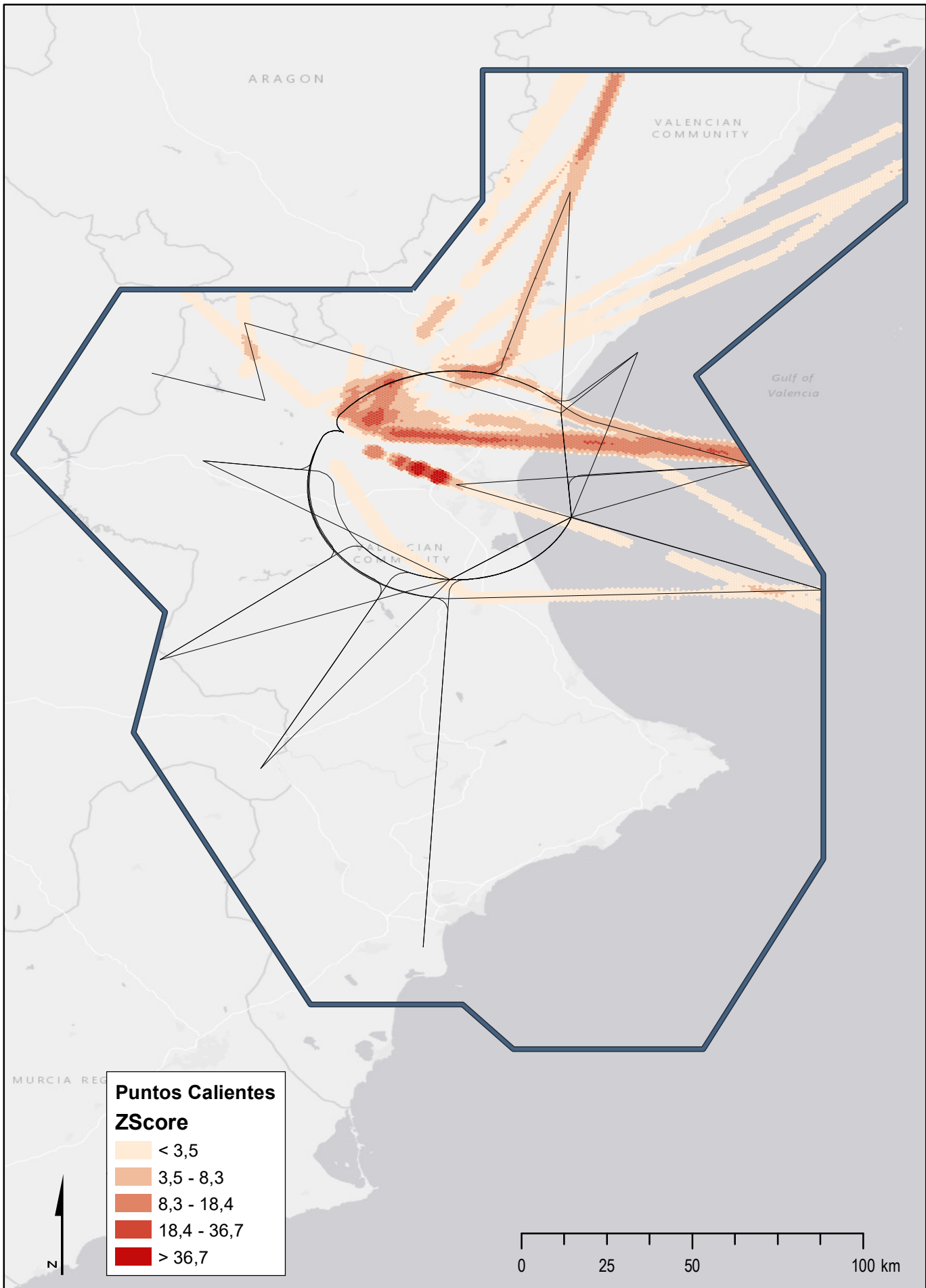
| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|-------------|--|-----------------------|--|
| Dibujado | 05/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) Ryanair | | Número |
| 1:1.500.000 | Llegadas TMA Valencia | | 06A |








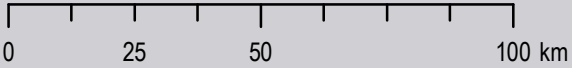
**Puntos Calientes
Zscore**

- <math><3,5</math>
- 3,5 - 8,3
- 8,3 - 18,4
- 18,4 - 36,7
- >36,7

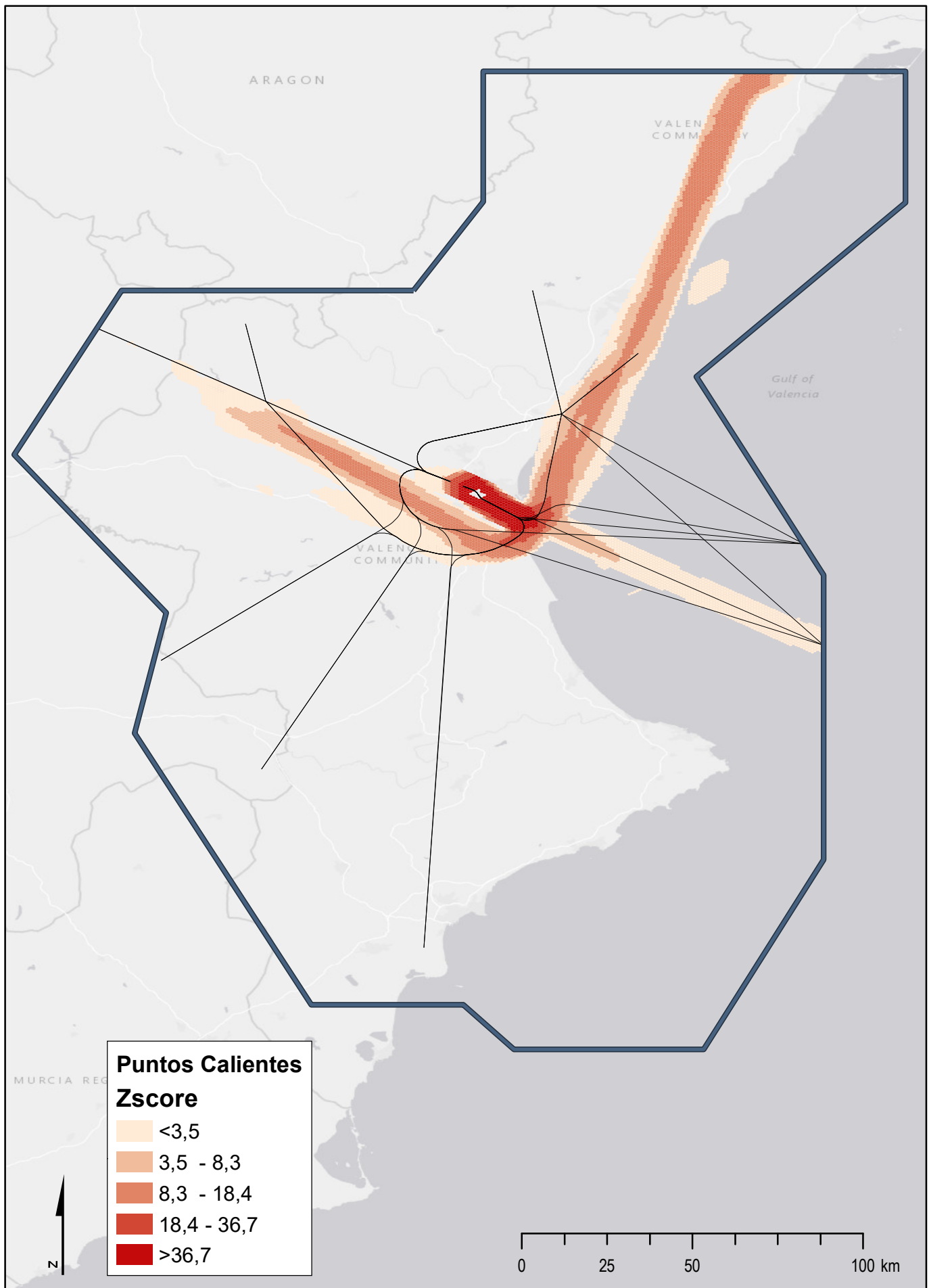
| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|-------------|---|-----------------------|--|
| Dibujado | 05/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) Ryanair Salidas TMA Valencia | | Número |
| 1:1.500.000 | | | 06B |



| Puntos Calientes ZScore | |
|---|-------------|
|  | < 3,5 |
|  | 3,5 - 8,3 |
|  | 8,3 - 18,4 |
|  | 18,4 - 36,7 |
|  | > 36,7 |



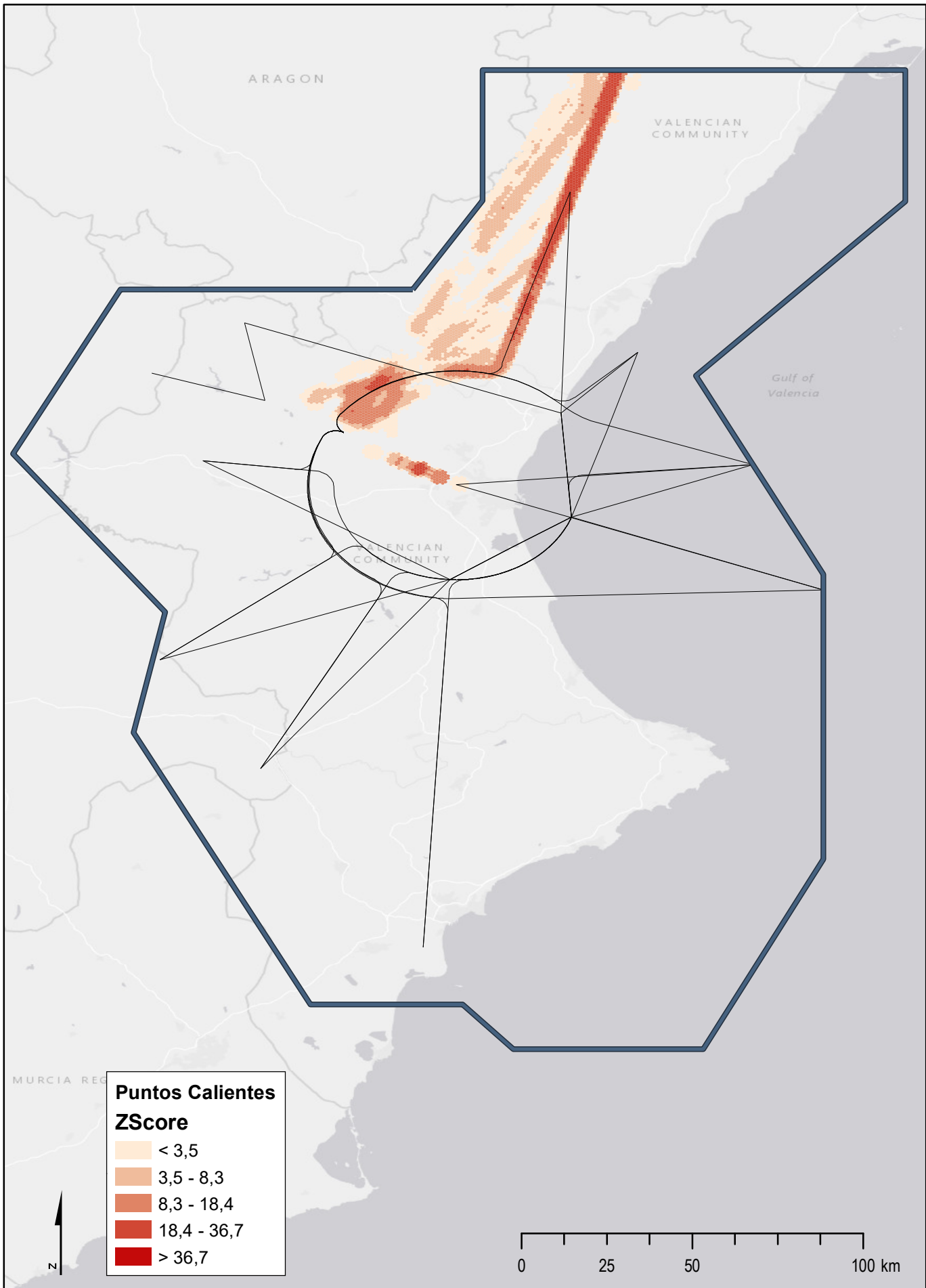
| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|-------------|--|-----------------------|--|
| Dibujado | 05/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) Vueling | | Número |
| 1:1.500.000 | Llegadas TMA Valencia | | 07A |



Puntos Calientes
Zscore

- <math><3,5</math>
- 3,5 - 8,3
- 8,3 - 18,4
- 18,4 - 36,7
- >36,7

| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|-------------|--|-----------------------|--|
| Dibujado | 05/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) Vueling | | Número |
| 1:1.500.000 | Salidas TMA Valencia | | 07B |

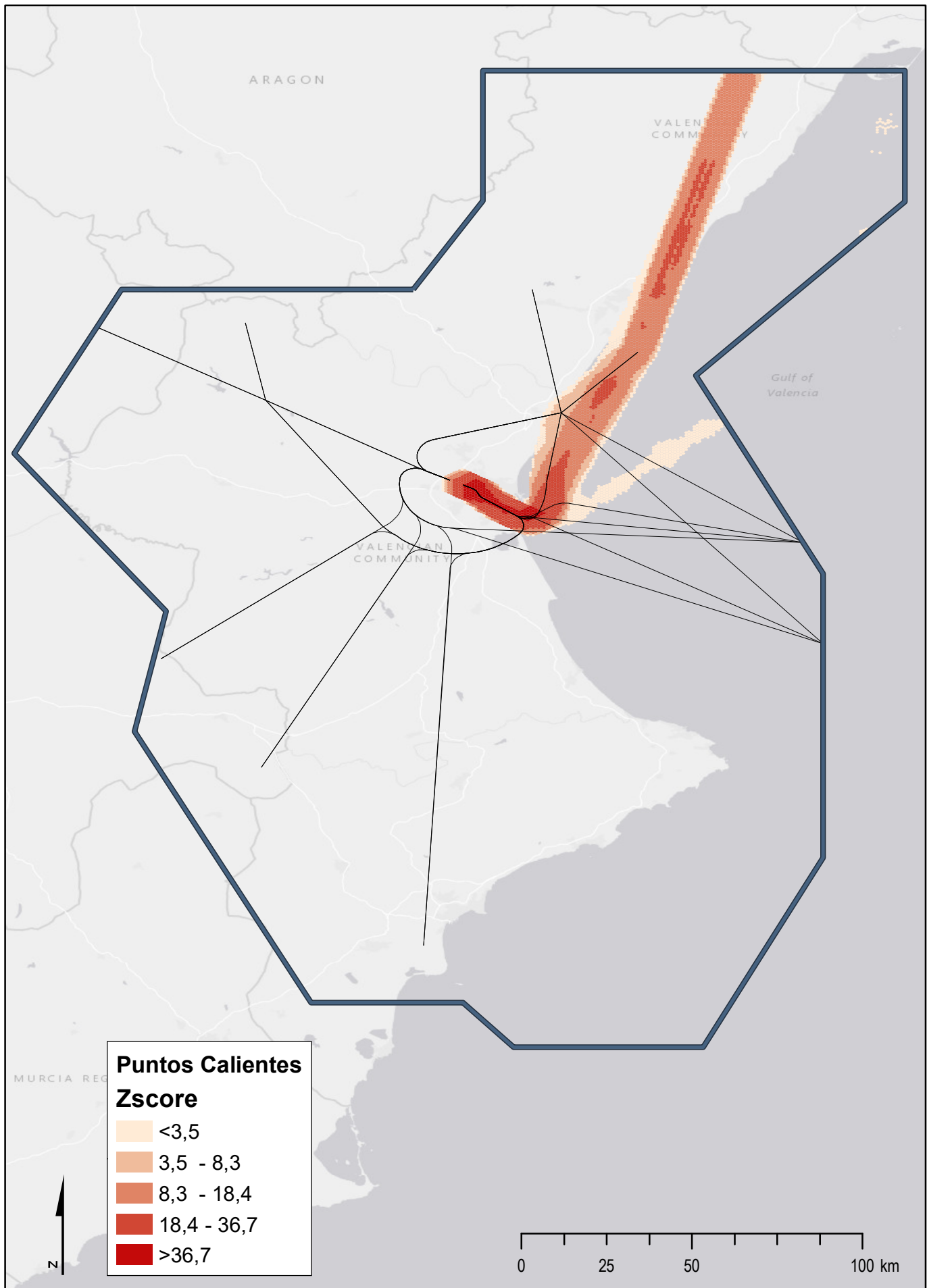


**Puntos Calientes
ZScore**

- < 3,5
- 3,5 - 8,3
- 8,3 - 18,4
- 18,4 - 36,7
- > 36,7

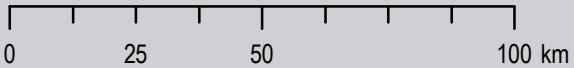


| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|-------------|---|-----------------------|--|
| Dibujado | 05/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) Easy Jet Llegadas TMA Valencia | | Número |
| 1:1.500.000 | | | 08A |

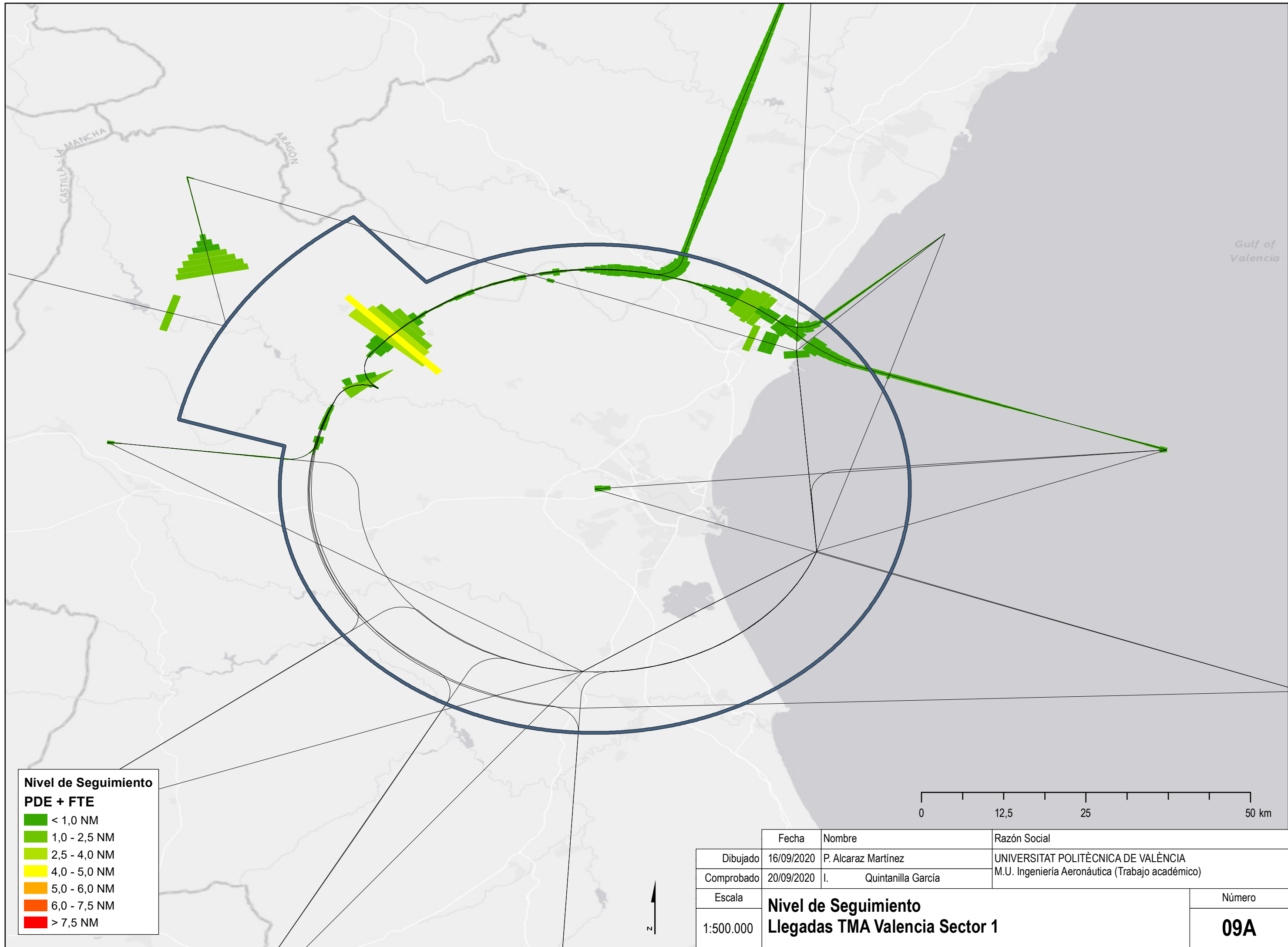


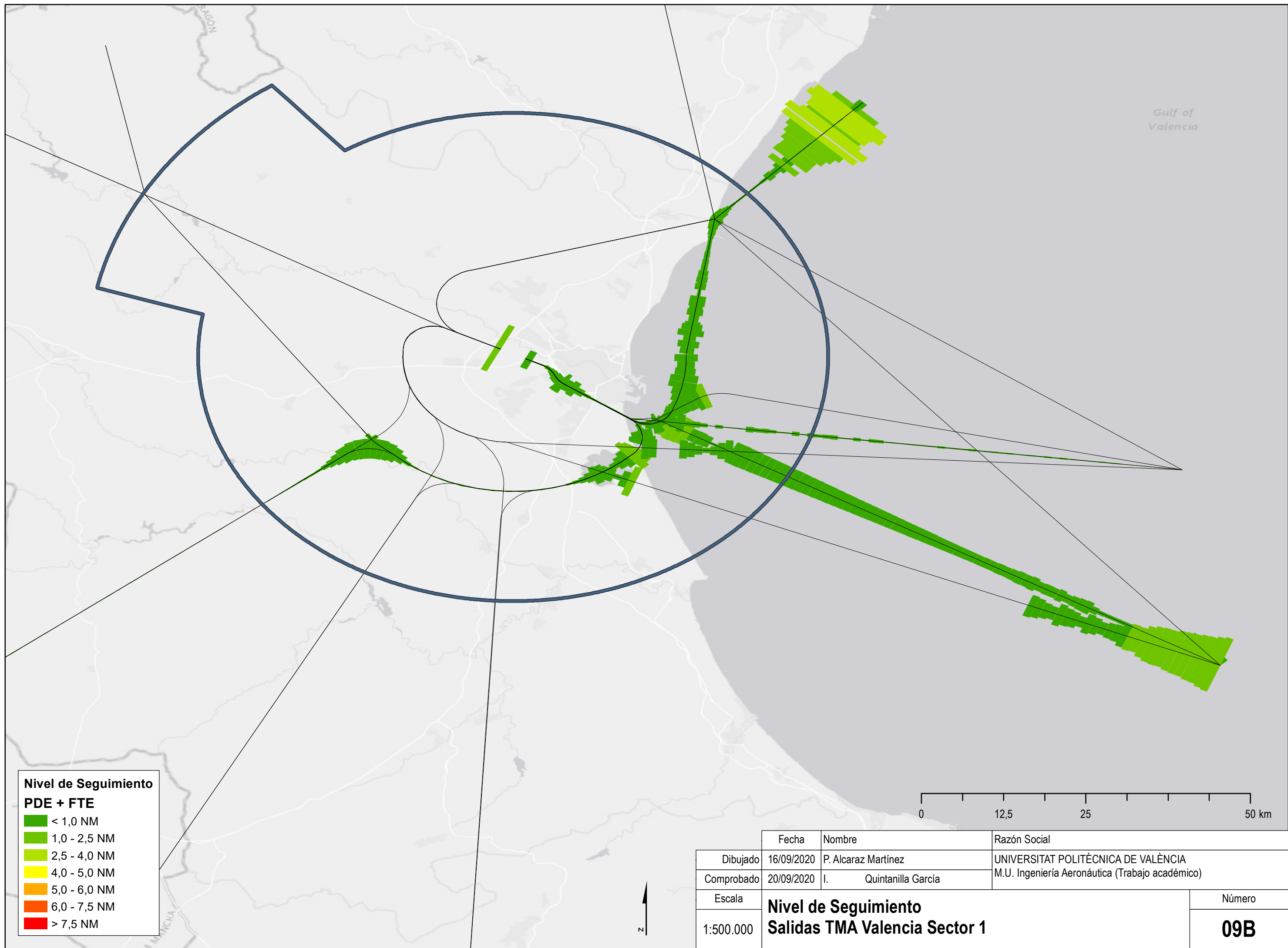
Puntos Calientes
Zscore

- <math><3,5</math>
- 3,5 - 8,3
- 8,3 - 18,4
- 18,4 - 36,7
- >36,7



| | Fecha | Nombre | Razón Social |
|-------------|---|-----------------------|--|
| Dibujado | 05/09/2020 | P. Alcaraz Martínez | UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA M.U. Ingeniería Aeronáutica (Trabajo académico) |
| Comprobado | 20/09/2020 | I. Quintanilla García | |
| Escala | Puntos Calientes (Zscore) Easy Jet | | Número |
| 1:1.500.000 | Salidas TMA Valencia | | 08B |





3. Cartas aeronáuticas

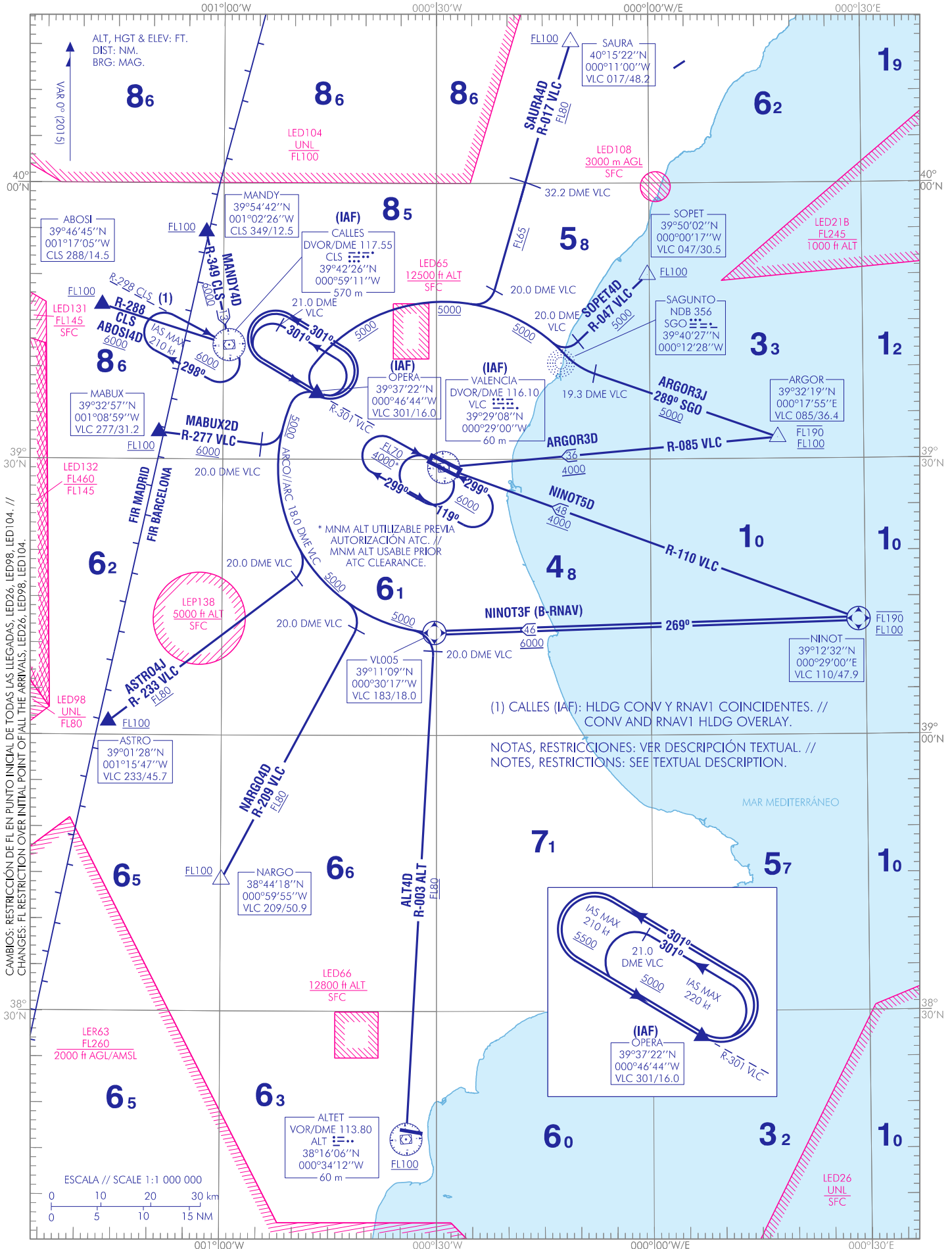
- CARTA DE LLEGADA NORMALIZADA VUELO POR INSTRUMENTOS (STAR) PISTA 12
- CARTA DE LLEGADA NORMALIZADA VUELO POR INSTRUMENTOS (STAR) PISTA 30
- CARTA DE SALIDA NORMALIZADA VUELO POR INSTRUMENTOS (SID) PISTA 12
- CARTA DE SALIDA NORMALIZADA VUELO POR INSTRUMENTOS (SID) PISTA 30

CARTA DE LLEGADA NORMALIZADA
VUELO POR INSTRUMENTOS (STAR)-OACI

TA 6000

APP 120.100
TWR 118.550

ABOSI4D ALT4D ARGOR3D ARGOR3J
ASTRO4J MABUX2D MANDY4D NARGO4D
NINOT5D NINOT3F SAURA4D SOPET4D



CAMBIOS: RESTRICCIÓN DE FL EN PUNTO INICIAL DE TODAS LAS LLEGADAS, LED26, LED98, LED104. //
CHANGES: FL RESTRICTION OVER INITIAL POINT OF ALL THE ARRIVALS, LED26, LED98, LED104.

(1) CALLES (IAF): HLDG CONV Y RNAV1 COINCIDENTES. //
CONV AND RNAV1 HLDG OVERLAY.
NOTAS, RESTRICCIÓNES: VER DESCRIPCIÓN TEXTUAL. //
NOTES, RESTRICTIONS: SEE TEXTUAL DESCRIPTION.

VALENCIA/Manises AD

→ LLEGADAS NORMALIZADAS POR INSTRUMENTOS (STAR)

NOTA APLICABLE A TODAS LAS STAR:

- AJUSTE DE VELOCIDAD
– IAS MAX 250 kt a FL100 o inferior.
– IAS 220 kt al abandonar el IAF CLS.

PISTA 12

LLEGADA ABOSI CUATRO DELTA (ABOSI4D)
ABOSI, DVOR/DME CLS (IAF).

NOTA:
CALLES (IAF) ESPERAS CONVENCIONAL Y RNAV1 COINCIDENTES.

LLEGADA ALTET CUATRO DELTA (ALT4D). Sujeta a la actividad de la LED66.
VOR/DME ALT, R-003 ALT / 20.0 DME VLC, ARCO 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

LLEGADA ARGOR TRES DELTA (ARGOR3D)
ARGOR, VOR/DME VLC (IAF).

LLEGADA ARGOR TRES JULIETT (ARGOR3J). Sujeta a la actividad de la LED65.
ARGOR, 289° SGO / 19.3 DME VLC, ARCO 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

LLEGADA ASTRO CUATRO JULIETT (ASTRO4J)
ASTRO, R-233 VLC / 20.0 DME VLC, ARCO 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

LLEGADA MABUX DOS DELTA (MABUX2D)
MABUX, R-277 VLC / 20.0 DME VLC, ARCO 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

LLEGADA MANDY CUATRO DELTA (MANDY4D)
MANDY, DVOR/DME CLS (IAF).

NOTA:
CALLES (IAF) ESPERAS CONVENCIONAL Y RNAV1 COINCIDENTES.

LLEGADA NARGO CUATRO DELTA (NARGO4D)
NARGO, R-209 VLC / 20.0 DME VLC, ARCO 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

LLEGADA NINOT CINCO DELTA (NINOT5D)
NINOT, DVOR/DME VLC (IAF).

LLEGADA NINOT TRES FOXTROT (NINOT3F) B-RNAV. Se requiere aprobación B-RNAV.
NINOT, VL005, ARCO 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

LLEGADA SAURA CUATRO DELTA (SAURA4D). Sujeta a la actividad de la LED65.
SAURA, R-017 VLC / 20.0 DME VLC, ARCO 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

LLEGADA SOPET CUATRO DELTA (SOPET4D). Sujeta a la actividad de la LED65.
SOPET, R-047 VLC / 20.0 DME VLC, ARCO 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

STANDARD INSTRUMENT ARRIVALS (STAR).

NOTE APPLICABLE TO ALL STAR:

- SPEED ADJUSTMENT
– MAX IAS 250 kt at FL100 or below.
– IAS 220 kt when leaving IAF CLS.

RUNWAY 12

ABOSI FOUR DELTA ARRIVAL (ABOSI4D)
ABOSI, DVOR/DME CLS (IAF).

NOTE: CALLES (IAF) CONVENTIONAL AND RNAV1 HOLDING PATTERNS OVERLAY.

ALTET FOUR DELTA ARRIVAL (ALT4D). Subject to LED66 activity.
VOR/DME ALT, R-003 ALT / 20.0 DME VLC, ARC 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

ARGOR THREE DELTA ARRIVAL (ARGOR3D)
ARGOR, VOR/DME VLC (IAF).

ARGOR THREE JULIETT ARRIVAL (ARGOR3J). Subject to LED65 activity.
ARGOR, 289° SGO / 19.3 DME VLC, ARC 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

ASTRO FOUR JULIETT ARRIVAL (ASTRO4J)
ASTRO, R-233 VLC / 20.0 DME VLC, ARC 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

MABUX TWO DELTA ARRIVAL (MABUX2D)
MABUX, R-277 VLC / 20.0 DME VLC, ARC 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

MANDY FOUR DELTA ARRIVAL (MANDY4D)
MANDY, DVOR/DME CLS (IAF).

NOTE: CALLES (IAF) CONVENTIONAL AND RNAV1 HOLDING PATTERNS OVERLAY.

NARGO FOUR DELTA ARRIVAL (NARGO4D)
NARGO, R-209 VLC / 20.0 DME VLC, ARC 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

NINOT FIVE DELTA ARRIVAL (NINOT5D)
NINOT, DVOR/DME VLC (IAF).

NINOT THREE FOXTROT ARRIVAL (NINOT3F) B-RNAV. B-RNAV approval required.
NINOT, VL005, ARC 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

SAURA FOUR DELTA ARRIVAL (SAURA4D). Subject to LED65 activity.
SAURA, R-017 VLC / 20.0 DME VLC, ARC 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

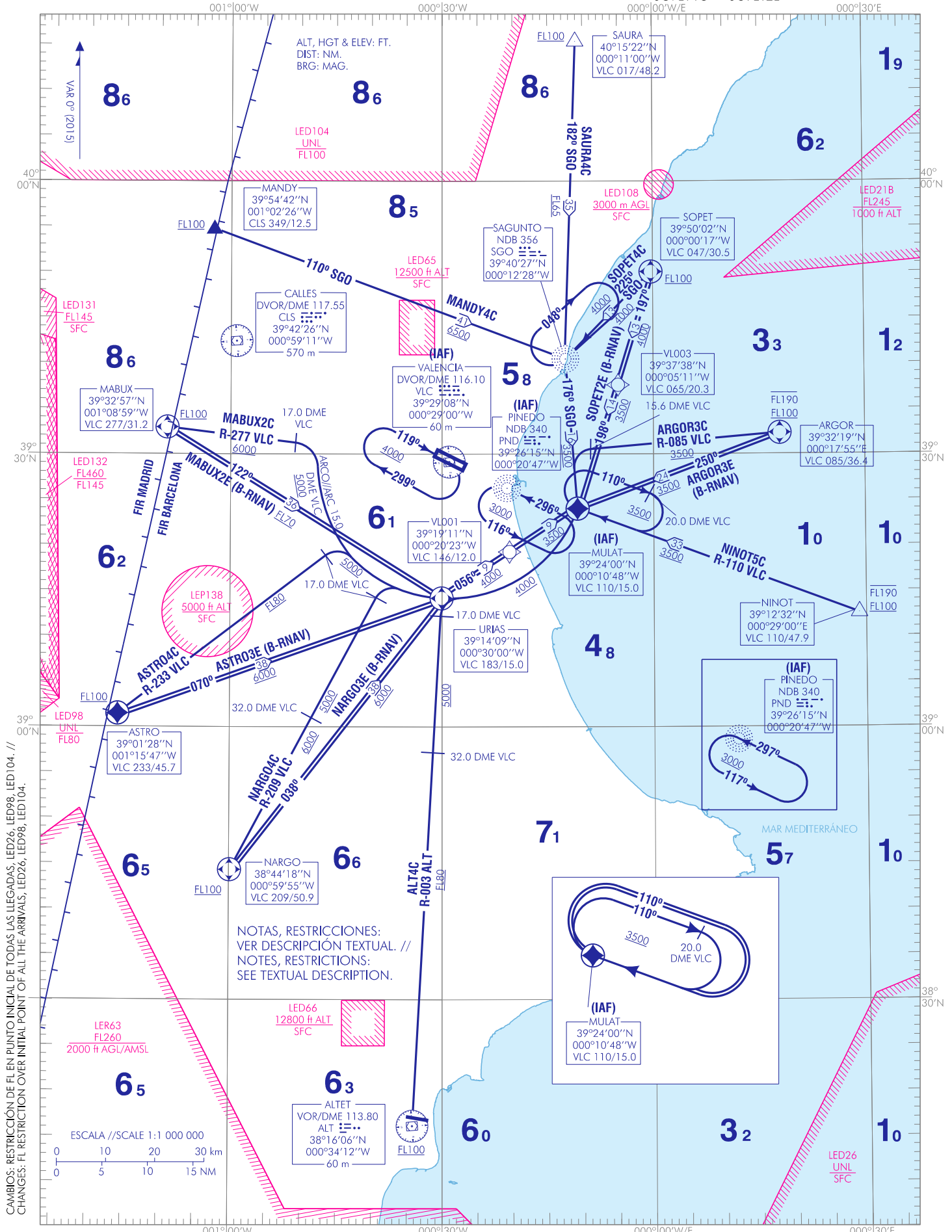
SOPET FOUR DELTA ARRIVAL (SOPET4D). Subject to LED65 activity.
SOPET, R-047 VLC / 20.0 DME VLC, ARC 18.0 DME VLC, OPERA (IAF).

CARTA DE LLEGADA NORMALIZADA
VUELO POR INSTRUMENTOS (STAR)-OACI

TA 6000

APP 120.100
TWR 118.550

ALT4C ARGOR3C ARGOR3E ASTRO4C
ASTRO3E MABUX2C MABUX2E MANDY4C
NARGO4C NARGO3E NINOT5C SAURA4C
SOPET4C SOPET2E



CAMBIOS: RESTRICCIÓN DE EL EN PUNTO INICIAL DE TODAS LAS LLEGADAS, LED26, LED98, LED104. // CHANGES: FL RESTRICTION OVER INITIAL POINT OF ALL THE ARRIVALS, LED26, LED98, LED104.

VALENCIA/Manises AD

→ LLEGADAS NORMALIZADAS POR INSTRUMENTOS (STAR)

NOTA APLICABLE A TODAS LAS STAR:

AJUSTE DE VELOCIDAD

- IAS MAX 250 kt a FL100 o inferior.
- IAS 220 kt al abandonar el IAF MULAT.

PISTA 30

LLEGADA ALTET CUATRO CHARLIE (ALT4C). Sujeta a la actividad de la LED66.
VOR/DME ALT, R-003 ALT / 17.0 DME VLC, ARCO 15.0 DME VLC, MULAT (IAF).

LLEGADA ARGOR TRES CHARLIE (ARGOR3C)
ARGOR, R-085 VLC / 15.6 DME VLC, 176° NDB SGO, MULAT (IAF).

LLEGADA ARGOR TRES ECHO (ARGOR3E) B-RNAV. Se requiere aprobación B-RNAV.
ARGOR, MULAT (IAF).

LLEGADA ASTRO CUATRO CHARLIE (ASTRO4C)
ASTRO, R-233 VLC / 17.0 DME VLC, ARCO 15.0 DME VLC, URIAS, ARCO 15.0 DME VLC, MULAT (IAF).

LLEGADA ASTRO TRES ECHO (ASTRO3E) B-RNAV o vectores radar. Se requiere aprobación B-RNAV.
ASTRO, URIAS, VL001, MULAT (IAF).

LLEGADA MABUX DOS CHARLIE (MABUX2C)
MABUX, R-277 VLC / 17.0 DME VLC, ARCO 15.0 DME VLC, URIAS, ARCO 15.0 DME VLC, MULAT (IAF).

LLEGADA MABUX DOS ECHO (MABUX2E) B-RNAV. Se requiere aprobación B-RNAV.
MABUX, URIAS, VL001, MULAT (IAF).

LLEGADA MANDY CUATRO CHARLIE (MANDY4C). Sujeta a la actividad de la LED65.
MANDY, NDB SGO, MULAT (IAF).

LLEGADA NARGO CUATRO CHARLIE (NARGO4C)
NARGO, R-209 VLC / 17.0 DME VLC, ARCO 15.0 DME VLC, URIAS, ARCO 15.0 DME VLC, MULAT (IAF).

LLEGADA NARGO TRES ECHO (NARGO3E) B-RNAV o vectores radar. Se requiere aprobación B-RNAV.
NARGO, URIAS, VL001, MULAT (IAF).

LLEGADA NINOT CINCO CHARLIE (NINOT5C)
NINOT, MULAT (IAF).

LLEGADA SAURA CUATRO CHARLIE (SAURA4C)
SAURA, NDB SGO, MULAT (IAF).

LLEGADA SOPET CUATRO CHARLIE (SOPET4C)
SOPET, NDB SGO, MULAT (IAF).

LLEGADA SOPET DOS ECHO (SOPET2E) B-RNAV o vectores radar. Se requiere aprobación B-RNAV.
SOPET, VL003, MULAT (IAF).

STANDARD INSTRUMENT ARRIVALS (STAR)

NOTE APPLICABLE TO ALL STAR:

SPEED ADJUSTMENT

- MAX IAS 250 kt at FL100 or below.
- IAS 220 kt when leaving IAF MULAT.

RUNWAY 30

ALTET FOUR CHARLIE ARRIVAL (ALT4C). Subject to LED66 activity.
VOR/DME ALT, R-003 ALT / 17.0 DME VLC, ARC 15.0 DME VLC, MULAT (IAF).

ARGOR THREE CHARLIE ARRIVAL (ARGOR3C)
ARGOR, R-085 VLC / 15.6 DME VLC, 176° NDB SGO, MULAT (IAF).

ARGOR THREE ECHO ARRIVAL (ARGOR3E) B-RNAV. B-RNAV approval required.
ARGOR, MULAT (IAF).

ASTRO FOUR CHARLIE ARRIVAL (ASTRO4C)
ASTRO, R-233 VLC / 17.0 DME VLC, ARC 15.0 DME VLC, URIAS, ARCO 15.0 DME VLC, MULAT (IAF).

ASTRO THREE ECHO ARRIVAL (ASTRO3E) B-RNAV or radar vectoring. B-RNAV approval required.
ASTRO, URIAS, VL001, MULAT (IAF).

MABUX TWO CHARLIE ARRIVAL (MABUX2C)
MABUX, R-277 VLC / 17.0 DME VLC, ARC 15.0 DME VLC, URIAS, ARCO 15.0 DME VLC, MULAT (IAF).

MABUX TWO ECHO ARRIVAL (MABUX2E) B-RNAV. B-RNAV approval required.
MABUX, URIAS, VL001, MULAT (IAF).

MANDY FOUR CHARLIE ARRIVAL (MANDY4C). Subject to LED65 activity.
MANDY, NDB SGO, MULAT (IAF).

NARGO FOUR CHARLIE ARRIVAL (NARGO4C)
NARGO, R-209 VLC / 17.0 DME VLC, ARC 15.0 DME VLC, URIAS, ARCO 15.0 DME VLC, MULAT (IAF).

NARGO THREE ECHO ARRIVAL (NARGO3E) B-RNAV or radar vectoring. B-RNAV approval required.
NARGO, URIAS, VL001, MULAT (IAF).

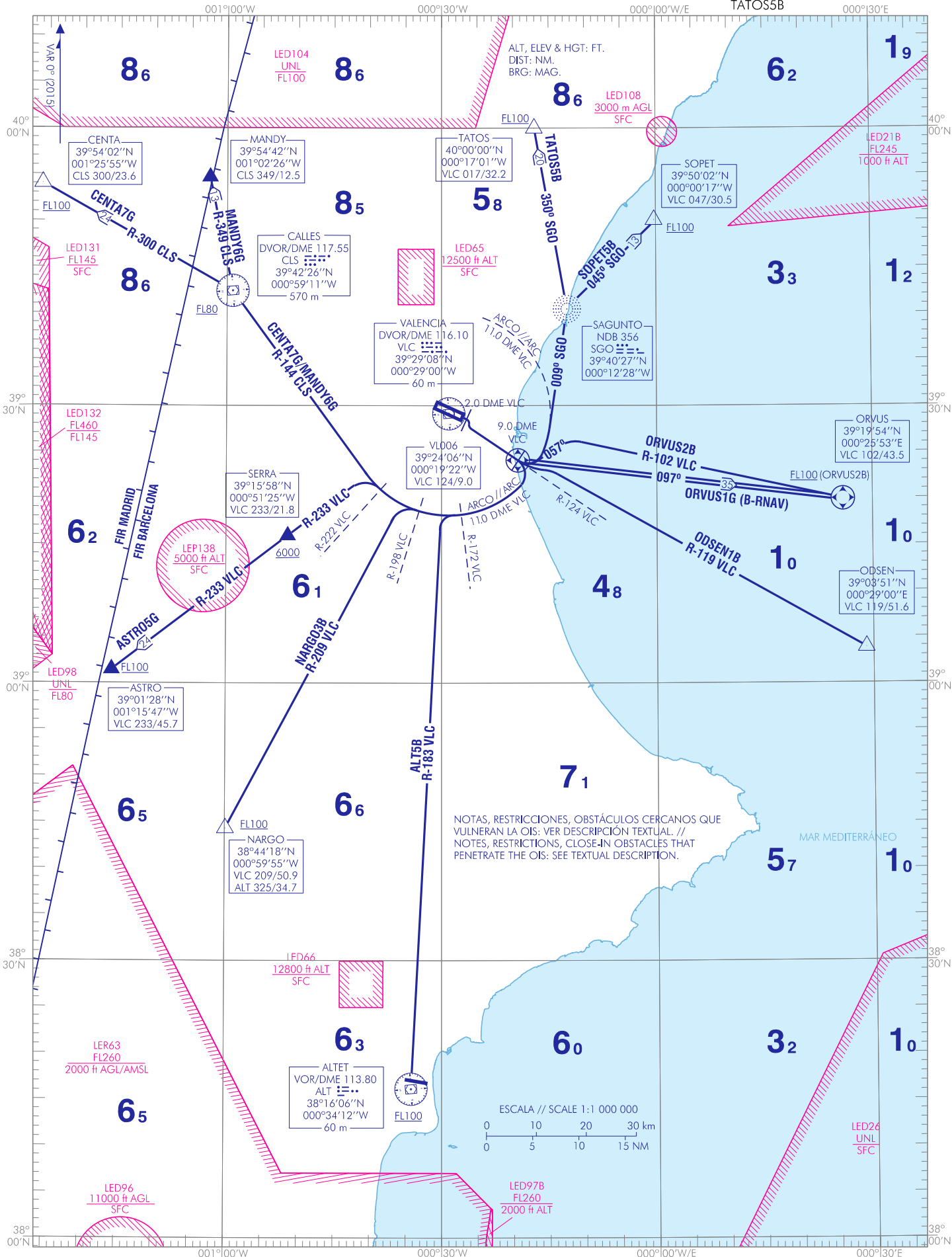
NINOT FIVE CHARLIE ARRIVAL (NINOT5C)
NINOT, MULAT (IAF).

SAURA FOUR CHARLIE ARRIVAL (SAURA4C)
SAURA, NDB SGO, MULAT (IAF).

SOPET FOUR CHARLIE ARRIVAL (SOPET4C)
SOPET, NDB SGO, MULAT (IAF).

SOPET TWO ECHO ARRIVAL (SOPET2E) B-RNAV or radar vectoring. B-RNAV approval required
SOPET, VL003, MULAT (IAF).

CAMBIOS: RESTRICCIÓN DE FL EN VOR/DME ALT, ASTRO, CENTA, NARGO, ORVUS, SOPET Y TATOS, LED26, LED98, LED104, IDIOMA. //
CHANGES: FL RESTRICTION OVER VOR/DME ALT, ASTRO, CENTA, NARGO, ORVUS, SOPET AND TATOS, LED26, LED98, LED104, LANGUAGE.



INTENCIONADAMENTE EN BLANCO
INTENTIONALLY BLANK

VALENCIA/Manises AD

SALIDAS NORMALIZADAS POR INSTRUMENTOS (SID)

PISTA 12

- **SALIDA ALTET CINCO BRAVO (ALT5B)**
Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC hasta 9.0 DME VLC. Virar a la derecha para seguir arco 11.0 DME VLC hasta cruzar R-172 VLC. Virar a la izquierda para interceptar y seguir R-183 VLC directo a cruzar VOR/DME ALT a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

- **SALIDA ASTRO CINCO GOLF (ASTRO5G)**
Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC hasta 9.0 DME VLC. Virar a la derecha para seguir arco 11.0 DME VLC hasta cruzar R-222 VLC. Virar a la izquierda para interceptar y seguir R-233 VLC directo a cruzar SERRA a 6000 ft o superior. Directo a cruzar ASTRO a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

- **SALIDA CENTA SIETE GOLF (CENTA7G)**
Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC hasta 9.0 DME VLC. Virar a la derecha para seguir arco 11.0 DME VLC para interceptar y seguir R-144 CLS directo a cruzar DVOR/DME CLS a FL80 o superior. Proceder por R-300 CLS directo a cruzar CENTA a FL100 o superior. Posible pérdida de señal por debajo de FL70 a partir de 22.0 DME CLS. Se proporcionará asistencia radar.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

SALIDA MANDY SEIS GOLF (MANDY6G)
Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC hasta 9.0 DME VLC. Virar a la derecha para seguir arco 11.0 DME VLC para interceptar y seguir R-144 CLS directo a cruzar DVOR/DME CLS a FL80 o superior. Proceder por R-349 CLS directo a MANDY.
Posible pérdida de señal por debajo de FL70 a partir de 22.0 DME CLS. Se proporcionará asistencia radar.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

- **SALIDA NARGO TRES BRAVO (NARGO3B)**
Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC hasta 9.0 DME VLC. Virar a la derecha para seguir arco 11.0 DME VLC hasta cruzar R-198 VLC. Virar a la izquierda para interceptar y seguir R-209 VLC directo a cruzar NARGO a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

SALIDA ODSEN UNO BRAVO (ODSEN1B)
Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC hasta 9.0 DME VLC. Virar a la izquierda para interceptar y seguir R-119 VLC directo a ODSEN.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

- **SALIDA ORVUS DOS BRAVO (ORVUS2B)**
Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC hasta 9.0 DME VLC. Virar a la izquierda a rumbo magnético 057° para interceptar y seguir R-102 VLC directo a cruzar ORVUS a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

SALIDA ORVUS UNO GOLF (ORVUS1G) B-RNAV. Se requiere aprobación B-RNAV.
Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC directo a cruzar VL006 a 3000 ft o superior. Directo a ORVUS.
Pendiente mínima de ascenso 6.0% hasta 3000 ft.

- **SALIDA SOPET CINCO BRAVO (SOPET5B)**
Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC hasta 9.0 DME VLC. Virar a la izquierda para seguir arco 11.0 DME VLC para interceptar y seguir ruta magnética 009° SGO directo a NDB SGO. Proceder por ruta magnética 045° SGO directo a cruzar SOPET a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.
- Pendiente mínima de ascenso 3.8% desde 2000 ft hasta FL100.

STANDARD INSTRUMENT DEPARTURES (SID)

RUNWAY 12

ALTET FIVE BRAVO DEPARTURE (ALT5B)
Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC up to 9.0 DME VLC. Turn right to follow arc 11.0 DME VLC to cross R-172 VLC. Turn left to intercept and follow R-183 VLC direct to cross VOR/DME ALT at FL100 or above.

Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

ASTRO FIVE GOLF DEPARTURE (ASTRO5G)
Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC up to 9.0 DME VLC. Turn right to follow arc 11.0 DME VLC to cross R-222 VLC. Turn left to intercept and follow R-233 VLC direct to cross SERRA at 6000 ft or above. Direct to cross ASTRO at FL100 or above.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

CENTA SEVEN GOLF DEPARTURE (CENTA7G)
Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC up to 9.0 DME VLC. Turn right to follow arc 11.0 DME VLC to intercept and follow R-144 CLS direct to cross DVOR/DME CLS at FL80 or above. Proceed on R-300 CLS direct to cross CENTA at FL100 or above.
Possible loss of coverage below FL70 beyond 22.0 DME CLS. Radar assistance will be provided.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

MANDY SIX GOLF DEPARTURE (MANDY6G)
Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC up to 9.0 DME VLC. Turn right to follow arc 11.0 DME VLC to intercept and follow R-144 CLS direct to cross DVOR/DME CLS at FL80 or above. Proceed on R-349 CLS direct to MANDY.
Possible loss of coverage below FL70 beyond 22.0 DME CLS. Radar assistance will be provided.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

NARGO THREE BRAVO DEPARTURE (NARGO3B)
Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC up to 9.0 DME VLC. Turn right to follow arc 11.0 DME VLC to cross R-198 VLC. Turn left to intercept and follow R-209 VLC direct to cross NARGO at FL100 or above.

Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

ODSEN ONE BRAVO DEPARTURE (ODSEN1B)
Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC up to 9.0 DME VLC. Turn left to intercept and follow R-119 VLC direct to ODSEN
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

ORVUS TWO BRAVO DEPARTURE (ORVUS2B)
Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC up to 9.0 DME VLC. Turn left to magnetic heading 057° to intercept and follow R-102 VLC direct to cross ORVUS at FL100 or above.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

ORVUS ONE GOLF DEPARTURE (ORVUS1G) B-RNAV. B-RNAV approval required.
Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC direct to cross VL006 at 3000 ft or above. Direct to ORVUS.
Minimum climb gradient of 6.0% up to 3000 ft.

SOPET FIVE BRAVO DEPARTURE (SOPET5B)
Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC up to 9.0 DME VLC. Turn left to follow arc 11.0 DME VLC to intercept and follow magnetic track 009° SGO direct to NDB SGO. Proceed on magnetic track 045° SGO direct to cross SOPET at FL100 or above.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.
Minimum climb gradient of 3.8% from 2000 ft up to FL100.

➔ **SALIDA TATOS CINCO BRAVO (TATOS5B)**

Subir en rumbo de pista hasta 2.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-124 VLC hasta 9.0 DME VLC. Virar a la izquierda para seguir arco 11.0 DME VLC para interceptar y seguir ruta magnética 009° SGO directo a NDB SGO. Proceder por ruta magnética 350° SGO directo a cruzar TATOS a FL100 o superior.
 Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

SALIDA DE CONTINGENCIA.

En caso de fallo de una o más radioayudas que soportan las salidas de la pista 12, se procederá del siguiente modo:

Subir en rumbo de pista hasta 3000 ft AMSL. Virar siguiendo instrucciones ATC.

Pendiente mínima de ascenso 5.5%.

En caso de fallo de comunicaciones, proceder según lo establecido en la sección ENR 1.8, apartado "Fallo de las Comunicaciones Aeroterrestres" de AIP-ESPAÑA.

TATOS FIVE BRAVO DEPARTURE (TATOS5B)

Climb on runway heading up to 2.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-124 VLC up to 9.0 DME VLC. Turn left to follow arc 11.0 DME VLC to intercept and follow magnetic track 009° SGO direct to NDB SGO. Proceed on magnetic track 350° SGO direct to cross TATOS at FL100 or above.

Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

CONTINGENCY DEPARTURE.

In the event of failure of one or more radio aids that support departures from runway 12, proceed as follows:

Climb on runway heading up to 3000 ft AMSL. Turn following ATC instructions.

Minimum climb gradient of 5.5%.

In case of communication failure, proceed according to section ENR 1.8, item "Air-ground Communication Failure" of AIP-ESPAÑA.

OBSTÁCULOS CERCANOS / CLOSE-IN OBSTACLES

| OBSTÁCULOS OBSTACLES | RWY | LATITUD LATITUDE | LONGITUD LONGITUDE | HGT (ft) | ALT (ft) |
|-------------------------|-----|---------------------|-----------------------|----------|----------|
| Farola / Lamppost | 12 | 39°29'03.7"N | 000°27'48.6"W | - | 205 |
| Farola / Lamppost | 12 | 39°29'03.7"N | 000°27'48.6"W | 44 | 205 |
| Farola / Lamppost | 12 | 39°29'04.2"N | 000°27'50.1"W | - | 206 |
| Farola / Lamppost | 12 | 39°29'04.2"N | 000°27'50.0"W | 44 | 206 |
| Árbol / Tree | 12 | 39°29'04.0"N | 000°27'49.6"W | 43 | 205 |

CARTA DE SALIDA NORMALIZADA
VUELOS POR INSTRUMENTOS (SID)-OACI

TA 6000

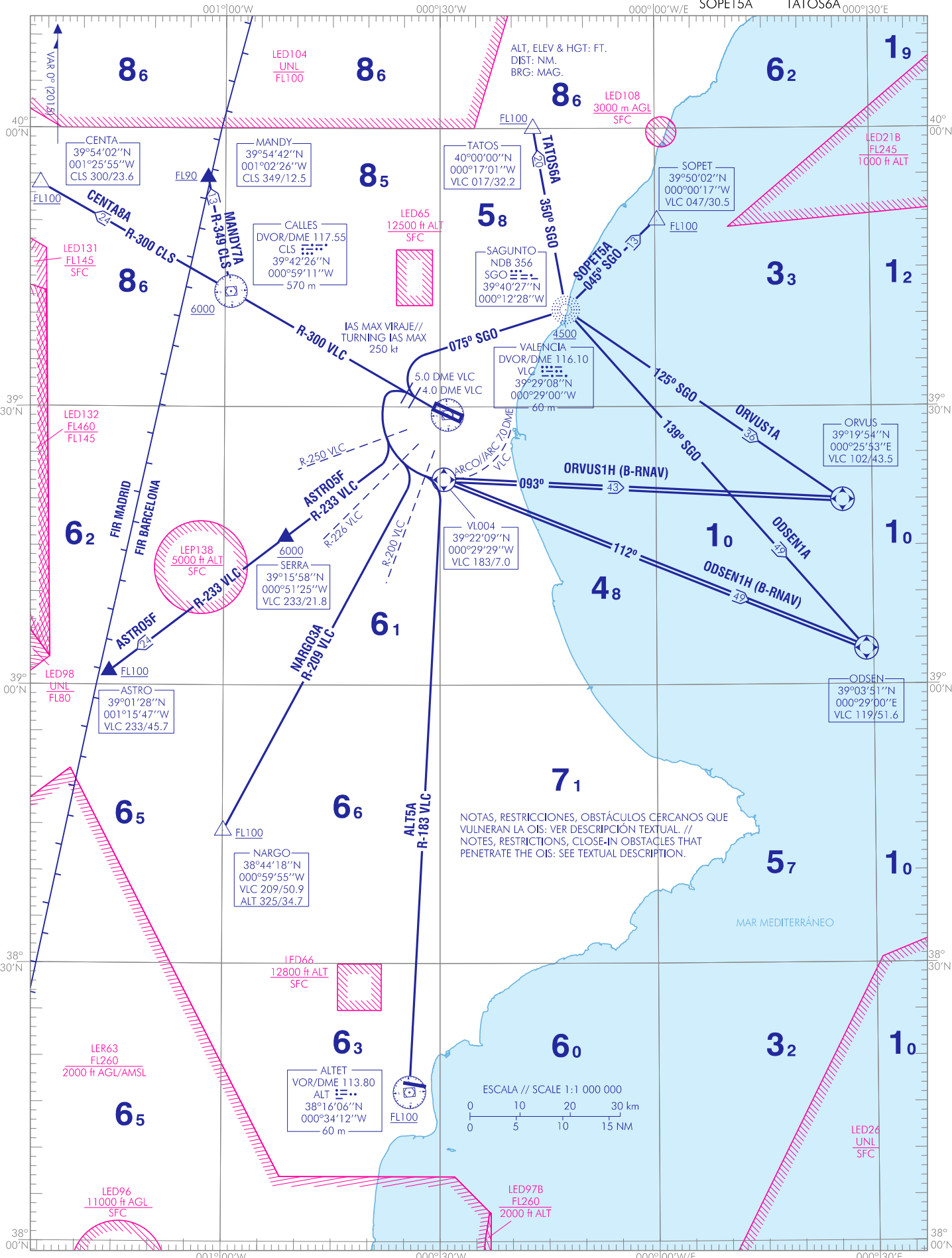
APP 120.100
TWR 118.550

ALT5A
MANDY7A
ODSEN1H
SOPET5A

ASTRO5F
NARGO3A
ORVUS1A
TATOS6A

CENTA8A
ODSEN1A
ORVUS1H

CAMBIOS: RESTRICCIÓN DE FL EN VOR/DME ALT, ASTRO, CENTA, NARGO, SOPET Y TATOS, LED26, LED98, LED104, IDIOMA. //
CHANGES: FL RESTRICTION OVER VOR/DME ALT, ASTRO, CENTA, NARGO, SOPET AND TATOS, LED26, LED98, LED104, LANGUAGE.



NOTAS, RESTRICCIONES, OBSTÁCULOS CERCANOS QUE VULNERAN LA OIS: VER DESCRIPCIÓN TEXTUAL. //
NOTES, RESTRICTIONS, CLOSE-IN OBSTACLES THAT PENETRATE THE OIS: SEE TEXTUAL DESCRIPTION.

INTENCIONADAMENTE EN BLANCO
INTENTIONALLY BLANK

VALENCIA/Manises AD

SALIDAS NORMALIZADAS POR INSTRUMENTOS (SID)

PISTA 30

→ **SALIDA ALTET CINCO ALPHA (ALT5A)**
Subir en rumbo de pista hasta 5.0 DME VLC. Virar a la izquierda para seguir arco 7.0 DME VLC hasta cruzar R-200 VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-183 VLC directo a cruzar VOR/DME ALT a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

→ **SALIDA ASTRO CINCO FOXTROT (ASTRO5F)**
Subir en rumbo de pista hasta 5.0 DME VLC. Virar a la izquierda para seguir arco 7.0 DME VLC hasta cruzar R-250 VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-233 VLC directo a cruzar SERRA a 6000 ft o superior. Directo a cruzar ASTRO a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 6000 ft.

→ **SALIDA CENTA OCHO ALPHA (CENTA8A)**
Subir en rumbo de pista hasta 5.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-300 VLC directo a cruzar DVOR/DME CLS a 6000 ft o superior. Proceder por R-300 CLS directo a cruzar CENTA a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 6000 ft.

SALIDA MANDY SIETE ALPHA (MANDY7A)
Subir en rumbo de pista hasta 5.0 DME VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-300 VLC directo a cruzar DVOR/DME CLS a 6000 ft o superior. Proceder por R-349 CLS directo a cruzar MANDY a FL90 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta FL90.

→ **SALIDA NARGO TRES ALPHA (NARGO3A)**
Subir en rumbo de pista hasta 5.0 DME VLC. Virar a la izquierda para seguir arco 7.0 DME VLC hasta cruzar R-226 VLC. Virar a la derecha para interceptar y seguir R-209 VLC directo a cruzar NARGO a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

SALIDA ODSEN UNO ALPHA (ODSEN1A)
Subir en rumbo de pista hasta 4.0 DME VLC. Virar a la derecha (IAS MAX en viraje 250 kt) para interceptar y seguir ruta magnética 075° SGO directo a cruzar NDB SGO a 4500 ft o superior. Proceder por ruta magnética 139° SGO directo a ODSEN.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

SALIDA ODSEN UNO HOTEL (ODSEN1H) B-RNAV. Se requiere aprobación B-RNAV
Subir en rumbo de pista hasta 5.0 DME VLC. Virar a la izquierda para seguir arco 7.0 DME VLC directo a VL004. Directo a ODSEN.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

SALIDA ORVUS UNO ALPHA (ORVUS1A)
Subir en rumbo de pista hasta 4.0 DME VLC. Virar a la derecha (IAS MAX en viraje 250 kt) para interceptar y seguir ruta magnética 075° SGO directo a cruzar NDB SGO a 4500 ft o superior. Proceder por ruta magnética 125° SGO directo a ORVUS.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

SALIDA ORVUS UNO HOTEL (ORVUS1H) B-RNAV. Se requiere aprobación B-RNAV
Subir en rumbo de pista hasta 5.0 DME VLC. Virar a la izquierda para seguir arco 7.0 DME VLC directo a VL004. Directo a ORVUS.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

→ **SALIDA SOPET CINCO ALPHA (SOPET5A)**
Subir en rumbo de pista hasta 4.0 DME VLC. Virar a la derecha (IAS MAX en viraje 250 kt) para interceptar y seguir ruta magnética 075° SGO directo a cruzar NDB SGO a 4500 ft o superior. Proceder por ruta magnética 045° SGO directo a cruzar SOPET a FL100 o superior.
Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

→ Pendiente mínima de ascenso 3.9% desde 2000 ft hasta FL100.

STANDARD INSTRUMENT DEPARTURES (SID)

RUNWAY 30

ALTET FIVE ALPHA DEPARTURE (ALT5A)
Climb on runway heading up to 5.0 DME VLC. Turn left to follow arc 7.0 DME VLC to cross R-200 VLC. Turn right to intercept and follow R-183 VLC direct to cross VOR/DME ALT at FL100 or above.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

ASTRO FIVE FOXTROT DEPARTURE (ASTRO5F)
Climb on runway heading up to 5.0 DME VLC. Turn left to follow arc 7.0 DME VLC to cross R-250 VLC. Turn right to intercept and follow R-233 VLC direct to cross SERRA at 6000 ft or above. Direct to cross ASTRO at FL100 or above.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 6000 ft.

CENTA EIGHT ALPHA DEPARTURE (CENTA8A)
Climb on runway heading up to 5.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-300 VLC direct to cross DVOR/DME CLS at 6000 ft or above. Proceed on R-300 CLS direct to cross CENTA at FL100 or above.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 6000 ft.

MANDY SEVEN ALPHA DEPARTURE (MANDY7A)
Climb on runway heading up to 5.0 DME VLC. Turn right to intercept and follow R-300 VLC direct to cross DVOR/DME CLS at 6000 ft or above. Proceed on R-349 CLS direct to cross MANDY at FL90 or above.
Minimum climb gradient of 5.5% up to FL90.

NARGO THREE ALPHA DEPARTURE (NARGO3A)
Climb on runway heading up to 5.0 DME VLC. Turn left to follow arc 7.0 DME VLC to cross R-226 VLC. Turn right to intercept and follow R-209 VLC direct to cross NARGO at FL100 or above.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

ODSEN ONE ALPHA DEPARTURE (ODSEN1A)
Climb on runway heading up to 4.0 DME VLC. Turn right (turning IAS MAX 250 kt) to intercept and follow magnetic track 075° SGO direct to cross NDB SGO at 4500 ft or above. Proceed on magnetic track 139° SGO direct to ODSEN.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

ODSEN ONE HOTEL DEPARTURE (ODSEN1H) B-RNAV. B-RNAV approval required
Climb on runway heading up to 5.0 DME VLC. Turn left to follow arc 7.0 DME VLC direct to VL004. Direct to ODSEN.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

ORVUS ONE ALPHA DEPARTURE (ORVUS1A)
Climb on runway heading up to 4.0 DME VLC. Turn right (turning IAS MAX 250 kt) to intercept and follow magnetic track 075° SGO direct to cross NDB SGO at 4500 ft or above. Proceed on magnetic track 125° SGO direct to ORVUS.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

ORVUS ONE HOTEL DEPARTURE (ORVUS1H) B-RNAV. B-RNAV approval required
Climb on runway heading up to 5.0 DME VLC. Turn left to follow arc 7.0 DME VLC direct to VL004. Direct to ORVUS.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

SOPET FIVE ALPHA DEPARTURE (SOPET5A)
Climb on runway heading up to 4.0 DME VLC. Turn right (turning IAS MAX 250 kt) to intercept and follow magnetic track 075° SGO direct to cross NDB SGO at 4500 ft or above. Proceed on magnetic track 045° SGO direct to cross SOPET at FL100 or above.
Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.
Minimum climb gradient of 3.9% from 2000 ft up to FL100.

➔ **SALIDA TATOS SEIS ALPHA (TATOS6A)**

Subir en rumbo de pista hasta 4.0 DME VLC. Virar a la derecha (IAS MAX en viraje 250 kt) para interceptar y seguir ruta magnética 075° SGO directo a cruzar NDB SGO a 4500 ft o superior. Proceder por ruta magnética 350° SGO directo a cruzar TATOS a FL100 o superior.

Pendiente mínima de ascenso 5.5% hasta 2000 ft.

SALIDA DE CONTINGENCIA

En caso de fallo de una o más radioayudas que soportan las salidas de la pista 30, se procederá del siguiente modo:

Subir en rumbo de pista hasta 3000 ft AMSL. Virar siguiendo instrucciones ATC.

Pendiente mínima de ascenso 6.5%.

En caso de fallo de comunicaciones, proceder según lo establecido en la sección ENR 1.8, apartado "Fallo de las Comunicaciones Aeroterrestres" de AIP-ESPAÑA.

TATOS SIX ALPHA DEPARTURE (TATOS6A)

Climb on runway heading up to 4.0 DME VLC. Turn right (turning IAS MAX 250 kt) to intercept and follow magnetic track 075° SGO direct to cross NDB SGO at 4500 ft or above. Proceed on magnetic track 350° SGO direct to cross TATOS at FL100 or above.

Minimum climb gradient of 5.5% up to 2000 ft.

CONTINGENCY DEPARTURE

In the event of failure of one or more radio aids that support departures from runway 12, proceed as follows:

Climb on runway heading up to 3000 ft AMSL. Turn following ATC instructions.

Minimum climb gradient of 6.5%.

In case of communication failure, proceed according to section ENR 1.8, item "Air-ground Communication Failure" of AIP-ESPAÑA.

OBSTÁCULOS SIGNIFICATIVOS / SIGNIFICANT OBSTACLES

| OBSTÁCULOS OBSTACLES | RWY | LATITUD LATITUDE | LONGITUD LONGITUDE | HGT (ft) | ALT (ft) |
|-------------------------------------|-----|---------------------|-----------------------|----------|----------|
| Árbol / Tree | 30 | 39°30'27.7"N | 000°32'44.4"W | 23 | 747 |
| Árbol / Tree | 30 | 39°30'26.7"N | 000°32'45.8"W | 27 | 757 |
| Torre eléctrica / Electricity pylon | 30 | 39°30'14.6"N | 000°31'29.9"W | - | 470 |
| Árbol / Tree | 30 | 39°30'43.6"N | 000°31'19.6"W | 70 | 516 |
| Árbol / Tree | 30 | 39°30'44.1"N | 000°31'17.5"W | 65 | 503 |
| Árbol / Tree | 30 | 39°30'24.6"N | 000°32'47.7"W | 13 | 779 |
| Terreno / Terrain | 30 | 39°30'28.3"N | 000°32'42.5"W | 0 | 728 |
| Árbol / Tree | 30 | 39°30'44.1"N | 000°31'18.1"W | 57 | 507 |
| Torre eléctrica / Electricity pylon | 30 | 39°30'37.8"N | 000°31'13.0"W | 75 | 444 |
| Árbol / Tree | 30 | 39°30'42.5"N | 000°31'11.7"W | 61 | 457 |

OBSTÁCULOS CERCANOS / CLOSE-IN OBSTACLES

| OBSTÁCULOS OBSTACLES | RWY | LATITUD LATITUDE | LONGITUD LONGITUDE | HGT (ft) | ALT (ft) |
|-------------------------|-----|---------------------|-----------------------|----------|----------|
| Árbol / Tree | 30 | 39°29'45.1"N | 000°30'16.3"W | 52 | 298 |
| Árbol / Tree | 30 | 39°29'48.2"N | 000°30'35.2"W | 65 | 334 |