



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial  
y Diseño Industrial

Diseño y ubicación de un aeropuerto en territorio español

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Aeroespacial

AUTOR/A: Bahilo Ros, Diego

Tutor/a: Despujol Zabala, Ignacio

Cotutor/a: Gallego Salguero, Áurea Cecilia

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

# Resumen

El presente proyecto consta de tres partes: Primero, se realizará un estudio de la ubicación idónea de un aeropuerto de una única pista en el territorio español, teniendo en cuenta factores geográficos, ambientales y sociales. Para ello se implementará la información geográfica obtenida tanto de las diferentes Infraestructuras de Datos Espaciales estatales y autonómicas, en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para su posterior análisis. A continuación, se procederá al diseño del lado aire, desde el dimensionamiento de la pista hasta las calles de rodaje, plataforma y ayudas visuales, siguiendo las directrices de la OACI. Finalmente se diseñará una terminal de pasajeros y sus instalaciones para dar servicio al aeropuerto.

# Resum

El present projecte consta de tres parts: Primer, es realitzarà un estudi de la ubicació idònia d'un aeroport d'una única pista en el territori espanyol, tenint en compte factors geogràfics, ambientals i socials. Per a això s'implementarà la informació geogràfica obtinguda tant de les diferents Infraestructures de Dades Espacials estatals i autonòmiques, en un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) per al seu posterior anàlisi. A continuació, es procedirà al disseny del costat aire, des del dimensionament de la pista fins als carrers de rodatge, plataforma i ajudes visuals, seguint les directrius de la OACI. Finalment es es dissenyarà una terminal de passatgers i les seues instal·lacions per a donar servei a l'aeroport.

## Abstract

This project consists of three parts: First, a study will be carried out on the ideal location of a single-runway airport in Spanish territory, taking into account geographical, environmental and social factors. To do this, the geographical information obtained from the different state and regional Spatial Data Infrastructures will be implemented in a Geographic Information System (GIS) for subsequent analysis. Next, the design of the air side will proceed, from the dimensioning of the runway to the taxiways, apron and visual aids, following ICAO guidelines. Finally, a passenger terminal and its facilities will be designed to serve the airport.

# Agradecimientos

A mis padres, por toda la paciencia, amor y comprensión que han tenido conmigo en esta etapa.

A mis abuelos, que no han podido mirar hacia arriba a los aviones que querían que pilotara. Los mirarán hacia abajo, pero espero que con el mismo orgullo que siempre demostraron hacia su nieto.

Y, por último, a mí mismo, por no rendirme.

# Índice

Resumen .....	I
Resum.....	II
Abstract .....	III
Agradecimientos .....	IV
Índice de ilustraciones.....	VII
Índice de tablas .....	IX
<b>I. MEMORIA.....</b>	<b>1</b>
1. Introducción .....	2
2. Ubicación .....	3
2.1. Zona de estudio.....	3
2.2. Metodología .....	3
2.3. Limitaciones .....	4
2.4. Análisis.....	5
2.4.1. Poblaciones.....	5
2.4.2. Red de transporte.....	7
2.4.3. Hidrografía.....	9
2.4.4. Zonas protegidas .....	10
2.4.5. Pendiente .....	11
2.4.6. Resultado .....	13
2.5. Comparación de posibles emplazamientos.....	19
2.6. Selección del emplazamiento .....	24
3. Diseño del lado aire .....	26
3.1. Flota de diseño.....	26
3.2. Dimensionamiento de la pista .....	27
3.2.1. Longitud .....	27
3.2.2. Ancho de pista .....	29
3.2.3. Orientación .....	30
3.2.4. Emplazamiento del umbral .....	32
3.2.5. Franja de pista .....	36
3.3. Dimensionamiento de la calle de rodaje.....	37
3.4. Calles de salida y apartaderos de espera.....	38
3.4.1. Calles de salida rápida .....	38
3.4.2. Apartaderos de espera .....	44
3.5. Dimensionamiento de la plataforma .....	45

3.6. Ayudas visuales .....	49
3.6.1. Señalización .....	49
3.6.3. Letreros.....	56
4. Diseño lado tierra .....	57
4.1. Introducción .....	57
4.2. Salidas .....	58
4.2.1. SATE.....	59
4.3. Llegadas .....	60
Bibliografía .....	61
<b>II. PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>64</b>
II.1. Objeto .....	65
II.2. Condiciones de los materiales .....	65
II.3. Condiciones de la ejecución .....	65
II.4. Pruebas y ajustes finales o de servicio .....	66
<b>III. PRESUPUESTO .....</b>	<b>67</b>
III.1. Costes de personal.....	68
III.2. Costes de material .....	68
III.3. Costes de oficina.....	69
III.4. Coste total .....	69
<b>IV. PLANOS .....</b>	<b>70</b>

# Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Zona de estudio [Elaboración propia].....	3
Ilustración 2: Poblaciones. [Elaboración propia] .....	5
Ilustración 3: Buffer a las poblaciones. [Elaboración propia].....	6
Ilustración 4: Red de carreteras. [Elaboración propia] .....	7
Ilustración 5: Red ferroviaria. [Elaboración propia] .....	8
Ilustración 6: Aeródromos y helipuertos. [Elaboración propia] .....	9
Ilustración 7: Hidrografía. [Elaboración propia] .....	9
Ilustración 8: Buffer a la hidrografía. [Elaboración propia].....	10
Ilustración 9: Espacios protegidos. [Elaboración propia] .....	11
Ilustración 10: MDT. [Elaboración propia] .....	12
Ilustración 11: Zonas con pendiente mayor al 2%. [Elaboración propia].....	12
Ilustración 12: Conjunto de restricciones de la ubicación. [Elaboración propia] .....	13
Ilustración 13: Ubicaciones posibles con Red de transporte. [Elaboración propia] .....	14
Ilustración 14: Zona permitida en Huelva. [Elaboración propia].....	15
Ilustración 15: Zona permitida en Lugo y Ourense. [Elaboración propia] .....	15
Ilustración 16: Zona permitida en Zamora y Palencia. [Elaboración propia] .....	16
Ilustración 17: Zona permitida en Cáceres. [Elaboración propia].....	16
Ilustración 18: Zona permitida en Segovia, Soria, Ávila, Toledo, Guadalajara y Cuenca. [Elaboración propia] .....	17
Ilustración 19: Zona permitida en Ciudad Real y Jaén. [Elaboración propia] .....	17
Ilustración 20: Propuesta de ubicaciones. [Elaboración propia] .....	18
Ilustración 21: Área de influencia de la propuesta 1. [13] .....	19
Ilustración 22: Área de influencia de la propuesta 2. [13] .....	20
Ilustración 23: Área de influencia de la propuesta 3. [13] .....	20
Ilustración 24: Área de influencia de la propuesta 4. [13] .....	21
Ilustración 25: Área de influencia de la propuesta 5. [13] .....	21
Ilustración 26: Zona permitida y propuestas en Google Earth. [Elaboración propia] .....	22
Ilustración 27: Altitud del terreno de la propuesta 2. [Elaboración propia].....	23
Ilustración 28: Altitud del terreno de la propuesta 3. [Elaboración propia].....	23
Ilustración 29: Coordenadas de los umbrales. [Elaboración propia] .....	24
Ilustración 30: Emplazamiento del aeropuerto. [Elaboración propia] .....	24
Ilustración 31: Street View del emplazamiento del aeropuerto. [15] .....	25
Ilustración 32: Zonas prohibidas, restringidas y peligrosas del espacio aéreo cercano. [17] .....	25
Ilustración 33: Distancia de despegue requerida [22] .....	28
Ilustración 34: Distancia de aterrizaje requerida [22] .....	29
Ilustración 35: Posición de la pista. [Elaboración propia] .....	33
Ilustración 36: Distancia de la carretera al umbral. [Elaboración propia].....	33
Ilustración 37: Anchura de la distancia de la carretera al umbral. [Elaboración propia] ...	34
Ilustración 38: Obstáculos en la trayectoria norte. [Elaboración propia].....	35
Ilustración 39: Obstáculos en la trayectoria sur. [Elaboración propia] .....	35
Ilustración 40: Dimensiones de la franja de pista. [Elaboración propia] .....	36
Ilustración 41: Nivelación Oeste de la franja. [Elaboración propia] .....	36
Ilustración 42: Nivelación Este de la franja. [Elaboración propia].....	36
Ilustración 43: Método de los tres segmentos [7] .....	38

Ilustración 44: Trazado de calle de salida rápida para número de clave 3 o 4. [33].....	39
Ilustración 45: Dimensiones de la calle de salida rápida [Elaboración propia] .....	39
Ilustración 46: Representación de la superficie de enlace [33] .....	40
Ilustración 47: Desviación máxima del centro del tren de aterrizaje principal [33].....	41
Ilustración 48: Ángulo de guía y desviación del centro del tren de aterrizaje principal [33]	41
Ilustración 49: Aumento de un ángulo de guía durante un viraje [33] .....	42
Ilustración 50: Disminución del ángulo de guía al término del viraje [33] .....	42
Ilustración 51: Superficie de enlace [Elaboración propia] .....	43
Ilustración 52: Esquema de apartadero de espera [31] .....	44
Ilustración 53: Apartadero de espera [Elaboración propia].....	45
Ilustración 54: Conceptos de plataformas en terminal de pasajeros [33] .....	46
Ilustración 55: Tipos de entrada y salida del puesto de estacionamiento. [33] .....	47
Ilustración 56: Dimensiones del puesto de estacionamiento. [34] .....	47
Ilustración 57: Tipos de puesto de estacionamiento según las dimensiones del avión de diseño. [34].....	48
Ilustración 58: Plataforma de la terminal de pasajeros [Elaboración propia].....	48
Ilustración 59: Directrices para señales de designación de pista, de eje y de umbral. [30]	49
Ilustración 60: Formato de las señales designadoras de pista. [30] .....	49
Ilustración 61: Señal designadora de pista, umbral y de eje [Elaboración propia].....	50
Ilustración 62: Directrices para señal de punto de visada y zona de toma de contacto [30] .....	51
Ilustración 63: Señal de punto de visada y zona de toma de contacto [Elaboración propia] .....	51
Ilustración 64: Inicio del eje de la calle de rodaje en salida de pista [Elaboración propia] 52	
Ilustración 65: Instrucciones de diseño de eje y borde de calle de rodaje [34] .....	52
Ilustración 66: Instrucciones de diseño de punto de espera [34] .....	53
Ilustración 67: Señales de punto de espera, eje y borde de calle de rodaje. [Elaboración propia] .....	53
Ilustración 68: Dimensiones de la señal de emplazamiento (en cm). [34] .....	53
Ilustración 69: Señales de emplazamiento del apartadero de espera de la cabecera 18. [Elaboración propia] .....	54
Ilustración 70: Designación de las calles de rodaje. [Elaboración propia].....	54
Ilustración 71: Señalización 1/2 de la plataforma. (m) [Elaboración propia] .....	55
Ilustración 72: Señalización 2/2 de la plataforma. (m) [Elaboración propia] .....	55
Ilustración 73: Instrucciones de diseño de letreros [34] .....	56
Ilustración 74: Letreros del punto de espera. [Elaboración propia] .....	56
Ilustración 75: Dimensiones de la planta baja de la terminal. [Elaboración propia] .....	57
Ilustración 76: Dimensiones de la primera planta de la terminal. [Elaboración propia]....	57
Ilustración 77: Recorrido en salidas y llegadas. Planta 0. [Elaboración propia] .....	58
Ilustración 78: Recorrido en salidas. Planta 1. [Elaboración propia].....	58

# Índice de tablas

Tabla 1: Distancias utilizadas para generar el buffer según la población. [Elaboración propia] .....	6
Tabla 2: Flota de diseño [18][19][20][21][22][23] .....	26
Tabla 3: Clave de referencia [7] .....	26
Tabla 4: Temperaturas medias de cada mes. [Elaboración propia] .....	27
Tabla 5: Temperaturas máximas de cada mes. [Elaboración propia] .....	28
Tabla 6: Tmax promedio del mes con Tmed promedio más altas. [Elaboración propia] ....	28
Tabla 7: Requisitos de anchura de la pista [26] .....	30
Tabla 8: Frecuencia de los vientos según dirección y velocidad. [Elaboración propia] .....	31
Tabla 9: Coeficientes de utilización. [Elaboración propia] .....	32
Tabla 10: Frecuencia final de cada orientación posible. [Elaboración propia] .....	32
Tabla 11: Superficies de la terminal. [Elaboración propia] .....	58
Tabla 12: Costes de personal .....	68
Tabla 13: Costes de material .....	68
Tabla 14: Costes de oficina .....	69
Tabla 15: Coste total del proyecto .....	69

# I. MEMORIA

# 1. Introducción

En España hay 13 provincias que no disponen de aeropuerto comercial propio [1], dejando a sus habitantes sin posibilidad de conexión rápida con lugares a grandes distancias. Esto provoca un aislamiento que produce una desventaja competitiva frente al resto de provincias. Estas provincias pertenecen todas, menos Toledo, a lo comúnmente conocido como “España vaciada” [2]. La falta de infraestructura es uno de los motivos de raíz de este éxodo, y es de esta reivindicación de donde nace la idea de este proyecto.

Se sabe que, teniendo en cuenta este aspecto y observando la poca actividad de algunos aeropuertos en provincias de estas características [3], el proyecto, de llevarse a cabo, no sería rentable. De todas formas, se realiza a modo de estudio de algunos de los procedimientos generales que se llevan a cabo cuando se quiere construir un aeropuerto en una región.

El proceso de ubicación y diseño de un aeropuerto conlleva un extenso estudio y dedicación por parte de muchos profesionales, lo cual no se pretende abarcar en el presente trabajo. El objetivo de este proyecto es un acercamiento general a tres de los aspectos más importantes del proceso, como son la selección del emplazamiento y el diseño del lado aire y lado tierra. Para ello se deben obviar otros aspectos importantes como la viabilidad económica, los pasajeros esperados, las radioayudas, la iluminación o el estudio de las servidumbres aeronáuticas y del impacto ambiental.

Cabe destacar que el aeropuerto cuenta con un sistema ILS (Instrumental Landing System), por lo que su pista es de aproximación instrumental de precisión. Concretamente, se ha escogido un sistema de aproximación de CAT II. El sistema de radioayudas, como ya se ha comentado, no forma parte del presente proyecto, pero es necesario conocer este dato para el diseño del lado aire.

## 2. Ubicación

### 2.1. Zona de estudio

Como ya se ha comentado en la introducción, la zona en la que se va a buscar posibles emplazamientos del aeropuerto está formada por aquellas provincias españolas sin aeropuerto comercial, que son: Lugo, Ourense, Palencia, Zamora, Soria, Segovia, Guadalajara, Ávila, Cáceres, Toledo, Cuenca, Ciudad Real, Huelva y Jaén. El archivo con los límites provinciales mostrados en la Ilustración 1 se ha obtenido del CNIG [4].



Ilustración 1: Zona de estudio [Elaboración propia]

### 2.2. Metodología

El software utilizado para el estudio es *ArcMap*, una aplicación de *ArcGIS*, producido por *ESRI*, que permite el tratamiento de información geográfica. En él se insertan archivos vectoriales (puntos, líneas y polígonos), de extensión “.shp”, o raster (píxeles), de extensión “.tif”, obtenidos de portales de información geográfica española. La fuente principal es el centro de descargas del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica), un organismo del IGN (Instituto Geográfico Nacional). Para complementar esta información se hace uso también de los portales autonómicos de información geográfica.

No existe una normativa concreta relacionada con los criterios de selección del emplazamiento de un aeropuerto, más allá del necesario cumplimiento de franqueamiento de obstáculos y pendientes para la operación de las aeronaves. No obstante, teniendo en cuenta las necesidades del aeropuerto, se pueden establecer unos principios básicos a tener en cuenta. En este proyecto se tratan los aspectos no relacionados con la demanda, y son los siguientes:

- Suficiente superficie disponible para albergar el aeropuerto y posibles ampliaciones futuras.
- Distancia a núcleos de población.
- Distancia a Red de transportes (carreteras, ferrocarril y otros aeródromos y sus servidumbres).
- Distancia a masas de agua (ríos, lagos, etc.)
- Pendiente del terreno.
- Espacios protegidos.
- Obstáculos en los alrededores que afecten al franqueamiento de obstáculos requerido en vuelo.
- Posibles inundaciones.
- Planeamiento urbanístico.

Una vez se tienen estos criterios, se buscan los archivos correspondientes a nivel nacional o autonómico, se recortan para mostrar únicamente los datos en las provincias de estudio, se tratan todos los datos para obtener las zonas en las que, por sus características, impiden situar el aeropuerto y, finalmente, se fusionan, mostrando así los lugares en los que se puede ubicar el aeropuerto.

El sistema de referencia utilizado es el ETRS89 y la proyección escogida es la UTM huso 30N.

## 2.3. Limitaciones

El proceso presenta una serie de limitaciones y consideraciones que cabe mencionar.

En primer lugar, se debe tener en cuenta que hay aspectos del terreno a encontrar que, a pesar de ser inconvenientes, no constituyen un impedimento irresoluble para la construcción de un aeropuerto. Las diferencias en elevación del terreno es una de ellas, puesto que se puede realizar un proceso de movimiento de tierras. Sin embargo, este proceso resulta muy costoso económicamente, por lo que se debe evitar. Por otro lado, se encuentran la presencia de tendido eléctrico y la calificación urbanística del terreno. El tendido eléctrico se puede desviar parcialmente, mientras que el suelo se puede recalificar siempre que no constituya un espacio protegido, aspecto que se estudia en este proyecto. En adición a este último aspecto, no hay disponible al público un archivo con el planeamiento urbanístico de muchas de las comunidades estudiadas, entre ellas la del emplazamiento seleccionado, por lo que se desestima el estudio de este aspecto.

En segundo lugar, el archivo de zonas con peligro de inundación, presente en la web del CNIG, es de un tamaño inasumible para la capacidad de procesamiento del equipo utilizado para el proyecto, por lo que se ha tenido que desestimar. En caso de materializarse el proyecto, se debería realizar un estudio de esta índole en la ubicación seleccionada.

## 2.4. Análisis

### 2.4.1. Poblaciones

La distancia a los núcleos de población juega un papel fundamental en la elección del emplazamiento. El aeropuerto, preferiblemente debe estar cerca de núcleos grandes de población para facilitar su acceso, pero siempre manteniendo una distancia mínima a ellos para evitar contaminación acústica y tráfico no deseado en sus alrededores que pueda provocar retenciones en sus carreteras de acceso. La capa de las poblaciones se ha obtenido del CNIG [4] y, para determinar en qué zonas no se puede situar el aeropuerto, se ha tratado de la siguiente manera:

Una vez transformado a shp e insertado en ArcMap, se unifican todos los polígonos con el mismo nombre (mismo municipio) y se eliminan aquellos deshabitados, obteniendo la Ilustración 2.

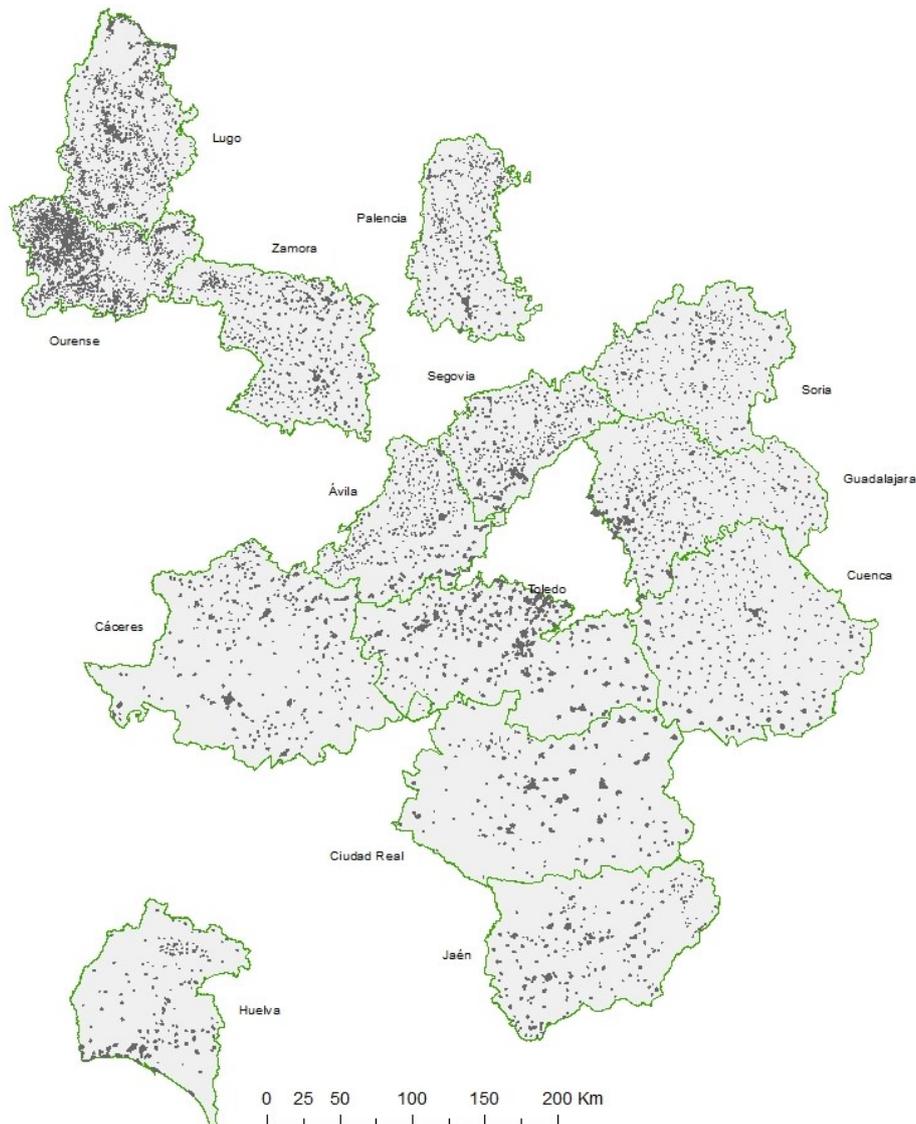


Ilustración 2: Poblaciones. [Elaboración propia]

Para asegurar una distancia mínima a estas poblaciones se crea un área de influencia a su alrededor, también conocida como “buffer”, con distancias variables dependiendo de los habitantes del municipio. Esto se hace así por dos motivos. Primero, porque cuanto mayor sea la población, más gente se verá afectada por su ruido y, segundo, porque hay muchos municipios pequeños esparcidos por el territorio y, si se generara un buffer a una distancia mayor en todos ellos, las áreas disponibles se verían muy reducidas. El criterio escogido es el siguiente, que muestra la distancia euclidiana del margen que se construye alrededor de los municipios:

Habitantes	Buffer (m)
<50	400
50< - <500	800
500< - <5000	1300
>5000	2000

Tabla 1: Distancias utilizadas para generar el buffer según la población. [Elaboración propia]

Mediante la herramienta “buffer” de ArcMap se crea esta área y, una vez disueltas las fronteras entre los buffers de cada población, se obtienen las zonas en las que no se puede situar el aeropuerto a causa de su cercanía a poblaciones:

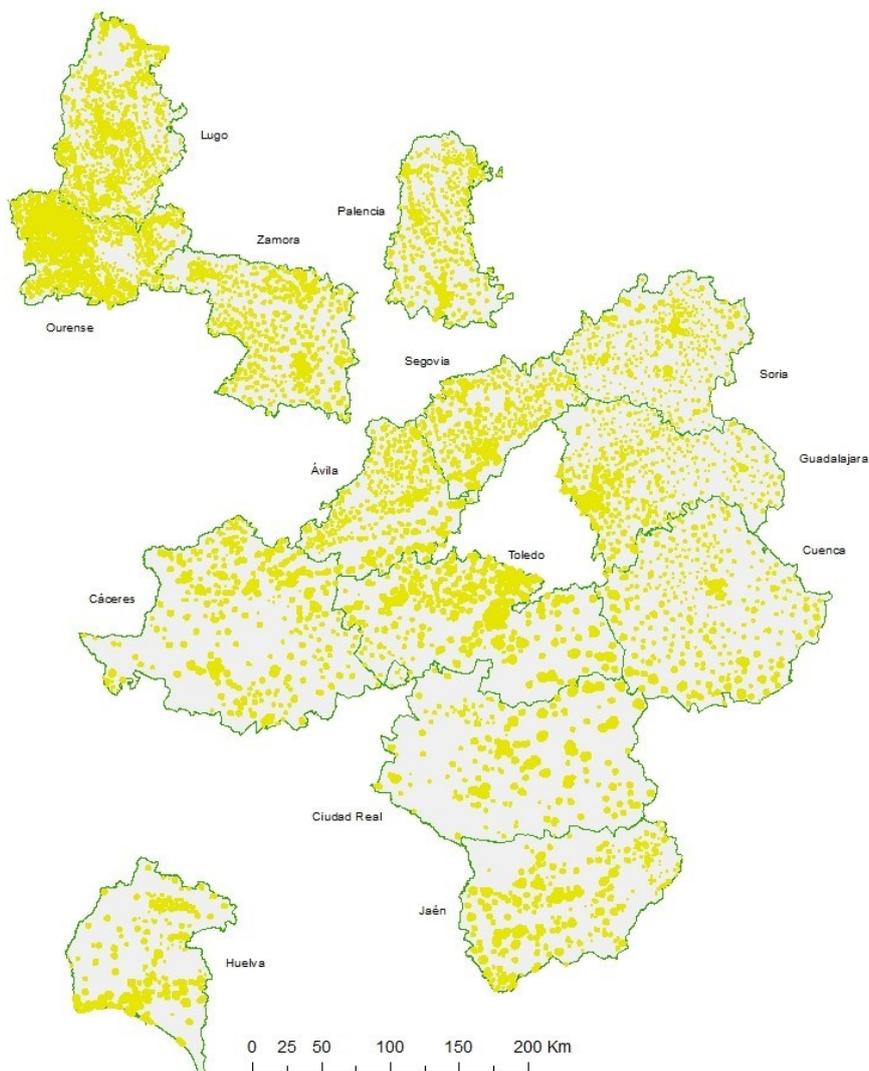


Ilustración 3: Buffer a las poblaciones. [Elaboración propia]

## 2.4.2. Red de transporte

La red de transporte se divide en 3 tipos: carreteras, ferrocarril y aeródromos y helipuertos. Los datos son obtenidos del CNIG [4] y de los visores geográficos de la Xunta gallega [5] y de la Junta de Castilla y León [6].

### 2.4.2.1. Carreteras

Las carreteras impactan en el estudio de la selección del emplazamiento de la misma forma que las poblaciones; se requieren cerca, pero con límites. Se busca que el aeropuerto esté cerca de una carretera principal, puesto que es esta la que va a tener que absorber todo el tráfico de llegada y salida de pasajeros, así como la accesibilidad a este. Por otro lado, la pista se debe situar lo suficientemente alejada de las carreteras para cumplir con la normativa de la OACI, que estipula que los objetos móviles (vehículos) deben estar a mínimo 1200 metros longitudinalmente desde el umbral [7]. Como la red de transporte de carreteras cubre prácticamente todo el territorio español, se debe establecer un criterio menos restrictivo y no intervendrán todas en el análisis, ya que de otra manera no resultaría posible ubicar el aeropuerto en ningún lugar. Es por ello por lo que solo se han tenido en cuenta las carreteras principales y secundarias. Con este criterio se obtiene el mapa siguiente:

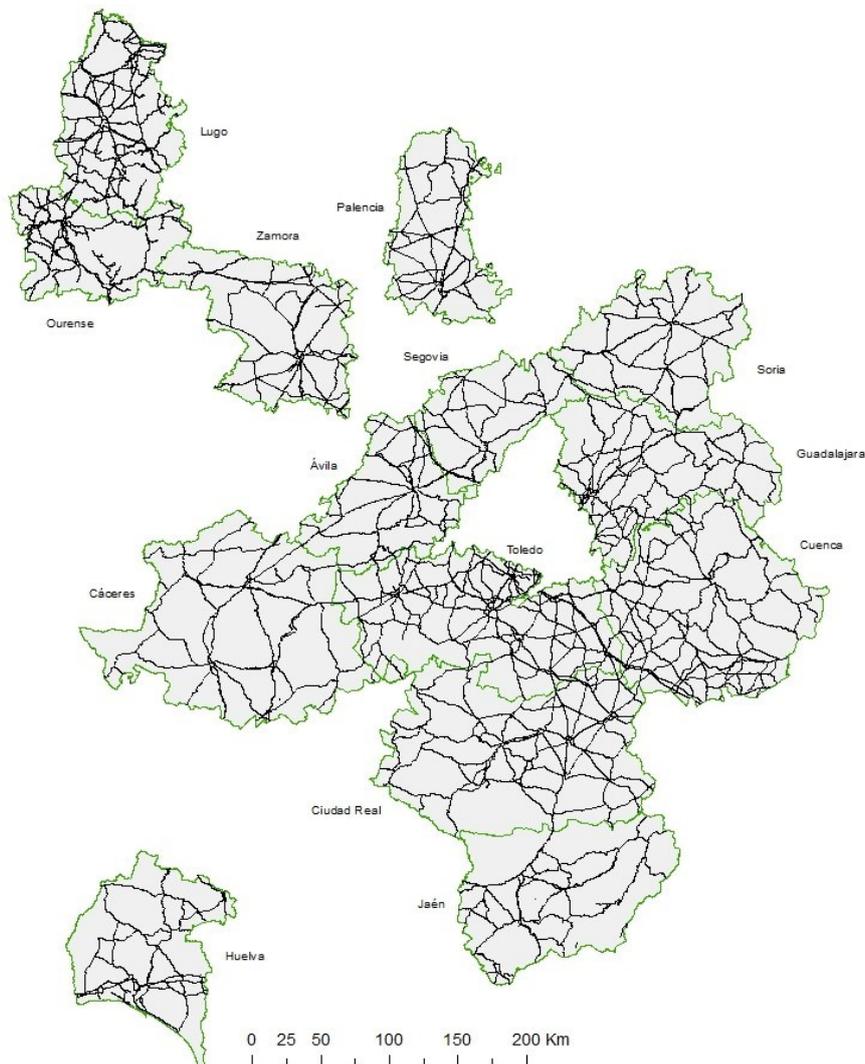


Ilustración 4: Red de carreteras. [Elaboración propia]

El mapa de la Ilustración 4 no elimina zonas por sí mismo, sino que, una vez se obtenga la solución final con los posibles emplazamientos, se inspeccionaran las posibles soluciones para comprobar que la futura pista no vulnere la distancia mencionada de 1200 metros longitudinalmente desde los umbrales.

#### 2.4.2.2. Red ferroviaria

Del mapa de ferrocarriles se obtienen las vías y estaciones. Se eliminan las estaciones y vías que están fuera de servicio y se crea el mapa de la Ilustración 5, que conlleva el mismo tratamiento que las carreteras en tanto a inspección manual del cumplimiento de la distancia de 1200 metros.

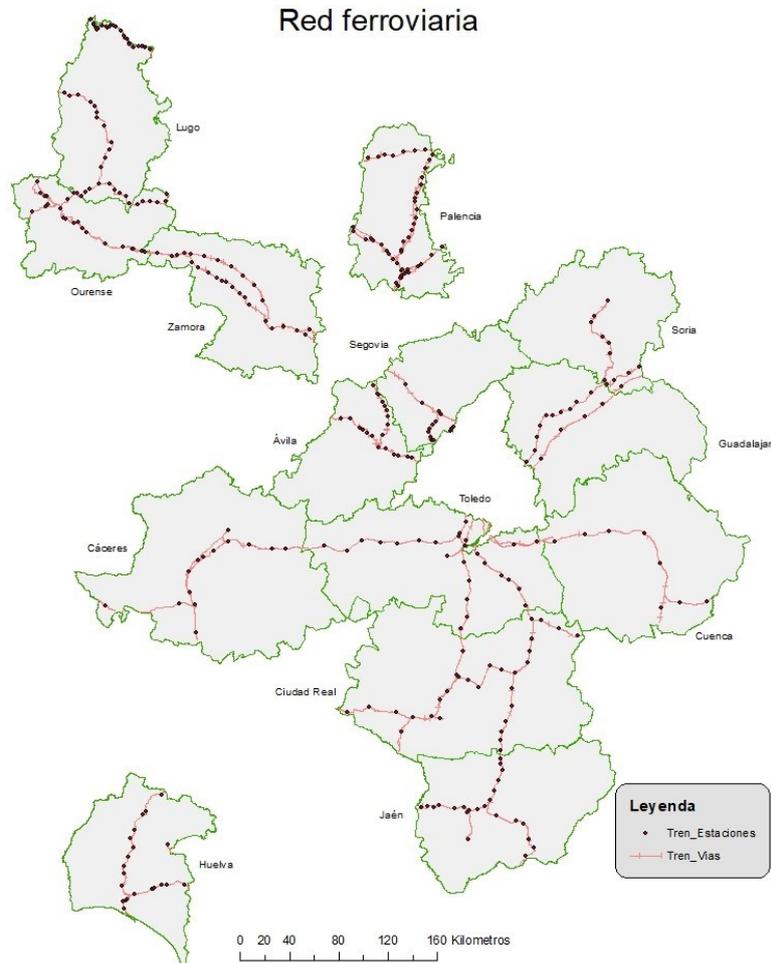


Ilustración 5: Red ferroviaria. [Elaboración propia]

#### 2.4.2.3. Aeródromos y helipuertos

El mapa con los emplazamientos de aeródromos y helipuertos existentes en la zona de estudio es relevante porque se debe evitar que las servidumbres del nuevo aeropuerto coincidan en algún punto con las de algún aeródromo. Además, cuanto más alejado de otros aeródromos/helipuertos mejor, para evitar colapsar el espacio aéreo de la zona.

Debido al desconocimiento de las servidumbres de todos los aeródromos de las provincias de estudio, se toma la mayor superficie de las servidumbres que puede tener un aeródromo, que son 15km [7], por lo que se traza un buffer de esta distancia en todos los aeródromos.

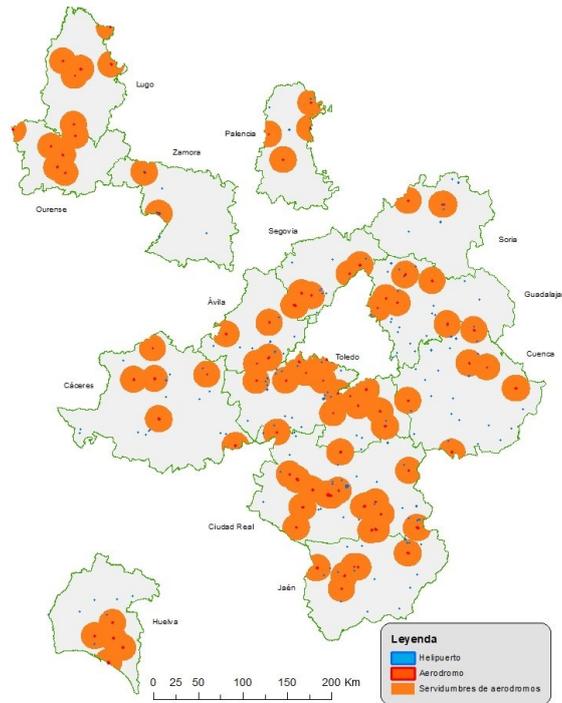


Ilustración 6: Aeródromos y helipuertos. [Elaboración propia]

### 2.4.3. Hidrografía

La capa de hidrografía contiene una gran variedad de cuerpos de agua, como ríos, embalses, lagos, presas, canales, etc. Sin embargo, se ha considerado eliminar los menos relevantes para que no sea tan restrictivo, como las acequias, canales y pequeños embalses. De esta manera se obtiene la Ilustración 7.

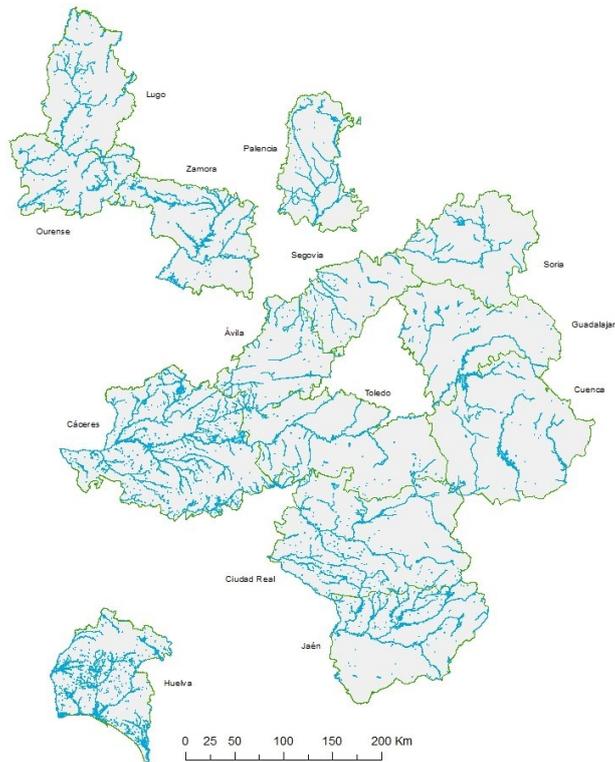


Ilustración 7: Hidrografía. [Elaboración propia]

Para evitar inundaciones en caso de que el agua se desborde y evitar construir en tierras con mayor probabilidad de erosión por el agua, se crea un buffer de 1km alrededor de estos cuerpos, obteniendo una gran superficie en la que no se podrá ubicar el aeropuerto:

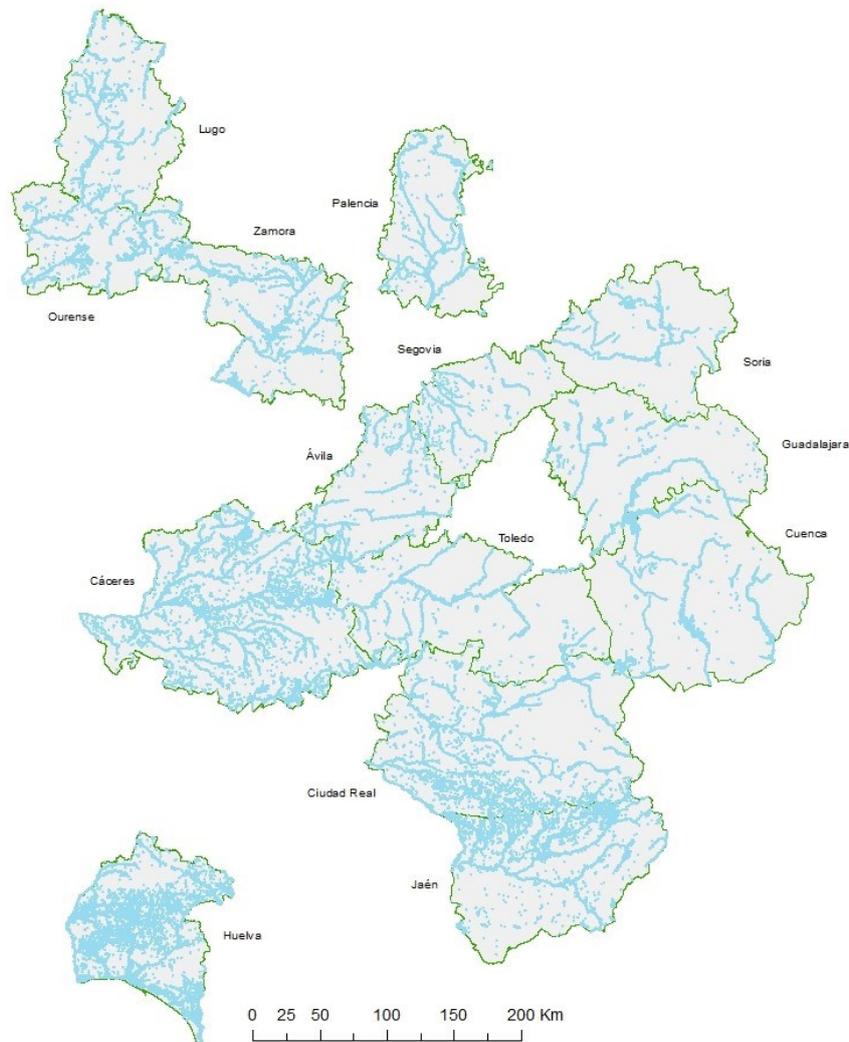


Ilustración 8: Buffer a la hidrografía. [Elaboración propia]

#### 2.4.4. Zonas protegidas

En todo el territorio español hay una gran variedad de zonas protegidas. Las generales se han obtenido de la web del Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, las cuales se complementan con otras zonas protegidas descargables de la web de la Junta extremeña y la Xunta gallega, que son las únicas que contienen zonas no presentes en la web del ministerio. Estas zonas son las siguientes:

- Zonas húmedas. [8]
- Parques nacionales. [9]
- Espacios naturales. [10]
- Red Natura 2000, compuesta por las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). [11]
- Reservas de la biosfera. [12]
- Camino de Santiago. [5]

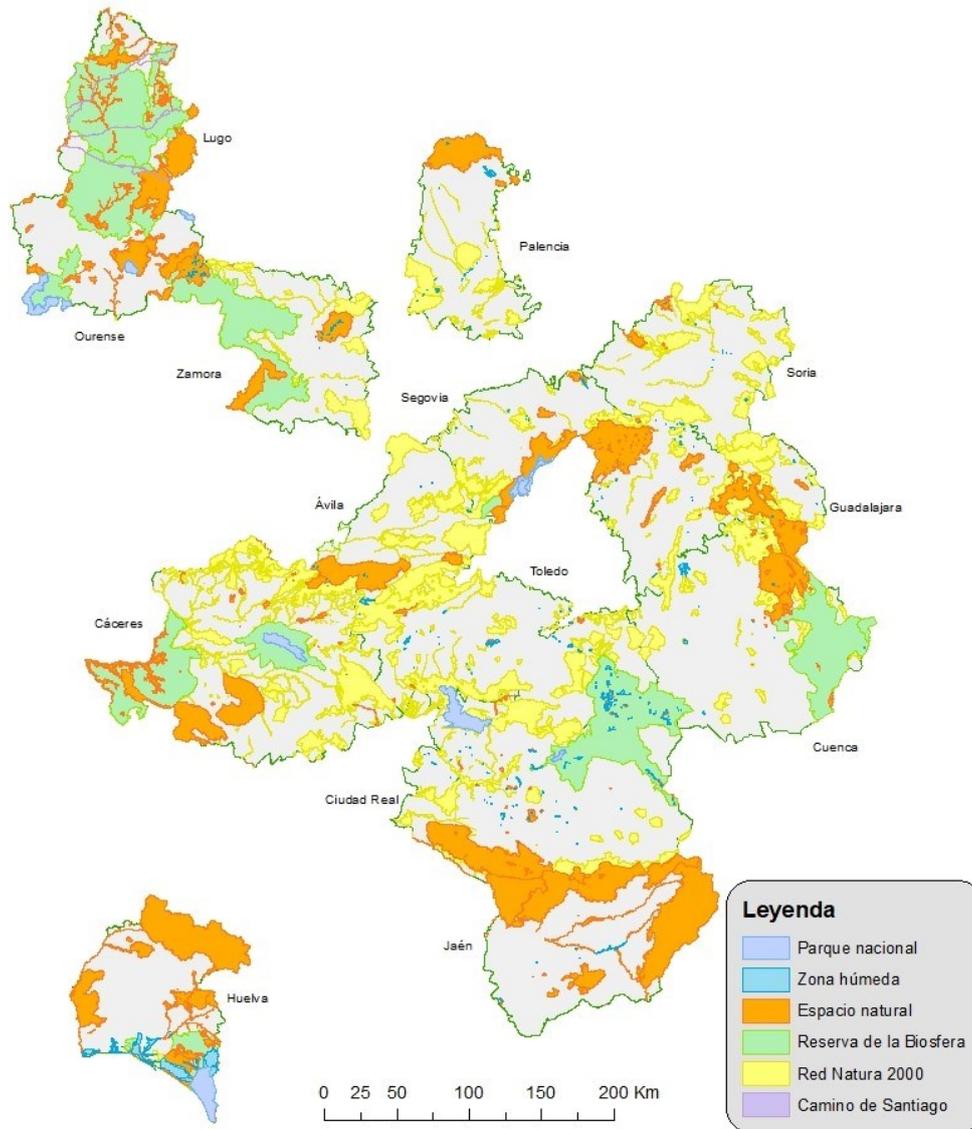


Ilustración 9: Espacios protegidos. [Elaboración propia]

### 2.4.5. Pendiente

Uno de los aspectos más determinantes a tener en cuenta en la selección del emplazamiento es la pendiente del terreno. De esta forma se eliminan, principalmente, todas las zonas montañosas, en las que es imposible construir un aeropuerto independientemente de la inversión que se esté dispuesto a realizar. Además, se eliminan aquellas zonas en las que fuera necesario realizar un gran movimiento de tierras con su consecuente gran coste económico.

Para ello se obtiene el Modelo Digital del Terreno (MDT) de la web del CNIG con una resolución de 200 metros (Ilustración 10). Debido al gran tamaño de la zona estudiada resulta complejo el uso de una resolución menor.

Se genera un mapa que diferencia aquellas zonas con una pendiente mayor al 2% de las de menor pendiente mediante los datos raster de altitud de cada píxel usando las herramientas del paquete de “Spatial Analyst” de ArcMap. Seguidamente se transforman a formato vectorial (shp) y se extrae la zona correspondiente a una pendiente mayor al 2%, que es aquella en la que no se puede situar el aeropuerto (Ilustración 11).

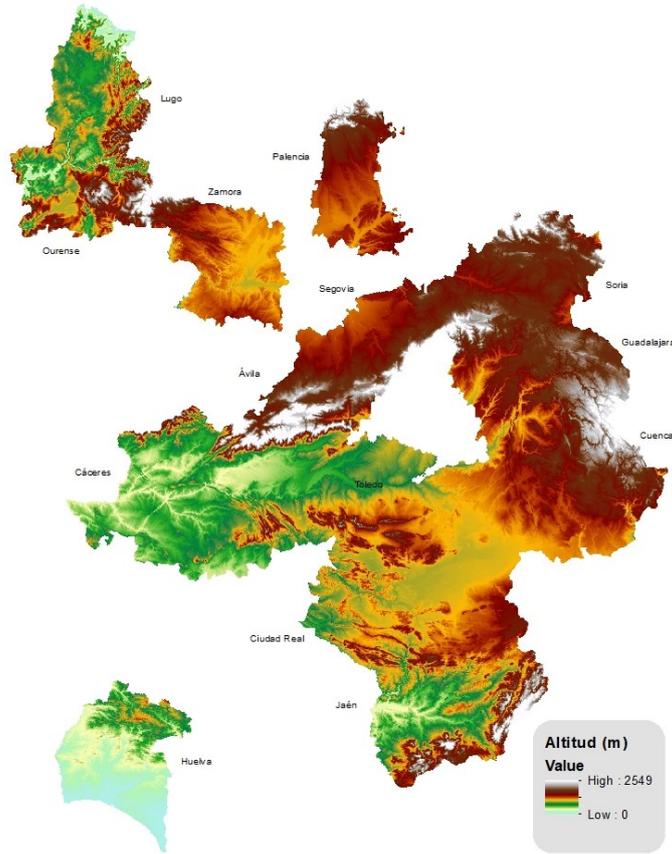


Ilustración 10: MDT. [Elaboración propia]

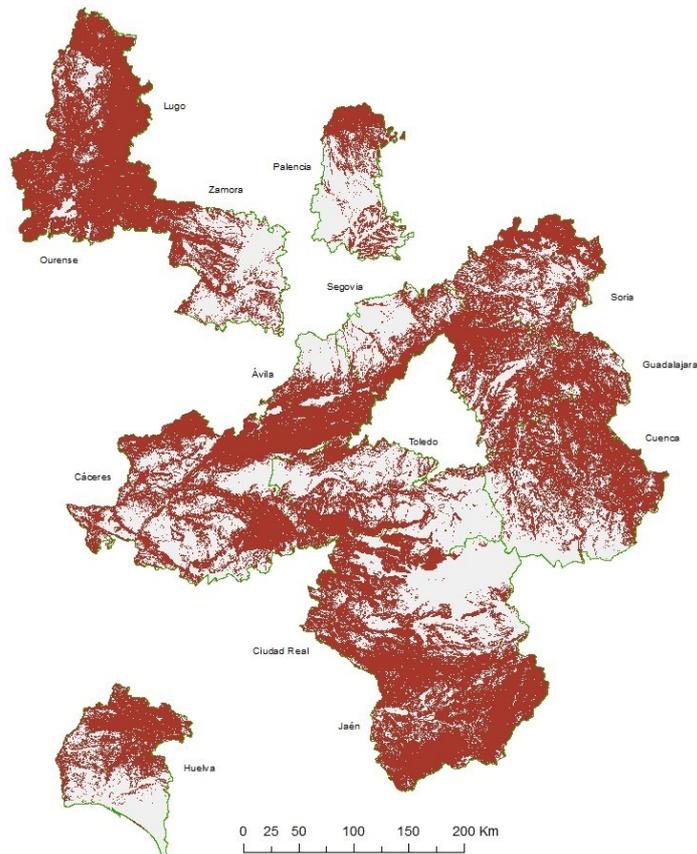


Ilustración 11: Zonas con pendiente mayor al 2%. [Elaboración propia]

### 2.4.6. Resultado

Una vez obtenidos todos los mapas correspondientes a los factores que limitan la ubicación del aeropuerto, se representan conjuntamente, siendo la zona de color verde aquella en la que se puede ubicar:

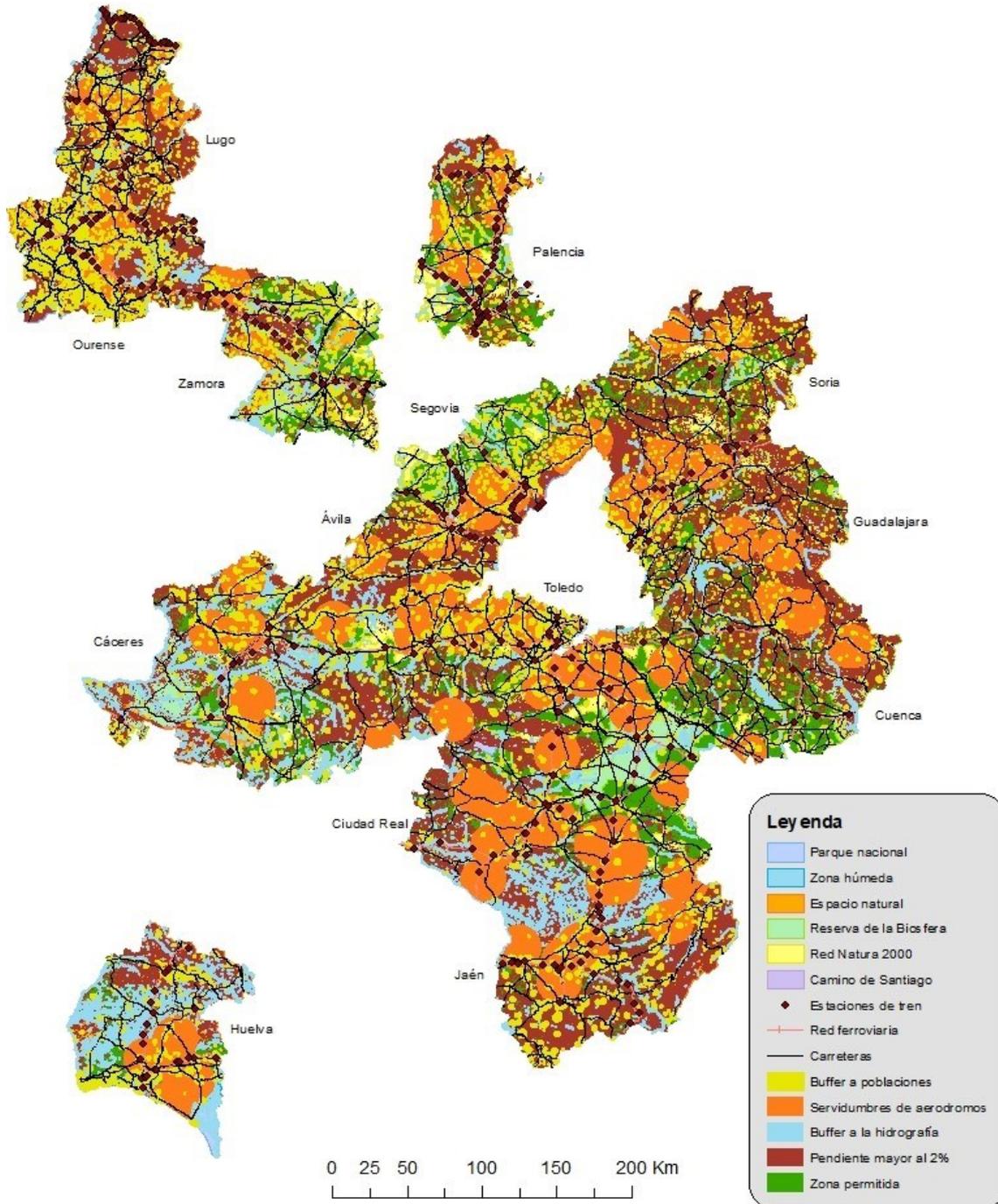


Ilustración 12: Conjunto de restricciones de la ubicación. [Elaboración propia]

Para obtener una capa que contenga las zonas en las que sí se puede ubicar, se fusionan todas las capas en las que no se puede ubicar, mostradas en la Ilustración 12 y se extrae del área de estudio las zonas que no tienen ningún tipo de restricción.

De esta forma se llega a la solución buscada con todas las zonas en las que potencialmente, en caso de ser suficientemente grandes y no coincidir con las capas de carreteras y ferrocarriles, se podría ubicar el aeropuerto (Ilustración 13).

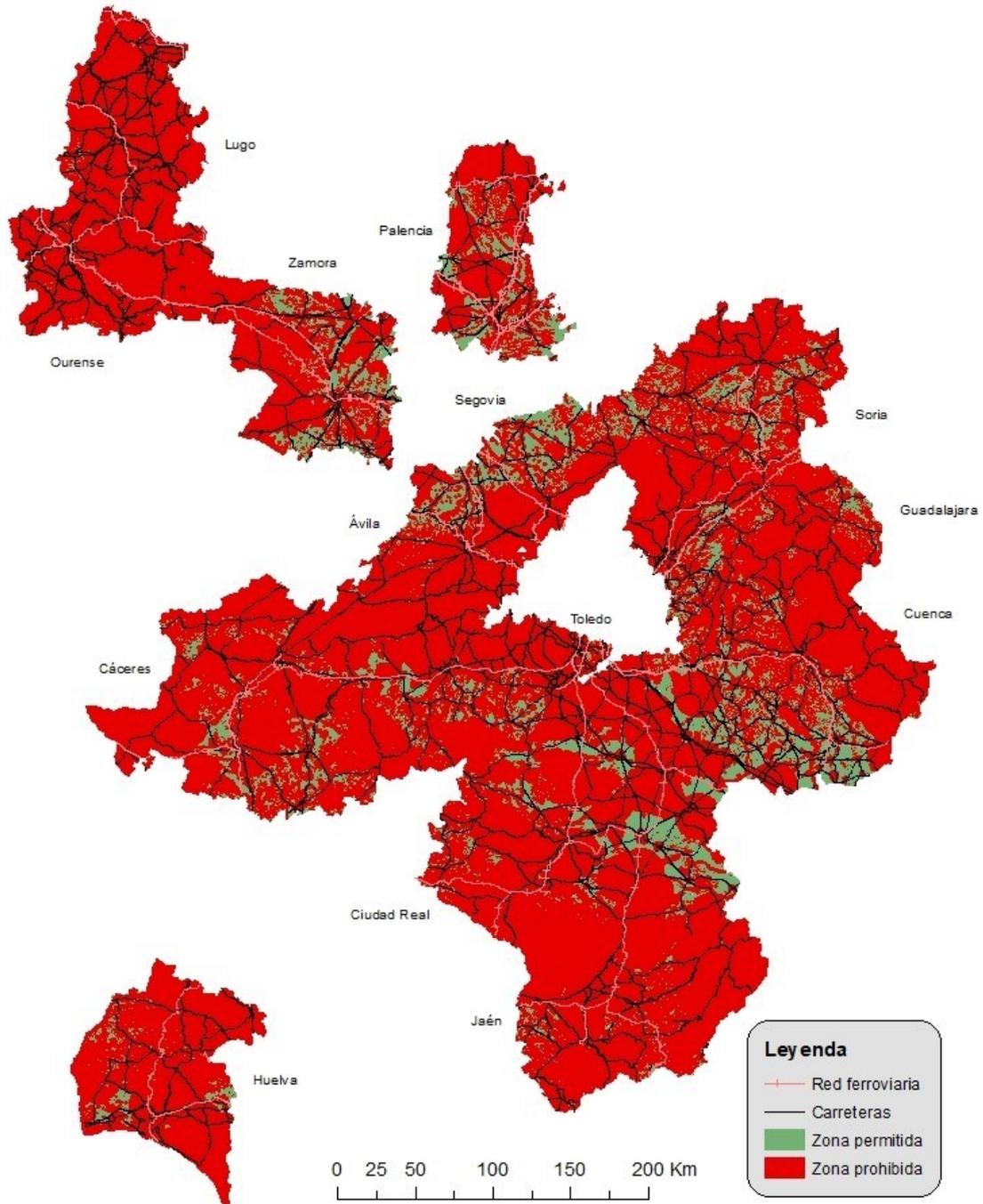
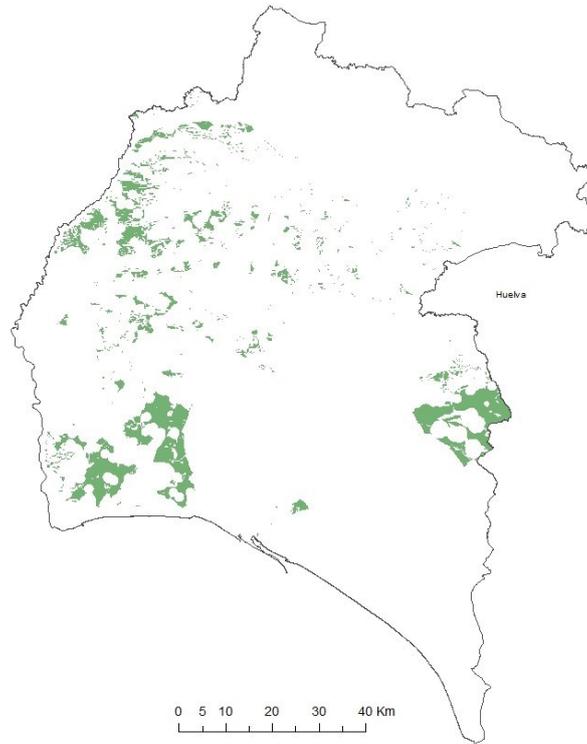
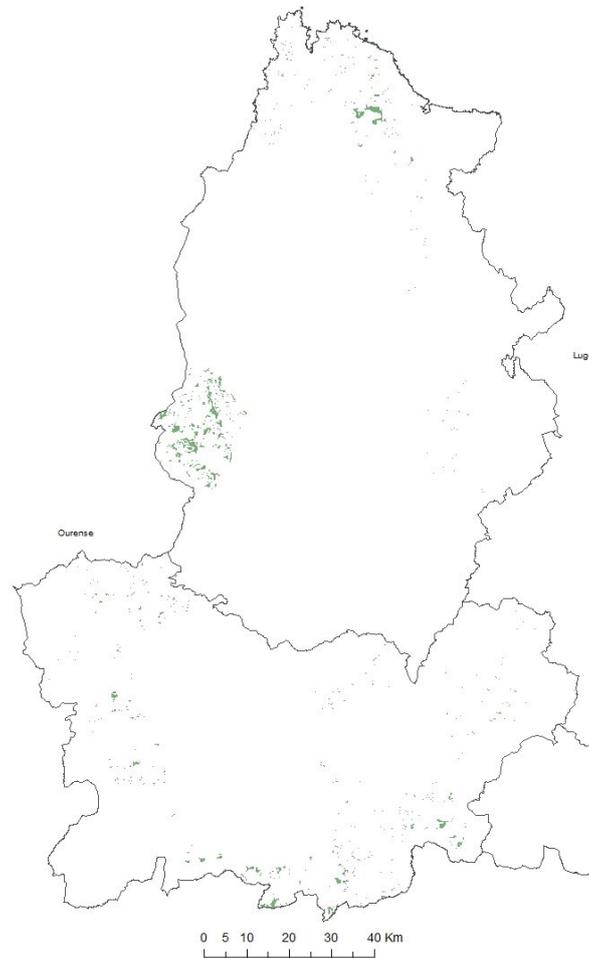


Ilustración 13: Ubicaciones posibles con Red de transporte. [Elaboración propia]

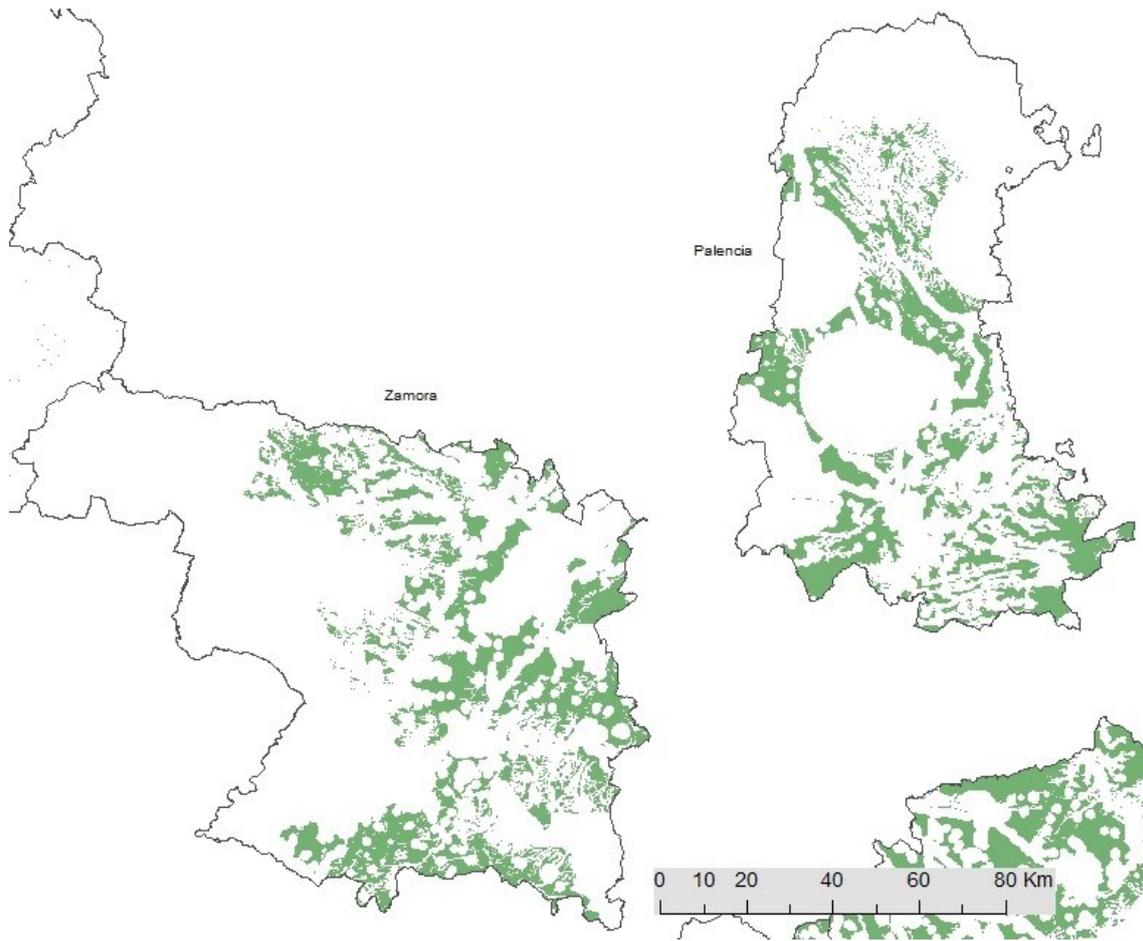
A continuación, se muestran las zonas permitidas ampliadas para valorarlas correctamente.



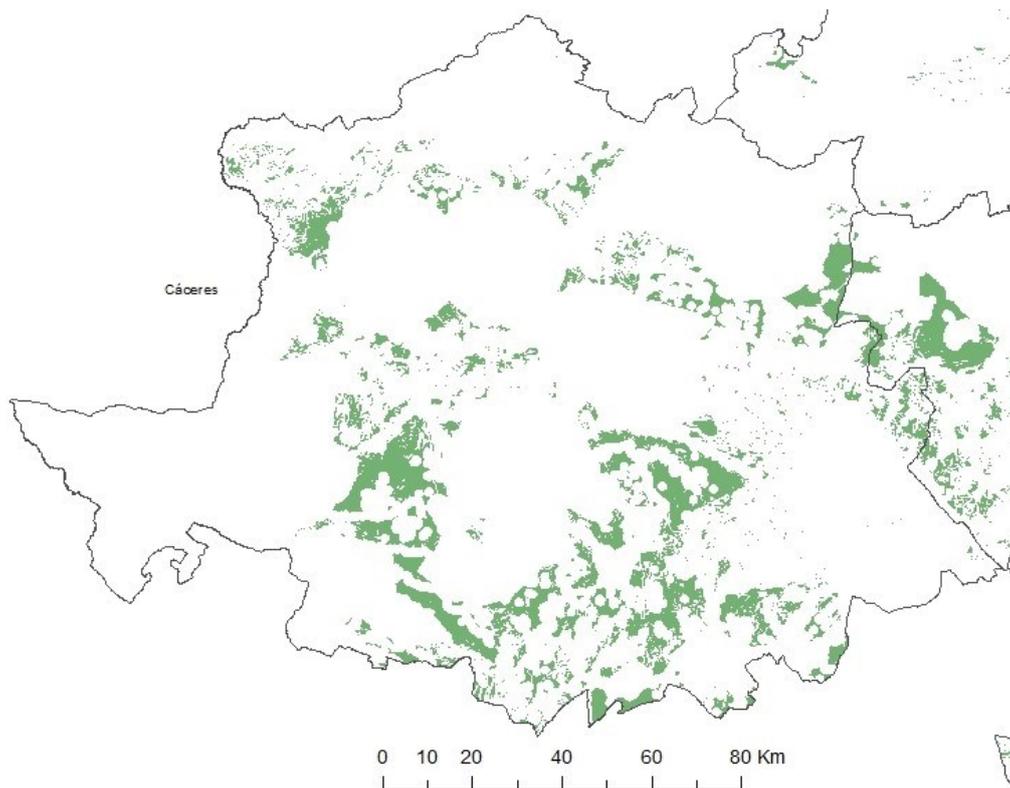
*Ilustración 14: Zona permitida en Huelva. [Elaboración propia]*



*Ilustración 15: Zona permitida en Lugo y Ourense. [Elaboración propia]*



*Ilustración 16: Zona permitida en Zamora y Palencia. [Elaboración propia]*



*Ilustración 17: Zona permitida en Cáceres. [Elaboración propia]*

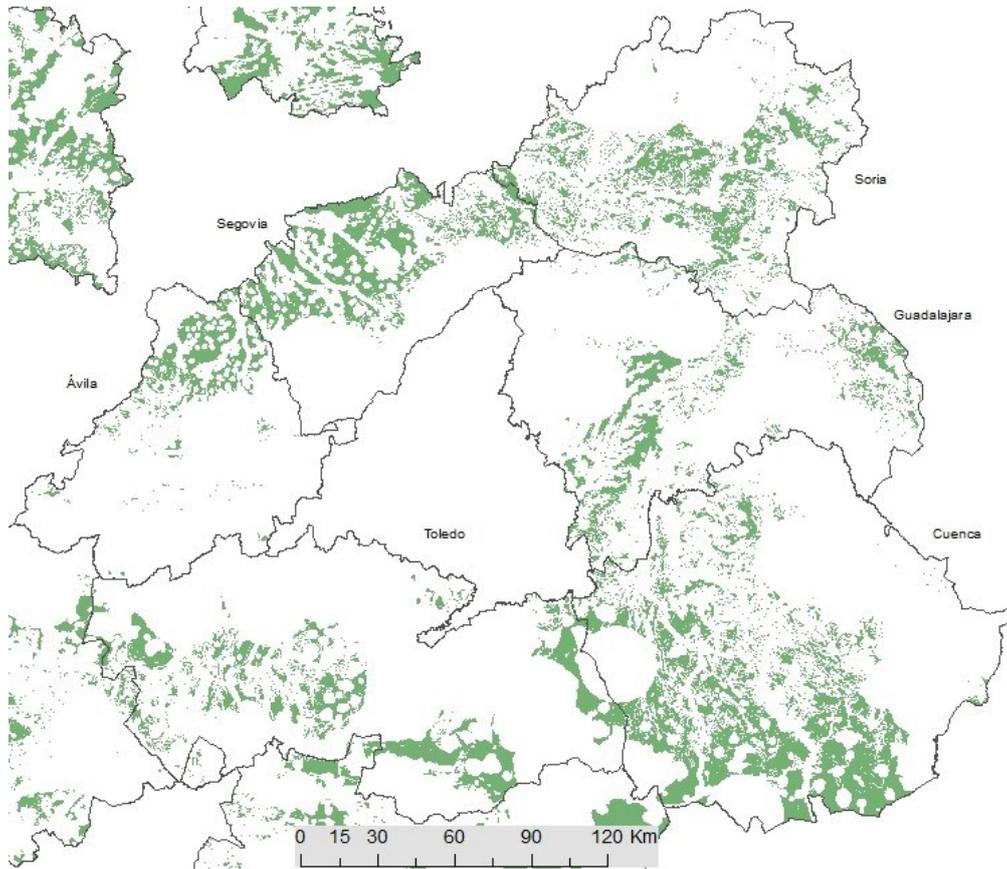


Ilustración 18: Zona permitida en Segovia, Soria, Ávila, Toledo, Guadalajara y Cuenca. [Elaboración propia]

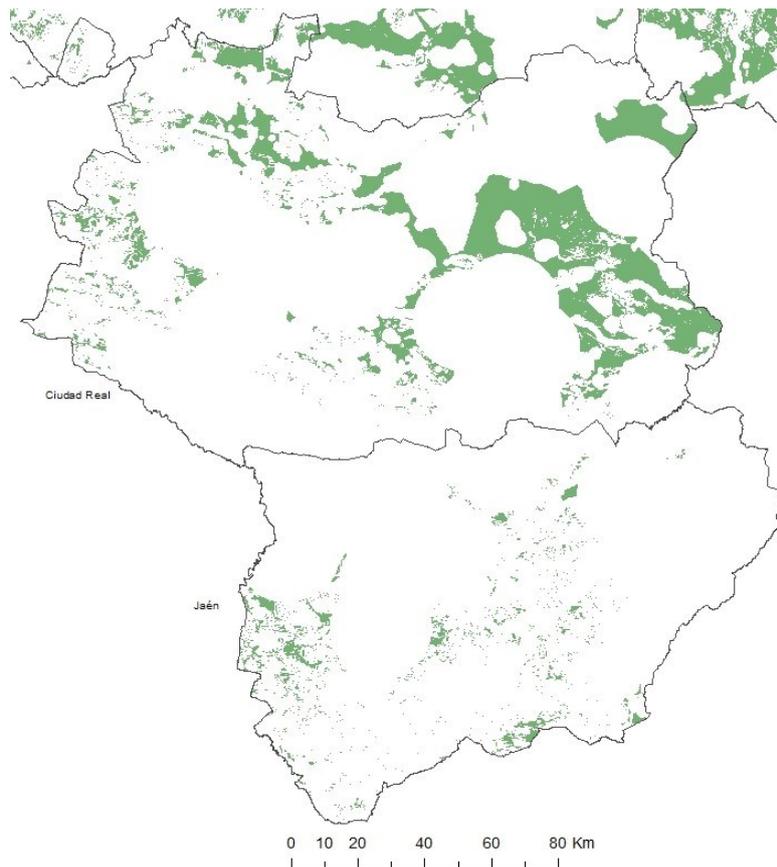


Ilustración 19: Zona permitida en Ciudad Real y Jaén. [Elaboración propia]

Como se puede observar en la Ilustración 15, en las provincias gallegas no es posible ubicar el aeropuerto. Jaén (Ilustración 19) tampoco posee zonas aptas.

Analizando todas las zonas lo suficientemente grandes que cumplen con los criterios relacionado con la distancia a carreteras y vías de tren, se proponen 5 posibles ubicaciones (Ilustración 20). Estas se numeran y, posteriormente, se compararán para decidir el emplazamiento final del aeropuerto. Una de ellas se encuentra en Palencia (4), tres en Toledo (1, 2 y 5) y la última en Ciudad Real (3).

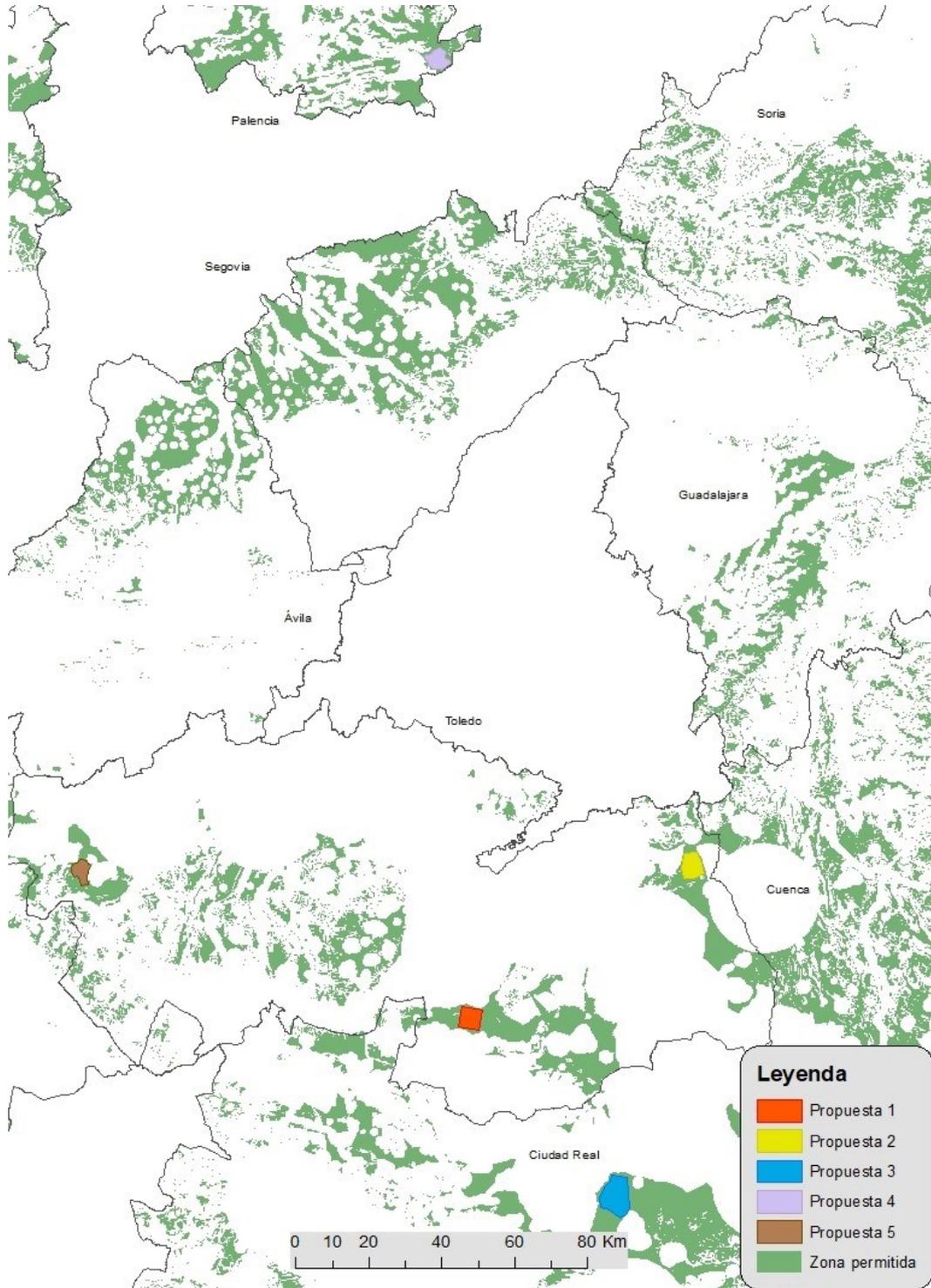


Ilustración 20: Propuesta de ubicaciones. [Elaboración propia]

## 2.5. Comparación de posibles emplazamientos

Para comparar las opciones se procede primero a estudiar sus áreas de influencia. Este concepto hace referencia a las zonas a las que daría servicio el potencial aeropuerto teniendo en cuenta el tiempo de viaje en coche requerido para llegar hasta el aeropuerto. Estas áreas se conocen como isocronas, que representan las zonas situadas en un mismo tiempo de viaje. Mediante la web Smappen [13] se trazan las isocronas de 20 minutos, 30 minutos, 45 minutos y 1 hora de cada propuesta y, una vez obtenidas, se estudia qué municipios abarcan y se calculan sus habitantes, obteniendo así la cantidad de habitantes locales a los que serviría el aeropuerto. Esto representa un simple acercamiento al potencial número de pasajeros que tendría el aeropuerto, puesto que en un estudio más exhaustivo se debería tener en cuenta aspectos como el turismo que puede atraer la zona o la demanda que podrían tener estos habitantes de viajar teniendo en cuenta múltiples factores como su poder adquisitivo, edad, necesidades etc.

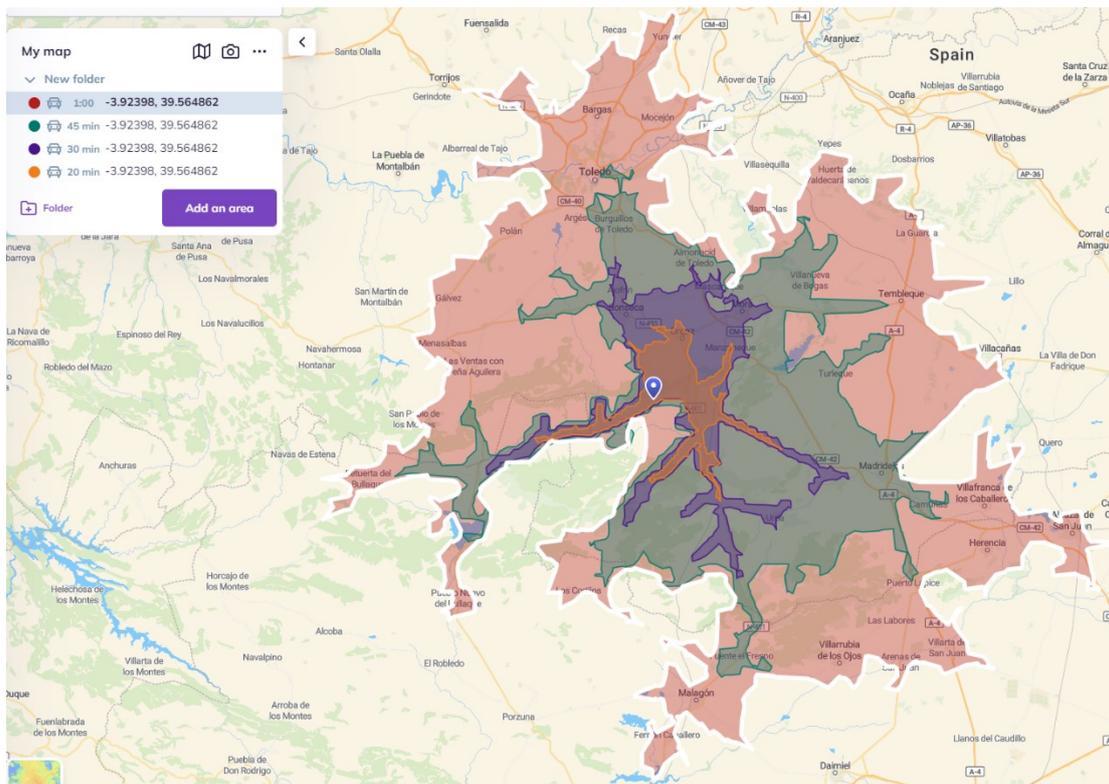


Ilustración 21: Área de influencia de la propuesta 1. [13]

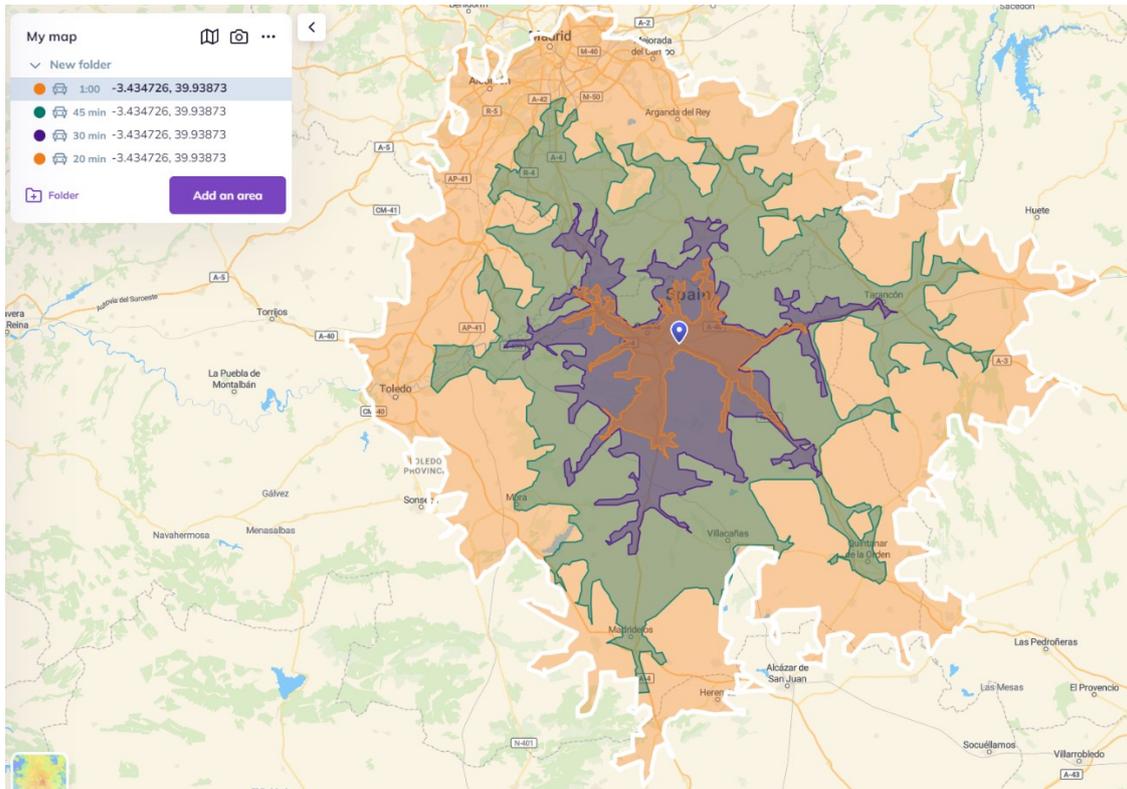


Ilustración 22: Área de influencia de la propuesta 2. [13]

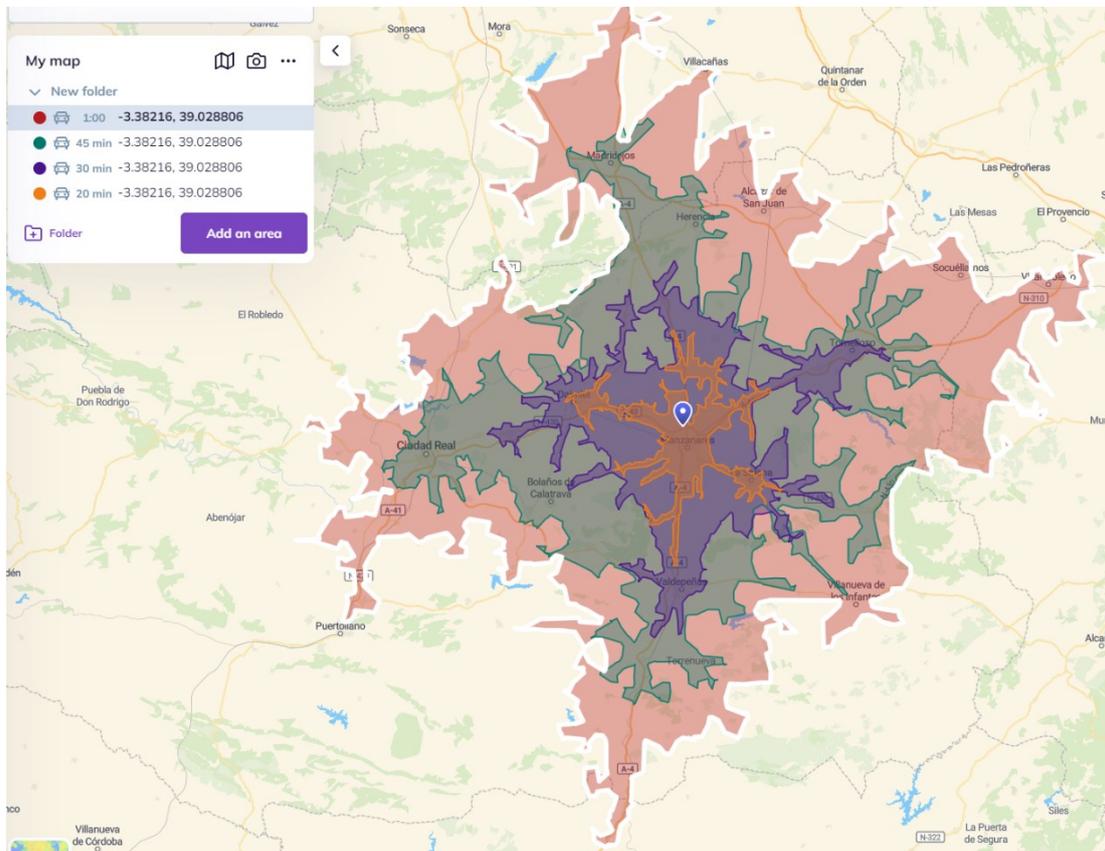


Ilustración 23: Área de influencia de la propuesta 3. [13]

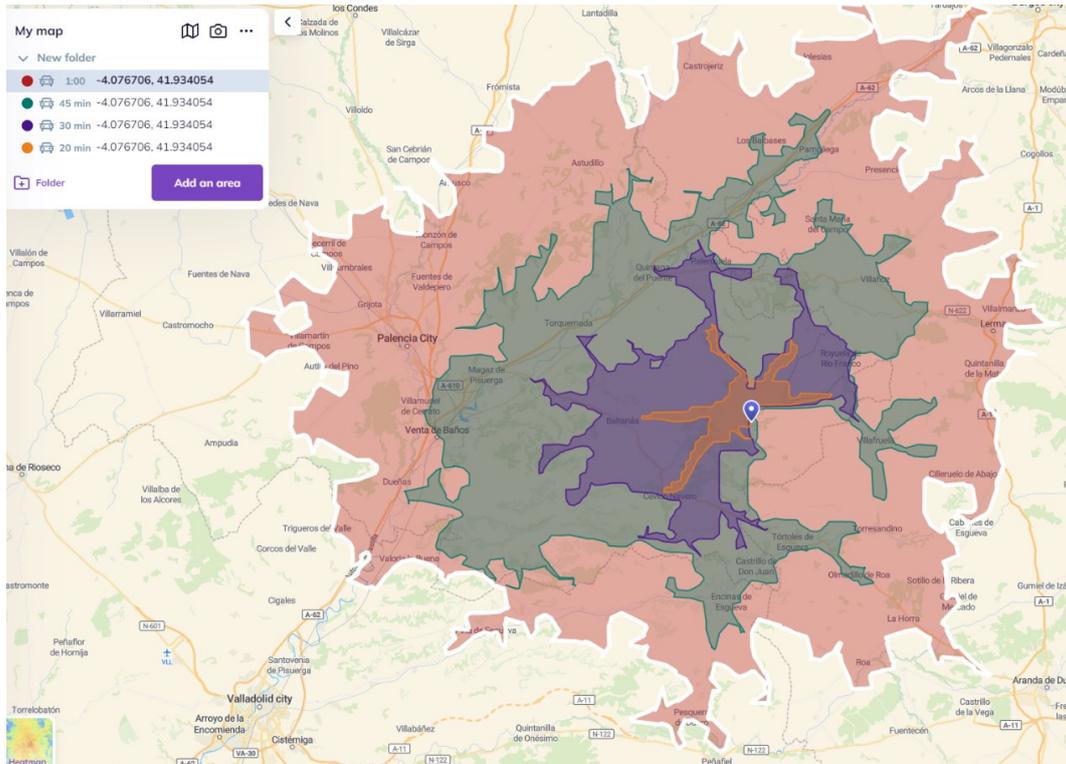


Ilustración 24: Área de influencia de la propuesta 4. [13]

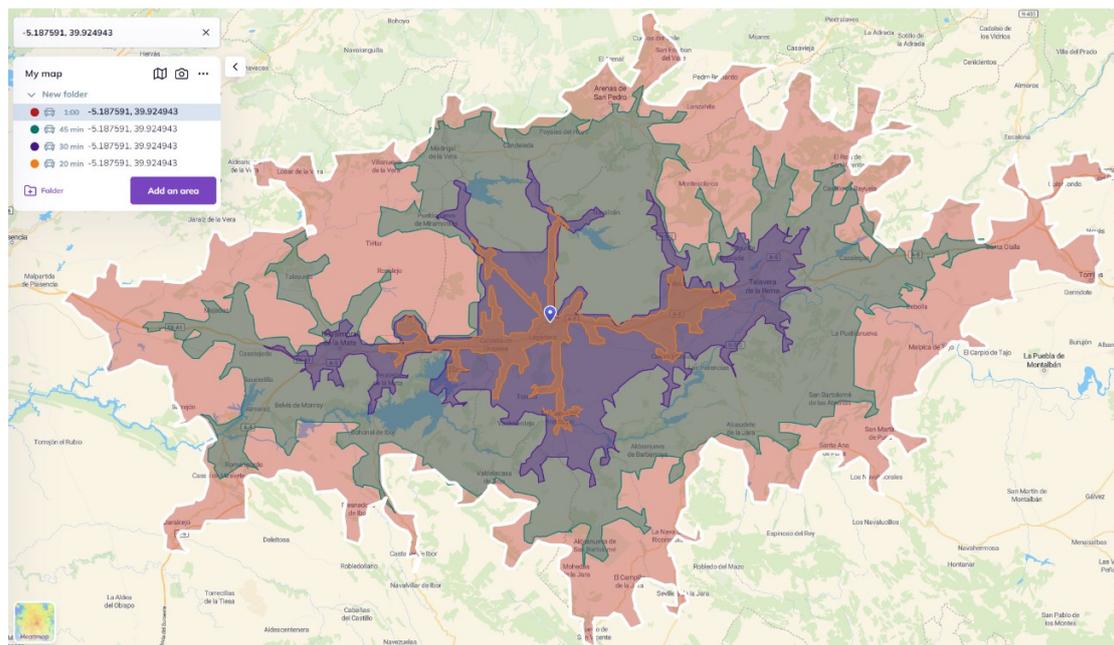


Ilustración 25: Área de influencia de la propuesta 5. [13]

Para la obtención de los datos de población de las localidades que quedan dentro de las áreas de influencia de cada propuesta se ha consultado la base de datos del INE (Instituto Nacional de Estadística) [14] con los datos de habitantes de cada municipio de la provincia seleccionada.

El área de influencia de la propuesta 1 (Ilustración 21) abarca alrededor de 198.000 habitantes, siendo Toledo, Sonseca y Madridejos los municipios más poblados.

La propuesta 2 (Ilustración 22) contiene unos 300.000 habitantes, siendo Toledo, Aranjuez y Ciempozuelos sus localidades más grandes. Realmente abarca muchos más habitantes, pero se ha decidido desestimar a las ciudades cercanas a Madrid, puesto que estas usaran el aeropuerto Adolfo Suarez, que está más cerca y tiene una oferta de vuelos muy amplia.

Por otro lado, la propuesta 3 (Ilustración 23) daría servicio a cerca de 280.000 residentes, destacando Ciudad Real, Valdepeñas y Tomelloso.

En cuarto lugar, la propuesta 4 (Ilustración 24) cuenta con el menor número de habitantes en su área de influencia, 106.000, siendo Palencia, Venta de Baños y Villamuriel de Cerrato sus mayores aportaciones.

Por último, el área de influencia de la propuesta 5 (Ilustración 25) aloja a alrededor de 171.000 habitantes, siendo Naval Moral de la Mata, Talavera de la Reina y Talayuela sus localidades más pobladas.

De todas estas propuestas se descartan las 3 con áreas de influencia (en cuanto a usuarios potenciales) más pobres, dejando a la propuesta 2 y 3 como candidatas finales. Para comparar el terreno de estas dos zonas se convierten las capas de zona permitida y de cada propuesta a formato .kml para así insertarlas en Google Earth e inspeccionar la zona visualmente, obteniendo la Ilustración 26.

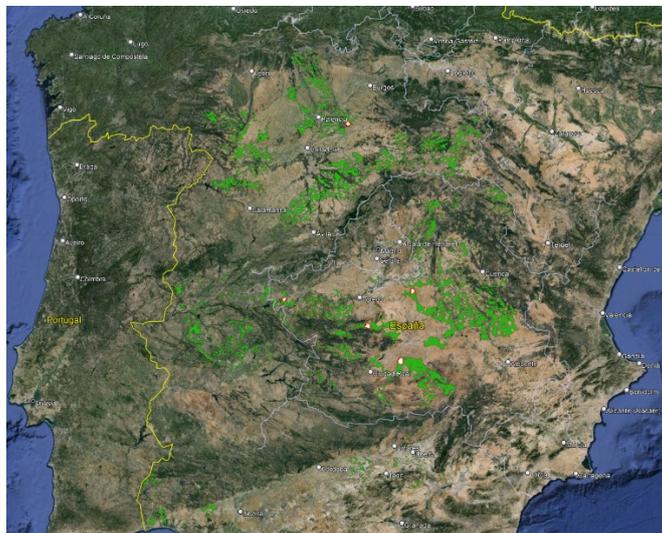


Ilustración 26: Zona permitida y propuestas en Google Earth. [Elaboración propia]

Analizando el terreno de las dos propuestas finalistas se observa como en la propuesta 2 se encuentra un pequeño arroyo (Arroyo del Robledo). Este tipo de cuerpos de agua, como ya se ha comentado, se han desestimado debido a que por su tamaño es posible y relativamente sencillo desviarlos y ubicar el aeropuerto, pero esto tendría un coste económico innecesario teniendo en cuenta que la zona de la propuesta 3 no presenta este problema.

Por otro lado, comparando en ArcMap las altitudes de los píxeles de 200 metros del Modelo Digital del Terreno de cada propuesta, buscando colocar la pista en el lugar con menores variaciones y que cumpla los requerimientos de distancia a carreteras y vías, se obtienen la Ilustración 27 Ilustración 27 e Ilustración 28.

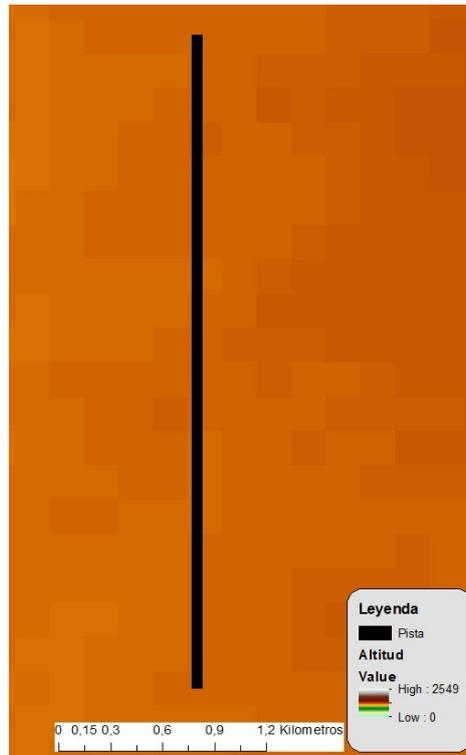


Ilustración 27: Altitud del terreno de la propuesta 2. [Elaboración propia]

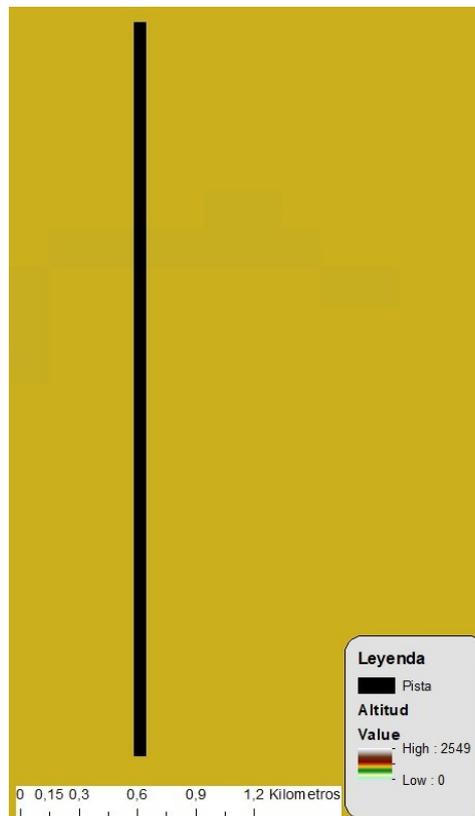


Ilustración 28: Altitud del terreno de la propuesta 3. [Elaboración propia]

Se observa como la propuesta 2, que ya se ha comentado que contiene un arroyo, es mucho más irregular, por lo que el coste del movimiento de tierras para aplanarla sería mucho mayor.

## 2.6. Selección del emplazamiento

Atendiendo a lo expuesto en el apartado anterior se ha escogido como emplazamiento final la propuesta 3, situada al noroeste del municipio de Manzanares, en la provincia de Ciudad Real. Realmente Ciudad Real sí que cuenta con un aeropuerto, pero es de uso privado, operando vuelos privados generalmente de extranjeros que vienen a España a practicar la caza. Como la premisa de la ubicación era provincias sin aeropuerto comercial, se considera una solución válida. Además, se encuentra parcialmente sobre una zona ZEPA, a diferencia del emplazamiento propuesto en este proyecto.

Como se observa en la Ilustración 28, la altitud de la zona es constante, por lo que, inspeccionando la altitud de uno de sus píxeles, se establece que la altitud de la pista es de 643 metros con pendiente nula. La zona está compuesta por cultivos, siendo el único obstáculo a tener en cuenta aquellos vehículos que circulen por las carreteras cercanas. Esto se estudiará posteriormente en la sección 3.2.4. Emplazamiento del umbral. Emplazamiento del umbral.

Cumpliendo con los criterios establecidos en esta sección mencionada, se procede a mostrar la ubicación de la pista, representada en Google Earth (Ilustración 30), siendo la zona verde aquella permitida. Las coordenadas de los umbrales se muestran a continuación:

Latitud Umbral 36	39° 4'44.55"N
Longitud Umbral 36	3°27'5.47"O
Latitud Umbral 18	39° 6'46.38"N
Longitud Umbral 18	3°27'5.47"O

Ilustración 29: Coordenadas de los umbrales. [Elaboración propia]

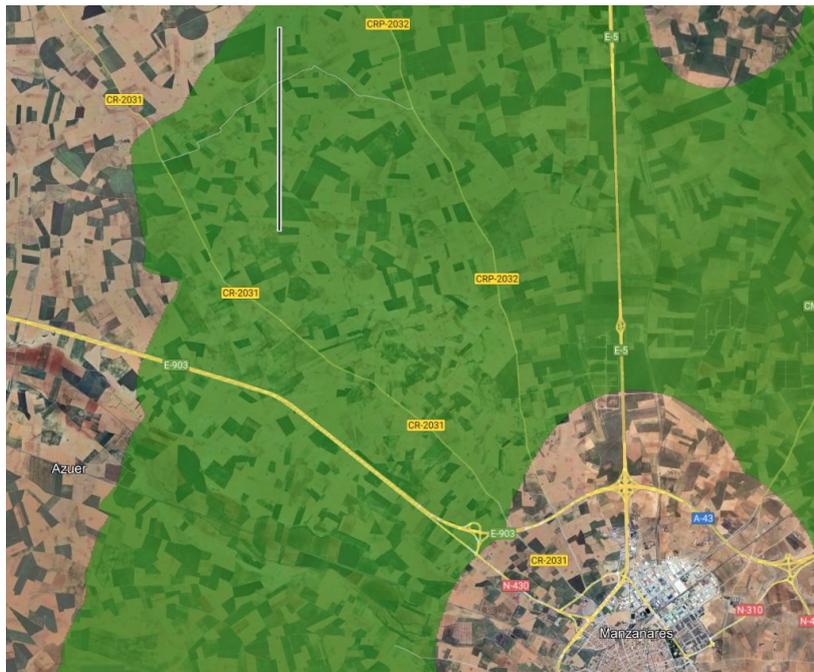


Ilustración 30: Emplazamiento del aeropuerto. [Elaboración propia]

La Ilustración 31, obtenida del Street View de Google Maps, se muestra como comprobación de los datos de cambios en la altitud del terreno escogido, que se aprecia completamente plano.



Ilustración 31: Street View del emplazamiento del aeropuerto. [15]

Cabe destacar que la terminal se construirá al lado Este de la pista, por lo que, como se puede comprobar en la Ilustración 30, hay espacio suficiente.

Por último, se muestra un mapa con las zonas prohibidas (LEP), restringidas (LER) y peligrosas (LED) del espacio aéreo cercano al aeropuerto, que responden a las siguientes características, teniendo en cuenta que “LE” es el prefijo del territorio español peninsular, islas baleares y Ceuta [16]:

- Zona prohibida (LEP): Ninguna aeronave volará en una zona prohibida (P) sin haber obtenido el preceptivo permiso del Estado español.
- Zona restringida (LER): Ninguna aeronave volará en una zona restringida (R) sin ajustarse a las restricciones establecidas, salvo que haya obtenido permiso de la autoridad competente.
- Zona peligrosa (LED): Antes de iniciar un vuelo que afecte a una zona peligrosa (D), el piloto obtendrá toda la información necesaria sobre las actividades de la misma y horario en que tendrán lugar.

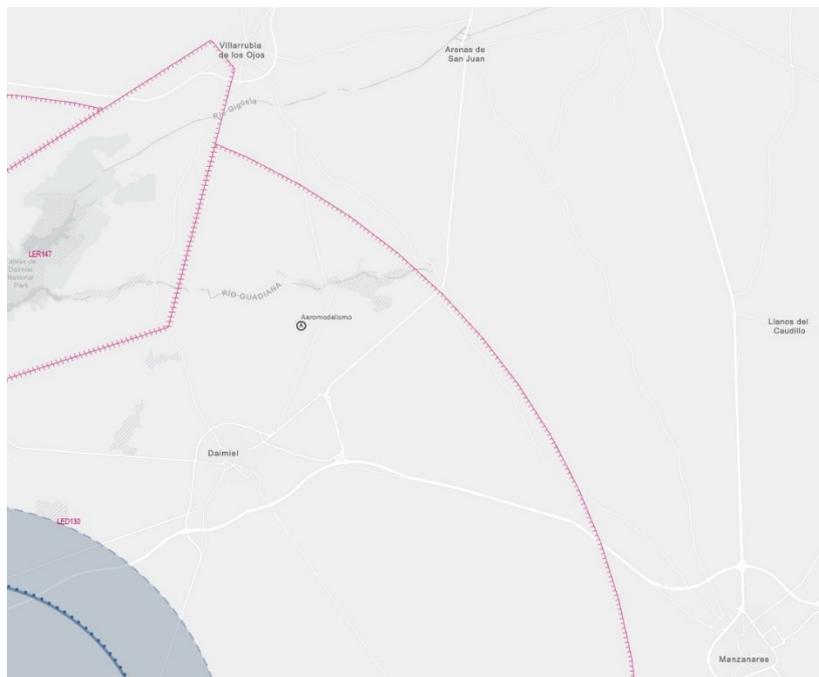


Ilustración 32: Zonas prohibidas, restringidas y peligrosas del espacio aéreo cercano. [17]

Se observa una zona restringida (LER147) al oeste, correspondiente al parque de Tablas de Daimiel, así como una zona peligrosa (LED130) correspondiente a la base de helicópteros del ejército de Almagro, donde se realizan vuelos de instrucción de helicópteros militares. El LER147, siendo la pista de orientación N-S no afectaría a las operaciones siempre y cuando el circuito de espera se sitúe al este de la pista. Por otro lado, la zona LED130 sí que podría llegar a afectar a las operaciones, pero, afortunadamente, por su tipología permite el vuelo salvo en determinados momentos de actividades peligrosas para el vuelo de las aeronaves [16], por lo que el aeropuerto debería coordinarse con la base de Almagro cuando sea necesario.

## 3. Diseño del lado aire

### 3.1. Flota de diseño

Para dimensionar la pista se hace uso de los datos de la aeronave más restrictiva de la flota de diseño, que es el conjunto de aviones que se espera que operen en el aeropuerto. En la web de AENA se pueden visualizar los destinos y aerolíneas que operan en cada aeropuerto y, teniendo en cuenta los aeropuertos situados en zonas con características poblacionales y geográficas similares, se obtiene que las aerolíneas que operan mayoritariamente estos aeropuertos son Air Nostrum, Ryanair y Vueling. Por tanto, se han usado sus flotas como flota de diseño, obteniendo la Tabla 2.

	Envergadura (m)	Longitud (m)	Long camp ref (m)	MTOW (kg)	MTOW (lb)	Clave
<b>B737-800</b>	35,9	39,52	2090	82664	182243	4C
<b>B737 MAX 8-200</b>	35,9	39,52	2600	82190	181200	4C
<b>A320</b>	35,8	37,57	2108	78000	171912	4C
<b>A319</b>	35,8	33,84	1799	75000	166402	3C
<b>A321</b>	35,8	44,51	2513	93500	206132	4C
<b>CRJ1000</b>	26,2	39,1	2030	41639	91800	4C
<b>ATR72-600</b>	27,05	27,17	1315	23000	50705	3C

Tabla 2: Flota de diseño [18][19][20][21][22][23]

La clave de referencia del aeródromo se obtiene de la Tabla 3.

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE	
Num. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)

Tabla 3: Clave de referencia [7]

El dato necesario para dimensionar la pista es el de la longitud de campo de referencia, que es la distancia mínima necesaria para despegar con el MTOW a nivel del

mar, atmósfera tipo, sin viento y pendiente 0 [7]. Por tanto, el avión de diseño para el aeropuerto será el B737MAX8-200, que tiene el mayor valor de este parámetro. De aquí se obtiene que la clave de referencia del aeródromo es 4C, dato que servirá para el diseño del lado aire.

## 3.2. Dimensionamiento de la pista

### 3.2.1. Longitud

Como en el emplazamiento seleccionado hay suficiente espacio para una gran pista sin obstáculos, no es necesario incorporar una zona de parada (Stopway) o libre de obstáculos (Clearway), por lo que la longitud de la pista debe poder satisfacer por sí misma los requerimientos del avión. Por tanto, la longitud de la pista del aeropuerto a diseñar deberá ser igual o más larga que la calculada a continuación.

Para calcular los requisitos de longitud de pista se requiere el manual del fabricante para el modelo de aeronave seleccionado, titulado “*Airplane Characteristics for Airport Planning*”, disponible en la web de Boeing [22]. Para su uso se requiere conocer la temperatura de referencia del aeródromo y su diferencia con la temperatura ISA a su altitud, así como el propio dato de altitud. La gráfica utilizada (Ilustración 33) requiere pendiente nula.

Como ya se ha expuesto en la selección del emplazamiento, la elevación es de 643 m y la pendiente es nula. En cuanto a la temperatura de referencia del aeródromo, se calcula a continuación [24].

Primero, se descargan los datos históricos de la estación meteorológica más cercana al emplazamiento, que es la estación de Valdepeñas [25]. Los datos obtenidos, que muestran desde 2014 hasta 2023, se tratan hasta conseguir una tabla con las temperaturas medias promedio de cada mes (Tabla 4) y otra de las máximas promedio (Tabla 5).

T media (°C)										
Mes	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	7,474	5,229	8,481	4,684	6,539	5,400	6,161	5,390	5,890	5,613
2	7,418	5,357	8,052	9,064	5,450	8,579	10,462	10,568	9,419	7,121
3	10,545	10,655	9,268	11,090	8,761	11,374	11,123	10,935	10,132	12,555
4	16,210	13,735	12,620	15,223	13,217	12,000	13,960	13,867	12,017	16,980
5	18,761	18,468	16,410	19,919	16,442	18,723	19,868	18,413	20,306	17,665
6	22,550	23,658	23,433	26,383	21,907	23,341	22,670	22,987	24,753	23,790
7	25,330	27,777	28,087	27,439	25,477	27,443	28,600	27,123	29,361	28,687
8	25,839	27,140	27,335	26,955	27,523	26,370	26,406	27,632	27,777	28,039
9	22,020	20,377	22,843	21,800	23,403	21,773	21,373	22,073	21,778	22,567
10	18,503	16,413	17,594	18,313	15,757	17,019	14,326	17,003	19,748	18,639
11	11,550	10,817	9,973	9,820	10,340	9,493	11,703	8,320	12,193	11,763
12	5,713	9,671	6,890	5,706	7,090	8,194	6,803	8,411	10,423	6,945

Tabla 4: Temperaturas medias de cada mes. [Elaboración propia]

T max (°C)										
Mes	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	11,684	11,810	12,526	10,190	11,689	11,803	11,481	10,123	12,510	10,755
2	11,493	9,929	12,810	14,061	10,686	16,579	17,566	16,586	16,559	14,036
3	16,890	16,738	15,374	17,632	13,081	18,768	17,113	17,955	14,277	19,703
4	22,972	19,778	17,887	22,707	18,980	17,310	18,967	19,313	17,848	25,210
5	25,816	25,180	22,274	26,994	22,477	25,635	26,735	25,403	27,981	23,942
6	29,683	30,671	30,850	33,627	28,043	31,066	29,617	30,003	32,510	29,653
7	32,540	35,551	35,542	35,506	33,226	34,730	36,481	34,539	37,665	36,719
8	33,587	34,560	35,048	34,606	35,152	34,163	34,339	35,410	35,581	36,126
9	28,200	27,110	30,083	29,450	30,313	28,063	28,230	28,623	28,767	29,300
10	25,133	21,955	23,694	25,916	21,833	23,413	20,952	23,887	26,700	24,606
11	15,800	17,473	14,617	16,793	14,847	13,083	17,420	13,377	17,510	17,273
12	11,206	16,713	11,445	10,945	13,052	12,287	11,294	13,468	15,019	12,477

Tabla 5: Temperaturas máximas de cada mes. [Elaboración propia]

De cada año se selecciona el mes con la temperatura más alta. La temperatura de referencia del aeródromo viene dada por la media de las temperaturas máximas promedio del mes con temperaturas medias promedio más altas (Tabla 6).

Temperaturas máximas promedio del mes con temperaturas medias promedio más altas									
2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
33,587	35,551	35,542	35,506	35,152	34,730	36,481	35,410	37,665	36,719

Tabla 6: Tmax promedio del mes con Tmed promedio más altas. [Elaboración propia]

Por tanto, la temperatura de referencia del aeródromo es de 35,6°C. La temperatura ISA a esa altitud es de 10,8°C y, por tanto, la diferencia es de unos 25°C.

Ahora, siguiendo la gráfica correspondiente a ISA+25 del manual de planificación mencionado previamente se obtiene la distancia necesaria para despegar:

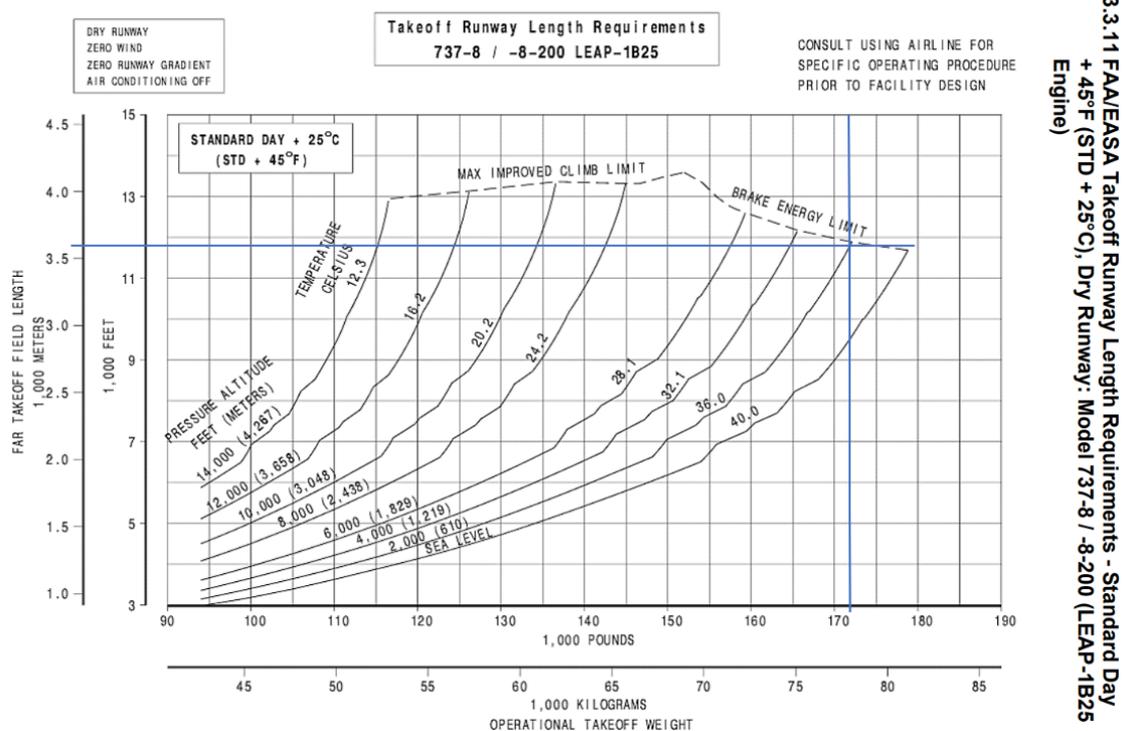


Ilustración 33: Distancia de despegue requerida [22]

Cabe destacar que, a unos 610m de elevación, que es la línea más cercana a los 643 metros del aeródromo por una diferencia despreciable, el MTOW pasa a ser unos

172000 libras. A este peso, altitud y temperatura, la distancia requerida para despegar el B737MAX8-200 es de unos 3600 metros.

Para determinar la longitud de la pista es necesario también considerar la distancia requerida de despegue. La Ilustración 34 muestra su requerimiento, que es de 1750 metros.

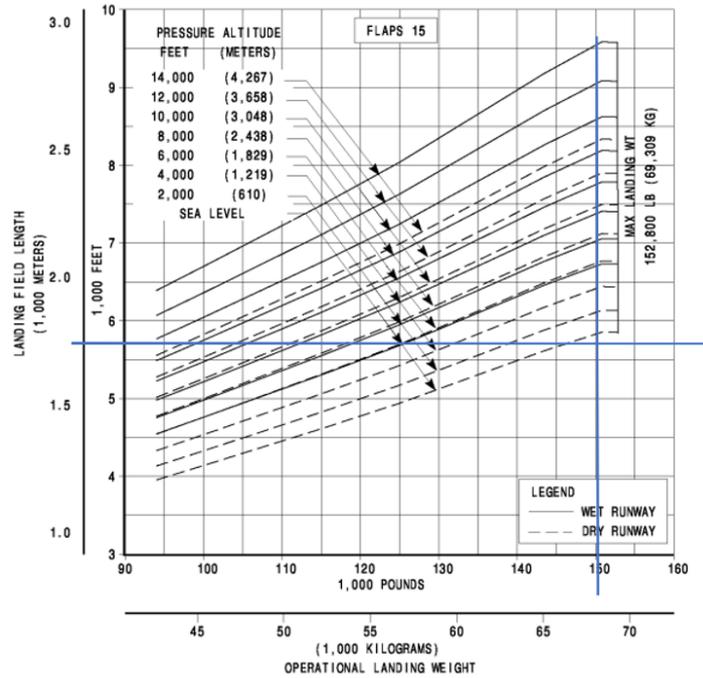


Ilustración 34: Distancia de aterrizaje requerida [22]

El mayor de los dos requerimientos es el del despegue, de 3600 metros, así que será este el que se tome como referencia. Como esta es la longitud mínima, se ha escogido una longitud final de 3748,9 metros para así tener un poco de margen en caso de condiciones adversas.

En cuanto a las distancias declaradas, no procede su representación puesto que, al no disponer de zona de parada, zona libre de obstáculos ni umbral desplazado, todas ellas son iguales a la longitud de la pista. Es decir, la TORA (Takeoff runway available), TODA (Takeoff distance available), ASDA (accelerate-stop distance available) y LDA (landing distance available) son de 3748,9 metros.

### 3.2.2. Ancho de pista

El ancho mínimo que debe tener la pista se obtiene de la Tabla 7.

**Table 5-1. Runway widths**

<i>Outer Main Gear Wheel Span (OMGWS)</i>				
<i>Code number</i>	<i>Up to but not including 4.5 m</i>	<i>4.5 m up to but not including 6 m</i>	<i>6 m up to but not including 9 m</i>	<i>9 m up to but not including 15 m</i>
1 <sup>a</sup>	18 m	18 m	23 m	–
2 <sup>a</sup>	23 m	23 m	30 m	–
3	30 m	30 m	30 m	45 m
4	–	–	45 m	45 m

*a. The width of a precision approach runway should be not less than 30 m where the code number is 1 or 2.*

Tabla 7: Requisitos de anchura de la pista [26]

La OMGWS (anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal) del avión de diseño es de 7 metros [22] y el número de la clave de referencia es 4. Por tanto, el ancho mínimo de la pista es de 45 metros, que es el que se ha escogido.

### 3.2.3. Orientación

Los datos de los vientos para la obtención de la orientación óptima de la pista se han obtenido del mismo archivo que los de la temperatura [25].

Siguiendo las directrices del *Manual de diseño de aeródromos – Parte 1, Pistas* [7], se tiene que la orientación de la pista debe ser tal que el coeficiente de utilización del aeródromo sea mayor que 95% para los aviones de la flota de diseño.

Para la determinación del coeficiente de utilización se debe tener en cuenta que, en circunstancias normales, impide el aterrizaje o despegue de la aeronave un viento con componente transversal superior a:

- 37km/h (20kt) para aviones cuya longitud de campo de referencia sea igual o mayor a 1500 metros.
- 24 km/h (13kt) para aviones cuya longitud de campo de referencia sea igual o mayor a 1200 metros y menor que 1500 metros.
- 19 km/h (10kt) para aviones cuya longitud de campo de referencia sea menor que 1200 metros.

Los cálculos necesarios se han realizado en Excel siguiendo el método del profesor Ignacio Despujol, expuestos en la asignatura de Ingeniería Aeroportuaria y colgados en YouTube [27][28].

Como se observa en la Tabla 8Tabla 8, los vientos en la zona de estudio son generalmente débiles y, por tanto, como se verá a continuación, esto provoca unos altos coeficientes de utilización en todas direcciones, puesto que los vientos transversales, por mucho que varíen de orientación, prácticamente nunca son lo suficientemente rápidos como para perturbar las operaciones aeroportuarias.

DIRECCIÓN	VELOCIDAD (kts)						
	Calma (<01)	01-04	04-07	07-10	10-13	13-16	16-19
Calma	4						
N		179	41	1	0	0	0
NNE		144	46	2	1	0	0
NE		93	32	3	1	0	0
ENE		104	52	5	0	0	0
E		63	30	1	0	0	0
ESE		15	5	0	0	0	0
SE		46	14	1	0	0	0
SSE		98	41	0	0	0	0
S		240	157	35	11	0	0
SSW		280	164	17	4	2	0
SW		147	130	30	10	1	0
WSW		53	45	5	2	0	0
W		170	46	9	6	0	0
WNW		131	18	3	0	0	0
NW		139	31	0	0	0	0
NNW		201	52	1	0	0	0
TOTAL	4	2103	904	113	35	3	0

Tabla 8: Frecuencia de los vientos según dirección y velocidad. [Elaboración propia]

Teniendo en cuenta que en la flota de diseño hay un avión con campo de referencia de 1315 metros y el resto son de más de 1500, se estudiarán los vientos de más de 13kt y 20kt.

Realizando las operaciones trigonométricas correspondientes se obtiene la tabla de coeficientes de utilización (Tabla 9).

Dirección	Coeficiente utilización	
	>1500	>1200   <1500
N	100,0	100,0
NNE	100,0	100,0
NE	100,0	100,0
ENE	100,0	100,0
E	100,0	99,936749
ESE	100,0	99,905123
SE	100,0	99,905123
SSE	100,0	99,968374
S	100,0	100,0
SSW	100,0	100,0
SW	100,0	100,0
WSW	100,0	100,0
W	100,0	99,936749
WNW	100,0	99,905123
NW	100,0	99,905123
NNW	100,0	99,968374

Tabla 9: Coeficientes de utilización. [Elaboración propia]

Como se puede observar, todas las orientaciones cumplen con la restricción del 95%. Por tanto, para determinar la orientación de la pista, se verá cuáles son las más frecuentes, para así favorecer las operaciones a los pilotos de las aeronaves.

Las pistas cuentan con dos orientaciones opuestas, por lo cual, para estudiar la frecuencia, se unirán las direcciones opuestas de los vientos, obteniendo la Tabla 10.

Orientación	Frecuencia	Coef uti 1300
N-S	666	100
NNE-SSW	661	100
NE-SW	452	100
SSE-NNW	395	99,96837445
E-W	329	99,93674889
ENE-WSW	266	100
SE-NW	235	99,90512334
ESE-WNW	173	99,90512334

Tabla 10: Frecuencia final de cada orientación posible. [Elaboración propia]

De esta tabla se concluye que la orientación óptima de la pista es la N-S, seguida muy de cerca de la NNE-SSW. La orientación N-S se traduce a las cabeceras 18-36, correspondientes a los ángulos 180 y 360 respecto al norte magnético.

La declinación magnética de la zona es de 29°E cambiando 9'E cada año, por lo que no se modifica el valor dibujado en el umbral, ya que es un valor demasiado pequeño. [29]

### 3.2.4. Emplazamiento del umbral

Una vez obtenida la orientación y la longitud de la pista, se procede a representarla en el mapa para comprobar que cumple con los requisitos de franqueamiento de obstáculos y la senda de ascenso/descenso de las aeronaves no pasa por encima de poblaciones cercanas para así evitar causar molestias por ruido, en cuyo ser necesario desplazar el umbral.



Ilustración 35: Posición de la pista. [Elaboración propia]

Situando en este emplazamiento (Ilustración 35) la pista en orientación N-S se evita que las aeronaves sobrevuelen la localidad de Manzanares en su ascenso y descenso a una altura baja, evitando graves molestias por ruido.

La zona alrededor de la pista es muy plana y sin obstáculos, así que sólo cabe fijarse en la presencia de objetos móviles (vehículos), que se requieren a una distancia mínima de 1200 metros medidos longitudinalmente desde el umbral con una anchura de al menos 150 metros [7].

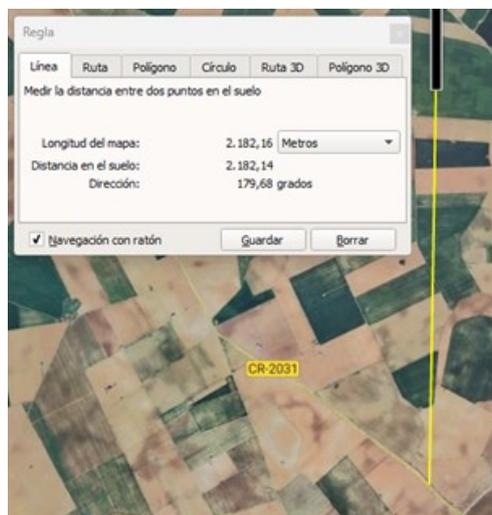


Ilustración 36: Distancia de la carretera al umbral. [Elaboración propia]



Ilustración 37: Anchura de la distancia de la carretera al umbral. [Elaboración propia]

Se observa que la distancia longitudinal y su anchura cumplen con creces los requisitos expuestos y, por lo tanto, no es necesario desplazar el umbral 36, que es el situado en el sur de la pista. La otra cabecera se encuentra mucho más lejos de cualquier carretera longitudinalmente, por lo que no procede su representación.

Se procede a estudiar también los posibles obstáculos montañosos en las trayectorias rectas que parten de cada cabecera. Idealmente, la aeronave debería poder mantener un descenso a  $3^\circ$  sin ser interrumpido por ningún obstáculo. Mediante ArcMap se visualiza el perfil de altitudes en las trayectorias que parten del umbral norte (Ilustración 38) y sur (Ilustración 39).

Representado en las tablas de la parte superior de cada imagen se encuentra la pendiente entre el umbral y el obstáculo más alto con menor pendiente, tal y como demuestran las líneas trazadas. Con la distancia horizontal del eje x y la altura del eje y restándole la elevación del aeródromo se obtiene la pendiente de las tablas. Ambos valores son menores que el ángulo típico de descenso de  $3^\circ$ , por lo que no causan ningún problema a los descensos. Los ascensos se suelen realizar en ángulos más pronunciados, por lo que tampoco habrá problema en ellos.

Elevación sobre la pista (m)	107
Distancia horizontal (m)	28000
Pendiente (°)	0,218950663

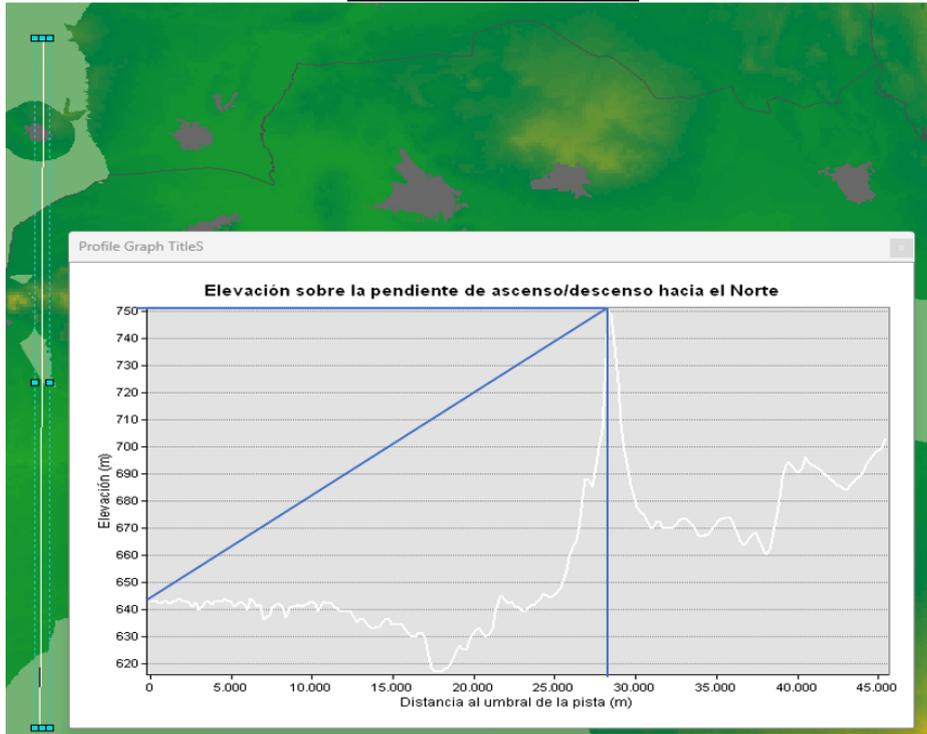


Ilustración 38: Obstáculos en la trayectoria norte. [Elaboración propia]

Elevación sobre la pista (m)	109
Distancia horizontal (m)	32000
Pendiente (°)	0,195162994

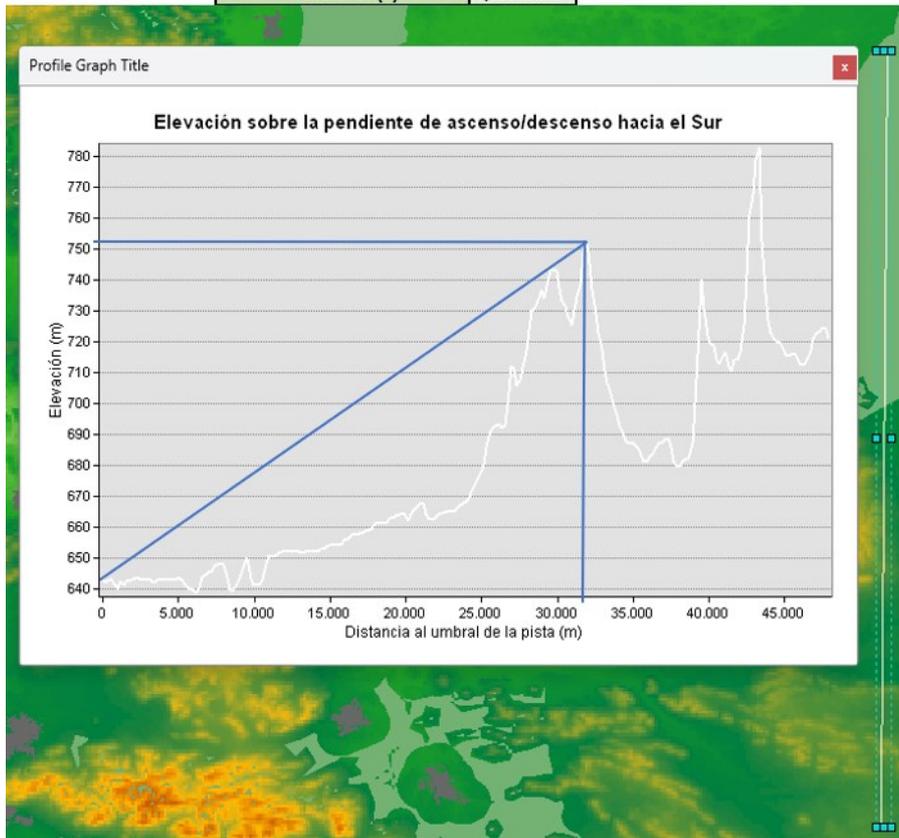


Ilustración 39: Obstáculos en la trayectoria sur. [Elaboración propia]

### 3.2.5. Franja de pista

La pista debe estar rodeada de un área libre de obstáculos para que, en caso de que un avión se salga de la pista, se eviten así daños mayores. Dentro de esta área debe haber una parte nivelada. Esta zona tiene el nombre de franja y, para una pista de vuelo instrumental de clave 4, debe tener las dimensiones siguientes [30], siendo la interna nivelada (75m a cada lado del eje de pista) y la que queda fuera la no necesariamente nivelada (140m a cada lado del eje):

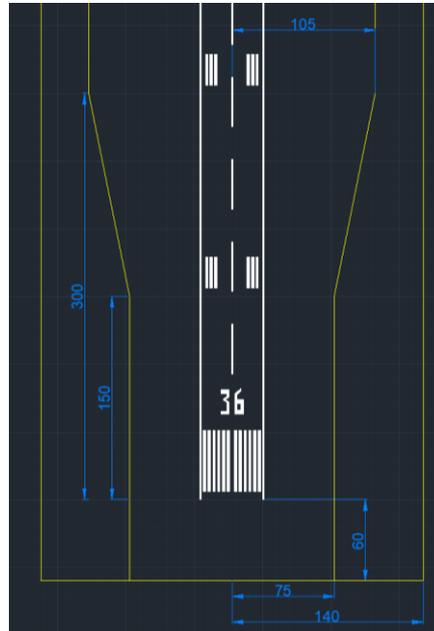


Ilustración 40: Dimensiones de la franja de pista. [Elaboración propia]

Haciendo uso del MDT insertado previamente en ArcMap y colocando la pista en el lugar adecuado se obtiene, tal y como se muestra en la Ilustración 41 e Ilustración 42, que la franja cumple los requisitos de nivelación, ya que los píxeles de diferente altitud a la pista más cercanos a ella están a una mayor distancia de la requerida. Se aprecia un cambio en el color del MDT debido a que, para aumentar la precisión de los colores, se han establecido como valores mínimo y máximo las altitudes mínima y máxima de la provincia de Ciudad Real.

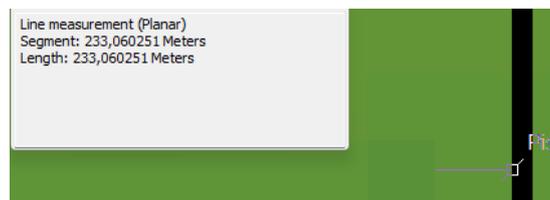


Ilustración 41: Nivelación Oeste de la franja. [Elaboración propia]

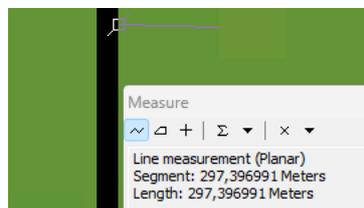


Ilustración 42: Nivelación Este de la franja. [Elaboración propia]

Es posible que la calidad de las imágenes no permita distinguirlo, pero se ha medido la distancia al píxel más cercano de diferente color (diferente altitud) a cada lado de la pista y las distancias a las que se encuentra son de 233 metros por el Oeste y 297 metros por el Este.

### 3.3. Dimensionamiento de la calle de rodaje

Longitud amplitud distancia a pista distancias entre calles de rodaje y de plataforma etc.

Tal y como se describe en el *Manual de diseño de aeródromos – Parte 2, Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera* [31], la planificación la configuración de las calles de rodaje se debe basar en las siguientes directrices:

- El trayecto descrito debe conectar los diversos elementos del lado aire mediante las distancias más cortas para así reducir el tiempo y coste del rodaje.
- El trayecto debe ser lo más sencillo posible para facilitar el trabajo del piloto.
- Siempre que sea posible, se debe optar por diseñar tramos rectos. Cuando los cambios de dirección sean necesarios, las curvas deberán tener un radio adecuado, así como superficies de enlace o un aumento en la anchura de la calle.
- Se debe evitar que crucen pistas u otras calles de rodaje siempre que sea posible para evitar demoras.

Siguiendo estos principios, la calle de rodaje diseñada es una recta paralela a la pista que conecta con la plataforma con ambos umbrales. Por tanto. Su longitud es igual a la de la pista.

Para el dimensionamiento de algunas medidas de la calle de rodaje se requiere el dato de la base de ruedas del avión de diseño. Este dato hace referencia a la distancia entre el tren de proa y el centro del tren principal, que es de 15,6 metros [8].

Basándose en la Tabla 1-1 del *Manual de diseño de aeródromos – Parte 2* [31] se tiene que, para el aeródromo diseñado, las medidas mínimas de la calle de rodaje serán:

- 15m para la anchura.
- 25m para la anchura de la calle y margen.
- 3m de distancia libre entre la rueda exterior del tren principal y el borde de la calle.
- 158m de separación entre su eje y el de la pista
- 22,5m de separación entre su eje y el de la calle de acceso al puesto de estacionamiento.

Para la calle de rodaje diseñada se han escogido las siguientes dimensiones:

- 20m de ancho.
- 30m de ancho con margen pavimentado.
- 4m de distancia libre entre la rueda exterior del tren principal y el borde de la calle.
- 200m de separación entre su eje y el de la pista.

### 3.4. Calles de salida y apartaderos de espera

#### 3.4.1. Calles de salida rápida

Al aterrizar es necesario abandonar la pista lo antes posible para así dejarla libre para el siguiente avión, por lo que una salida rápida de esta es clave para el óptimo funcionamiento del aeropuerto. Estas calles que conectan la pista con la calle de rodaje sirven para no tener que llegar hasta el umbral opuesto y hacer un giro de 180°, proceso que mantendría la pista ocupada un tiempo excesivamente largo. En aeropuertos en los que se espera poco tráfico, como es el caso de este juzgando aeropuertos similares, esto no resulta un problema. Sin embargo, pensando en un futuro en el que pueda llegar a ser necesario, se ha decidido poner calles de salida rápida y obtener así un aeropuerto más avanzado.

El método utilizado para el posicionamiento de las calles de salida es el método de los tres segmentos, esquematizado en la Ilustración 43.

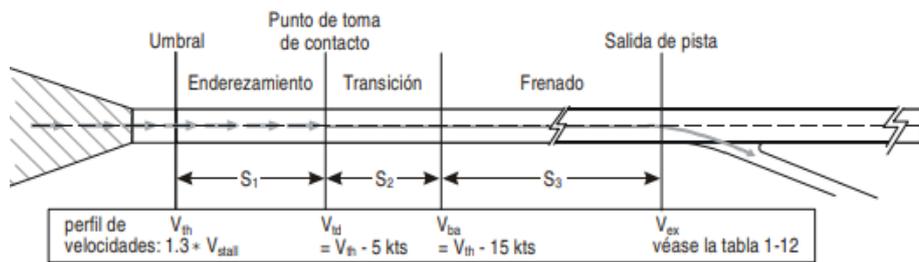


Ilustración 43: Método de los tres segmentos [7]

- La velocidad en el umbral ( $V_{th}$ ) del avión de diseño es de 145kts [32].
- $V_{td}$  (velocidad en momento de toma de contacto) es  $V_{th}-5=140$ kts.
- $V_{ba}$  (velocidad de aplicación de frenos) es  $V_{th}-15=130$ kts.
- $V_{ex}$  (velocidad nominal de salida de pista) para clave 4 es de 30kts.

$S_1$  para aeronaves de categoría C es de 450 metros.

$$S_2 = 5 * (V_{th} - 10) = 675 \text{ m}$$

$$S_3 = \frac{(V_{th} - 15)^2 - V_{ex}^2}{8 * a} = 1333,3$$

siendo “a” el régimen de desaceleración, con un valor considerado de  $1,5 \text{ m/s}^2$ .

La suma de estas tres distancias ofrece una distancia desde el umbral hasta el punto en que se inicia el viraje hacia la calle de rodaje de 2458,3 metros. En pistas largas como esta se recomienda situar alguna calle de salida adicional en intervalos de aproximadamente 450m hasta 600m. En este diseño se ha colocado 650 metros después de la primera, quedando a 640,9 metros del umbral, buscando la distancia media entre la primera salida y el umbral.

Por tanto, se sitúan dos calles de salida rápida en cada dirección. Todas ellas se trazan de la misma forma, la cual se explica a continuación.

El ángulo preferente de intersección de la calle de salida rápida es de  $30^\circ$ , que es el que se ha escogido. Su eje en la zona alrededor del eje de pista se traza como se expone en la Ilustración 44, que permite velocidades de salida en pista mojada de 93km/h.

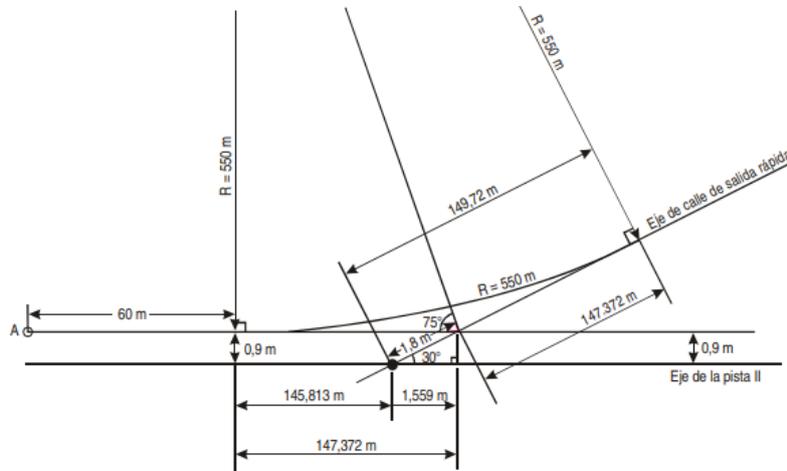


Ilustración 44: Trazado de calle de salida rápida para número de clave 3 o 4. [33]

Las dimensiones de anchura de las calles de salida son las mismas que la calle de rodaje. Sin embargo, el radio interior de la salida de la pista es de 488 metros, proporcionando un sobreechanco al inicio de la salida hasta que se llega al ancho de 20 metros, quedando como se muestra en la Ilustración 45.



Ilustración 45: Dimensiones de la calle de salida rápida [Elaboración propia]

Para su unión con la calle de rodaje se debe procurar que el avión pueda realizar el giro de 150° necesario para dirigirse hacia la plataforma. Para ello, se debe dimensionar la zona interior del giro para adecuarla y evitar que el avión mantenga siempre los 3 metros mínimos de separación hasta la línea de borde de calle de rodaje. Esta superficie extra se llama superficie de enlace, y se representa en la Ilustración 46.

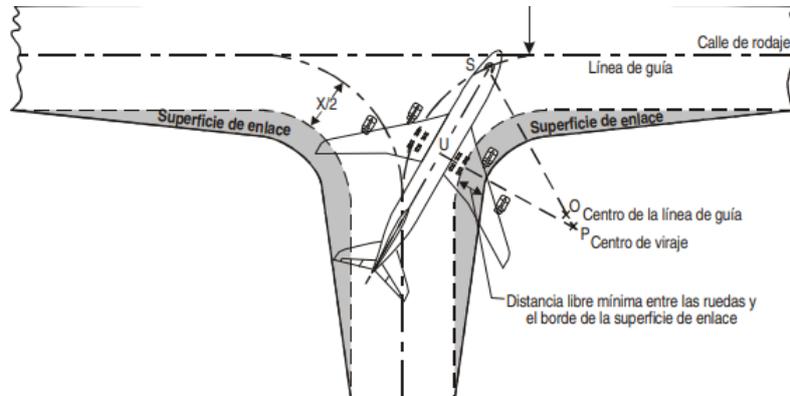


Ilustración 46: Representación de la superficie de enlace [33]

Para su trazado se hace servir el método de arco y tangente [33]. Se estudian los dos giros posibles al final de las calles de salida rápida: el de 150° y el de 30°.

En este método se aproxima la compleja trayectoria del viraje de una aeronave a un arco de círculo y sus tangentes. Los datos a obtener son el radio del arco concéntrico con el de la calle de rodaje y la distancia a la que deben estar los puntos hasta los que se trazará la tangente al arco, llamados extremos cuneiformes. Para su obtención se necesitan los siguientes datos, independientemente del ángulo de giro:

- Radio del eje de la calle de rodaje (R) = 23,84m.
- Margen mínimo de seguridad (M) = 3m.
- Ancho de vía del tren principal (T) = 7m. [22]
- Longitud de referencia (d) = 17,22m [32]. Es la distancia horizontal del centro del tren principal a la cabina del piloto, conocido como Cockpit to main gear distance (CMG).
- Ancho de la calle (X) = 20m.

$$\frac{R}{d} = \frac{23,84}{17,22} = 1,38$$

Esta relación entre el radio del eje de la calle de rodaje y la longitud de referencia se requiere para el manejo de las gráficas.

Este método hace uso de las cuatro gráficas siguientes:

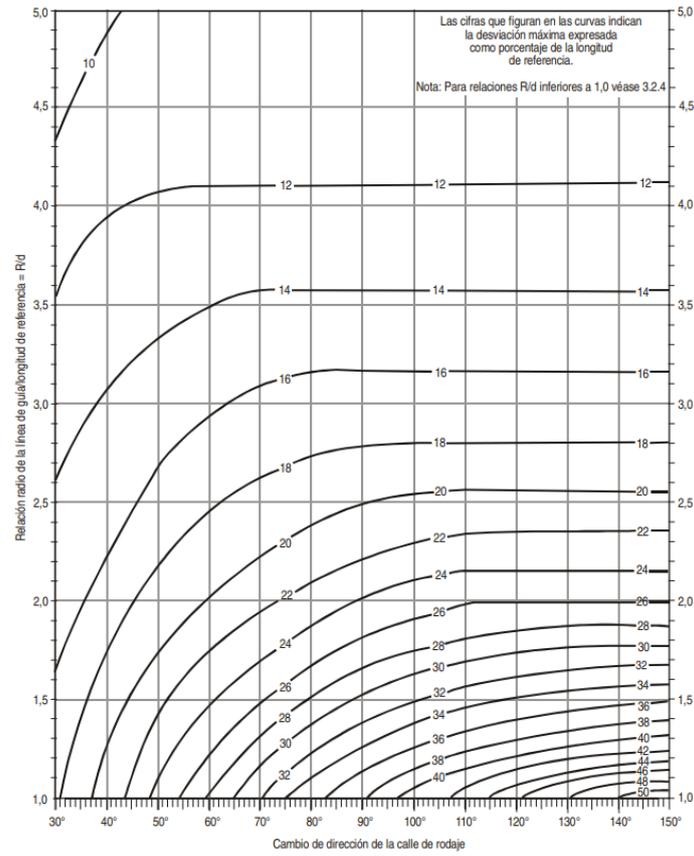


Ilustración 47: Desviación máxima del centro del tren de aterrizaje principal [33]

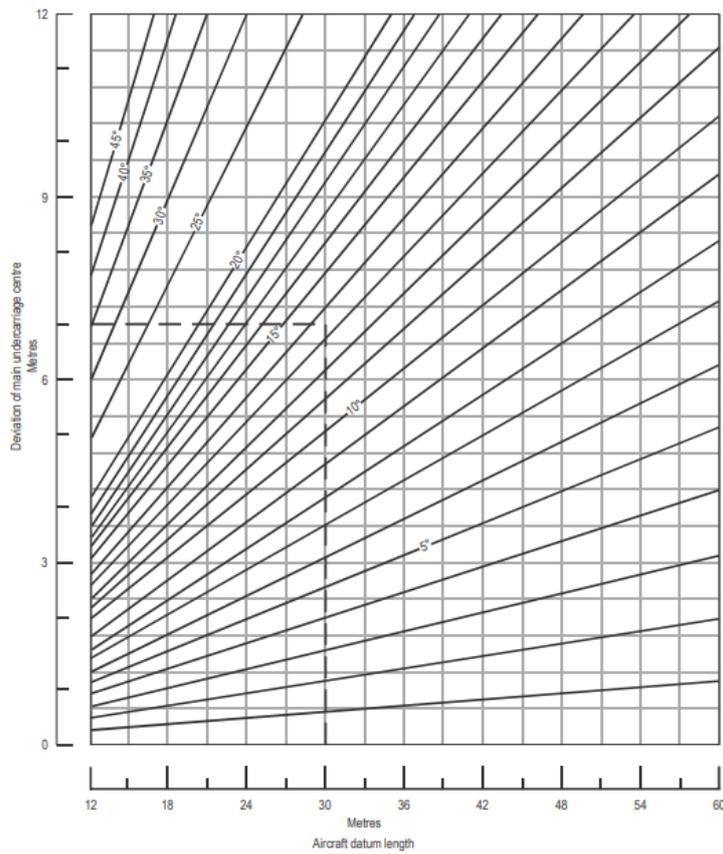


Ilustración 48: Ángulo de guía y desviación del centro del tren de aterrizaje principal [33]

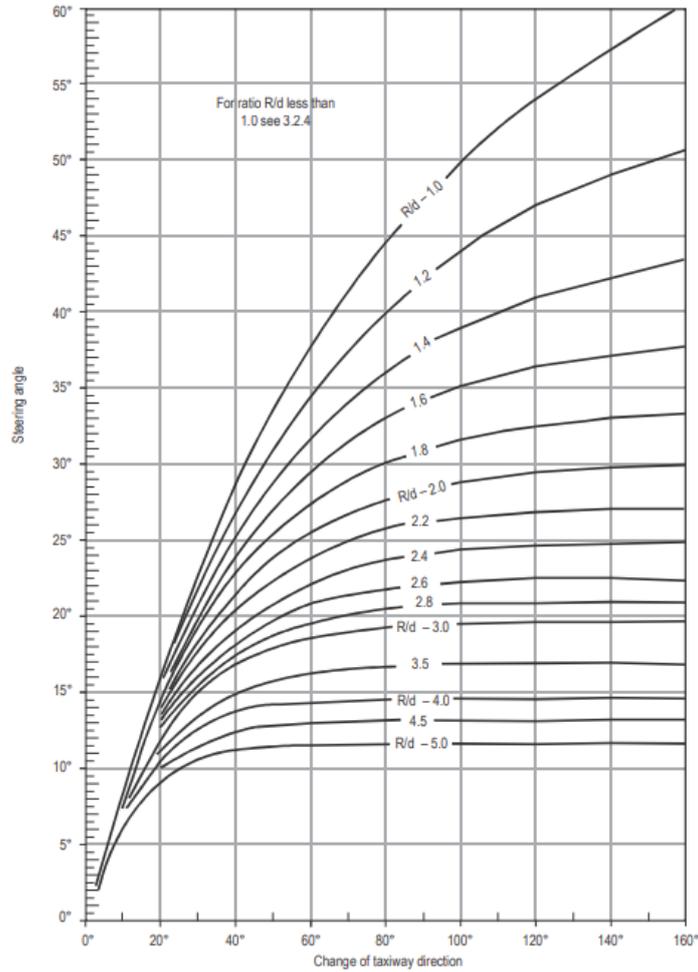


Ilustración 49: Aumento de un ángulo de guía durante un viraje [33]

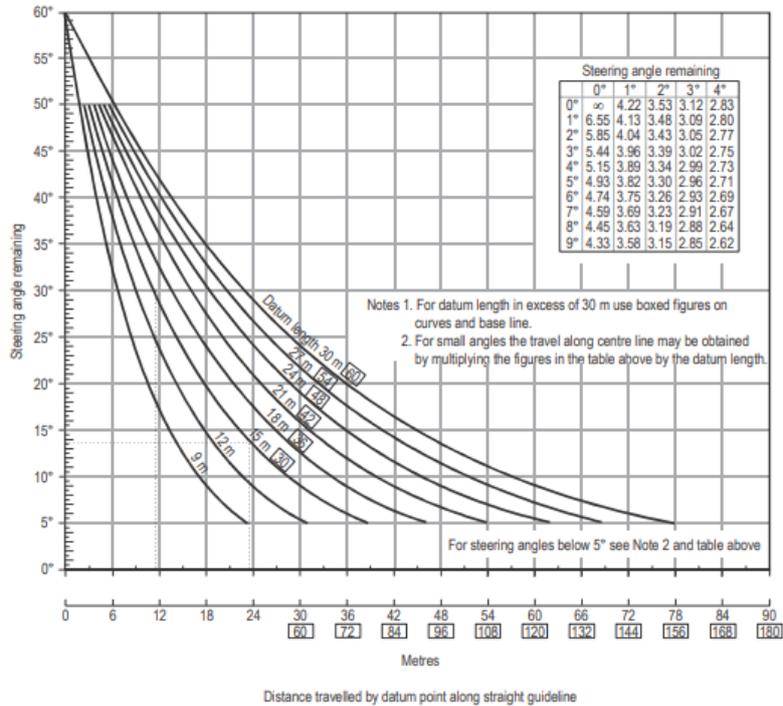


Ilustración 50: Disminución del ángulo de guía al término del viraje [33]

### 3.4.1.1. Giro de 150°

De la Ilustración 47 se obtiene que la desviación máxima es el 38% de la longitud de referencia, es decir, 6,54m.

El radio de la superficie de enlace (r) se obtiene a continuación:

$$r = R - \left( \lambda_{max} + M + \frac{T}{2} \right) = 23,84 - \left( 6,54 + 3 + \frac{7}{2} \right) = 10,8 \text{ m}$$

La desviación máxima sin superficie de enlace ( $\lambda$ ) es:

$$\lambda = \frac{X}{2} - \left( M + \frac{T}{2} \right) = \frac{20}{2} - \left( 3 + \frac{7}{2} \right) = 3,5 \text{ m}$$

Mediante la Ilustración 48, esto ofrece un ángulo de guía de 12°.

A partir de la relación R/d y el ángulo de cambio de dirección (150°) y mediante la Ilustración 49, se obtiene el ángulo de guía al final del viraje: 43,5°.

Con estos dos últimos datos, acudiendo a la Ilustración 50, se obtienen las distancias L1=6m y L2=29m. La diferencia entre estos dos valores (L3=23m) es la distancia que debe recorrer el punto de referencia para reducir el ángulo de guía de 43,5° a 12°.

La distancia a la que se encuentra el centro del tren de aterrizaje respecto al final de la curva resulta de restar la longitud de referencia a L3:

$$L3 - d = 23 - 17,22 = 5,78 \text{ m}$$

Estos 5,78 metros son la distancia a la que deben estar los extremos cuneiformes del fin del arco del borde original de la calle de rodaje. El resultado es el siguiente, siendo la zona sombreada el borde original de la calle de rodaje sin esta modificación:

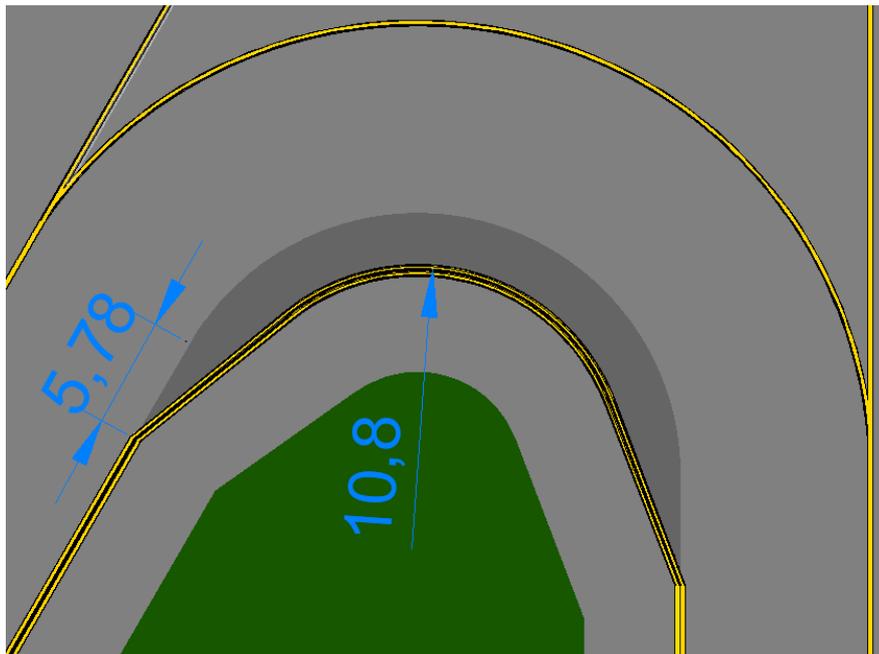


Ilustración 51: Superficie de enlace [Elaboración propia]

### 3.4.1.2. Giro de 30°

Repetiendo los pasos, pero en el caso de un giro de 30°, se tiene que;

$$\lambda_{max} = 17\% \text{ de } d = 2,293 \text{ m}$$

$$r = R - \left( \lambda_{max} + M + \frac{T}{2} \right) = 23,84 - \left( 2,293 + 3 + \frac{7}{2} \right) = 15,05 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{X}{2} - \left( M + \frac{T}{2} \right) = \frac{20}{2} - \left( 3 + \frac{7}{2} \right) = 3,5 \text{ m}$$

- Ángulo de guía = 12°
- Ángulo de guía al final del viraje = 21°
- L1 = 19,5 m.
- L2 = 29 m.
- L3 = L2 - L1 = 9,5 m.
- L3 - d = -4 m.

Se observa como el último valor obtenido es negativo, lo cual implica que no se necesita superficie de enlace para este giro.

### 3.4.2. Apartaderos de espera

En la unión de la calle de rodaje con cada uno de los umbrales de la pista se sitúa un apartadero de espera con dos puestos. Esto permite una mayor flexibilidad para regular las secuencias de despegue y así evitar retrasos indebidos. Además, de esta forma, en caso de que algún avión tenga un imprevisto que le impida despegar una vez ya estaba esperando para entrar a pista, queda un acceso libre para el resto de los aviones, evitando taponar la entrada.

Su diseño se basa en el siguiente esquema:

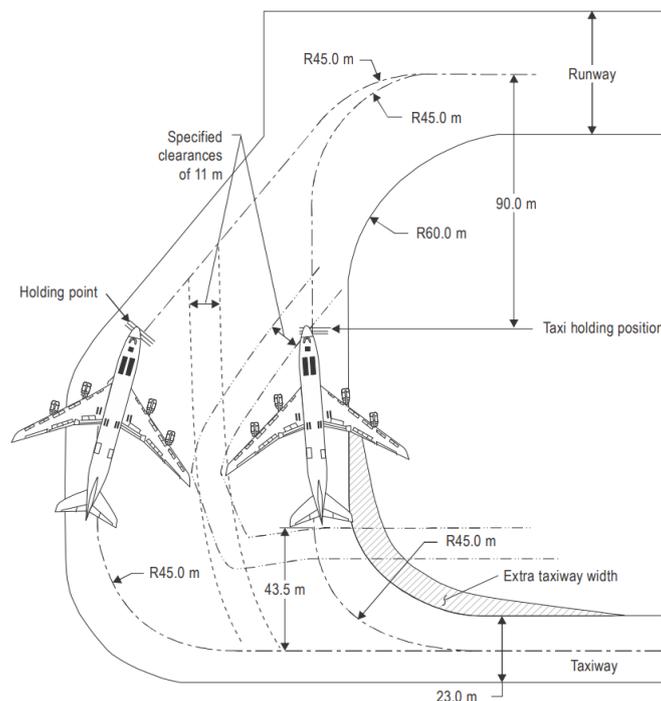


Ilustración 52: Esquema de apartadero de espera [31]

La distancia libre entre los extremos de las alas debe ser de 15m. El avión de diseño tiene una envergadura de 35,92 metros [22] (que es el que se muestra en la Ilustración 53), así que la distancia entre ejes de la calle de rodaje de cada puesto del apartadero debe ser de 50,92 metros como mínimo. Para el aeropuerto diseñado se ha escogido una distancia de 55,92 metros para tener un ligero margen por si los pilotos no siguen estrictamente el eje de la calle. De esta forma, se obtiene el resultado de la Ilustración 53; **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

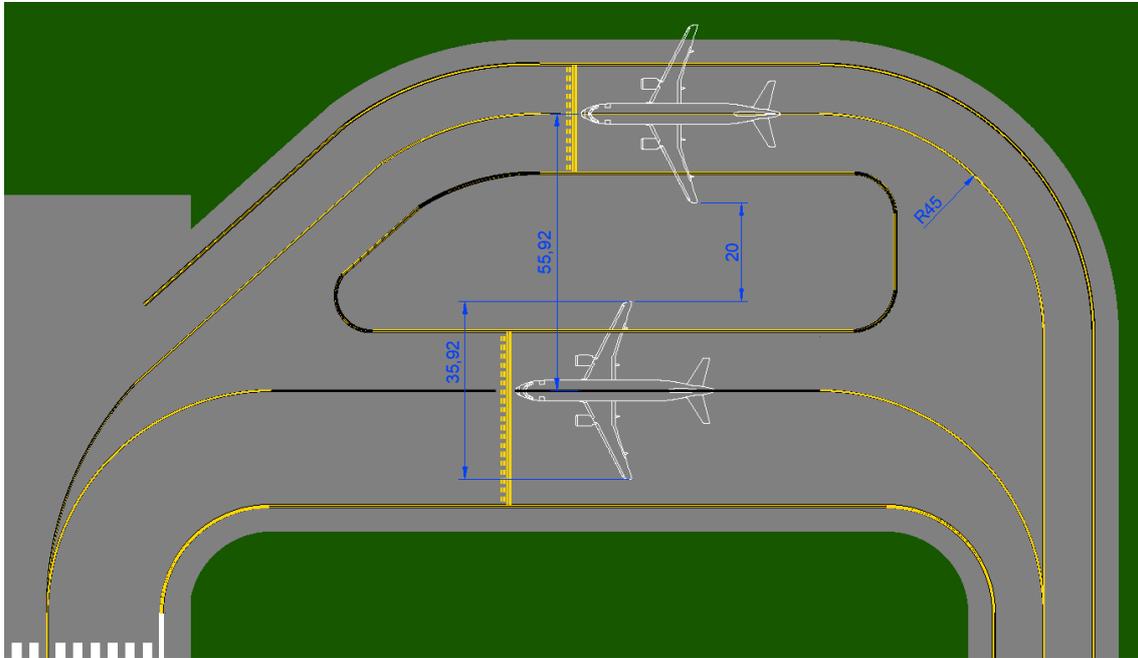


Ilustración 53: Apartadero de espera [Elaboración propia]

Cabe destacar que para las curvas presentes en este apartadero también se ha realizado el estudio de requerimiento de superficie de enlace, pero el resultado ha sido la no necesidad de ellas. El principal motivo es que el radio del eje de la calle de rodaje es mucho mayor en este caso (45 m), por lo que el viraje es menos brusco y, por tanto, la desviación máxima del tren de aterrizaje principal es menor, como se puede observar en la Ilustración 47.

### 3.5. Dimensionamiento de la plataforma

Por plataforma se entiende una zona definida destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento [33].

Existen 5 tipos de plataforma:

- Plataforma de la terminal de pasajeros.
- Plataforma de la terminal de carga.
- Plataforma de estacionamiento.
- Plataformas de servicio y de hangares.
- Plataformas para la aviación general.

Debido al limitado alcance del presente proyecto se procede al diseño únicamente de la plataforma de la terminal de pasajeros, pero esencialmente el procedimiento es el mismo, adecuando cada una a su propósito.

El embarque de pasajeros se realizará mediante pasarelas extensibles, que son aquellas en las que su extremo libre es capaz de moverse mediante un par de ruedas accionadas por motor. Este extremo puede variar su altura considerablemente, permitiendo el embarque de aeronaves con alturas muy dispares.

Existen 6 conceptos de plataforma de terminal de pasajeros, y son los siguientes:

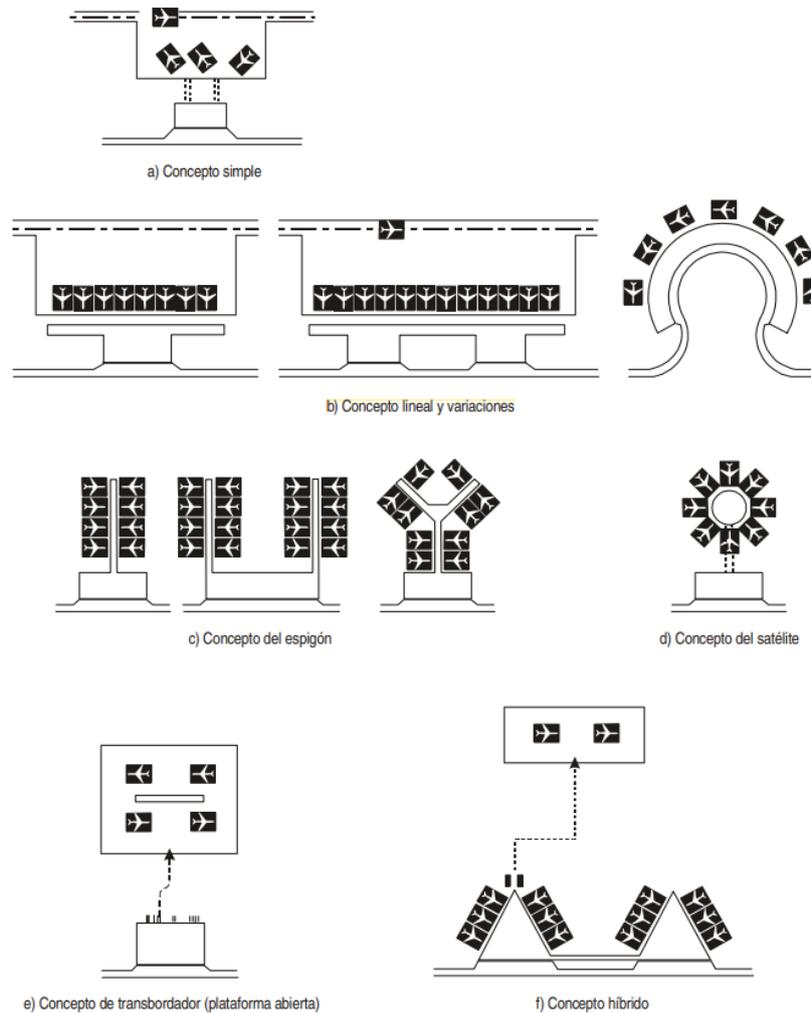


Ilustración 54: Conceptos de plataformas en terminal de pasajeros [33]

Para el aeropuerto diseñado se ha optado por el concepto lineal con configuración de proa hacia dentro para entrar/empuje para salir. Esto implica que el avión entra por sí solo al puesto de estacionamiento, pero requiere de un agente de handling que lo remolque para salir. De esta forma se simplifica el diseño del puesto de estacionamiento, ya que no hay que trazar la guía que debería seguir en caso de tener que salir por sí mismo, aparte de permitir una maniobra sencilla, minimizando la perturbación a puestos de embarque contiguos. Además, ocupa menos espacio, por lo que se pueden colocar más puestos, tal y como muestra la Ilustración 55.

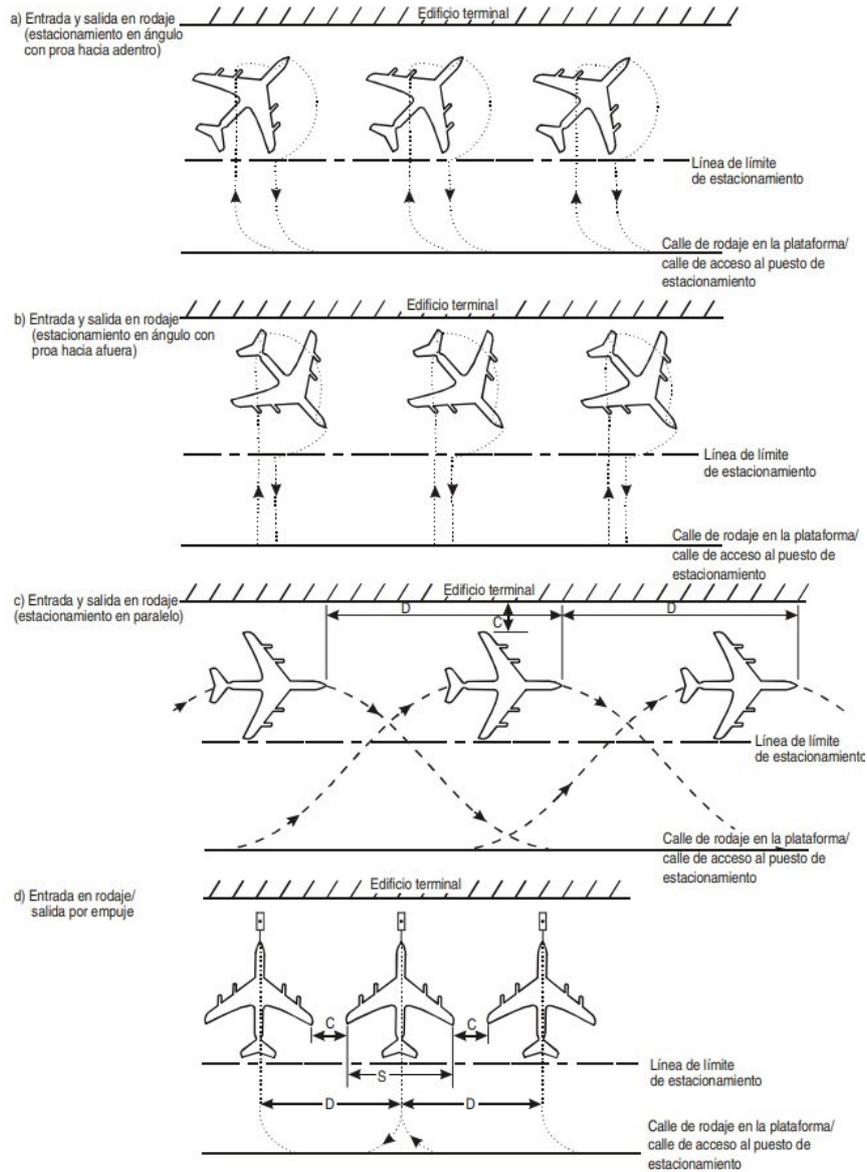


Ilustración 55: Tipos de entrada y salida del puesto de estacionamiento. [33]

El dimensionamiento de los puestos de estacionamiento se basa en lo publicado en el esquema de la Ilustración 56.

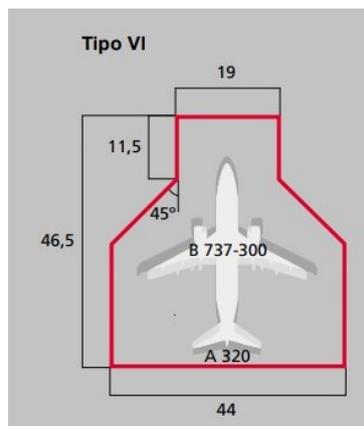


Ilustración 56: Dimensiones del puesto de estacionamiento. [34]

El puesto de estacionamiento es de Tipo VI porque, atendiendo a la Ilustración 57, el B737-800, que es muy similar al B737MAX8-200, es de este tipo.

Dimensiones de los puestos de estacionamiento (en m).			
Tipo	Aeronaves	Longitud	Anchura
I	B-744, B-747, A-340	80,5	80
II	MD-11, DC-10, DC-8/63	71,5	67
III	B-763, B-767, B-707, L-1011, IL-62, A-300, A-310, DC-8/53	65	63
IV	B-757, TU-154	57,5	53
V	B-727, MD-81 a 83 y 88	54,5	44
VI	MD-87, A-320, TU-134, B-737/600 a 800	46,5	44
VII	DC-9, B-737/100 a 500, F-100, Bae 143, F-28, F-27, BA-111, Bae 146/200 y 300	44,5	40
VIII	ATR-72, ATR-42, CN-235, Bae-146/100	34,5	37

Ilustración 57: Tipos de puesto de estacionamiento según las dimensiones del avión de diseño. [34]

A lo largo de la terminal se encuentran 8 puestos de estacionamiento con sus respectivas pasarelas, obteniendo el resultado de la Ilustración 58.

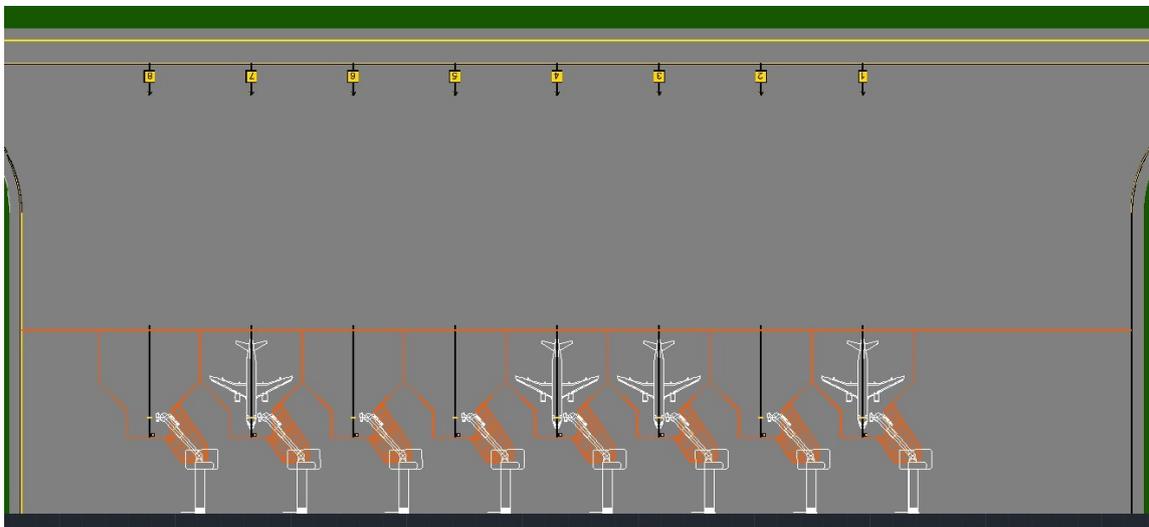


Ilustración 58: Plataforma de la terminal de pasajeros [Elaboración propia]



La señal de eje de pista debe cumplir las siguientes condiciones:

- La longitud de los trazos más la del intervalo no será menor de 50m ni mayor de 75m.
- La longitud de cada trazo será mayor o igual a la longitud del intervalo, o de 30m, tomándose la mayor
- La anchura de los trazos no será menor de 0,9m para aproximación de precisión de Categorías II y III.

Para acomodar los trazos en la longitud escogida para la pista se hace uso del rango de valores descrito, escogiendo finalmente trazos de 36,5 metros e intervalos de 24,31 metros.

Como la pista es única, se ha escogido el esquema A de la Ilustración 59. Teniendo en cuenta que para una anchura de pista de 45m el número de fajas debe ser 12, se obtiene el siguiente resultado:

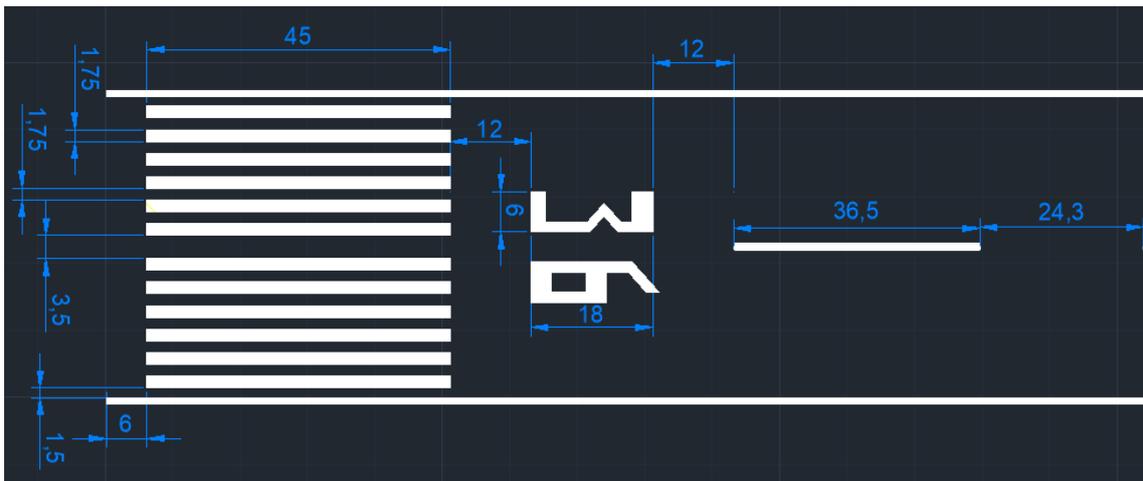


Ilustración 61: Señal designadora de pista, umbral y de eje [Elaboración propia]

En pistas pavimentadas de vuelo por instrumentos cuyo número de clave sea 2, 3 o 4, como es el caso, se debe proporcionar una señal de punto de visada, que es el punto al que debe apuntar el piloto para aterrizar.

Con un objetivo similar se incluyen también las señales de zona de toma de contacto, que consiste en pares de señales rectangulares dispuestas simétricamente con respecto al eje de pista. La cantidad de pares de señales para una distancia de aterrizaje disponible de más de 2400 metros es 6, siguiendo el esquema de la Ilustración 62, que muestra una pista de más de 2400 metros de longitud, por lo que se debe seguir al completo, obteniendo la Ilustración 63.

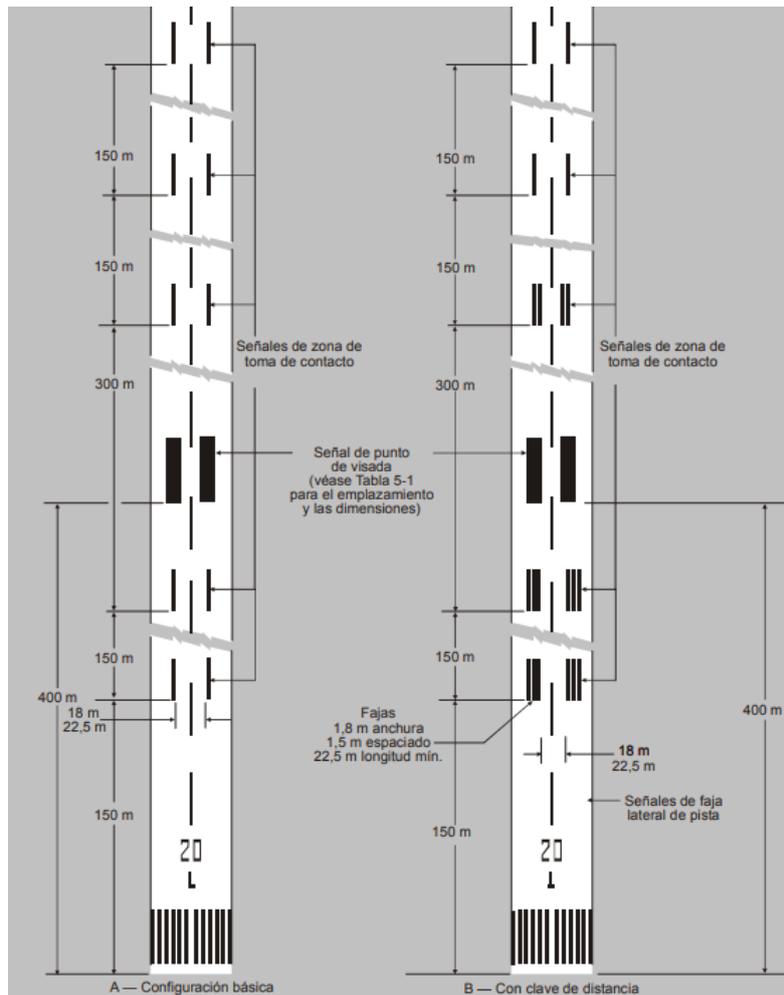


Ilustración 62: Directrices para señal de punto de visada y zona de toma de contacto [30]

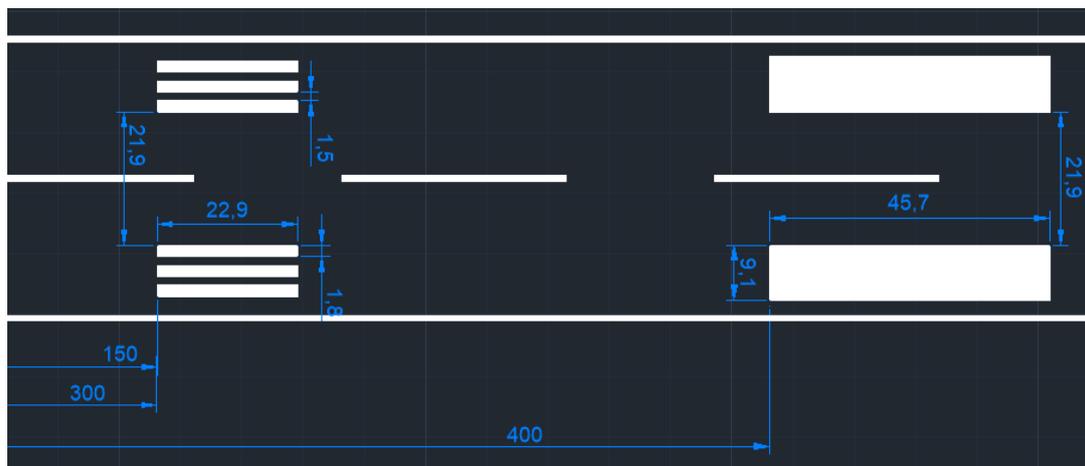


Ilustración 63: Señal de punto de visada y zona de toma de contacto [Elaboración propia]

Las distancias de 400 y 300 metros hacen referencia al inicio de la pista, mientras que la de 150 es hasta la señal de zona de toma de contacto previa. Por las dimensiones de la pista no se puede mostrar esta señalización completa, por lo que se muestra esta zona como muestra del cumplimiento de las dimensiones.

### 3.6.1.2. Calles de rodaje y de salida

Se debe disponer de señales de eje en calles de rodaje cuando su número de clave sea 3 o 4, de manera que suministren guía continua entre el eje de la pista y los puestos de estacionamiento de aeronaves. En cuanto a su emplazamiento en curvas, cabe mencionar que la señal debe conservar la misma distancia desde la parte rectilínea de la calle de rodaje hasta el borde exterior de la curva. [30]

En una intersección de una pista con una calle de rodaje que sirva como salida de la pista, la señal de eje de calle de rodaje debe empezar, paralela a 0,9 metros del eje de la pista, 60 metros antes del inicio de la curva de salida para número de clave 3 o 4, tal y como se muestra en la Ilustración 64.

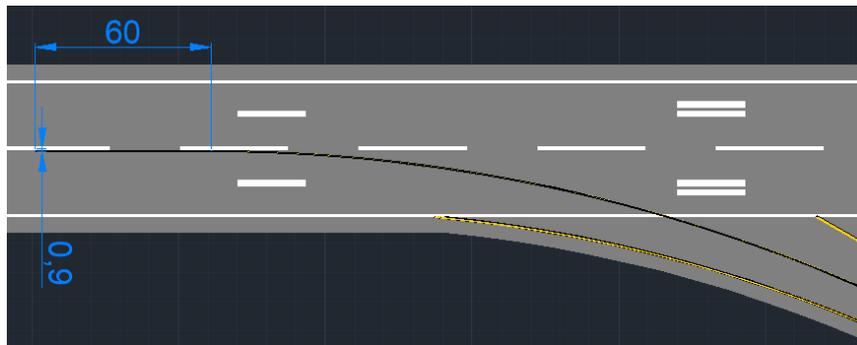


Ilustración 64: Inicio del eje de la calle de rodaje en salida de pista [Elaboración propia]

La señal de eje y borde de calle de rodaje se debe dibujar de la siguiente manera:

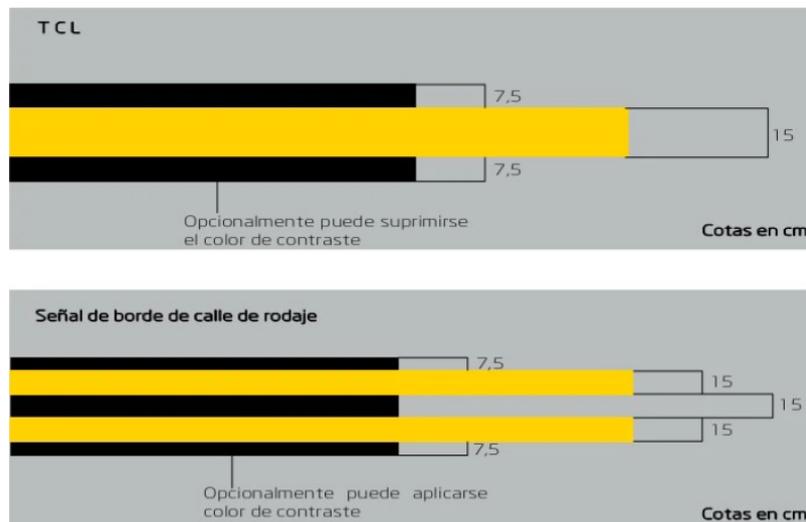


Ilustración 65: Instrucciones de diseño de eje y borde de calle de rodaje [34]

Por otro lado, es necesario disponer de una señal de punto de espera de la pista en cada punto de espera de la pista, es decir, en las salidas y puestos del apartadero de espera. Este punto, para CAT II/III debe estar a un mínimo de 90 metros de distancia del eje de pista [34]. Este se debe trazar como indica la Ilustración 66.

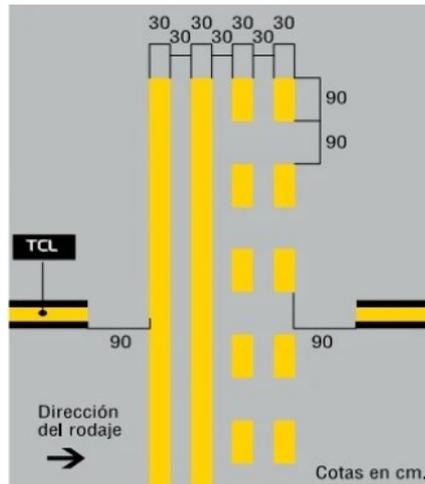


Ilustración 66: Instrucciones de diseño de punto de espera [34]

De esta forma se obtiene el resultado de la Ilustración 67.

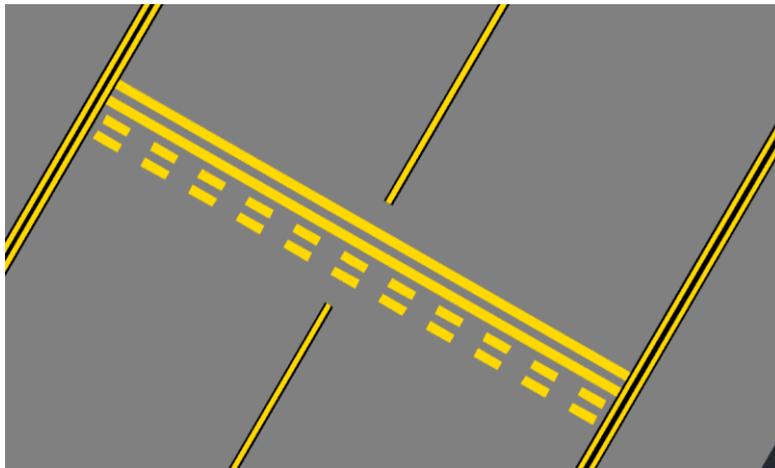


Ilustración 67: Señales de punto de espera, eje y borde de calle de rodaje. [Elaboración propia]

En las uniones de la calle de rodaje con la pista se ha decidido situar señales de información de emplazamiento para facilitar el trabajo de guiado a los pilotos. Estas señales se componen de una inscripción en amarillo con fondo negro con una altura de caracteres de 4 metros para número de clave 3 o 4, con el siguiente diseño:

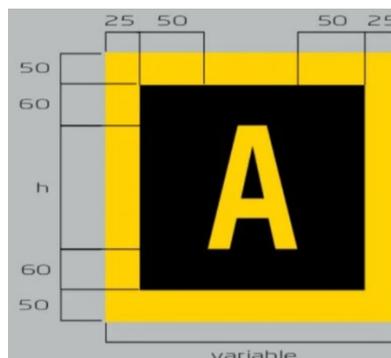


Ilustración 68: Dimensiones de la señal de emplazamiento (en cm). [34]

Su emplazamiento se ubica siempre pegado a la izquierda de la línea de eje de calle de rodaje desde la dirección de entrada a ella, tal y como se muestra en la Ilustración 69.

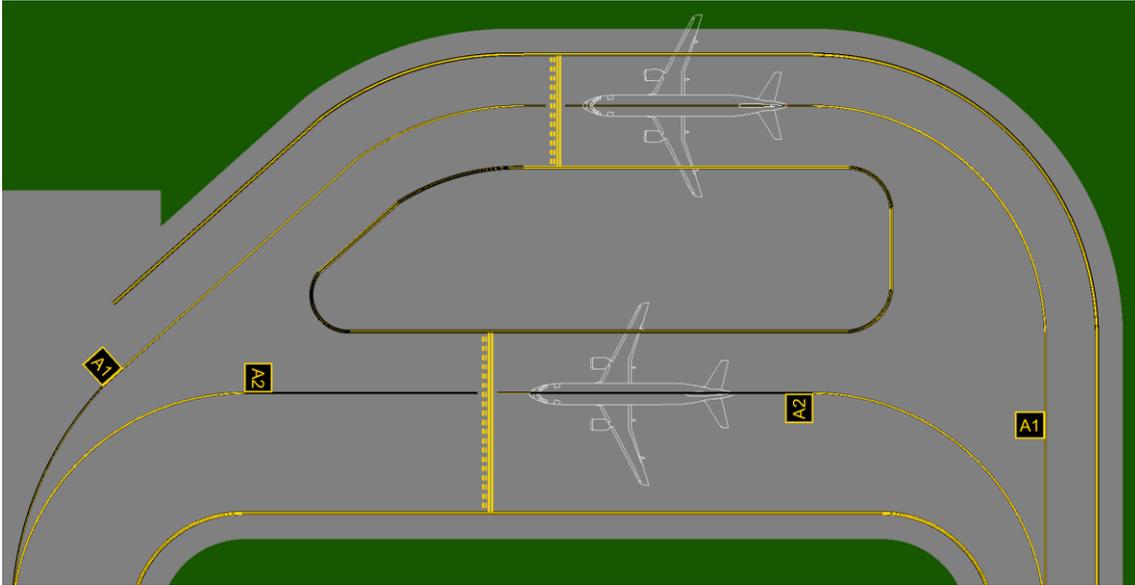


Ilustración 69: Señales de emplazamiento del apartadero de espera de la cabecera 18. [Elaboración propia]

El nombramiento de la calle de rodaje (A) y sus conexiones con la pista (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8) se ha realizado siguiendo las recomendaciones de la FAA [38], que estipula que se nombren las uniones a la pista con el nombre de la calle de rodaje (A) acompañado por un número, empezando a nombrarse de norte a sur y de oeste a este tal y como se muestra en la Ilustración 70 (El norte se encuentra a la derecha).



Ilustración 70: Designación de las calles de rodaje. [Elaboración propia]

### 3.6.1.3. Plataforma

La calle de acceso a los puestos de estacionamiento es la propia calle de rodaje y, por tanto, su señal de eje es la misma. Lo mismo ocurre con el borde de la plataforma.

Sin embargo, la señalización de la plataforma, por su mayor variedad de elementos, posee más elementos de señalización, que se muestran en la Ilustración 71 e Ilustración 72, numeradas de la siguiente manera:

1. Línea de seguridad en plataforma (ABL). Bordea el área destinada al movimiento de las aeronaves.
2. Señal de área de restricción de equipos (ERL). Es la que corresponde al puesto de estacionamiento de aeronaves.
3. Señal de área de prohibición de aparcamiento (NPL). Delimita un área en la que está prohibido aparcar o depositar ningún equipo.
4. Señal de entrada de puesto de estacionamiento. Flecha que guía al piloto a un puesto de estacionamiento a partir del eje de la calle de rodaje

5. Identificación de puesto de estacionamiento en la señal de entrada. Indica a qué puesto de estacionamiento dirige la señal anterior. Van unidas. Letras negras en fondo amarillo.
6. Señal de designación del puesto de estacionamiento. Muestra al piloto el número del puesto de estacionamiento en el que está. Letras amarillas en fondo negro.
7. Barra de rueda de morro. Indica al señalero donde deben quedar situadas las ruedas del tren de morro.

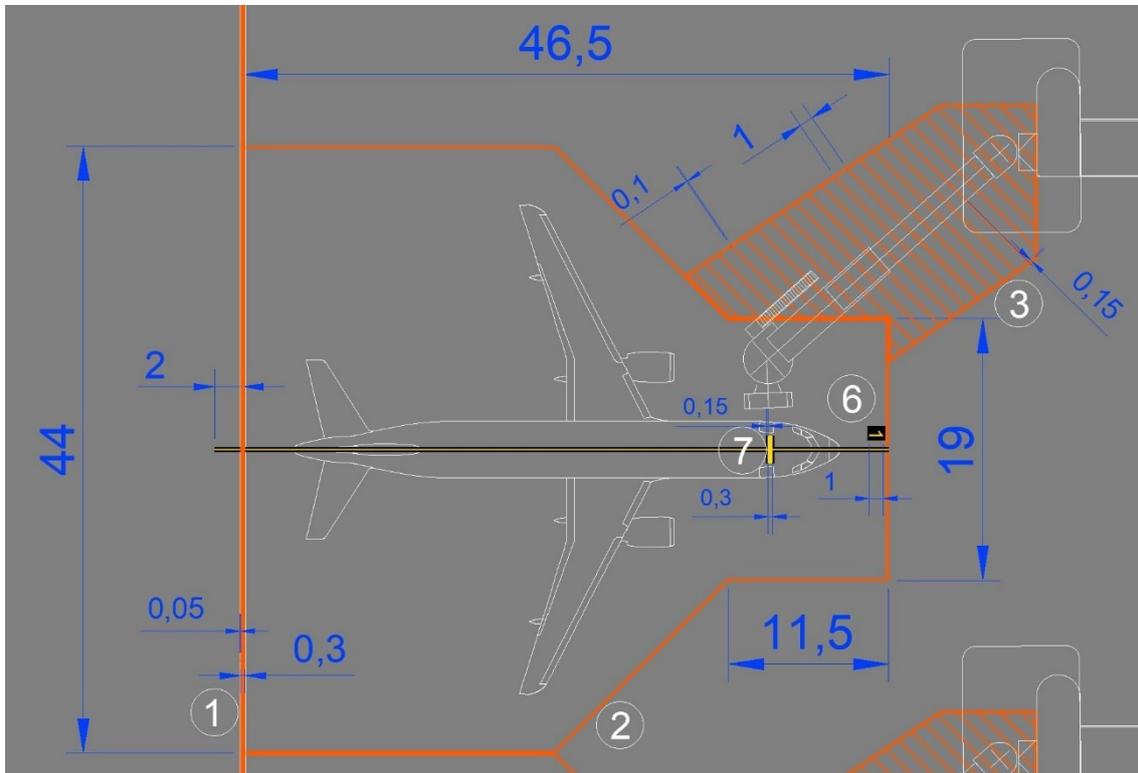


Ilustración 71: Señalización 1/2 de la plataforma. (m) [Elaboración propia]

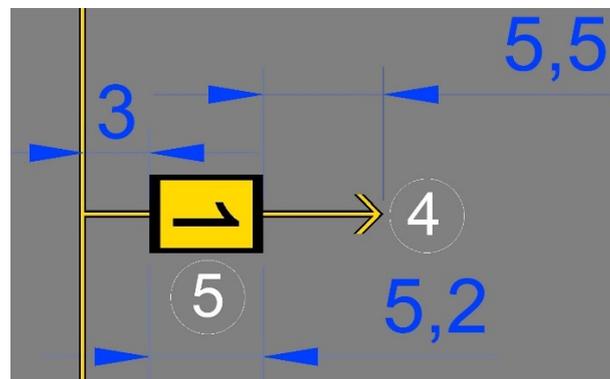


Ilustración 72: Señalización 2/2 de la plataforma. (m) [Elaboración propia]

### 3.6.3. Letreros

Se proporcionan letreros para indicar una instrucción obligatoria o una información sobre un emplazamiento o destino particular en el área de movimiento. Se instalarán de modo que se vean de frente al aproximarse a la pista o punto de la calle de rodaje. Si se trata de letreros obligatorios, se instalarán siempre a ambos lados.

También se puede instalar letreros de mensaje variable para representar informaciones pertinentes solamente durante un periodo determinado. En este aeropuerto no se dispondrá de ninguno.

Un letrero con instrucciones obligatorias indica un lugar en el área de movimiento que el piloto no debería sobrepasar sin recibir una autorización concreta del ATC. Por tanto, en la zona de rodaje solamente se dispondrán en los puntos de espera. Estos se sitúan a cada lado del punto de espera representando el nombre de la calle en la que se encuentran y el número de cabecera al que sirven de entrada.

Para número de clave 3 o 4 se sitúan a 11-21 metros perpendicularmente desde el borde de la calle de rodaje, y siguen el diseño siguiente:

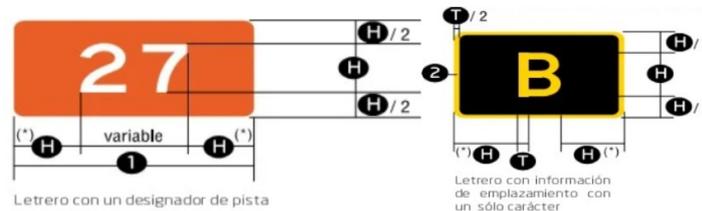


Ilustración 73: Instrucciones de diseño de letreros [34]

Siendo, para número de clave 3 o 4:

- (1): un mínimo de 1,94 m.
- (H): 400 mm.
- (T): 64 mm.

Siguiendo estas directrices se obtiene el siguiente resultado para el punto de espera A1 del umbral 18:

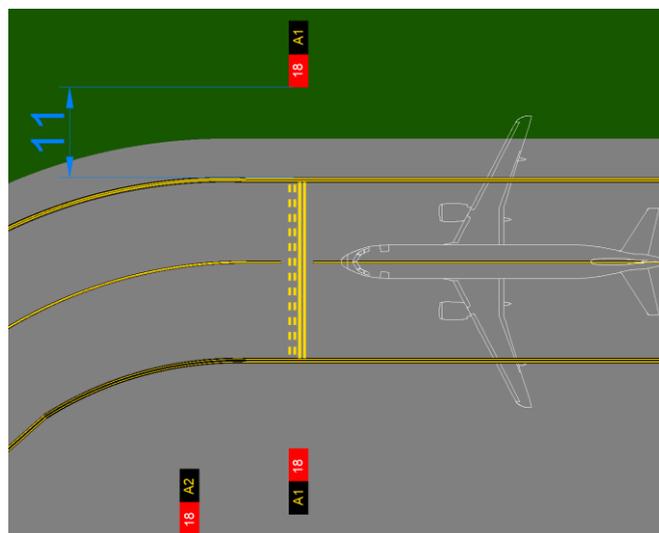


Ilustración 74: Letreros del punto de espera. [Elaboración propia]



Superficies (m <sup>2</sup> )	Planta baja	Primera planta	Total
<b>ZONA DE PASAJEROS</b>	18468	23425	41893
Aseos, escaleras u otras	385	458	843
Vestíbulo de salidas	7966	5766	13732
Recogida de equipajes	4687	0	4687
Vestíbulo de llegadas	4737	0	4737
Áreas de espera y embarque	0	14343	14343
Control de seguridad	0	676	676
Control de pasaportes	128	128	256
Áreas de atención al cliente	432	0	432
Áreas comerciales	133	2054	2187
<b>ÁREA PRIVADA</b>	3947	5290	9237

Tabla 11: Superficies de la terminal. [Elaboración propia]

## 4.2. Salidas

La zona de salidas comienza en el lado norte (derecha en la ilustración) de la planta baja, donde se sitúa el primer vestíbulo de salidas y los 18 mostradores de facturación. Adicionalmente se encuentran también mostradores de atención al cliente, de aerolíneas y aseos. El recorrido seguido por un pasajero puede ser el expuesto en la Ilustración 77 e Ilustración 78.

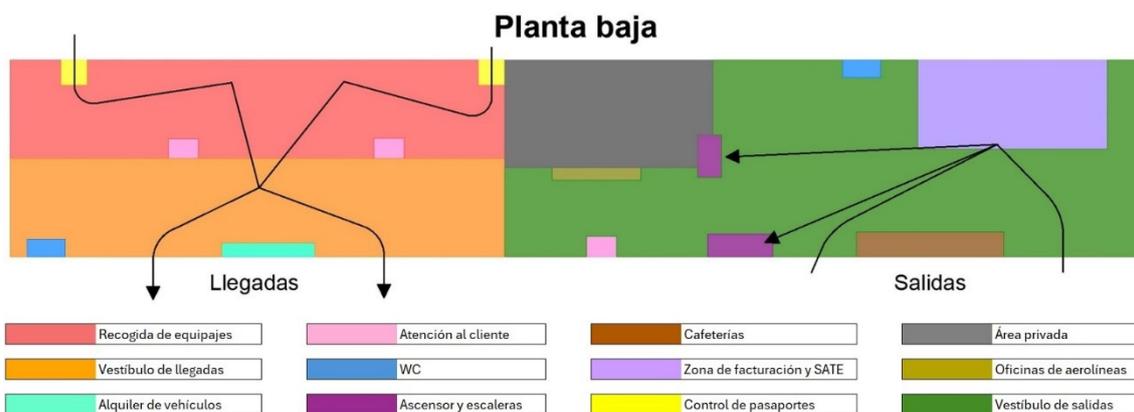


Ilustración 77: Recorrido en salidas y llegadas. Planta 0. [Elaboración propia]

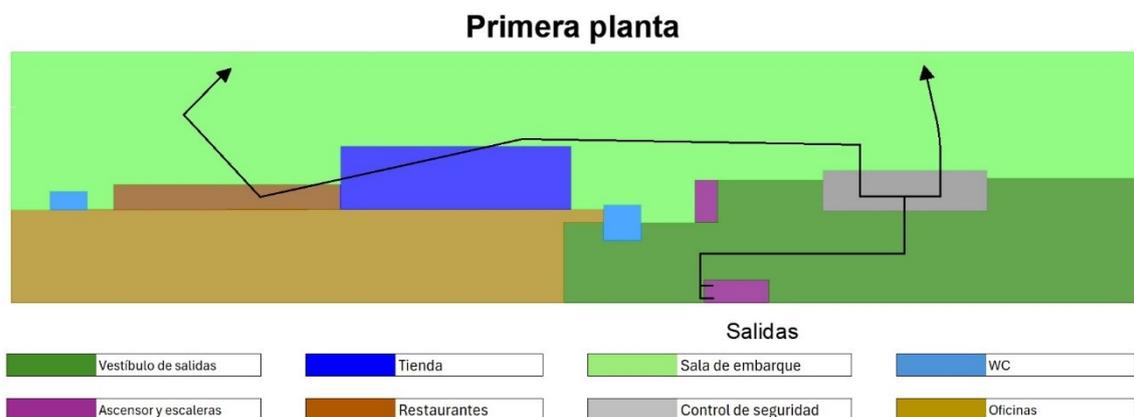


Ilustración 78: Recorrido en salidas. Planta 1. [Elaboración propia]

El recorrido natural debería consistir en entrar por cualquiera de las dos entradas del vestíbulo de salidas, facturar el equipaje y dirigirse a las escaleras o ascensor para acceder a la primera planta. Una vez en ella, dirigirse al control de seguridad y, una vez superado, esperar a que se active el embarque mientras se espera sentado en los asientos destinados a ello o se compra algo en la tienda o en los restaurantes. Una vez en la puerta de embarque se le revisará el pasaporte y el pasaje al vuelo correspondiente.

#### 4.2.1. SATE

El Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes es la infraestructura encargada de recoger, inspeccionar, clasificar, almacenar y repartir los equipajes facturados de los pasajeros en salidas. El equipaje se clasifica en 4 categorías en función de las dimensiones, el peso y la forma [39]:

- Categoría 1: Equipaje regular transportable y clasificable.
- Categoría 2: Equipaje regular transportable y no clasificable.
- Categoría 3: Equipaje especial.
- Categoría 4: Equipaje no transportable.

La influencia de las dimensiones es la siguiente:

- Para ser de Categoría 1. Independientemente de que el peso y diseño no condicionen otra clasificación, su longitud debe estar entre 1 y 0,3 metros, su anchura entre 80 y 7,5 centímetros y su altura entre 45 y 4 centímetros.
- Si alguna de sus dimensiones es superior a las de Categoría 1, se clasifica como Categoría 3 y se procesará en la línea de equipajes especiales, que se caracterizan por una mayor amplitud y un recorrido recto.
- Los equipajes de dimensiones menores a los límites de la Categoría 1 se incluyen en la Categoría 4 y se deben tratar manualmente.

Por otro lado, la influencia del peso es:

- Para ser Categoría 1, suponiendo que sus dimensiones y diseño no condicionen otra clasificación, su peso debe estar entre 1 y 50 kg.
- Si el peso está entre 50 y 100 kg, será de Categoría 3.
- Los pesos inferiores son clasificados como Categoría 4.

Por último, el diseño influye de la siguiente manera:

- Si no pierde su posición en un transportador rodando o volcando, dispone de una superficie sólida y uniforme y las parte adosadas al equipaje (correas, colgantes, etc.) tienen longitudes menores a 25 centímetros, se clasifican como Categoría 1, suponiendo que sus dimensiones y peso no condicionen otra clasificación.
- Si tiene superficies de apoyo blandas y no uniformes se clasifican como Categoría 2.
- Los equipajes con correas y colgantes excesivamente largos, muy frágiles, con puntos sobresalientes o que contienen animales vivos o productos químicos se clasifican como Categoría 4.

Para su tratamiento, los equipajes deben ser transportados por las cintas en las que son sometidos a un proceso de inspección multinivel de 5 niveles, en el cual, una vez superado satisfactoriamente, son depositados en el patio de carrillos para su carga en el avión o en almacenamiento de equipajes tempranos si aún es pronto. En caso de no ser aceptado tras su inspección en un nivel, el equipaje pasa al nivel siguiente para inspeccionarse más detalladamente. En caso de no superar la inspección en el último nivel, se deberá reencontrar con el pasajero para su inspección manual por parte de las autoridades.

El objetivo principal de la inspección multinivel es que los equipajes sean procesados por el mínimo número de niveles para así realizar el proceso lo más rápido posible, ya que, a medida que avanzan los niveles, el tiempo requerido por ellos aumenta, retrasando así todo el proceso.

El esquema seguido es el siguiente [39]:

- Nivel 1. El equipaje es analizado por una máquina de rayos X con EDS (Detección automática de explosivos). El equipaje aprobado en este nivel en promedio es del 70%, por lo que el 30% restante pasa al nivel 2.
- Nivel 2. Un operador revisa las imágenes correspondientes al equipaje no aprobado por la máquina del nivel 1. Los operadores tienen limitaciones en cuanto al número de decisiones que pueden tomar en una hora, por lo que en momentos de alta demanda o alto índice de falsas alarmas en el nivel 1, este límite se puede ver sobrepasado y, por tanto, se deberán enviar equipajes directamente al nivel 3.
- Nivel 3. Los equipajes no aprobados en el nivel 2 son desviados para ser inspeccionados profundamente en este nivel por una máquina de tomografía computerizada.
- Nivel 4. En caso de ser rechazado por el nivel 3, en este nivel se realiza un análisis de las imágenes detectadas.
- Nivel 5. Los equipajes rechazados en el nivel 4 se reencuentran con su propietario para su inspección manual.

Los equipajes especiales se tratan en la cinta situada en la izquierda del sistema, conteniendo únicamente dos niveles, ya que únicamente cuenta con una máquina de rayos X convencional.

El plano 2 de la sección IV. PLANOS muestra el diseño del SATE del aeropuerto.

### 4.3. Llegadas

Como se observa en la Ilustración 77, la zona de llegadas, en el lado sur (izquierda en la ilustración) de la planta baja, consiste en dos entradas desde el lado aire con sus respectivos controles de pasaportes, la sala de recogida de equipajes con 8 hipódromos y un puesto de atención al cliente y el vestíbulo de llegadas con aseos y oficinas de alquiler de vehículos.

## Bibliografía

- [1] Wikipedia. (s.f.). *Aeropuertos comerciales en España*. Obtenido de [https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Aeropuertos\\_comerciales\\_en\\_Espa%C3%B1a.svg](https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Aeropuertos_comerciales_en_Espa%C3%B1a.svg)
- [2] Wikipedia. (8 de Mayo de 2024). *España vaciada*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Espa%C3%B1a\\_vaciada#:~:text=En%20Castilla%20y%20Le%C3%B3n%3A%20las,provincias%20de%20Huelva%20y%20Ja%C3%A9n.](https://es.wikipedia.org/wiki/Espa%C3%B1a_vaciada#:~:text=En%20Castilla%20y%20Le%C3%B3n%3A%20las,provincias%20de%20Huelva%20y%20Ja%C3%A9n.)
- [3] AENA. (s.f.). *Red de aeropuertos de España*. Obtenido de <https://www.aena.es/es/pasajeros/nuestros-aeropuertos.html>
- [4] Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Centro de descargas del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica)*. Obtenido de <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- [5] Xunta de Galicia. (s.f.). *Información Xeográfica de Galicia*. Obtenido de <https://mapas.xunta.gal/visores/basico/>
- [6] Junta de Castilla y León. (s.f.). *Visor IDECyL*. Obtenido de <https://idecyL.jcyl.es/vcig/>
- [7] OACI. (2006). *Doc 9157. Manual de diseño de aeródromos. Parte 1, Pistas*.
- [8] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Inventario Español de Zonas Húmedas*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/inventario\\_esp\\_zonas\\_humedas\\_descargas.html](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/inventario_esp_zonas_humedas_descargas.html)
- [9] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Parques Nacionales: límites y zonas periféricas de protección*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/red-parques-nacionales/sig/parques-nacionales.html>
- [10] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Espacios Naturales Protegidos*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/enp\\_descargas.html](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/enp_descargas.html)
- [11] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Red Natura 2000*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/red\\_natura\\_2000\\_inf\\_disp.html](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/red_natura_2000_inf_disp.html)
- [12] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Reservas de la Biosfera*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mab\\_descargas.html](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mab_descargas.html)
- [13] *Smappen: Territory mapping*. (s.f.). Obtenido de <https://www.smappen.com/>

- [14] Instituto Nacional de Estadística (INE). (s.f.). *Cifras oficiales de población de los municipios españoles en aplicación de la Ley de Bases del Régimen Local (Art. 17)*. Obtenido de <https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=525>
- [15] Google maps. (s.f.). 5 CRP-2032. Google Street View. Obtenido de <https://www.google.es/maps/@39.0778939,-3.4086121,3a,90y,333.81h,85.1t/data=!3m6!1e1!3m4!1sk1pQg5TjZNYqknzqrmxkbQ!2e0!7i13312!8i6656?hl=es&authuser=0&coh=205409&entry=ttu>
- [16] ENAIRE. (2023). *ENR 5.1. Zonas prohibidas, restringidas y peligrosas. Espacios aéreos temporalmente segregados*. Obtenido de [https://aip.enaire.es/AIP/contenido\\_AIP/ENR/LE\\_ENR\\_5\\_1\\_en.pdf](https://aip.enaire.es/AIP/contenido_AIP/ENR/LE_ENR_5_1_en.pdf)
- [17] ENAIRE. (s.f.). *Insignia*. Obtenido de <https://insignia.enaire.es/>
- [18] Airbus. (s.f.). *A319ceo*. Obtenido de <https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/a320-the-most-successful-aircraft-family-ever/a319ceo#details>
- [19] Airbus. (s.f.). *A320ceo*. Obtenido de <https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/a320-the-most-successful-aircraft-family-ever/a320ceo#details>
- [20] Airbus. (s.f.). *A321ceo*. Obtenido de <https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/a320-the-most-successful-aircraft-family-ever/a321ceo#details>
- [21] ATR. (s.f.). *ATR 72-600*. Obtenido de <https://www.atr-aircraft.com/aircraft-services/aircraft-family/atr-72-600/>
- [22] Boeing. (s.f.). *737 MAX - Airplane Characteristics for Airport Planning*. Obtenido de [https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/commercial/airports/acaps/737MAX\\_RevH.pdf](https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/commercial/airports/acaps/737MAX_RevH.pdf)
- [23] MHIRJ. (s.f.). *CRJ Series*. Obtenido de <https://www.mhirj.com/en/products-and-services/crj-series>
- [24] Zabala, I. D. (2019). *Ejercicio temperatura de referencia de aeródromo | 18/123 | UPV*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=oHWGD9Lgu5E&list=PL6kQim6ljTJuWpqJLTvrUULZ9VgmS4q3D&index=47&t=66s>
- [25] AEMET. (s.f.). *AEMET OpenData*. Obtenido de [https://www.aemet.es/es/datos\\_abiertos/AEMET\\_OpenData](https://www.aemet.es/es/datos_abiertos/AEMET_OpenData)
- [26] OACI. (2020). *Doc 9157. Aerodrome design manual. Part 1, Runways*.
- [27] Zabala, I. D. (2015). *Ejercicio orientación pista (I) | 21/123 | UPV*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=vv5rg92Xrv4&list=PL6kQim6ljTJuWpqJLTvrUULZ9VgmS4q3D&index=51>
- [28] Zabala, I. D. (2015). *Ejercicio orientación pista (II) | 22/123 | UPV*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=5RbPLN01gA4&list=PL6kQim6ljTJuWpqJLTvrUULZ9VgmS4q3D&index=52>
- [29] NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). (s.f.). *Magnetic Field Calculators*. Obtenido de <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml?useFullSite=true>

- [30] OACI. (2018). *Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Aeródromos, Volumen I: Diseño y operaciones de aeródromos.*
- [31] OACI. (2020). *Doc 9157. Aerodrome design manual. Part 2, taxiways aprons and holding bays.*
- [32] FAA. (13 de Octubre de 2023). *Aircraft Characteristics Database.* Obtenido de [https://www.faa.gov/airports/engineering/aircraft\\_char\\_database/data](https://www.faa.gov/airports/engineering/aircraft_char_database/data)
- [33] OACI. (2005). *Doc 9157. Manual de diseño de aeródromos. Parte 2, Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera.*
- [34] AENA. (2016). *Manual Normativo de Señalización en el Área de Movimiento.*
- [35] OACI. (2004). *Doc 9157. Manual de diseño de aeródromos. Parte 4, Ayudas visuales.*
- [36] OACI. (2021). *Doc 9157. Aerodrome design manual. Part 4, Visual aids.*
- [37] FAA. (2019). *AC 150/5340-1M - Standards for Airport Markings.* Obtenido de [https://www.faa.gov/airports/resources/advisory\\_circulars/index.cfm/go/document.current/documentnumber/150\\_5340-1](https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars/index.cfm/go/document.current/documentnumber/150_5340-1)
- [38] FAA. (s.f.). *AC 150/5340-18G - Standards for Airport Sign Systems.* Obtenido de [https://www.faa.gov/airports/resources/advisory\\_circulars/index.cfm/go/document.current/documentnumber/150\\_5340-18](https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars/index.cfm/go/document.current/documentnumber/150_5340-18)
- [39] García, J. M. (s.f.). *Tema 9. Handling de equipajes. Seguridad.* Temario de la asignatura de Instalaciones Aeroportuarias, UPV.
- [40] Autodesk. (s.f.). *Requisitos del sistema de AutoCAD 2024 including Specialized Toolsets.* Obtenido de <https://www.autodesk.com/es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/System-requirements-for-AutoCAD-2024-including-Specialized-Toolsets.html>
- [41] BOE (Boletín Oficial del Estado). (2003). *Real Decreto 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional.* Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/09/05/1125>

## **II. PLIEGO DE CONDICIONES**

## II.1. Objeto

El objeto de esta sección es fijar las condiciones para un correcto desarrollo del proyecto expuesto en la memoria en tanto a los materiales utilizados y al método de ejecución empleado.

## II.2. Condiciones de los materiales

Los materiales empleados para la realización del proyecto se dividen en hardware y software.

El único hardware necesario es un ordenador que cumpla con los requerimientos del software más exigente de los utilizados, que es AutoCAD 2024. Estos requerimientos son [40]:

- **Sistema operativo.** Versión de 64 bits de Microsoft® Windows® 11 y Windows 10 versión 1809 o posterior.
- **Procesador.** Básico: no se admiten procesadores ARM de 2,5 - 2,9 GHz (base). Recomendado: procesador de 3 GHz o más (base), 4 GHz o más (turbo).
- **Memoria.** Básico: 8 GB. Recomendado: 32 GB.
- **Resolución de pantalla.** Pantallas convencionales: 1920 x 1080 con color verdadero. Pantallas 4K y de alta resolución: Resoluciones de hasta 3840 x 2160 (con tarjeta gráfica "Recomendada").
- **Tarjeta gráfica.** Básico: GPU de 2 GB con un ancho de banda de 29 GB/s y compatible con DirectX 11. Recomendado: GPU de 8 GB con un ancho de banda de 106 GB/s y compatible con DirectX 12.
- **Espacio en disco.** 10,0 GB (unidad SSD recomendada).

El software empleado es:

- AutoCAD 2024, utilizado para el diseño tanto del lado aire como del lado tierra.
- ArcMap, un producto de ArcGIS empleado para tratar archivos .shp y .tif para obtener las zonas permitidas para ubicar el aeropuerto.
- Google Earth, empleado para la visualización de imágenes satelitales del territorio estudiado.
- Microsoft Excel, utilizado en la creación de tablas y tratado de gráficas.
- Microsoft Word, empleado para la redacción de este documento.
- Google Chrome, navegador web empleado para búsqueda de bibliografía.

## II.3. Condiciones de la ejecución

Las condiciones de la ejecución hacen referencia al entorno en el que se lleva a cabo el proyecto. El Real Decreto 488/1997 establece las normas mínimas de salud y seguridad en el trabajo, a las cuales se debe atender todo aquel que participe en el presente proyecto.

El proyecto, al realizarse íntegramente en ordenador, conlleva un gran número de horas sentado frente a la pantalla, por lo que se debe asegurar un espacio de trabajo amplio, un asiento adecuado y una correcta iluminación.

La correcta realización del proyecto requiere de la supervisión de los cotutores, que deben apoyar al autor con sus amplios conocimientos en sus áreas de estudio y corregir las posibles incorrecciones que encuentren, asegurando así la calidad del proyecto.

## II.4. Pruebas y ajustes finales o de servicio

Una vez terminado el proyecto se debe revisar detenidamente, comprobando los resultados obtenidos y comparándolos con proyectos similares, en caso de tenerlos al alcance, para verificar la verosimilitud de estos.

## **III. PRESUPUESTO**

En esta sección se muestran los costes de la realización del proyecto, analizando las horas de dedicación de todas las partes implicadas, así como los materiales utilizados, expuestos en el pliego de condiciones.

### III.1. Costes de personal

El personal implicado en la realización del proyecto consta del autor y los dos cotutores. El Trabajo de Fin de Grado (TFG) corresponde a 12 créditos ECTS. El Real Decreto 1125/2003 [41] establece una carga de entre 25 y 30 horas de dedicación a cada crédito ECTS. Se ha considerado una carga de 30 horas por crédito ECTS, obteniendo el coste total de personal de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** La UPV establece una bolsa mínima de trabajo del alumnado de 4,6€/h, y se presupone un salario de 25€/h para los cotutores.

Costes de personal			
Personal	Tiempo (h)	Coste (€/h)	Coste (€)
Autor	360	4,3	1548
Cotutor 1	20	25	500
Cotutor 2	20	25	500
Total			2548

Tabla 12: Costes de personal

### III.2. Costes de material

Para el presente proyecto, teniendo en cuenta el material utilizado por el autor, se tiene que los costes de material son los siguientes.

Costes de material				
Material	Precio total/anual (€)	Tiempo total amortizado (meses)	Tiempo amortizado en el proyecto (meses)	Coste (€)
Surface Laptop 5	1059	36	6	176,5
Licencia Microsoft Office 365	69	12	6	34,5
Licencia AutoCAD 2024	2342	12	6	1171
Licencia ArcGIS	5391	12	6	2695,5
Google Earth	0			0
Google Chrome	0			0
Total				4077,5

Tabla 13: Costes de material

Cabe destacar que todas las licencias han sido ofrecidas gratuitamente por la UPV, por lo que el coste real del autor es únicamente el del ordenador Surface Laptop 5.

### III.3. Costes de oficina

Los costes de oficina son aquellos correspondientes al espacio en el que se desarrolla el proyecto. El presente proyecto ha sido realizado desde la habitación del autor, pero se asumirá un alquiler de oficina.

<b>Costes de oficina</b>			
	<b>Tiempo amortizado (meses)</b>	<b>Coste mensual (€)</b>	<b>Coste (€)</b>
Alquiler oficina	6	150	900
Gastos mensuales	6	50	300
<b>Total</b>			<b>1200</b>

Tabla 14: Costes de oficina

### III.4. Coste total

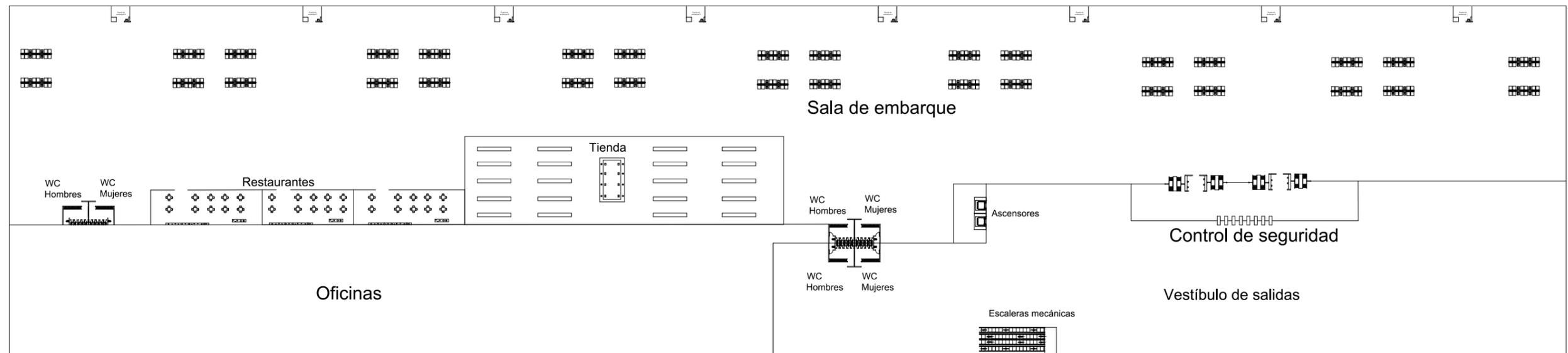
<b>Presupuesto</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Coste (€)</b>
Personal	2548
Material	4077,5
Oficina	1200
<b>Subtotal</b>	<b>7825,5</b>
IVA (21%)	1643,36
<b>Total</b>	<b>9468,86</b>

Tabla 15: Coste total del proyecto

Finalmente, el coste total del proyecto asciendo a **NUEVE MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS (9468,86 €)**.

# IV. PLANOS

# Primera planta



# Planta baja

