



**UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID**

**ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO**

**Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**AMPLIACIÓN DEL AERÓDROMO DE  
CASARRUBIOS (LEMT)**

**Alejandro Gallego Becerril**

**Curso 2023-2024**



---

**Título:** Ampliación del aeródromo de Casarrubios (LEMT)

**Autor:** Alejandro Gallego Becerril

**Tutor:** Álvaro Rodríguez Sanz

**Titulación:** Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica

**Curso:** 2023-2024

# RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es analizar desde distintos ámbitos del planeamiento empresarial la viabilidad de la ampliación del aeródromo de Casarrubios, inicialmente a diez años vista. Es decir, convertir las instalaciones desde un aeródromo de aviación general a un aeropuerto comercial, manteniendo inicialmente sus instalaciones antiguas. El proyecto se habría iniciado con tal margen que pudiera comenzar a explotarse a pleno rendimiento a principios de 2024.

Inicialmente, se demuestra un crecimiento en la economía y la población, tanto en España como en la Unión Europea. Subsidiariamente, se demuestra un crecimiento en la demanda de tráfico aéreo en la Comunidad de Madrid. El crecimiento es tal, que se deduce que el actual Aeropuerto de Barajas no sería capaz de absorber dicha demanda y debido a sus limitaciones ya no sería viable continuar ampliándolo. Por lo que se determina, a diez años vista, el número de pasajeros y operaciones anualmente previsto en Casarrubios.

Una vez justificada la necesidad de la ampliación, se plantea un diseño preliminar del nuevo aeropuerto de Casarrubios. Para ello, se elige el terreno más adecuado (al norte del actual campo), se hace acorde una aeronave de diseño (A320) bajo los requisitos que establece OACI (Anexo 14: Aeropuertos) y se diseña virtualmente en AutoCAD.

También se analiza la influencia del aeropuerto con el escenario de navegación aérea actual. Por un lado, en los tráficos IFR, se aumentaría la congestión en el TMA de Madrid, pero podrían utilizarse en la construcción de cartas STAR y SID de Casarrubios, los nodos y patrones de espera de las aproximaciones al Aeropuerto de Barajas. Por otro lado, el tráfico VFR se vería altamente afectado, para facilitar la conexión Norte-Sur se propone un pasillo visual entre Casarrubios y Getafe, y el traslado de un área de entrenamiento de helicópteros SAR al norte.

Finalmente se materializa el trabajo en números. Se determinan los ingresos anuales (aeronáuticos, comerciales e inmobiliarios) y costes (construcción, personal y suministros) a diez años vista. Una vez obtenido los números se analizan en un balance de resultados, comenzando a generar beneficios en 2029.

De manera paralela, se determina que la inversión inicial del proyecto es de 900M€. Este capital es supuesto que es aportado por ciertos inversores (públicos o privados) y analizado financieramente.

La conclusión del análisis financiero es que el proyecto no es rentable a diez años (típico de proyectos de tal envergadura) pero se estima que en el futuro puede dar lugar a una actividad económica estable y rentable. En uno de los escenarios más pesimistas, en 30 años se recuperaría la inversión.

# Índice de contenidos

RESUMEN .....	4
1. Análisis socioeconómico de la Unión Europea y España.....	11
1.1 Análisis socioeconómico de la Unión Europea.....	11
1.1.1 Análisis Macroeconómico .....	11
1.1.2 Análisis demográfico .....	12
1.2 Análisis socioeconómico de España .....	14
1.2.1 Análisis Macroeconómico .....	14
1.2.2 Análisis demográfico .....	15
1.3 Recapitulación de las estimaciones.....	17
2. Análisis de la demanda de tráfico aéreo .....	18
2.1 Análisis de la demanda en la Unión Europea.....	18
2.1.1 Estimación de pasajeros europeos anual en avión .....	18
2.1.2 Estimación operaciones aéreas en Europa .....	20
2.2 Análisis de la demanda en España .....	21
2.2.1 Estimación de pasajeros españoles anual en avión .....	21
2.2.2 Estimación de operaciones aéreas en España .....	23
2.3 Recapitulación de las estimaciones anteriores .....	24
2.4 Análisis de la demanda en la Comunidad de Madrid.....	25
3. Estimación de la demanda de tráfico aéreo en el aeropuerto de Casarrubios.....	28
3.1 Análisis del aeropuerto de Barajas.....	28
3.1.1 Trayectoria y situación del aeropuerto de Barajas .....	28
3.1.2 Análisis de la capacidad del aeropuerto de Barajas.....	29
3.2 Obtención de la demanda a satisfacer en el futuro aeropuerto de Casarrubios.....	31
4. Construcción de la ampliación del aeropuerto de Casarrubios .....	32
4.1 Características físicas actuales del aeródromo .....	32
4.2 Criterios de diseño del aeropuerto en función de la demanda estimada .....	33
4.2.1 Selección de aeronave de diseño.....	33
4.2.2 Obtención de la clave de referencia de aeródromo .....	34
4.2.3 Dimensionamiento de la pista.....	36

4.2.3.1	Orientación de la pista .....	36
4.2.3.2	Determinación física de la pista .....	37
4.3	Espacio disponible para construir la infraestructura aeroportuaria .....	40
4.4	Conexiones con el aeropuerto .....	42
4.4.1	Conexión por vehículo privado o taxi.....	42
4.4.2	Conexión por autobús .....	43
4.4.3	Conexión por ferrocarril.....	44
5.	Estudio de navegación aérea e infraestructura aeroportuaria .....	45
5.1	Reestructuración del TMA de Madrid.....	45
5.1.1	Tráfico IFR.....	45
5.1.2	Tráfico VFR .....	46
5.2	Definición de la infraestructura aeroportuaria .....	48
5.2.1	Terreno disponible .....	48
5.2.2	Calles de rodaje .....	49
5.2.3	Calles de salida rápida .....	52
5.2.4	Franjas de pista de aterrizaje o despegue.....	54
5.2.5	Área de protección de extremo de pista (RESA) .....	55
5.2.6	Dimensionamiento de la plataforma .....	56
5.2.7	Instalación de ILS (Sistema de Aterrizaje Instrumental) .....	57
5.3	Representación gráfica de la infraestructura aeroportuaria propuesta .....	58
6.	Análisis económico de la ampliación .....	60
6.1	Ingresos previstos.....	60
6.1.1	Ingresos por actividad aeronáutica .....	60
6.1.1.1	Tasa por aterrizaje.....	60
6.1.1.2	Tasa a pasajeros, PMRs y seguridad.....	61
6.1.1.3	Tasas por estacionamiento de aeronaves.....	62
6.1.1.4	Tasa por uso de las pasarelas telescópicas .....	63
6.1.1.5	Tasa por uso de combustibles y lubricantes .....	64
6.1.1.6	Tasa por los servicios de asistencia en tierra .....	65
6.1.1.7	Tasa por los servicios de meteorología .....	67
6.1.1.8	Total previsto a recaudar a diez años por tasas aeronáuticas .....	67
6.1.2	Otros ingresos y valor total .....	68
6.2	Costes previstos .....	69
6.2.1	Costes iniciales de construcción.....	69



---

6.2.1.1	Coste del terreno.....	69
6.2.1.2	Coste de infraestructura civil. ....	69
6.2.1.3	Coste de la infraestructura aeronáutica.....	69
6.2.2	Costes de mantenimiento de las instalaciones .....	71
6.2.2.1	Coste de personal.....	71
6.2.2.2	Suministro de luz, agua y combustibles .....	72
6.3	Resultado económico del proyecto.....	73
6.3.1	Balance de resultados .....	73
6.3.2	Rentabilidad .....	75
6.3.2.1	Valor actual neto (VAN).....	75
6.3.2.2	Tasa interna de retorno (TIR) .....	76
BIBLIOGRAFÍA.....		77

# Figuras

Figura 1 - PIB anual per cápita Unión Europea .....	11
Figura 2 - Previsión PIB anual a 10 años.....	12
Figura 3 - Demografía en Europa (fuente: Instituto Nacional de Estadística).....	13
Figura 4 - Estimación a 10 años de la población en la Unión Europea .....	13
Figura 5 - Evolución histórica del PIB anual per cápita en España.....	14
Figura 6 - Previsión PIB anual per cápita a 10 años .....	15
Figura 7 - Evolución demográfica española .....	16
Figura 8 - Estimación demográfica en España a 10 años .....	17
Figura 9 - Evolución pasajeros en avión en Europa.....	18
Figura 10 - Estimación del número de pasajeros europeos a 10 años.....	20
Figura 11 - Estimaciones de la evolución de las operaciones aéreas en Europa (fuente: EUROCONTROL) .....	20
Figura 12 - Estimación del número de pasajeros en España a 10 años .....	22
Figura 13 - Evolución histórica del número de operaciones en España.....	23
Figura 14 - Estimación operaciones en España .....	24
Figura 15 - Tabla recopilatoria de estimaciones de pasajeros y operaciones.....	24
Figura 16 - Evolución transporte aéreo en la Comunidad de Madrid.....	25
Figura 17 - Gráfica de estimación de las operaciones aéreas en España.....	26
Figura 18 - Gráfica de estimación de los pasajeros en España .....	26
Figura 19 - Estimación de la demanda europea y nacional en la Comunidad de Madrid.....	27
Figura 20 - Plano actual del Aeropuerto de Madrid-Barajas (fuente: Google Imágenes).....	29
Figura 21 - Pasajeros en el aeropuerto de Barajas en el año 2019.....	30
Figura 22 - Estimación de pasajeros y operaciones en Casarrubios a 10 años .....	31
Figura 23 - Vista en planta del aeródromo de Casarrubios (fuente: Google Maps) .....	32
Figura 24 - Dirección del viento en Casarrubios en el 2023 (fuente: Weather Spark).....	36
Figura 25 - Velocidad del viento en Casarrubios en el 2023 (fuente: Weather Spark) .....	36
Figura 26 - Croquis del área de la infraestructura aeroportuaria (fuente: El País).....	41
Figura 27 - Plano con los accesos al nuevo Aeropuerto de Casarrubios (fuente: air city Madrid sur) .....	42
Figura 28 - Plano de líneas de autobuses actuales (fuente: Google Maps) .....	43
Figura 29 - Mapa de la propuesta de construcción de ferrocarril (fuente: Google Maps) .....	44
Figura 30 - Identificación de las llegadas y salidas al aeropuerto de Casarrubios (fuente: AIP España) .....	45
Figura 31 - Corredor visual norte en el TMA de Madrid (fuente: AIP España) .....	46
Figura 32 - Pasillos visuales propuesto en el TMA de Madrid (fuente: AIP España).....	47
Figura 33 - Delimitación de la superficie construible (fuente: Google Imágenes).....	49
Figura 34 - Calle de rodaje representada en AutoCAD .....	52
Figura 35 - Calle de salida rápida norte representada en AutoCAD .....	53
Figura 36 - Calle de salida rápida sur representada en AutoCAD .....	53
Figura 37 - Pista y franja acotadas en AutoCAD de la pista nueva.....	54





---

Figura 38 - Pista y franja acotadas en AutoCAD de la pista antigua .....	55
Figura 39 - RESA norte en AutoCAD .....	55
Figura 40 - Puesto de estacionamiento de aeronaves (fuente Google Imágenes) .....	56
Figura 41 - Terminal y plataforma en AutoCAD .....	57
Figura 42 - Puntos de espera de entra a pista en AutoCAD .....	58
Figura 43 - Planta de la infraestructura aeroportuaria propuesta en AutoCAD .....	59
Figura 44 - Distribución de tasas aeronáuticas medias en LEMT .....	67
Figura 45 - Distribución de los ingresos en AENA .....	68

# Tablas

Tabla 1 - Estimaciones obtenidas de PIB y Habitantes tanto en Europa como en España .....	17
Tabla 2 - Extrapolación en el ámbito de pasajeros en Europa .....	19
Tabla 3 - Obtención de pasajeros estimados en Europa a 10 años .....	19
Tabla 4 - Estimación operaciones europeas.....	21
Tabla 5 - Extrapolación en el ámbito de pasajeros en España .....	22
Tabla 6 - Obtención de pasajeros estimados en España a 10 años .....	22
Tabla 7 - Asientos en distintos modelos de aeronaves .....	33
Tabla 8 - Estimación factores de ocupación en LEMT del A320 y B737 .....	33
Tabla 9 - Medidas físicas de aeronaves susceptibles de operar en el aeropuerto .....	34
Tabla 10 - Clave de referencia de aeródromo según Anexo 14 OACI .....	35
Tabla 11 - Orientación de pistas cercanas.....	37
Tabla 12 - Anchura mínima de la pista en función de la clave de referencia según el Anexo 14 de OACI.....	37
Tabla 13 - Pendientes de las pistas de LEGT y LECU .....	39
Tabla 14 - Anchura de la calle de rodaje según letra clave (Anexo 14 OACI) .....	50
Tabla 15- Márgenes de las calles de rodaje (Anexo 14 OACI).....	50
Tabla 16 - Separaciones mínimas de las calles de rodaje (Anexo 14 OACI) .....	51
Tabla 17 - MTOW de aeronaves susceptibles de operar en LEMT.....	60
Tabla 18 - Total de tasas por operación anualmente.....	61
Tabla 19 - Total de tasas por pasajero anualmente .....	62
Tabla 20 - Total de tasas por estacionamiento anualmente.....	63
Tabla 21 - Total de tasas por uso de la pasarela anualmente .....	64
Tabla 22 - Total de tasas por los servicios de repostaje anualmente .....	65
Tabla 23 - Total de tasas por asistencia en tierra a aeronaves .....	66
Tabla 24 - Total de tasas por asistencia en tierra a pasajeros de salida .....	66
Tabla 25 - Total de tasas por los servicios meteorológicos.....	67
Tabla 26 - Ingresos previstos en 10 años en el aeropuerto de Casarrubios .....	68
Tabla 27 - Coste de calles de rodaje, plataforma y pista .....	69
Tabla 28 - Tabla de costes en el mantenimiento y explotación de instalaciones .....	71
Tabla 29 - Consumo anual medio en la red de aeroportuaria de AENA de combustibles .....	73
Tabla 30 - Coste total estimado de los suministros en LEMT .....	73
Tabla 31 - Balance de resultados a 10 años .....	74
Tabla 32 - Cálculo del VAN anual .....	75
Tabla 33 - Cálculo del TIR a 10 años .....	76
Tabla 34 - Año de rentabilidad con TIR al 0%.....	76
Tabla 35 - Año de rentabilidad con TIR al 2,5%.....	76

# 1. Análisis socioeconómico de la Unión Europea y España

De cara a entender cuál va a ser la evolución de la demanda en la zona aeroportuaria céntrica de la península ibérica se va a analizar unos criterios económicos y demográficos que están íntimamente relacionados con la demanda del transporte aéreo. Esta demanda puede evidenciar la necesidad de llevar a cabo la ampliación que se propone en el aeropuerto de Casarrubios (LEMT). Para estudiar su demanda, se va a centralizar el estudio en tráfico europeo y de España, ya que se considera que la mayoría del tráfico internacional se seguirá centralizando en el actual aeropuerto de Madrid-Barajas (LEMD).

## 1.1 Análisis socioeconómico de la Unión Europea

### 1.1.1 Análisis Macroeconómico

Se puede observar a lo largo de los años que el PIB per cápita en la zona europea ha ido aumentando progresivamente a lo largo de los años. Esto se traduce directamente en un aumento de la capacidad adquisitiva de la población.

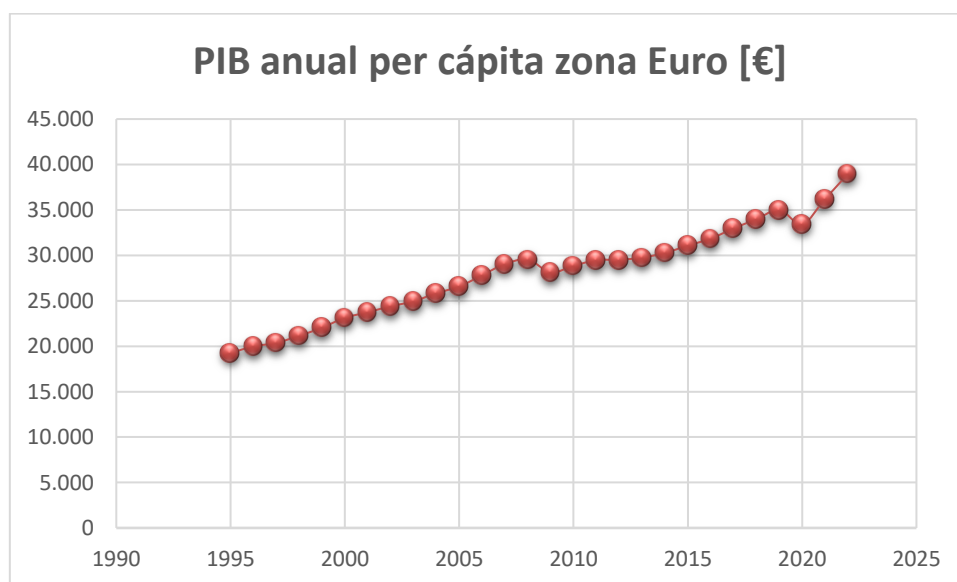


Figura 1 - PIB anual per cápita Unión Europea

Analizando la gráfica anterior se observan dos crisis:

- La crisis financiera de 2008, en esta ocasión produjo una recuperación en “L”, es decir no se obtuvo una recuperación de los valores anuales esperados antes de la depresión.

- La pandemia COVID 19, en este caso se ha producido una recuperación en “V” alcanzando los valores anuales esperados de prepandemia e incluso mejorándolos.

No obstante, para hacer una previsión a 10 años se considerará una evolución lineal, ya que como se ha podido comprobar, las crisis no suponen un cambio brusco de la tendencia de crecimiento lineal observable en el registro histórico.

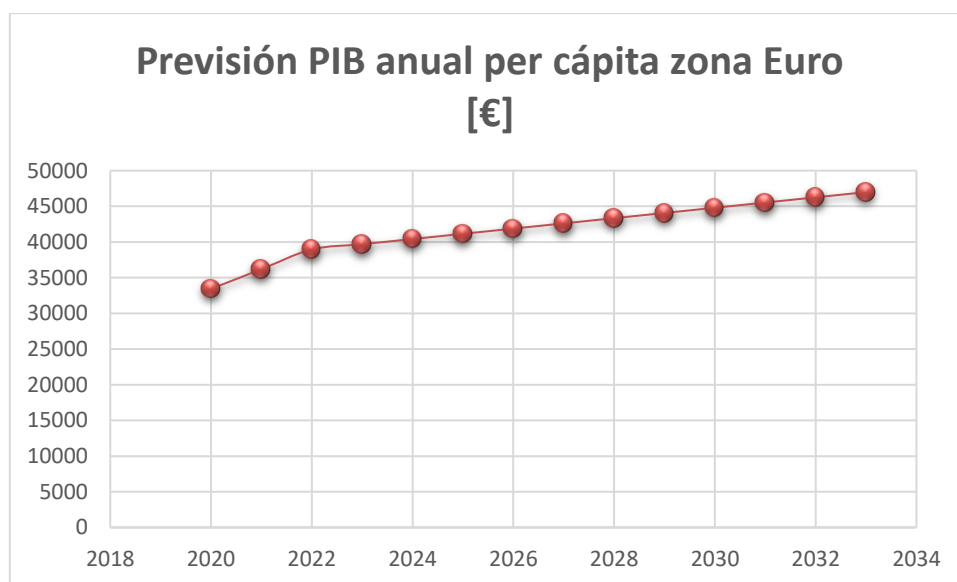


Figura 2 - Previsión PIB anual a 10 años

Se puede concluir que el aumento económico neto de 2033 a 2023 es de aproximadamente 7300 € anuales per cápita lo que es un 18 % más de la cantidad actual.

### 1.1.2 Análisis demográfico

Desde el inicio del milenio 2000 se observa una tendencia demográfica cambiante. En la primera década la tendencia era prácticamente lineal. Al final de ésta, se empieza a evidenciar los estragos de la crisis financiera de 2008 que supuso una disminución de la pendiente de la curva demográfica, a esta crisis se le suma el efecto de un cambio de adquisición de datos del censo. La recuperación en la curva se ha producido de manera combinada entre una recuperación en “L” y “V” se podría decir que en forma de “U”.

De cara a lanzar una precisión que posteriormente nos proporcione unos valores útiles para saber cómo podría afectar el efecto demográfico al aumento de demanda en el transporte aéreo, se va a calcular una pendiente similar a la que se ha encontrado en los últimos 10 años.

Los efectos del COVID 19, al igual que la crisis de 2008 se ven más tarde, más que en la curva macroeconómica, debido al periodo lógico de gestación. Análogamente se estima que la recuperación de la crisis del COVID 19 (todavía no muy visible) será más explosiva, igual que en la curva financiera.

A continuación, se observa de manera visual la evolución demográfica histórica en la Unión Europea.

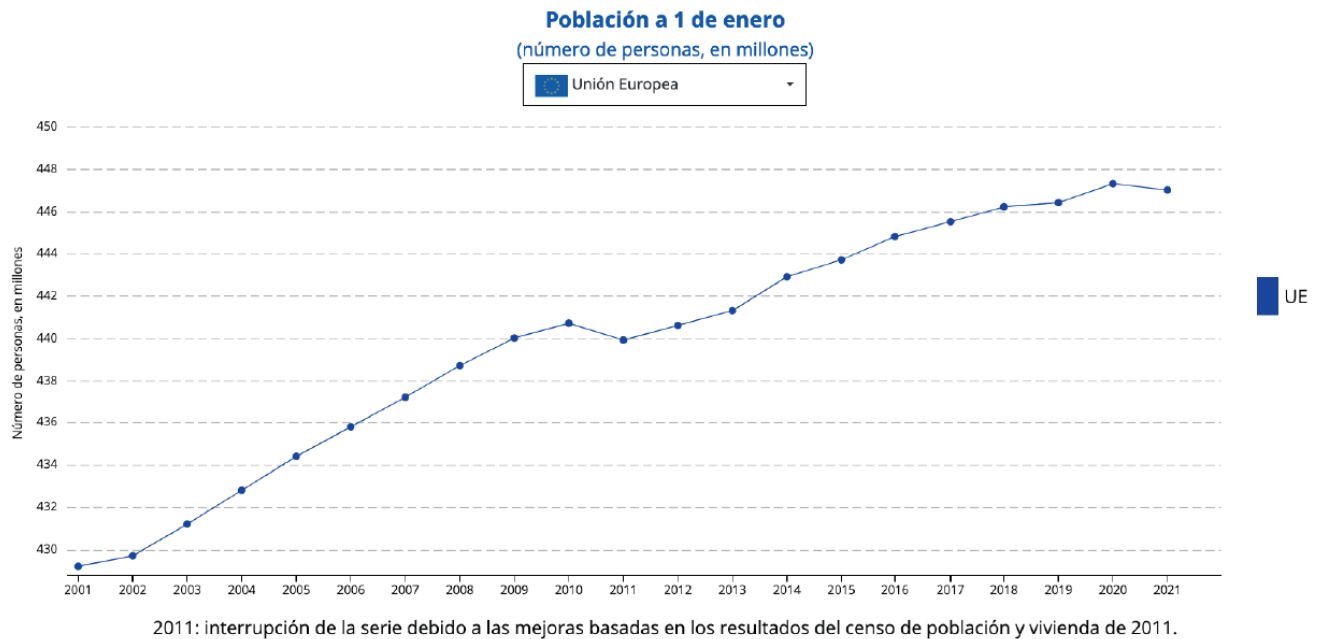


Figura 3 - Demografía en Europa (fuente: Instituto Nacional de Estadística)

Por otro lado, se observa que la pendiente aproximada de los últimos 10 años es de 400.000 personas más al año. Este valor es que se va a emplear para llevar a cabo la estimación a 10 años.

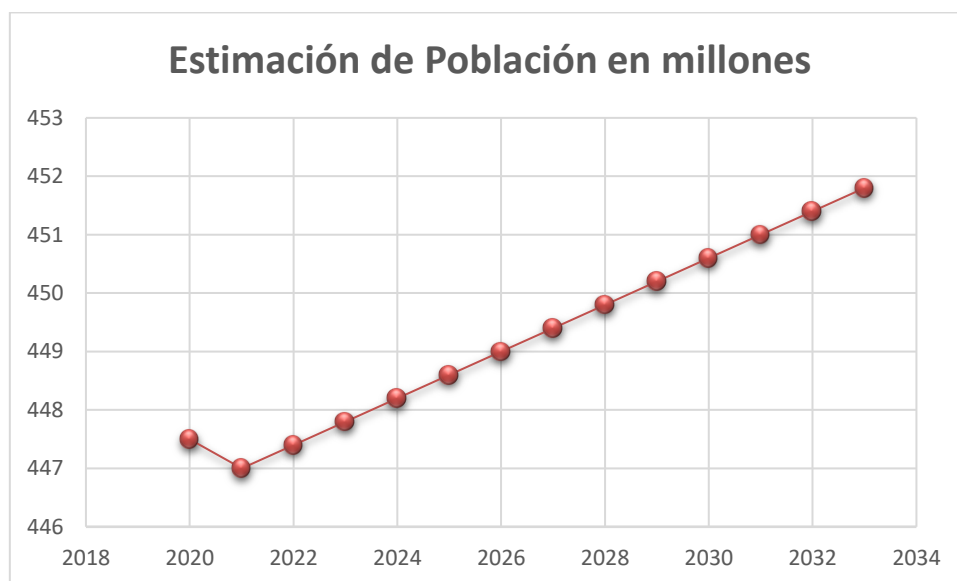


Figura 4 - Estimación a 10 años de la población en la Unión Europea

Se concluye con que a 10 años vista la población de la Unión Europea va a aumentar de 448 millones a 452 millones, es decir aproximadamente va a aumentar en 4 millones más de habitantes.

## 1.2 Análisis socioeconómico de España

### 1.2.1 Análisis Macroeconómico

Se puede ver un aumento más pronunciado en el PIB per cápita en España que en el conjunto de la Unión Europea. No obstante, España se encuentra por debajo de los valores medios de Europa.

Se puede observar, como en el caso de la Unión Europea, que cuando se han producido crisis ha habido un descenso del valor del PIB. Se aprecian tres grandes depresiones. Las dos primeras, las crisis económicas de 1993 y de 2008, dieron lugar a una recuperación en “L” lo que supuso una disminución de los valores esperados de PIB anual. Posteriormente, la crisis sanitaria COVID 19 dio lugar a una recuperación en “V” y se recuperaron los valores esperados antes de la crisis.

Cabe destacar dos tendencias claramente diferenciadas. La primera la que corresponde desde la crisis de 1993 hasta la de 2008. En este periodo, bajo la influencia de la incorporación en la Unión e inyección de enormes fondos de ayuda, la entrada del euro en España y la industrialización del país, dio lugar a una época bastante exitosa. Se redujo la diferencia con la media de la Unión Europea de 8500 € por debajo en 1995, a una diferencia de 5.000 € también por debajo en 2008.

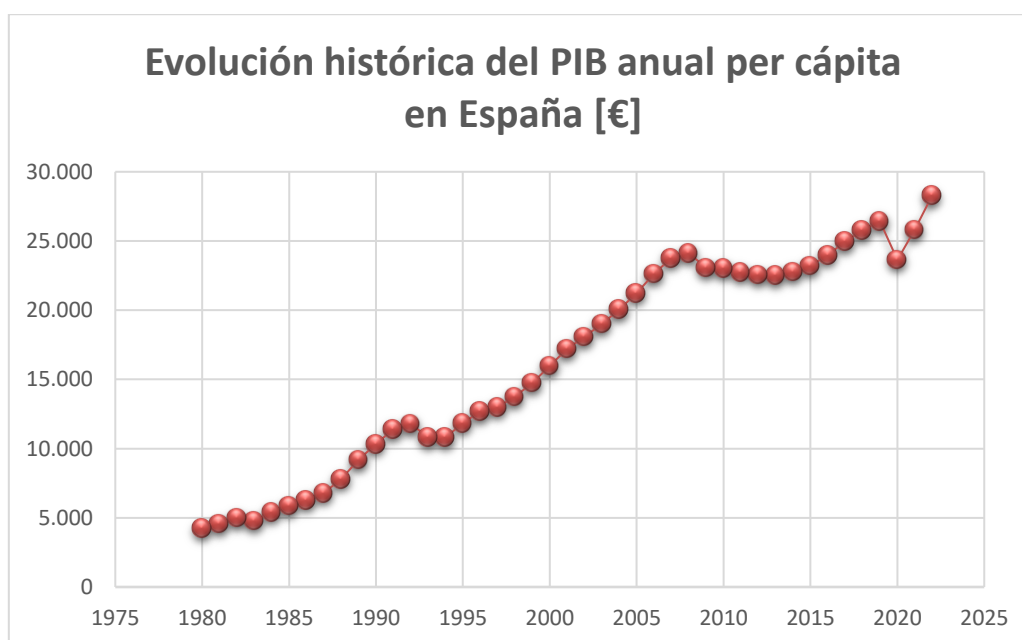


Figura 5 - Evolución histórica del PIB anual per cápita en España

Por tanto, de cara a llevar a cabo la estimación de aumento de PIB per cápita en España, se ha realizado mediante una regresión lineal priorizando la tendencia de los últimos años. Esta tendencia es menos de la mitad con la que crecía Europa, pero es la que se estima que va a tener España, ya que los factores de crecida que se daban antes ya no se consideran aplicables, ni en el segundo periodo, ni en el futuro.

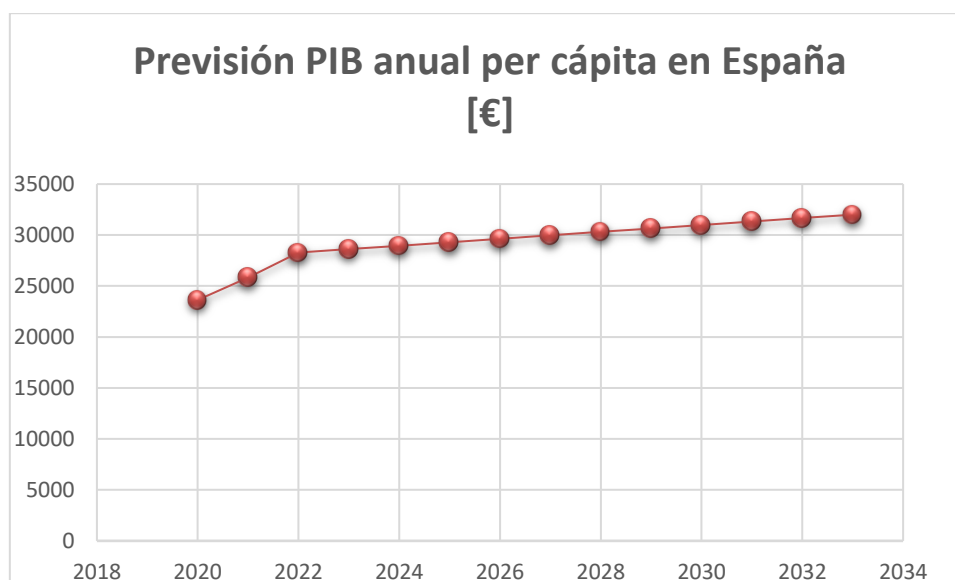


Figura 6 - Previsión PIB anual per cápita a 10 años en España

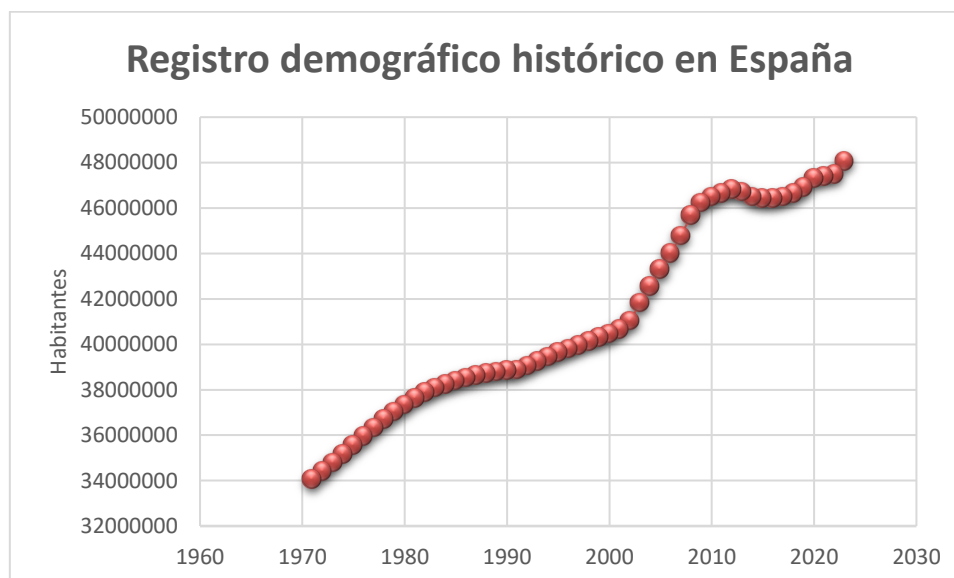
En conclusión, se prevé que el PIB anual per cápita en España alcance en 10 años la cifra aproximada de 32.000 €. Esto supone 4.000 € más que actualmente, es decir un 14% más que en los valores presentes en España.

### 1.2.2 Análisis demográfico

Se afirma que hasta el año 2000 la población española presentaba un crecimiento demográfico estable de unos 200.000 habitantes más al año.

Aproximadamente en el año 2000 hasta 2010 se hace visible que España se abre de manera completa a un entorno democrático, después de un pasado bastante cerrado debido a un régimen dictatorial que, a diferencia de otros países de su entorno, terminó de forma tardía. Esto dio lugar a un flujo migratorio hacia España que supuso un aumento demográfico de aproximadamente 6 millones de habitantes en 10 años.

Se puede comparar los datos demográficos de los países sureños de Europa, como es España, con la media conjunta de Europa. Se puede detectar un efecto solapador, mientras la natalidad cae, la migración a países fronterizos con el continente africano europeos aumenta, lo que hace que la media conjunta de la unión europea permanezca constante.



*Figura 7 - Evolución demográfica española*

A partir del año 2010, España sufre una grave crisis fruto de la depresión económica del 2008. En particular en el territorio español se vio especialmente afectado ya que basó en el pilar de la construcción gran parte de la estabilidad económica del país. Esto hizo que mucha de la inmigración que llegara, que principalmente iban a trabajar al sector de la construcción, se quedaran sin oportunidad laboral, y por tanto frenara estos flujos migratorios.

Por otro lado, el aumento de la inflación, el coste de la vida, la congelación de los salarios e incluso destrucción de empleo, supuso que la gente, en especial la población más joven, tuviera dificultades de independización y se frenara también la natalidad.

Posteriormente en 2020, se ve un pequeño máximo, en el cual por un lado se veía una cierta recuperación, pero al llegar la crisis sanitaria, produjo un pequeño estancamiento en el crecimiento.

De cara a elaborar una previsión a futuro a de la evolución demográfica española, se va a optar por una pendiente, entre la pendiente de 200.000 habitantes más al año antes del 2000 y la de 600.000 después del 2000. El motivo por el que se cree que no va a ser superior este último valor es por varios hechos. El primero es que ya no existe una demanda de mano de obra de poca especialización de forma tan masiva como ocurrió antes. Luego, la brecha del valor de la vida entre el continente africano y europeo cada vez es mayor. Además, se aprecia una natalidad bastante pequeña y un aumento cada vez más elevado de población envejecida lo que da lugar a un doble efecto de descenso demográfico.

Por tanto, la estimación se va a llevar a cabo con 300.000 habitantes más al año.





Figura 8 - Estimación demográfica en España a 10 años

Se concluye que aproximadamente habrá en 10 años en España, 3.000.000 de habitantes más.

### 1.3 Recapitulación de las estimaciones

A continuación, se presenta una tabla numérica donde se recoge los valores de las estimaciones obtenidas en base a las hipótesis anteriormente explicadas.

	Unión Europea		España	
	PIB per cápita [€]	Millones Habitantes	PIB per cápita [€]	Millones Habitantes
<b>2023</b>	39690	447,80	28618	48,06
<b>2024</b>	40420	448,20	28956	48,36
<b>2025</b>	41150	448,60	29294	48,66
<b>2026</b>	41880	449,00	29632	48,96
<b>2027</b>	42610	449,40	29970	49,26
<b>2028</b>	43340	449,80	30308	49,56
<b>2029</b>	44070	450,20	30646	49,86
<b>2030</b>	44800	450,60	30984	50,16
<b>2031</b>	45530	451,00	31322	50,46
<b>2032</b>	46260	451,40	31660	50,76
<b>2033</b>	46990	451,80	31998	51,06

Tabla 1 - Estimaciones obtenidas de PIB y Habitantes tanto en Europa como en España

## 2. Análisis de la demanda de tráfico aéreo

### 2.1 Análisis de la demanda en la Unión Europea

#### 2.1.1 Estimación de pasajeros europeos anual en avión

Se puede observar una evolución lineal del aumento de pasajeros en la Unión Europea por medios aéreos hasta la llegada de la crisis sanitaria en el año 2019.

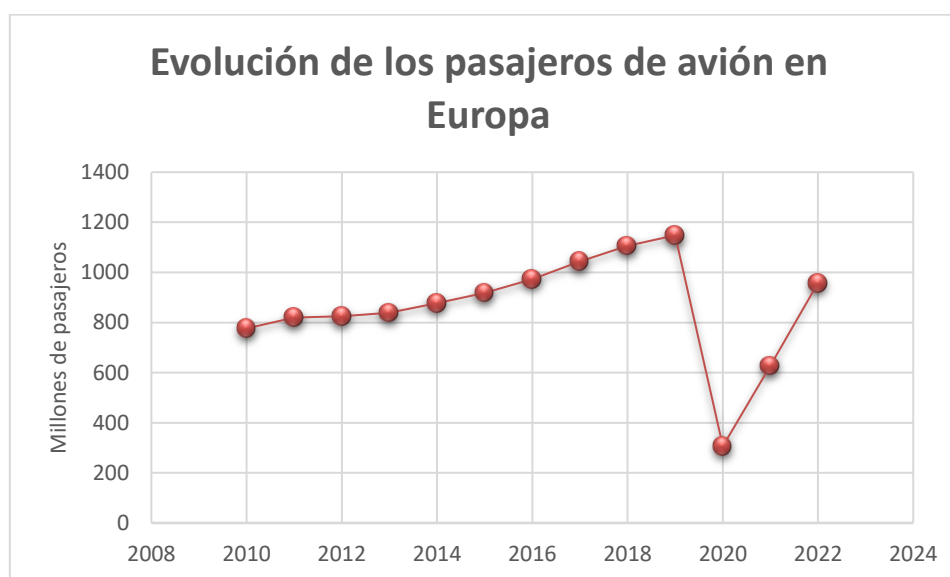


Figura 9 - Evolución pasajeros en avión en Europa

Se va a extrapolar una razón matemática de los datos observados entre los años 2010 y 2019 de aumento de pasajeros en función del aumento de PIB y aumento de la población en Europa.

Por un lado, en la tabla inferior se puede observar lo siguiente: el aumento del PIB per cápita va disminuyendo paulatinamente la razón de aumento de PIB respecto a aumento de pasajeros en Europa en avión, esto quiere decir que el aumento de pasajeros es más acentuado por cada aumento de PIB.

De la manera análoga, en cuanto al crecimiento demográfico en Europa se observa lo siguiente: la razón aumento de habitantes europeos por aumento de pasajeros en la Unión Europea disminuye, esto quiere decir que por cada aumento demográfico que se da lugar en territorio europeo se produce un aumento de pasajeros por vía aérea más pronunciado.

	PIB per Cápita [€]	Millones de habitantes en Europa [HabEU]	Millones de pasajeros en avión [PaxEU]	PIB/PaxEU	HabEU/PaxEU
2019	35.010	446,3	1148	30,50	0,39
2018	33.980	446,2	1106	30,72	0,40
2017	32.970	445,8	1043	31,61	0,43
2016	31.840	445,0	973	32,72	0,46
2015	31.080	443,8	918	33,86	0,48
2014	30.270	443,0	877	34,52	0,51
2013	29.750	441,5	839	35,46	0,53
2012	29.510	440,5	825	35,77	0,53
2011	29.470	440,0	820	35,94	0,54
2010	28.850	440,5	776	37,18	0,57

Tabla 2 - Extrapolación en el ámbito de pasajeros en Europa

De esta manera se va a llevar a cabo una extrapolación lineal de las razones obtenidas. Posteriormente con las razones obtenidas y la previsión de aumento de PIB per cápita y demográfico en Europa se va a obtener el aumento de pasajeros por vía aérea en Europa a 10 años vista.

	PIB/PaxEU	HabEU/PaxEU	Estimación de PIB [€] per cápita	Estimación demográfica [millones de habitantes]	Estimaciones millones de pasajeros por medio de:		Media de las estimaciones de millones de pasajeros
					PIB per cápita	Demografía	
2033	32,50	0,25	46990	451,80	1445,76	1822,13	<b>1633,94</b>
2032	33,24	0,27	46260	451,40	1391,51	1685,41	<b>1538,46</b>
2031	33,99	0,29	45530	451,00	1339,64	1567,58	<b>1453,61</b>
2030	34,73	0,31	44800	450,60	1289,98	1464,97	<b>1377,48</b>
2029	35,47	0,33	44070	450,20	1242,41	1374,83	<b>1308,62</b>
2028	36,21	0,35	43340	449,80	1196,78	1295,00	<b>1245,89</b>
2027	36,96	0,37	42610	449,40	1152,99	1223,81	<b>1188,40</b>
2026	37,70	0,39	41880	449,00	1110,92	1159,94	<b>1135,43</b>
2025	38,44	0,41	41150	448,60	1070,47	1102,30	<b>1086,39</b>
2024	39,18	0,43	40420	448,20	1031,56	1050,03	<b>1040,80</b>
2023	39,93	0,45	39690	447,80	994,10	1002,42	<b>998,26</b>
2022	40,67	0,47	38960	447,40	958,00	958,86	<b>958,43</b>

Tabla 3 - Obtención de pasajeros estimados en Europa a 10 años

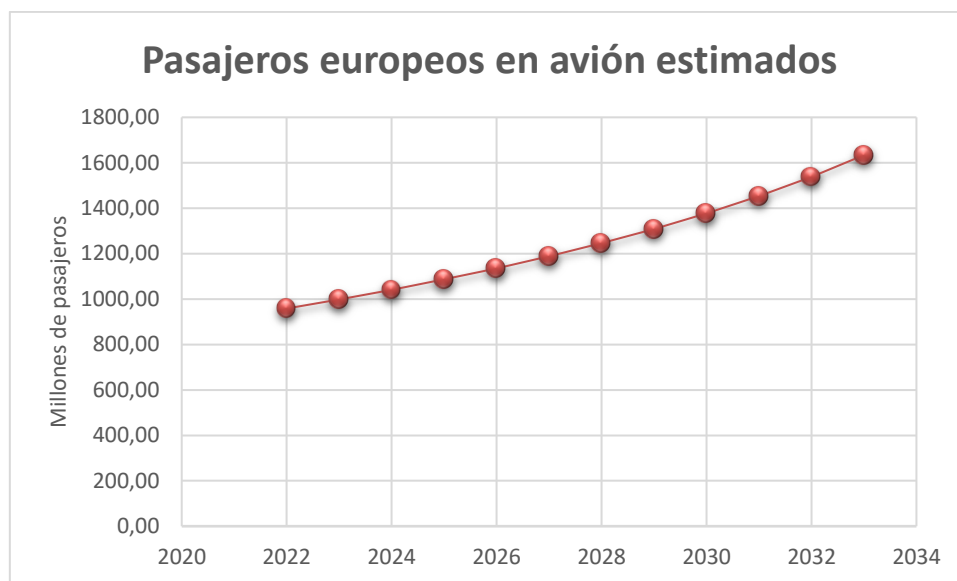


Figura 10 - Estimación del número de pasajeros europeos a 10 años

## 2.1.2 Estimación operaciones aéreas en Europa

Se va a emplear de cara a estimar el número de operaciones que se van a llevar a cabo en Europa en los próximos años, el escenario base propuesto por Eurocontrol, como se puede observar a continuación en la gráfica.

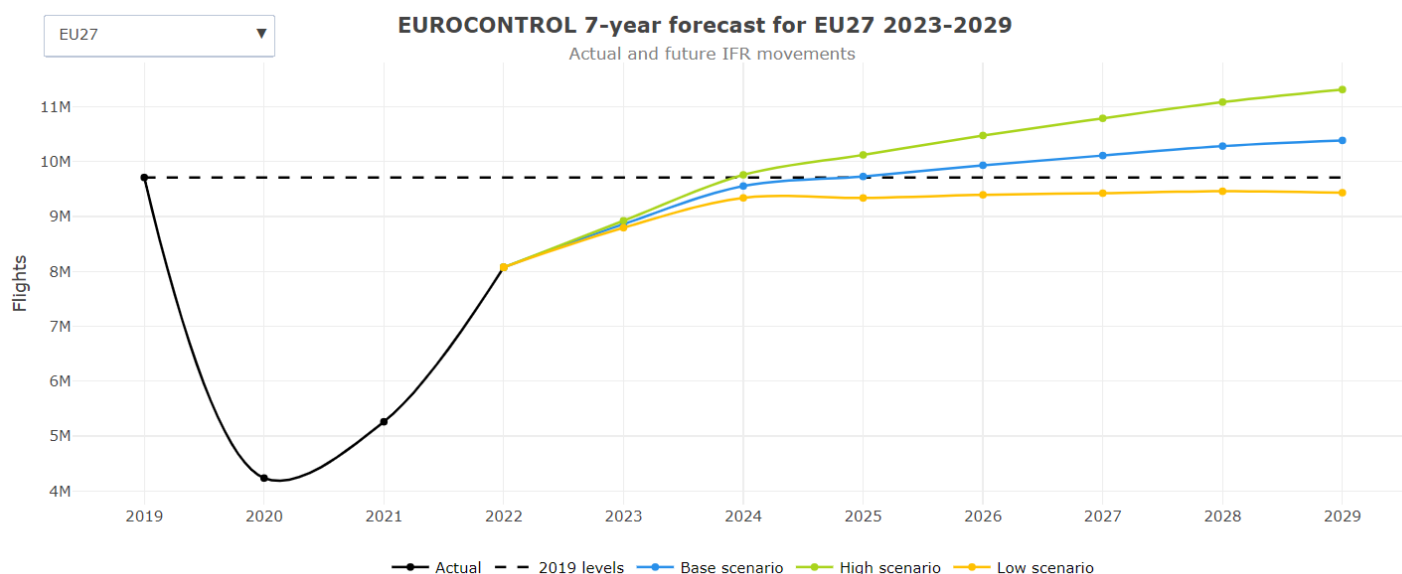


Figura 11 - Estimaciones de la evolución de las operaciones aéreas en Europa (fuente: EUROCONTROL)

Se observa en la relación pasajeros estimados con operaciones estimadas, un aumento del número de pasajeros por operación. Por lo que se extrapola linealmente el crecimiento del número de pasajeros por avión y se deducen las operaciones a 10 años vista, hasta 2033.

	Millones de pasajeros europeos estimados	Millones de operaciones europeas estimadas	Pasajero/Operación
2033	1633,94	<b>11,9</b>	138
2032	1538,46	<b>11,4</b>	135
2031	1453,61	<b>11,0</b>	132
2030	1377,48	<b>10,7</b>	129
2029	1308,62	<b>10,4</b>	126
2028	1245,89	<b>10,3</b>	121
2027	1188,40	<b>10,1</b>	118
2026	1135,43	<b>9,9</b>	115
2025	1086,39	<b>9,7</b>	112
2024	1040,80	<b>9,6</b>	108
2023	998,26	<b>8,9</b>	112
2022	958,43	<b>8,1</b>	118

Tabla 4 - Estimación operaciones europeas

## 2.2 Análisis de la demanda en España

### 2.2.1 Estimación de pasajeros españoles anual en avión

De manera similar al caso de la Unión Europea, se va a extrapolar (a partir de los pasajeros históricos en avión registrados en España) la estimación de pasajeros a 10 años basándose en estimaciones de PIB per cápita y crecimiento demográfico.

Primero se va a calcular las dos razones de extrapolación:

	PIB anual per Cápita [€]	Millones de habitantes en España [HabEsp]	Millones de pasajeros en avión [PaxEsp]	PIB/PaxEsp	HabEU/PaxEsp
2019	26.440	46.918.951	275,247387	96,06	170461,02
2018	25.760	46.645.070	263,754357	97,67	176850,42
2017	24.980	46.497.393	249,218316	100,23	186572,94
2016	23.990	46.418.884	230,231359	104,20	201618,43
2015	23.230	46.425.722	207,421046	111,99	223823,58
2014	22.780	46.495.744	195,863599	116,31	237388,39
2013	22.518	46.712.650	187,405129	120,16	249260,25
2012	22.562	46.818.216	194,230699	116,16	241044,37
2011	22.760	46.667.175	204,386371	111,36	228328,21
2010	23.040	46.486.621	373,911121	61,62	124325,32
2009	23.060	46.239.271	187,631102	122,90	246437,13
2008	24.130	45.668.938	203,862028	118,36	224018,85
2007	23.780	44.784.659	210,498760	112,97	212754,98

2006	22.630	44.009.969	193,553178	116,92	227379,21
2005	21.240	43.296.335	181,277741	117,17	238839,78
2004	20.050	42.547.454	166,146198	120,68	256084,43

Tabla 5 - Extrapolación en el ámbito de pasajeros en España

Se puede observar de manera análoga que el aumento del PIB per cápita y de la demografía hacen que el aumento porcentual de los pasajeros en avión en España cada vez sea mayor. No obstante, cabe destacar que en el estudio demográfico la razón correspondiente es algo más irregular, pero la tendencia es la misma que se ha indicado.

	PIB/PaxEsp	HabEsp/PaxEsp	Estimación de PIB per cápita	Estimación demográfica	Estimaciones por medio de:		Media de las estimaciones
					PIB per cápita	Demografía	
2033	104,98	137776,47	31998	51063694	304,79	370,63	<b>337,71</b>
2032	105,99	142969,90	31660	50763694	298,71	355,07	<b>326,89</b>
2031	107,00	148163,32	31322	50463694	292,74	340,60	<b>316,67</b>
2030	108,00	153356,74	30984	50163694	286,89	327,10	<b>307,00</b>
2029	109,01	158550,16	30646	49863694	281,14	314,50	<b>297,82</b>
2028	110,01	163743,58	30308	49563694	275,50	302,69	<b>289,09</b>
2027	111,02	168937,01	29970	49263694	269,95	291,61	<b>280,78</b>
2026	112,02	174130,43	29632	48963694	264,51	281,19	<b>272,85</b>
2025	113,03	179323,85	29294	48663694	259,17	271,37	<b>265,27</b>
2024	114,04	184517,27	28956	48363694	253,92	262,11	<b>258,01</b>
2023	115,04	189710,69	28618	48063694	248,76	253,35	<b>251,06</b>
2022	116,05	194904,12	28280	47496903	243,69	243,69	<b>243,69</b>

Tabla 6 - Obtención de pasajeros estimados en España a 10 años

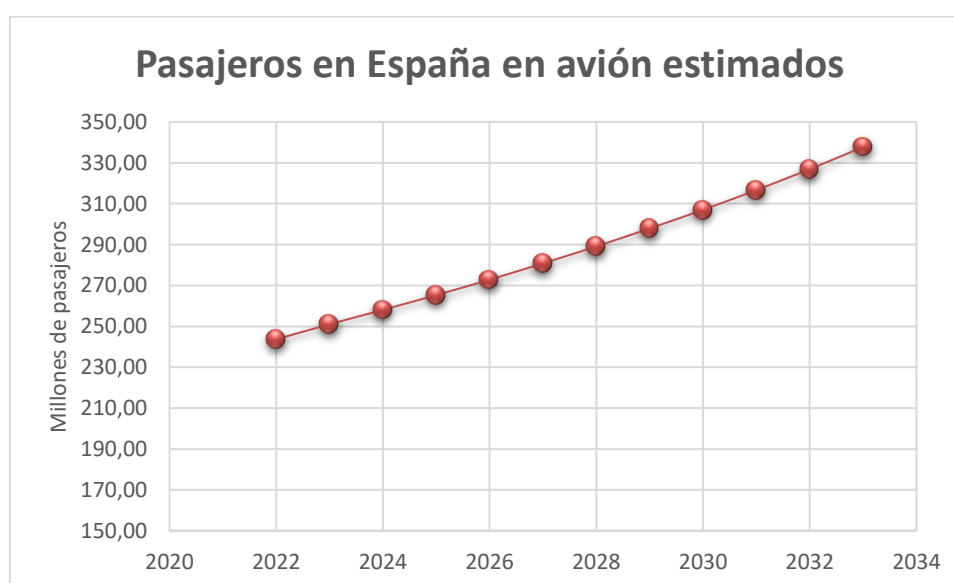


Figura 12 - Estimación del número de pasajeros en España a 10 años

## 2.2.2 Estimación de operaciones aéreas en España

En este caso, se observa una tendencia histórica algo irregular. Pero a excepción de las caídas por la crisis, la tendencia es creciente.

Este fenómeno que se observa de dificultad de recuperación de las operaciones tras la crisis de 2008 se debe a que cuando se paran aeronaves por un tiempo elevado, o incluso se condenan y se cancelan nuevas aeronaves debido a pesimismo en la demanda, la industria aeronáutica no consigue disponer de aeronaves de manera instantánea. Esta industria es bastante lenta, en la que el diseño, producción y puesta en funcionamiento requiere de un elevado periodo de trabajo y por ello unas previsiones a largo plazo para conseguir satisfacer la demanda. En el caso de la pandemia, el periodo fue breve, y se confió en mantener las previsiones de las que ya se disponían, manteniendo las aeronaves de las que se disponía para en cualquier instante recuperar la operación, manteniendo la producción y las entregas de aeronaves.



Figura 13 - Evolución histórica del número de operaciones en España

En cuanto a la previsión de las operaciones a 10 años, se va a emplear las estimaciones realizadas por EUROCONTROL, en concreto de la misma manera que en el escenario europeo, el escenario base. Luego hasta 2033 desde 2029 se extrapolan los datos atendiendo a tasas de crecimiento histórico y crecimiento estimado por EUROCONTROL.

	Millones de pasajeros europeos estimados	Millones de operaciones europeas estimadas	Pasajeros/Operación
2033	337,71	3,0	110,99
2032	326,89	2,9	111,88
2031	316,67	2,8	112,77
2030	307,00	2,7	113,66
2029	297,82	2,6	114,55
2028	289,09	2,6	111,19
2027	280,78	2,5	112,31
2026	272,85	2,5	109,14
2025	265,27	2,4	110,53
2024	258,01	2,3	112,18
2023	251,06	2,2	114,12
2022	243,69	2,0	121,85

Figura 14 - Estimación operaciones en España

## 2.3 Recapitulación de las estimaciones anteriores

A continuación, se presentas los datos obtenidos para calcular la estimación de la demanda a 10 años.

	Millones de Pasajeros europeos estimados	Millones de operaciones europeas estimados	Millones de Pasajeros españoles estimados	Millones de operaciones españolas estimados
2033	1634	11,9	338	3,0
2032	1538	11,4	327	2,9
2031	1454	11,0	317	2,8
2030	1377	10,7	307	2,7
2029	1309	10,4	298	2,6
2028	1246	10,3	289	2,6
2027	1188	10,1	281	2,5
2026	1135	9,9	273	2,5
2025	1086	9,7	265	2,4
2024	1041	9,6	258	2,3
2023	998	8,9	251	2,2
2022	958	8,1	244	2,0

Figura 15 - Tabla recopilatoria de estimaciones de pasajeros y operaciones



## 2.4 Análisis de la demanda en la Comunidad de Madrid

Según los datos históricos en Madrid se concentra el núcleo más notable de tráfico aéreo de España. Se puede deducir que un cuarto de los pasajeros transportados, un quinto de las operaciones y la mitad de carga transportados en España es con origen y/o destino Madrid.



Figura 16 - Evolución transporte aéreo en la Comunidad de Madrid

Llegado a este punto, se va a realizar las estimaciones finales. Para ello se va a emplear las estimaciones anteriores. De éstas se van a emplear factores de reducción que se van a explicar a continuación para estimar los pasajeros y operaciones que se prevén en 10 años en la Comunidad de Madrid.

Por un lado, de las estimaciones anteriores, atendiendo a una tendencia histórica, se toma que el valor del 15% de las estimaciones europeas son en territorio español.

De la misma manera, el 25% de las estimaciones en España corresponden a operaciones y pasajeros nacionales.

Por tanto, teniendo las estimaciones en España naciones, los valores correspondientes a las estimaciones europeas y realizando la diferencia, se podría sacar las estimaciones internaciones, aunque el aeropuerto de Casarrubios no se va a dirigir a dicha demanda. Esta demanda se concentrará en el antiguo aeropuerto de Barajas.



Figura 17 - Gráfica de estimación de las operaciones aéreas en España

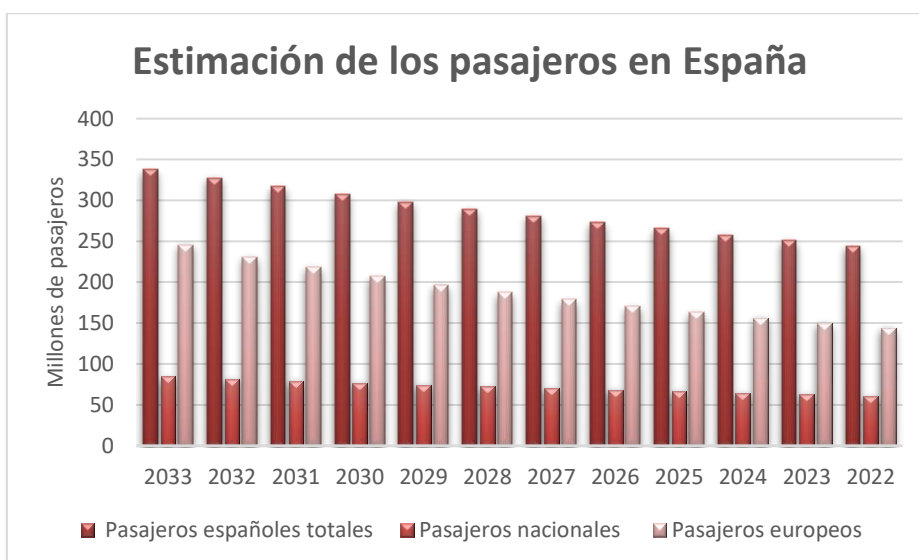


Figura 18 - Gráfica de estimación de los pasajeros en España

Ya disponiendo de una estimación concreta de los pasajeros y operaciones que se van a producir en España a 10 años, se puede llevar a cabo la última concretización de las estimaciones y así llegar al objetivo final de las mismas, que es la estimación de la demanda de tráfico aéreo en la Comunidad de Madrid.

Para calcular dicha estimación se establecen, de nuevo, unos factores reductores de cara a conseguir deducir las estimaciones de Madrid a partir de las nacionales. El factor que se ha obtenido (atendiendo a la tendencia de porcentajes históricos entre datos comunitarios y nacionales) es del 22% para las estimaciones de pasajeros y del 18% para las operaciones.

	Millones de pasajeros totales en Madrid	Millones de operaciones totales en Madrid	Millones de pasajeros nacionales	Millones de operaciones nacionales	Millones de pasajeros desde Europa	Millones de operaciones desde Europa
2033	<b>74</b>	<b>0,55</b>	19	0,14	54	0,32
2032	<b>72</b>	<b>0,53</b>	18	0,13	51	0,31
2031	<b>70</b>	<b>0,51</b>	17	0,13	48	0,30
2030	<b>68</b>	<b>0,49</b>	17	0,12	45	0,29
2029	<b>66</b>	<b>0,47</b>	16	0,12	43	0,28
2028	<b>64</b>	<b>0,47</b>	16	0,12	41	0,28
2027	<b>62</b>	<b>0,45</b>	15	0,11	39	0,27
2026	<b>60</b>	<b>0,45</b>	15	0,11	37	0,27
2025	<b>58</b>	<b>0,43</b>	15	0,11	36	0,26
2024	<b>57</b>	<b>0,41</b>	14	0,10	34	0,26
2023	<b>55</b>	<b>0,40</b>	14	0,10	33	0,24

Figura 19 - Estimación de la demanda europea y nacional en la Comunidad de Madrid

## 3. Estimación de la demanda de tráfico aéreo en el aeropuerto de Casarrubios

Una vez conocido cual va a ser la demanda de servicios aéreos en la comunidad a de Madrid, se va a calcular la demanda que va a existir en el futuro aeropuerto de Casarrubios. Para ello se calcula cual es la capacidad del aeropuerto de Barajas y el exceso de capacidad que exista va a ser el que absorba el aeropuerto de Casarrubios.

No obstante, el aeropuerto de Barajas va a acoger además de tráfico europeo y nacional, se ocupará de la mayoría del tráfico internacional de largo radio. Por tanto, en dicho aeropuerto se priorizarían vuelos de corto y medio radio, en el que sus pasajeros tiendan a coger posteriormente vuelos de largo radio. Es decir, se trasladarán dentro de lo posible los vuelos punto a punto a Casarrubios, manteniendo en Barajas las ramas neurálgicas del *Hub* que caracteriza al aeropuerto de Barajas.

La construcción del aeropuerto de Casarrubios puede dar lugar a otra tendencia algo más optimista, en la que la demanda sea mayor debido a una flexibilidad mayor de horarios e incluso algo de disminución de los costes al no centralizar todo en un mismo aeropuerto.

### 3.1 Análisis del aeropuerto de Barajas

#### 3.1.1 Trayectoria y situación del aeropuerto de Barajas

El aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas es uno de los más antiguos e importantes de España. Se inauguró en el año 1933 sustituyendo a los aeródromos de Getafe y Carabanchel. El aeropuerto no tuvo su primera pista pavimentada hasta 1944 con una longitud de 1400 metros, obviamente insuficiente hoy en día para la operación de muchas de las aeronaves comerciales. Se fue prolongando sucesivamente para ir satisfaciendo a las nuevas necesidades de las aeronaves.

A mediados de la década de los 50 el aeropuerto alcanza un hito importante, llega a mover medio millón de pasajeros al año construyéndose una terminal, lo que hoy se la conoce como T2. Puede ser contradictorio pero la que actualmente conocemos como T1 se construyó después en la década de los 70 junto con una configuración de 2 pistas cruzadas ya de mayor longitud aproximadamente de 4 kilómetros. La nueva terminal se destinaría principalmente para tráfico internacional, ya con cuatro millones de pasajeros anuales, con la llegada de los Jumbos.

El crecimiento del aeropuerto fue continuo hasta el año 2000 con el Plan Barajas, en cual se lleva a cabo una gran ampliación e inicia un proceso de evolución hasta la actualidad, con: cuatro pistas paralelas dos a dos, 4 terminales, una terminal satélite entre las pistas norte, una superficie de terminales de 940 000 m<sup>2</sup>, 104 puestos de estacionamiento para aeronaves y

21.800 puestos de estacionamiento para vehículos. Que hace que el aeropuerto tenga una capacidad al nivel de los grandes aeropuertos europeos.



Figura 20 - Plano actual del Aeropuerto de Madrid-Barajas (fuente: Google Imágenes)

Se puede observar que el aeropuerto ha llegado a un techo geográfico de ampliaciones. Por el este se encuentra los cerros de Paracuellos y el río Jarama. Y, por otro lado, tanto como por el sur, norte y oeste se encuentra infraestructura civil y urbanizaciones. Todo ello hace que en el futuro sea difícil seguir aumentando la infraestructura del aeropuerto para satisfacer la demanda que como se estimó anteriormente, va a ir aumentando a lo largo de los años.

### 3.1.2 Análisis de la capacidad del aeropuerto de Barajas

Según el Plan Barajas, con la ampliación que se realizó, se establece un máximo de pasajeros anuales de 70 millones como capacidad máxima. No obstante, a lo largo de los años, como se puede observar en la figura 16, después de alcanzar en 2007 los 50 millones de pasajeros la tendencia a aumentar entra en un efecto asintótico. A parte de la crisis ocurrida en 2008 y explicada anteriormente, también se debe a que el aeropuerto no recibe una carga de demanda de manera constante, ni a lo largo del año, ni a lo largo de las semanas, ni a lo largo del día. Se forman picos los cuales impiden que puedan venir más vuelos al aeropuerto. Algunos de estos vuelos, mediante el reparto de slots, se consiguen repartir a lo largo de periodos menos concurridos, pero muchos otros se pierden, sobre todo de la demanda más inelástica, la cual suele ser vuelos de negocios o de eventos en concreto.

Tomando como año de referencia el año 2019, para evitar el efecto de la pandemia, se va a examinar cual ha sido los meses de mayor demanda de tráfico aéreo, y en qué meses posiblemente se haya perdido parte de ésta por no disponer de capacidad y que hace que el crecimiento del tráfico aéreo en Madrid se estanque.

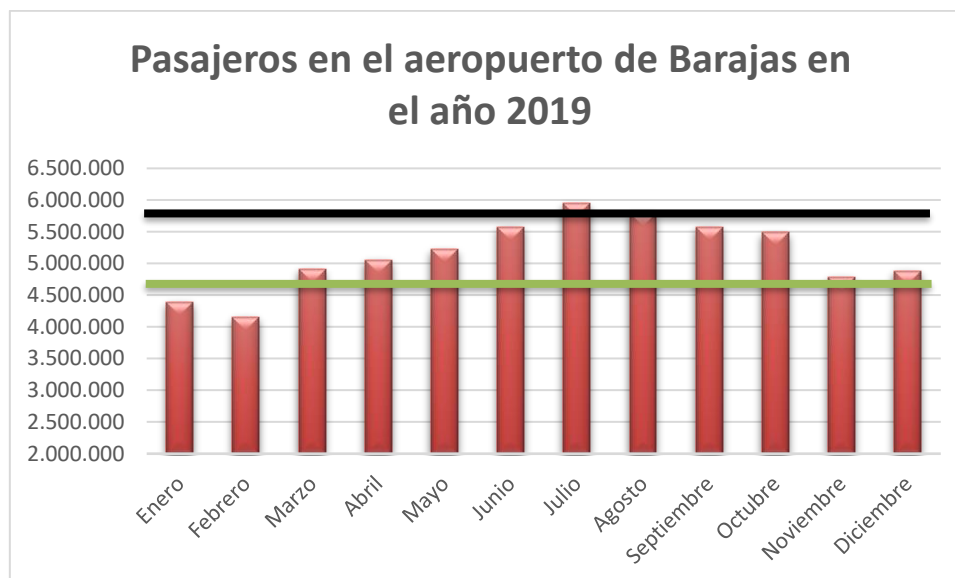


Figura 21 - Pasajeros en el aeropuerto de Barajas en el año 2019

Se observa que los meses de verano son en los que más pasajeros hay. En esos meses es donde más demanda se pierde por superar los umbrales de capacidad. Atendiendo al Plan barajas, la capacidad última del aeropuerto mensual sería aproximadamente 5,8 millones de pasajeros mensuales (línea negra).

Por otro lado, se establece que para que el aeropuerto tenga unos retrasos tolerables se debe establecer la demanda al 80% de la capacidad última, siendo este valor de 4,6 millones de pasajeros mensuales (línea verde). Por lo que prácticamente la totalidad de los meses entran en conflicto con el caso ideal (a excepción de los dos primeros meses), en el cual no se supere esta capacidad máxima práctica. Además, se prevé que siga aumentando las operaciones, por lo que, si no se construye una alternativa, los retrasos se irán acentuando y supondrá el colapso del sistema aeroportuario.

Por lo que en el escenario óptimo, en el aeropuerto de Barajas, será de 4,6 millones de pasajeros mensuales. Esto da un número de pasajeros de 55,2 millones de pasajeros anuales. No obstante, atendiendo a la saturación en los meses de verano, y la particularidad turística de España, en la que en esos meses la demanda es más elástica debido a ser pasaje vacacional, se permite reducir el margen al 85% durante los meses de junio a septiembre. Por lo que se aumenta la cifra anual de pasajeros a **56,5 millones** de pasajeros. El resto de demanda se destinaría al aeropuerto de Casarrubios.

### 3.2 Obtención de la demanda a satisfacer en el futuro aeropuerto de Casarrubios

A modo de desenlace, se va a exponer las operaciones y pasajeros que se pretenden atender en el aeropuerto de Casarrubios. Anteriormente se consiguió calcular el número de demanda que se va a presentar en la Comunidad de Madrid a 10 años vista. A estos valores se procede a restarle el valor de demanda que se prevé que satisfaga el aeropuerto de Barajas de manera constante, ya que no se considera viable seguir ampliando su capacidad.

	Millones de pasajeros en Madrid totales	Millones de operaciones en Madrid totales	Pasajero/operación	Millones de pasajeros en Casarrubios	Operaciones en Casarrubios
2033	74,30	0,55	136	<b>17,80</b>	<b>131190</b>
2032	71,92	0,53	137	<b>15,42</b>	<b>112736</b>
2031	69,67	0,51	138	<b>13,17</b>	<b>95535</b>
2030	67,54	0,49	139	<b>11,04</b>	<b>79467</b>
2029	65,52	0,47	140	<b>9,02</b>	<b>64428</b>
2028	63,60	0,47	136	<b>7,10</b>	<b>52248</b>
2027	61,77	0,45	137	<b>5,27</b>	<b>38407</b>
2026	60,03	0,45	133	<b>3,53</b>	<b>26444</b>
2025	58,36	0,43	135	<b>1,86</b>	<b>13767</b>
2024	56,76	0,41	137	<b>0,26</b>	<b>1920</b>
2023	55,23	0,40	139	-	-

*Figura 22 - Estimación de pasajeros y operaciones en Casarrubios a 10 años*

Para el cálculo de las operaciones, se emplea el ratio pasajero/operación para extrapolarlas. Se puede deducir, que de manera práctica hasta el año 2024, el aeropuerto de Casarrubios no empezaría a recibir demanda concreta a la sombra del aeropuerto de Barajas.



## 4. Construcción de la ampliación del aeropuerto de Casarrubios

Actualmente el aeródromo tiene unas instalaciones bastante limitadas, está pensado principalmente para aviación general de aeronaves de pequeña envergadura (avionetas, ultraligeros, helicópteros...). La propiedad de este pertenece a una sociedad privada denominada Aero hobby.

Sin embargo, aun teniendo instalaciones limitadas y aun teniendo sus dependencias aeronáuticas sin supervisión del servicio del control aéreo, tiene bastantes operaciones diarias. Estas operaciones se deben principalmente a tráfico de escuelas, tanto propias, como las de su aeropuerto cercano que se encuentra en Cuatro Vientos. Del aeropuerto de Cuatro Vientos es del cual recibe gran cantidad de vuelos en tránsito o para parar y repostar.

### 4.1 Características físicas actuales del aeródromo

El aeródromo actual dispone de sus instalaciones en un área fronteriza entre Castilla la Mancha y la Comunidad de Madrid. En sus instalaciones se distingue una pista de aterrizaje, una calle de rodaje paralela a la misma, multitud de pequeños hangares de estacionamiento y de mantenimiento, una pequeña plataforma, área de repostaje y unas pequeñas dependencias terminales y de servicios.

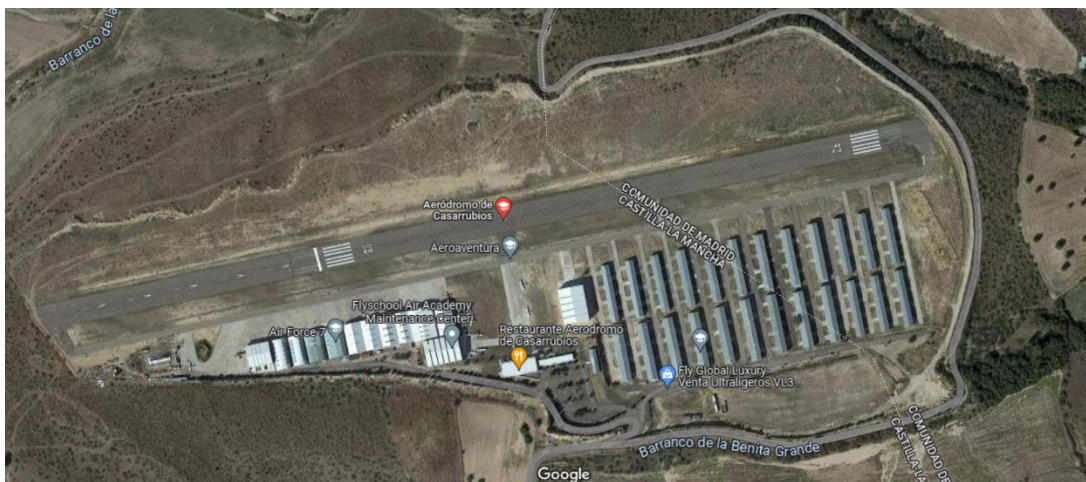


Figura 23 - Vista en planta del aeródromo de Casarrubios (fuente: Google Maps)

La pista de la cual dispone presenta una orientación 08/26, de asfalto y unas dimensiones de 950x26 metros.

Para aviones comerciales de mayor envergadura, los cuales suelen frecuentar los aeropuertos comerciales, necesitan unas dimensiones de pistas mayores. El rango de longitud puede oscilar entre 1800 metros desde un A320 o B737 hasta un A380 o B747 que podría rondar los 3500 o 4000 metros.



## 4.2 Criterios de diseño del aeropuerto en función de la demanda estimada

### 4.2.1 Selección de aeronave de diseño

No obstante, el aeropuerto se construye para una aeronave tipo, es decir, no se dimensiona una infraestructura aeroportuaria de las enormes dimensiones que requiere la operación de un avión como un A380 o B747 para que operen de manera muy ocasional. Se diseña para la aeronave que frecuentemente va a operar las instalaciones aeroportuarias.

De cara a elegir que aeronave será la más adecuada para elegirla aeronave de diseño para dimensionar el aeropuerto se estudian diferentes aeronaves y se calcula su factor de ocupación atendiendo al número de asientos que suelen ofrecer los distintos modelos que se encuentran en el mercado, al número de operaciones y pasajeros que se estiman al futuro aeropuerto de Casarrubios y que se ha calculado anteriormente. CRJ1000: 104 asientos, A320: 146 asientos, B737: 180 asientos, A330: en configuración business + turista (configuración con menor número de asientos ofertados): 268 asientos, B787: 246 asientos.

Aeronave	Asientos
ATR72	74
CRJ1000	104
A320	146
B737	180
A330	268
B787	246

Tabla 7 - Asientos en distintos modelos de aeronaves

	Pasajeros/ Vuelo	Factor de ocupación ATR 72	Factor de ocupación CRJ 1000	Factor de ocupación A320	Factor de ocupación B737	Factor de ocupación A787	Factor de ocupación A330
2033	136	1,00	1,00	0,93	0,75	0,55	0,51
2032	137	1,00	1,00	0,94	0,76	0,56	0,51
2031	138	1,00	1,00	0,94	0,77	0,56	0,51
2030	139	1,00	1,00	0,95	0,77	0,56	0,52
2029	140	1,00	1,00	0,96	0,78	0,57	0,52
2028	136	1,00	1,00	0,93	0,75	0,55	0,51
2027	137	1,00	1,00	0,94	0,76	0,56	0,51
2026	133	1,00	1,00	0,91	0,74	0,54	0,50
2025	135	1,00	1,00	0,93	0,75	0,55	0,50
2024	137	1,00	1,00	0,94	0,76	0,56	0,51
2023	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 8 - Estimación factores de ocupación en LEMT del A320 y B737

Se observa que para la distancia (tráfico europeo y nacional), para el volumen de pasajeros y operaciones estimadas, los factores de ocupación más altos se encuentran en las aeronaves típicas actualmente de corto-medio radio. Las aeronaves de medio-largo radio, (aparte de no realizar vuelos internacionales, que es cuando son más útiles, aunque el factor de ocupación no sea muy elevado ya que los modelos más pequeños no suelen disponer de autonomía suficiente) no encontrarán rentable operar en las instalaciones aeroportuarias de Casarrubios.

	ATR 72	CRJ1000	<b>A320-200</b>	B737-700	B787	A330
Longitud [m]	27,17	36,24	<b>37,57</b>	33,48	56,70	58,80
Envergadura [m]	27,05	23,25	<b>33,9</b>	34,3	60,00	60,30
Distancia entre ruedas de tren principal [m]	4,10	4,12	<b>8,7</b>	7,0	5,80	5,60

Tabla 9 - Medidas físicas de aeronaves susceptibles de operar en el aeropuerto

La aeronave de diseño elegida es el A320. El motivo para elegir dicha aeronave es porque atendiendo a sus características físicas es la más restrictiva en cuanto a necesidades de infraestructura, frente a las aeronaves susceptibles de operar normalmente en el aeropuerto. Es decir, si puede operar la aeronave A320 podría operar también aeronaves de tamaño más discreto. Por otro lado, es la que presenta un factor de ocupación óptimo, aeronaves de mayor envergadura que el A320 no parece rentable ni lógica su operación.

#### 4.2.2 Obtención de la clave de referencia de aeródromo

De cara a establecer los criterios de diseño para llevar a cabo toda la construcción de la infraestructura aeroportuaria, en el Anexo 14 se define una clave de referencia según su aeronave de diseño. Existe la posibilidad de construir distintas partes del aeropuerto con unas claves más o menos exigentes para así no sobredimensionar el aeropuerto de cara a la operación de alguna aeronave de unas dimensiones mayores a las aeronaves frecuentes en el aeropuerto. En este caso, no se considera necesario, ya que aeronaves de mayor tamaño iría destinadas al aeropuerto de Barajas. Por lo que se diseña en su totalidad para la aeronave A320.

A la hora de obtener el código de referencia, código alfanumérico, se obtiene mediante la composición de dos dígitos, que se determinan de la siguiente manera:

- Por un lado, existe un número correlativo del 1 al 4, donde este valor representa distintos valores de longitud de campo de referencia. Esta longitud se define como la longitud mínima necesaria para el despegue bajo las siguientes hipótesis:
  - Aeronave configura con el peso máximo homologado para despegue.
  - Condiciones atmosféricas a nivel del mar.
  - En una atmósfera tipo.
  - Sin viento.
  - La pendiente de la pista es nula.

- Por otro lado, existe una secuencia de niveles representados por una letra correlativa de la A a la F. Estas divisiones corresponden a los valores numéricos que podría tener la anchura exterior de las ruedas del tren de aterrizaje principal o la envergadura, lo que sea más restrictivo. Siendo los valores más pequeños en la división A, estos valores van aumentando de manera progresiva hasta la F con los valores más elevados.

**Tabla 1-1. Clave de referencia de aeródromo**  
(véanse 1.6.2 a 1.6.4)

Núm. de clave (1)	Elementos 1 de la clave		Elementos 2 de la clave	
	Longitud de campo de referencia del avión (2)	Letra de clave (3)	Envergadura (4)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal <sup>a</sup> (5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

*Nota.— En el Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157), Partes 1 y 2, se proporciona orientación sobre planificación con respecto a los aviones de más de 80 m de envergadura.*

*Tabla 10 - Clave de referencia de aeródromo según Anexo 14 OACI*

Atendiendo a la aeronave de diseño (A320) se define la clave que deberá definir la infraestructura del aeropuerto.

- Por un lado, la longitud del campo de referencia es de aproximadamente 2100 metros, por lo que le corresponde la clave numérica 4.
- Por otro lado, como se indica en la tabla 9, la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal es de 7,6 metros, por lo que le corresponde una clave alfabética C.

Se concluye con que la clave de referencia del aeropuerto debe de ser mínimo de **4C**.

## 4.2.3 Dimensionamiento de la pista

### 4.2.3.1 Orientación de la pista

Para el cálculo de la orientación de la pista se va a determinar atendiendo principalmente a la orientación del viento de manera histórica. Se observa que la tendencia a lo largo de los años no ha variado de manera significativa. Hay una tendencia predominante en la dirección este-oeste, en concreto predomina el sentido del viento desde el oeste. No obstante, se ha hecho un poco más notable en ciertas ocasiones componentes Norte-Sur, pero siendo esta tendencia menos dominante, en esta dirección el sentido más frecuente es desde el norte.

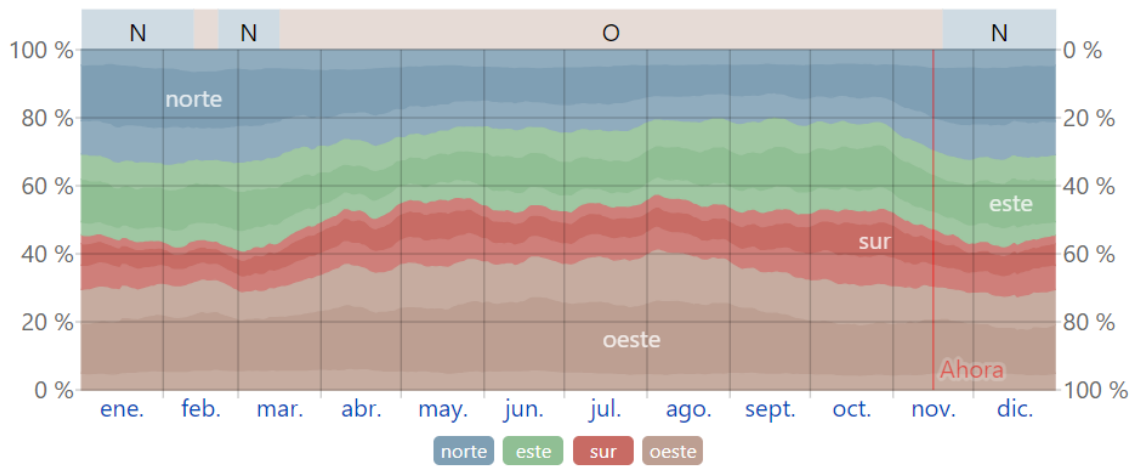
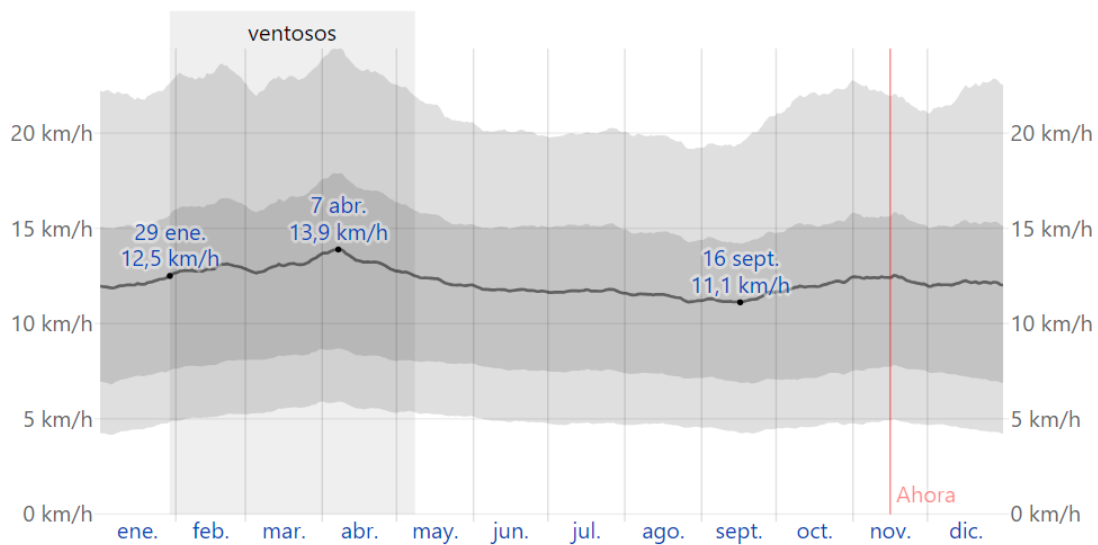


Figura 24 - Dirección del viento en Casarrubios en el 2023 (fuente: Weather Spark)



El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25° a 75° y 10° a 90°.

Figura 25 - Velocidad del viento en Casarrubios en el 2023 (fuente: Weather Spark)

Se tiene encuentra también las orientaciones de las pistas de la actual pista de Casarrubios, la de Cuatro Vientos y la de Getafe.

Aeródromos	Orientación Pistas
Casarrubios	08/26
Cuatro Vientos	09/27
Getafe	05/23

Tabla 11 - Orientación de pistas cercanas

Las orientaciones de las pistas representan el rumbo (respecto al norte magnético) del cual se dispone si se alinea el rumbo con la pista en cualquiera de sus dos sentidos. Por ejemplo: en la pista 09/27, 09 representa un rumbo magnético de 090° en el sentido este, y 270° en sentido oeste.

La configuración actual de los aeropuertos cercanos e incluso de la antigua pista corroboran una tendencia predominante de viento en la dirección este-oeste. No obstante, como se ve en la figura 24 y 25, el viento últimamente ha rolado ligeramente su tendencia siendo una configuración como la de Getafe la más adecuada. El viento no es especialmente significativo. Cabe destacar también que la zona se encuentra prácticamente libre de accidentes geográficos que afecten climáticamente.

Por otro lado, atendiendo al proyecto: Air City Madrid Sur, que apoya también la ampliación del aeropuerto, también indica una orientación más dirigida hacia noreste-suroeste.

Por todo ello la orientación de la pista propuesta será de **06/24**.

#### 4.2.3.2 Determinación física de la pista

Primero se va a determinar la anchura que debe tener la pista atendiendo a la clave de aeropuerto propuesto según el Anexo 14 de OACI. En ese mismo anexo se especifica las anchuras mínimas que debe tener el aeropuerto según su clave como se observa a continuación en la tabla 12.

##### *Anchura de las pistas*

3.1.10 **Recomendación.**— La anchura de toda pista no debería ser menor de la dimensión apropiada especificada en la siguiente tabla:

Núm. de clave	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
1ª	18 m	18 m	23 m	—	—	—
2ª	23 m	23 m	30 m	—	—	—
3	30 m	30 m	30 m	45 m	—	—
4	—	—	45 m	45 m	45 m	60 m

a. La anchura de toda pista de aproximación de precisión no debería ser menor de 30 m, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

Nota 1.— Las combinaciones de letras y números de clave para las cuales se especifican anchuras han sido preparadas con arreglo a las características de los aviones corrientes.

Nota 2.— Los factores que afectan las anchuras de pista figuran en el Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157), Parte 1.

Tabla 12 - Anchura mínima de la pista en función de la clave de referencia según el Anexo 14 de OACI

Atendiendo a la clave del aeropuerto propuesta (4C) le correspondería a la pista una anchura mínima de **45 metros**.

Para calcular el largo de la pista se parte de la longitud de campo de referencia de la aeronave de diseño, en concreto del A320. Longitud de campo de referencia del A320-200 es de 2480 metros.

Como hemos visto anteriormente, el valor de la longitud de campo de referencia es para una situación bastante concreta, por tanto, se va a aplicar una serie de correcciones de cara a estimar la longitud real en Casarrubios.

Para ello se emplea el valor de la elevación del campo respecto al nivel medio del mar publicado por ENAIRE en la guía VFR del aeródromo actual de LEMT, siendo este de 625 metros.

Por otro lado, como el aeródromo no es considerado grande, no existe en el AIP como tal una ficha de aeródromo con los datos de diseño. No obstante, a la hora de obtener la temperatura de referencia del aeródromo se utiliza la de LEGT (Getafe) y la de LECU/LEVS (Cuatro Vientos), siendo dicho valor de 33 °C.

- Corrección por temperatura:

Se procede a calcular la temperatura ISA mediante la siguiente expresión:

$$T_{isa} = 15 \text{ °C} - 6,5 \text{ °C} * \frac{625 \text{ m}}{1000 \text{ m}} = 10,9 \text{ °C}$$

Como es previsible, el modelo de atmósfera estándar difiere en muchos casos de la que le los valores que realmente existen en las distintas zonas geográficas donde se pretende construir pistas alrededor del mundo. De ahí viene el concepto de temperatura de referencia, este valor representa, el valor de temperatura que suele haber (siendo lo más conservativo posible, es decir, quizá algo elevado, pero sin alejarse de la realidad).

Una vez obtenido la temperatura ISA se procede a calcular el factor de desviación por temperatura de la longitud de pista ( $\Delta h_t$ ), se define que por cada grado de diferencia con la atmósfera ISA, la pista real varía un 1,1 %.

$$\Delta h_t = 0,011/\text{°C} * (33 \text{ °C} - 10,9 \text{ °C}) = 0,221$$

Cabe destacar que como la temperatura es mayor a la del modelo, y por tanto, a la estimada en el cálculo de la longitud de campo de referencia. La pista real necesaria será mayor que la teórica.

- Corrección por altitud:

Por otro lado, se procede a calcular, como en el caso anterior, mediante las definiciones expuestas en el Manual de Diseño de Aeródromos de OACI, el factor de corrección por la elevación del campo respecto al nivel medio del mar ( $\Delta h_h$ ). Para ello se define que el factor por cada metro de variación con el nivel medio del mar varía a razón del 7,1% cada 300m.

$$\Delta h_h = 0,071 * \frac{625 \text{ m}}{300 \text{ m}} = 0,148$$

Se hace ver que cuanto mayor sea la elevación mayor será la pista real necesaria. En concreto, es justo lo que sucede en este caso.

- Corrección por pendiente.

Debido a que no se dispone de los valores de las elevaciones de las distintas cabeceras en el aeródromo de Casarrubios se va a realizar la siguiente ponderación aritmética con los valores de pendiente de los dos campos más cercanos de los cuales si se dispone de dicha información. Hágase ver que el terreno es bastante regular y prueba de ello es la proximidad entre los valores de los dos aeropuertos seleccionados (LEGT y LECU).

	LEGT	LECU
Altura 1ª Cabecera [m]	619,25	691,52
Altura 2ª Cabecera [m]	610,85	685,72
Longitud de pista [m]	2477	1500
Pendiente	0,3391%	0,3867%

Tabla 13 - Pendientes de las pistas de LEGT y LECU

Por tanto, si se realiza la media de las pendientes se obtiene el valor de 0,3629 %. Dicho valor es el que se supone que tiene el aeródromo de Casarrubios en este proyecto. Cumple la recomendación del Anexo 14 de OACI (menor del 1% para números de clave 4)

A continuación, disponiendo de un valor aproximado de la pendiente de la pista real, se procede a calcular el factor de corrección de la longitud de pista por pendiente ( $\Delta h_p$ ). Se estima que la longitud varía un 0,1 por cada tanto por ciento de pendiente.

$$\Delta h_p = 0,1 * 0,3629 = 0,036$$

En este caso, el hecho de tener pendiente siempre va a aumentar el valor de longitud de pista ya que, se supone un posible uso por ambas pistas. Por lo que como en los casos anteriores este factor se sumará a los factores de esos casos, y todos ellos harán que aumente la longitud de pista necesaria.

Finalmente se calcula el factor de corrección global ( $\Delta h$ ), siendo éste la suma de los factores anteriores:

$$\Delta h = \Delta h_t + \Delta h_h + \Delta h_p = 0,405$$

Para concluir, al aplicar el factor global obtenido al valor de longitud de pista teórico se obtiene el siguiente valor:

$$L = 2480 * 1,405 = 3485 \text{ m} \approx 3500 \text{ m}$$

## 4.3 Espacio disponible para construir la infraestructura aeroportuaria

A la hora de posicionar la infraestructura aeroportuaria existirían a priori distintas opciones, a continuación, se van a exponer y analizar los puntos positivos y negativos de los mismos:

- Construcción de la pista sobre la actual

La ventaja que podría tener sería que, si se pudiera aprovechar el grosor de la pista siendo actualmente de 26 metros y no de los 45 metros necesarios, se podría reducir costes de fabricación, no obstante, no es el caso. La construcción sobre la pista supondría graves problemas, por un lado, entra en conflicto con las poblaciones de El Álamo y Valmojado, por otro lado, se destruiría la infraestructura aeronáutica anterior, la cual se podría seguir sacando partido, por lo menos a corto plazo.

- Construcción de la pista al sur de la actual

A priori, se podría mantener las instalaciones anteriores, y realizar operaciones conjuntas. No obstante, se observa que es difícil que su construcción no entrara en conflicto con los pueblos de Valmojado, Casarrubios del Monte y el Álamo dificultando también las trayectorias de aproximación. Además, parece alejarse de las carreteras A-5 y R-5, las cuales conectan de manera muy directa con Madrid. Por otro lado, da lugar a un conflicto de tráfico, es decir, la pista a construir espera recibir la mayor parte de sus tráfico del norte, por lo que se tendría que desviar aeronaves comerciales de mayor tamaño que los tráfico previstos para la pista antigua.

- Construcción de la pista hacia al norte de la actual

Definitivamente es la opción que más beneficios presenta. Por un lado, se mantiene la infraestructura anterior sin alterar la trayectoria de las aeronaves comerciales. Se consigue alejar relativamente la pista de los pueblos de alrededor, las prolongaciones de la pista no colindan de manera inmediata con núcleos habitacionales, no obstante, se aproxima el aeropuerto a Navalcarnero y Arroyomolinos, lo cual influirá en las trayectorias de aproximación. Luego respecto a la comunicación por carretera, encajan las autovías existentes de manera ideal, permitiendo establecer distintas entradas a la zona aeroportuaria y haciendo posible de manera sencilla conectar con autovías directas a Madrid.

Esta última opción es la que Air City Madrid Sur ha optado, también por plantar como la opción válida, siendo ésta la más lógica.

El área del cual se dispondría para construir la infraestructura aeroportuaria corresponde al área que se observa en la imagen posterior sombreada. Aproximadamente dicho área correspondería con la magnitud de 1200 hectáreas aproximadamente.



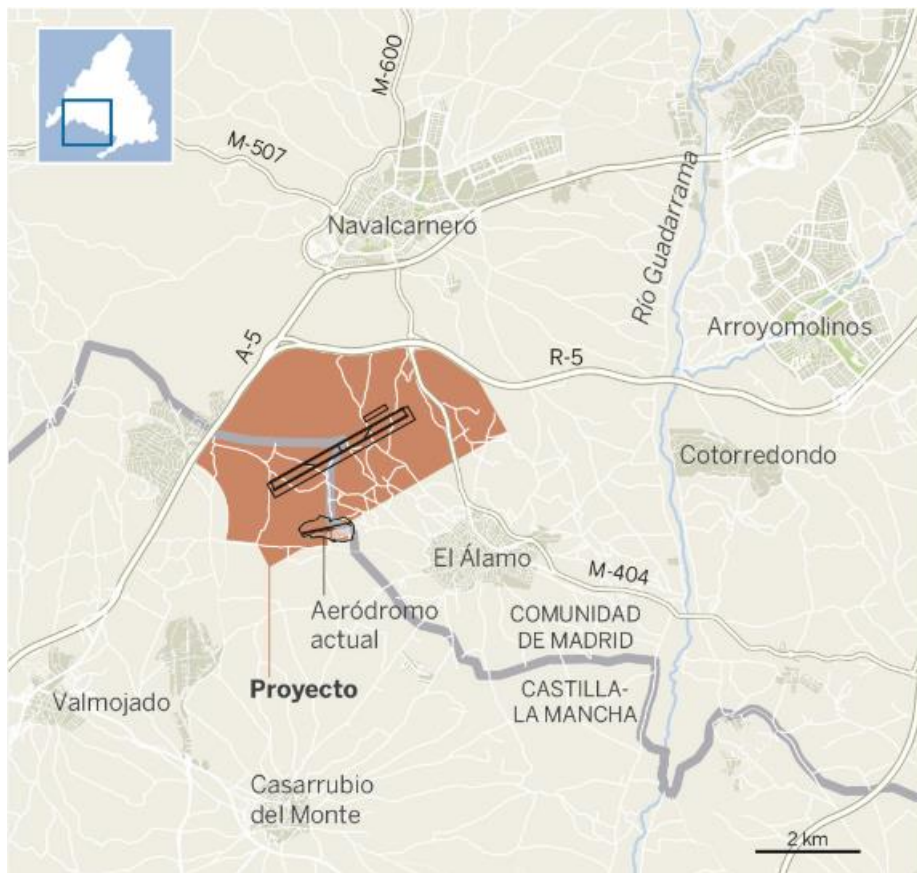


Figura 26 - Croquis del área de la infraestructura aeroportuaria (fuente: El País)

De cara a establecer los edificios terminales, lo más apropiado parece ser situarlos al norte de la pista, donde se centralicen todas las actividades de: check-in, facturación, atención al pasajero, zonas comerciales, restauración... En el proyecto, se considera más adecuado instalar la calle de rodaje en la parte norte, esto difiere de la imagen superior.

Por un lado, esta zona norte es bastante adecuada para conectar el núcleo terminal con las dos autovías existentes (A-5 y R-5). Por otro lado, deja libre el terreno sur, donde se seguiría operando los vuelos anteriores de aviación general, facilitando la operación de éstos. O en un futuro dejar libre una posible ampliación del aeropuerto hacia la zona sur.

## 4.4 Conexiones con el aeropuerto

### 4.4.1 Conexión por vehículo privado o taxi

Continuando con la idea anterior de la idoneidad de situar los edificios terminales en la zona norte, y así entre otros motivos, conectar de manera directa las zonas terminales con las dos autopistas, parece coherente situar dos puntos de acceso, uno sur con la autopista A-5 y otro norte con la autopista R-5.



*Figura 27 - Plano con los accesos al nuevo Aeropuerto de Casarrubios (fuente: air city Madrid sur)*

Es interesante situar dichos accesos aguas abajo del nudo de concurrencia de las dos autovías, ya que de esta manera se reparte el tráfico y se alivia el mismo.

La distancia aproximada desde los accesos del nuevo aeropuerto a la Puerta del Sol es de 35 km, que sin tráfico se traduce en aproximadamente 30 minutos en vehículo por carretera.

Por otro lado, a modo de comparación desde el aeropuerto actual de Madrid Barajas, la distancia de éste con la Puerta del Sol es de 20 Km, que sin tráfico son alrededor de 25 minutos.

El tiempo entre un aeropuerto y el otro al centro de la ciudad es similar, y está dentro de lo aceptable, no se cree que haya que hacer inversión en mejorar la conexión a Madrid mediante carreteras desde el nuevo aeropuerto.

#### 4.4.2 Conexión por autobús

Por un lado, desde el acceso Sur se encuentra la línea 535 que une Calypo con Móstoles y Alcorcón. El trayecto es aproximadamente de 30 minutos y la frecuencia de los autobuses depende del día (si es laborable o no) y también de la hora del día. Se observa que hay menor oferta por la mañana hacia medio día y los días festivos.

Por otro lado, el acceso Norte tiene la línea 539 y N505 que une El Álamo con Navalcarnero, Móstoles y llega hasta Príncipe Pío, tiene la línea 529 que une El Álamo con Navalcarnero y Móstoles. No obstante, la frecuencia no es muy elevada está en torno a 30 minutos o 1 hora dependiendo del día o la hora como el caso anterior.

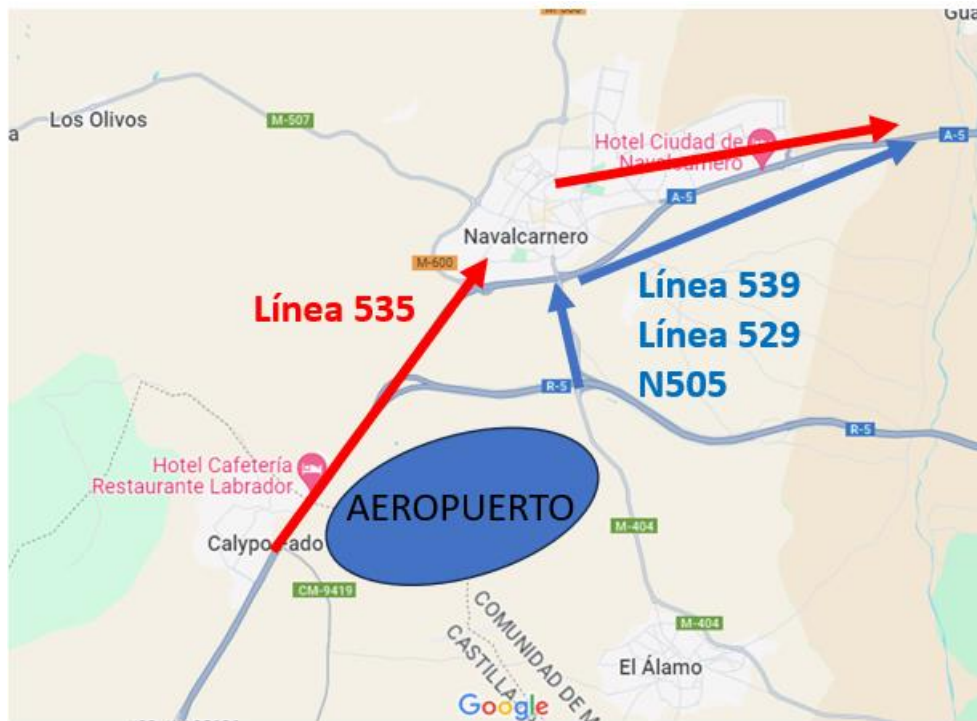


Figura 28 - Plano de líneas de autobuses actuales (fuente: Google Maps)

Se considera que las rutas actuales son satisfactorias, pero habría que ampliar la frecuencia de éstas, debido a la mayor demanda de pasajeros.

No obstante, respecto a la línea 535, sería interesante que se creara otra línea que no entrara en el propio pueblo de Navalcarnero, ya que se aliviaría el tráfico.

### 4.4.3 Conexión por ferrocarril

Actualmente la zona no está conectada por ningún medio de ferrocarril. Las conexiones de tren más cercanas corresponden a la ciudad de Móstoles. Se cree que sería viable la construcción de unas vías que conectara el aeropuerto con la estación de cercanías llamada: Móstoles El Soto.

No obstante, también existe conexión de la ciudad con la red ferroviaria de Metro, en una estación conexión llama: Móstoles Central, que está conectada con la estación Móstoles El Soto.

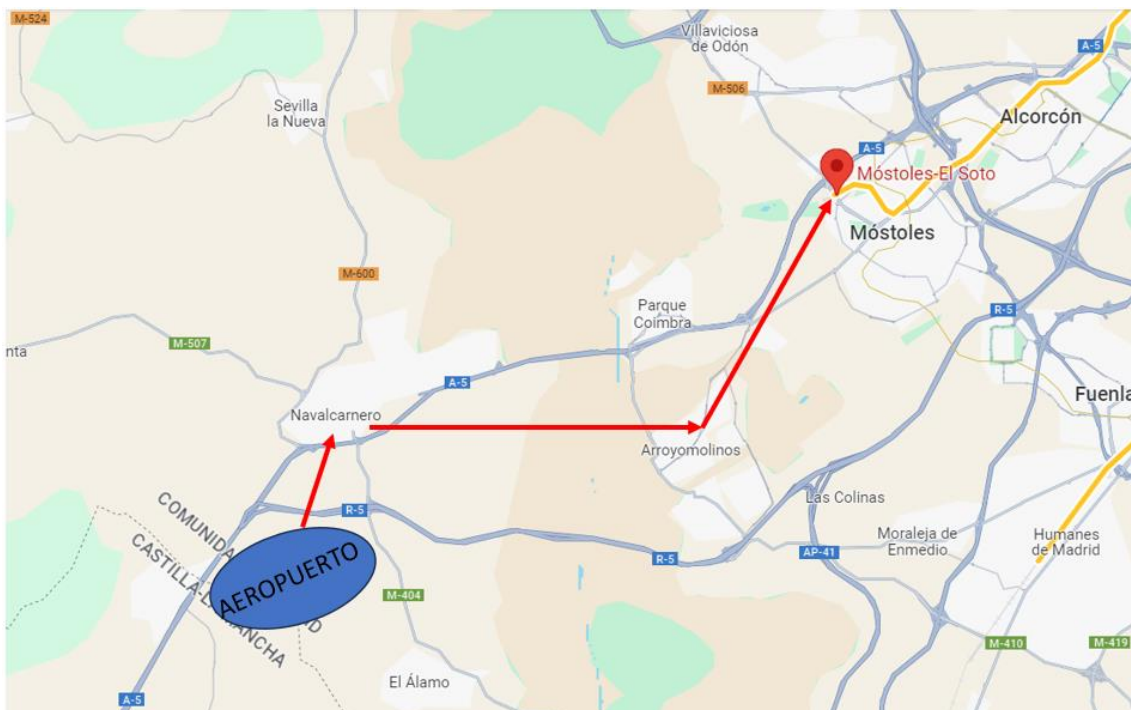


Figura 29 - Mapa de la propuesta de construcción de ferrocarril (fuente: Google Maps)

La construcción sería de en torno a 25 kilómetros de nuevas vías ferroviarias. Se conseguiría por un lado interconectar el aeropuerto con la red ferroviaria madrileña (Renfe y Metro) y por otro lado sería interesante (como se indica en el mapa) hacer pasar las vías por Navalcarnero y Arroyomolinos, consiguiendo así que se encuentren conectados estos pueblos en la red ferroviaria.



## 5. Estudio de navegación aérea e infraestructura aeroportuaria

### 5.1 Reestructuración del TMA de Madrid

#### 5.1.1 Tráfico IFR

Los flujos principales de tráfico IFR, que suelen ser la mayoría de la aviación comercial, tienen como trayectorias principalmente Norte-Sur en zona peninsular. El motivo es puramente geográfico, por un lado, muchos destinos europeos se encuentran al norte y por otro lado, la península se encuentra en medio de dichos destinos europeos con el continente africano. No obstante, atendiendo a la naturaleza de las operaciones que va a servir el nuevo aeropuerto de Casarrubios, puede verse alterado ligeramente dicha tendencia. El motivo es que albergará a muchos tráfico nacionales y conexiones punto a punto de las principales aerolíneas Low-Cost.

En la zona próxima al aeropuerto de Casarrubios existe ya una maraña de aerovías ya establecidas. Por el motivo de la tendencia Norte-Sur se puede observar una tendencia de dichas vías a la verticalidad.

Alrededor de la zona aeroportuaria propuesta, se encuentran varias estaciones VOR-DME bastante interesantes para situar puntos de acceso y salida del aeropuerto. No obstante, hay que compatibilizar su operación, con la propuesta por el actual aeropuerto de Madrid Barajas que ya los utiliza.

A continuación, se identifica las principales vías de llegada y salida, según las aerovías principales actualmente instauradas, en todas las direcciones que son susceptibles de utilizar los tráfico con destino Casarrubios.

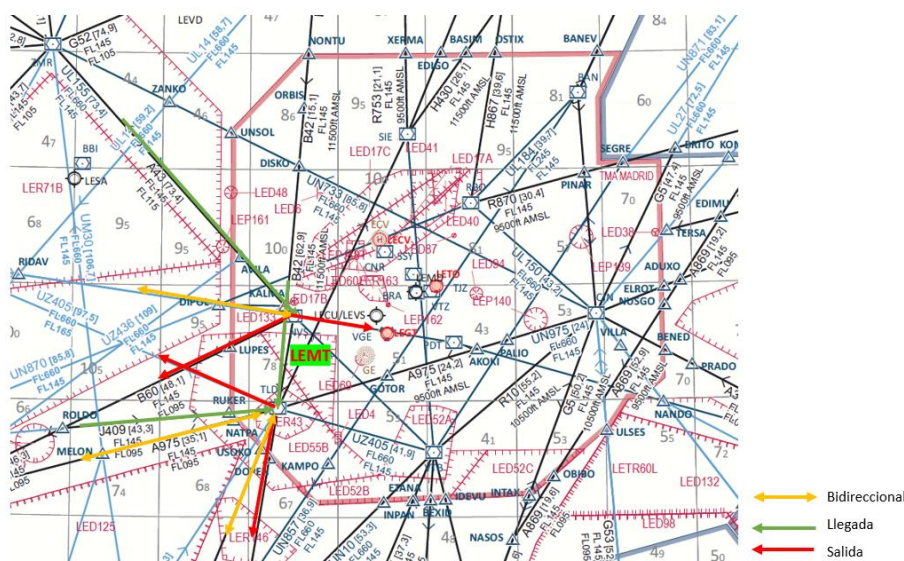


Figura 30 - Identificación de las llegadas y salidas al aeropuerto de Casarrubios (fuente: AIP España)

Las estaciones VOR-DME más adecuadas para diseñar los procedimientos de salida (SID) o de llegada (STAR) son la estación de Toledo (TLD) situada al sur del campo y la estación de Navas (NVS) situada al norte del campo.

Atendiendo a la ubicación del aeropuerto, la MSA (altitud mínima de seguridad en el sector) es de 7800 pies. Por tanto, las cartas de aproximación a la pista deben ser diseñadas para establecer un descenso controlado desde dicha altitud hasta los 2000 pies aproximadamente que es la altitud del campo. Por tanto, hay que diseñar un descenso de 5800 pies de manera aproximada.

### 5.1.2 Tráfico VFR

En este ámbito, el tráfico actual se verá severamente afectado. Quedará reducido prácticamente a corredores visuales a lo largo de todo el TMA de Madrid, como sucede en la zona norte. En dicha zona, el tráfico se encuentra estrangulado por el norte por la orografía montañosa y por el sur por la ciudad de Madrid y la influencia del aeropuerto de Barajas. Este corredor corresponde al camino que une los siguientes puntos: N, W, P1, P2, P3, P4, P5, P6.

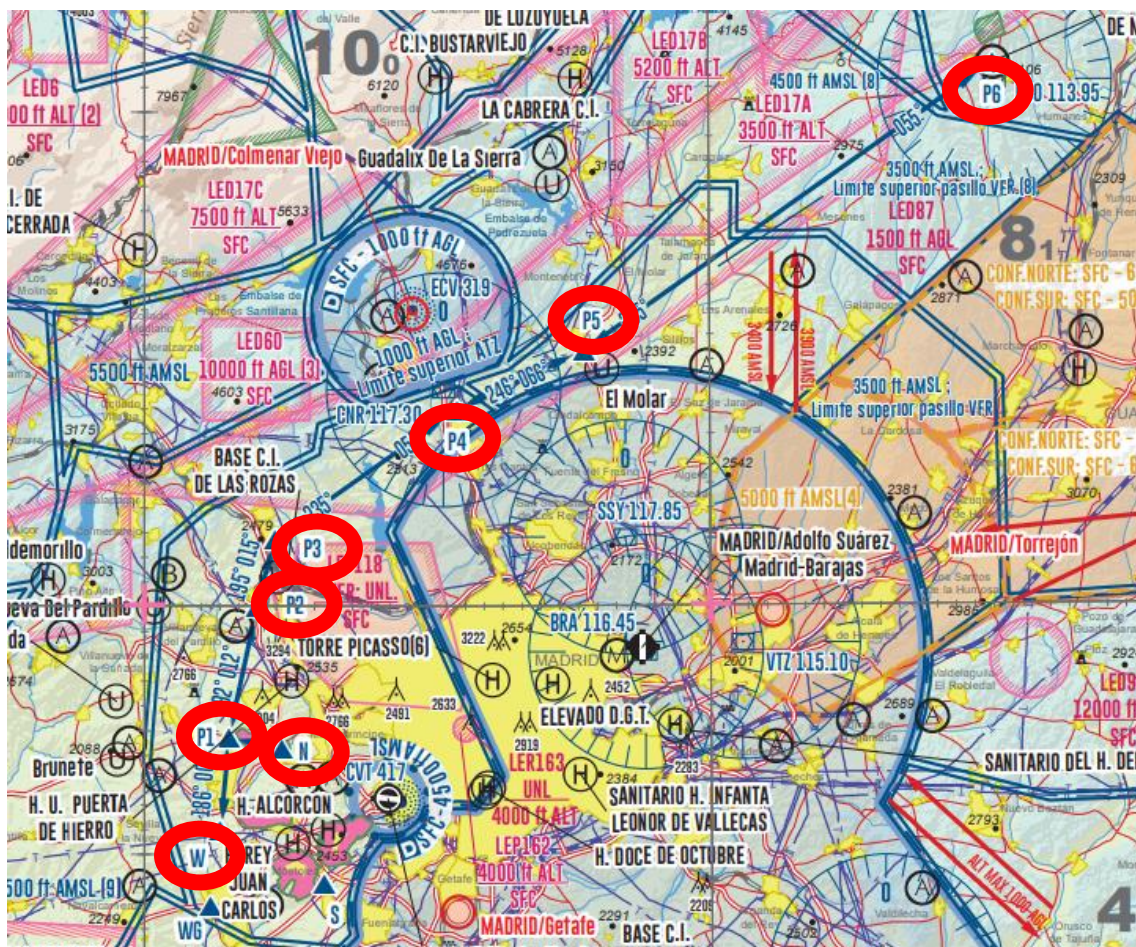


Figura 31 - Corredor visual norte en el TMA de Madrid (fuente: AIP España)



Por el norte del TMA, quedarían los tráficos tal cual se encuentran, ya que no afectarían a los tráficos de la ampliación del aeropuerto de Casarrubios, además, según se encuentran no habría posibilidad de mucha variación.

Por otro lado, en la zona sur se podría establecer un pasillo visual que permita las entrada y salida de los aeródromos de LECU/LEVS (Cuatro Vientos) y de la antigua pista de LEMT (Casarrubios), además de la conexión entre ambos.

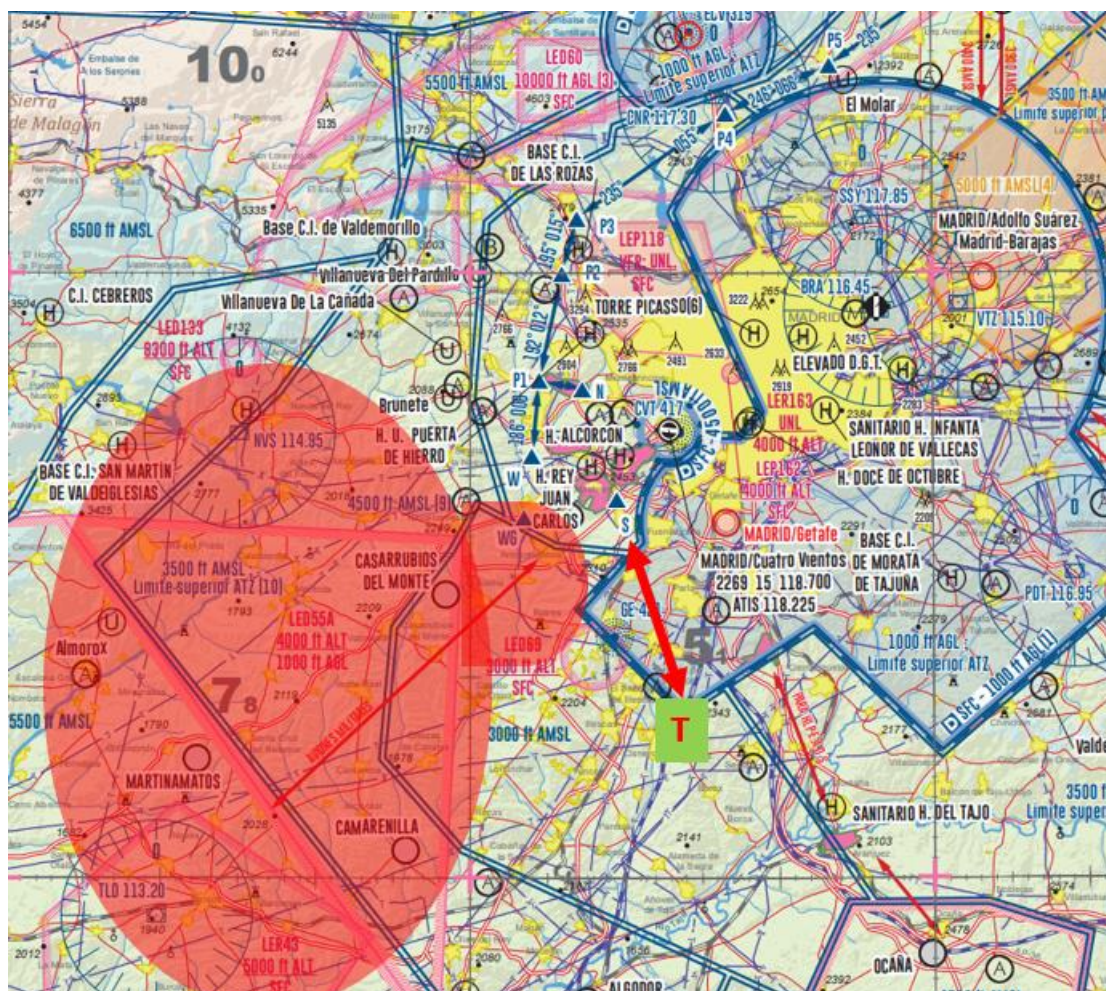


Figura 32 - Pasillos visuales propuesto en el TMA de Madrid (fuente: AIP España)

Se propone en la zona de influencia del nuevo aeropuerto de Casarrubios, un conducto sobre la zona prohibida, para comunicar LECU con el punto T:

- Punto T: Pueblo de Esquivas (identificable por la ilustre carretera que le rodea)

El objetivo es prohibir el vuelo VFR en la zona sombreada en color rojo, para llevar a cabo las aproximaciones con seguridad, repercutiendo lo menor posible en los tráficos de aviación general existentes. Además, desde el punto T se puede acceder a la antigua pista de LEMT, bajo el control de torre del nuevo aeropuerto.

El techo máximo de altitud del pasillo visual entre LECU y el ponto T sería de 3000 pies, que corresponde a los niveles más bajos del TMA de Madrid en las inmediaciones.

Este corredor podría influir en el tráfico del aeródromo de Getafe. A través, de comisiones como CIDEFO interministeriales, se debería comunicar, y según sus escasas operaciones, no se cree que pudiera suponer problema alguno.

Por otro lado, podría entrar en conflicto dicho pasillo con el área declarada como LED69 (zona de peligro). Dicha zona (según se indica en el AIP) está declarada desde la superficie hasta los 3000 pies de altitud de peligro, por ser un volumen de espacio reservado para el entrenamiento de los helicópteros del SAR. Dicha zona se cree que se podría trasladar a la zona noroeste de la Comunidad de Madrid (zona de Villanueva de la Cañada, Villanueva del Pardillo, Embalse de Valmayor...). Esta nueva ubicación se instala en una zona próxima a su base (LECU) y además fuera de conflicto con el pasillo visual y la construcción de la ampliación propuestos.

## 5.2 Definición de la infraestructura aeroportuaria

A continuación, se exponen unas medidas técnicas de diseño, para posteriormente llevar a cabo la implementación de manera correcta la construcción de la infraestructura aeroportuaria. No obstante, se considera que, con 3500 metros de longitud de pista, no es necesario la definición de una zona libre de obstáculos (clearway), ni de una zona de parada (stopway).

De manera técnica se procede a introducir todas las variables de diseño en un software con una interfaz gráfica, para representar la infraestructura en su conjunto de manera técnica. El software empleado es: AutoCAD. Todas las cotas que se representan en las figuras posteriores (del software AutoCAD) están en metros y grados sexagesimales.

### 5.2.1 Terreno disponible

A la hora de llevar a cabo toda la construcción de la infraestructura en el aeropuerto, definimos el área susceptible de ser construida. Se empleará la herramienta de: *Google maps* para definir las distancias.

El área quedará definida por:

- El codo que forman las autopistas A5 y R5.
- El pueblo Calypo Fado.
- La carretera CM-9419.
- Una línea paralela a la antigua pista de Casarrubios, situada al norte de la misma, a una distancia prudencial, respetando las servidumbres aeronáuticas de ambas pistas.
- La carretera M-404.



El perímetro total del área propuesto para la construcción del aeropuerto es de alrededor de 14,31 km. Por otro lado, la superficie propuesta es de 12,38 km<sup>2</sup> o lo que es lo mismo a unas 1.238 hectáreas

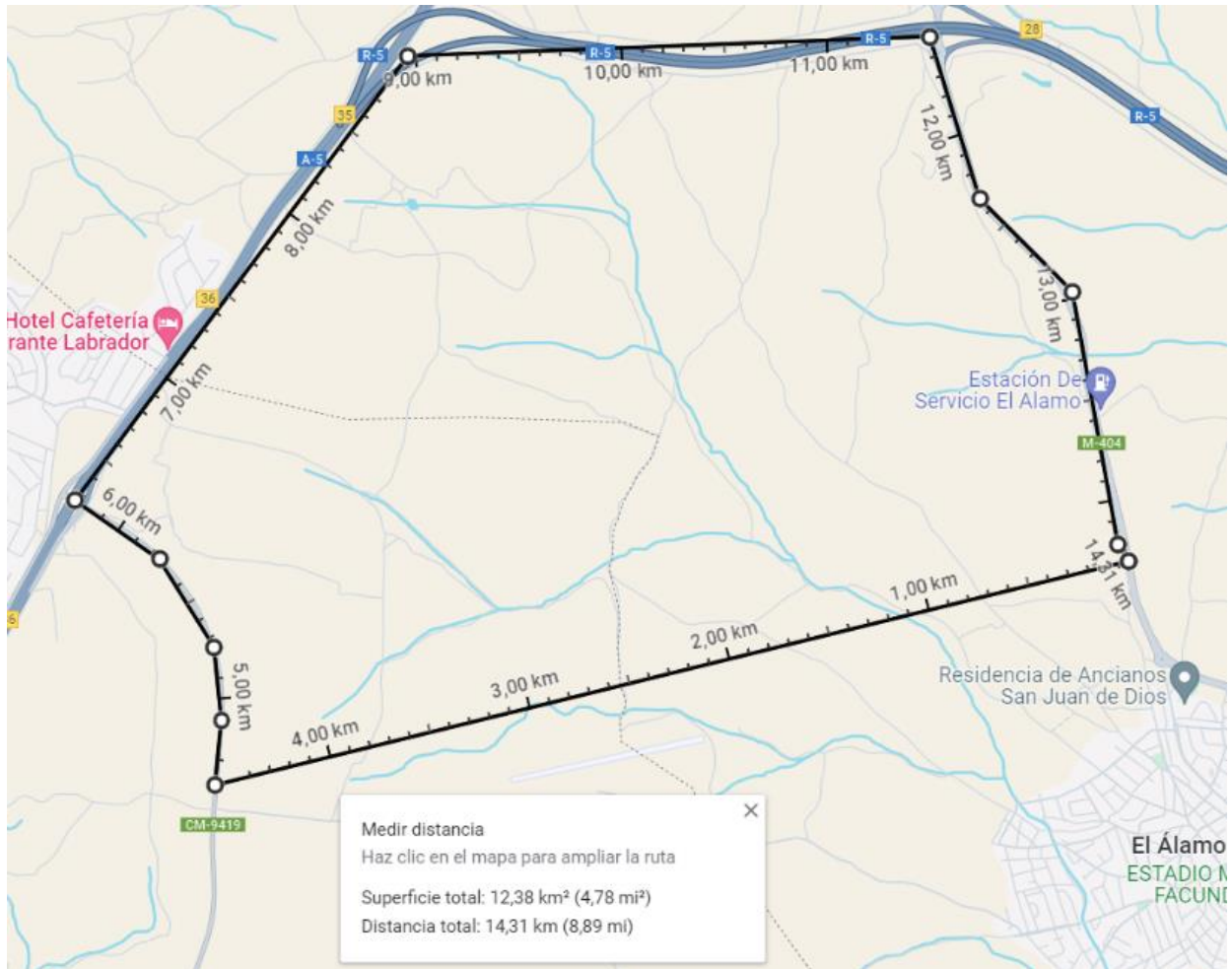


Figura 33 - Delimitación de la superficie construible (fuente: Google Imágenes)

## 5.2.2 Calles de rodaje

Se parte de las dimensiones y orientación de la pista obtenidas anteriormente. Lo siguiente es calcular las dimensiones que debe tener las calles de rodaje. Se recuerda que la aeronave de diseño presenta un código 4C.

Taxiway Width	
Code Letter	
A	7.5m
B	10.5m
C	15 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with a wheel base less than 18 m; otherwise 18 m
D	18 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with an outer main gear span of less than 9 m; otherwise 23 m
E	23m
F	25m

Tabla 14 - Anchura de la calle de rodaje según letra clave (Anexo 14 OACI)

Por lo que el ancho de la calle de rodaje propuesto para esta ampliación es de **15 metros**. Además, ninguna de las aeronaves analizadas tiene un ancho de tren principal superior al establecido.

Además, como la intención del aeropuerto es ser apta para aviones de turbina, se adapta la recomendación de incorporar unas franjas de un ancho de **25 metros**, con el fin de evitar la ingesta de FOD en los motores durante el rodaje.

### 3.10 Márgenes de las calles de rodaje

*Nota.— En el Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157), Parte 2, se proporciona orientación sobre las características y el tratamiento de los márgenes de las calles de rodaje.*

**3.10.1 Recomendación.**— *Los tramos rectilíneos de las calles de rodaje que sirvan a pistas de letra de clave C, D, E o F deberían tener márgenes que se extiendan simétricamente a ambos lados de la calle de rodaje, de modo que la anchura total de la calle de rodaje y sus márgenes en las partes rectilíneas no sea menor de:*

- 60 m cuando la letra de clave sea F;
- 44 m cuando la letra de clave sea E;
- 38 m cuando la letra de clave sea D; y
- 25 m cuando la letra de clave sea C.

*En las curvas, uniones e intersecciones de las calles de rodaje en que se proporcione pavimento adicional, la anchura de los márgenes no debería ser inferior a la correspondiente a los tramos rectilíneos adyacentes de la calle de rodaje.*

**3.10.2 Recomendación.**— *La superficie de los márgenes de las calles de rodaje destinadas a ser utilizadas por aviones equipados con turbinas, debería prepararse de modo que resista a la erosión y no dé lugar a la ingestión de materiales sueltos de la superficie por los motores de los aviones.*

Tabla 15- Márgenes de las calles de rodaje (Anexo 14 OACI)

A la hora de establecer todas las medidas de separación entre las distintas calles de rodaje, o la separación con la propia pista se va a emplear los siguientes valores:

**Tabla 3-1. Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje**

Letra de clave	Distancia entre el eje de una calle de rodaje y el eje de una pista (metros)								Distancia entre el eje de una calle de rodaje que no sea calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (metros)	Distancia entre el eje de una calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y el eje de otra calle de acceso (metros)	Distancia entre el eje de la calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (metros)	
	Pistas de vuelo por instrumentos Número de clave				Pistas de vuelo visual Número de clave							
	1	2	3	4	1	2	3	4				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
A	82,5	82,5	-	-	37,5	47,5	-	-	23	15,5	19,5	12
B	87	87	-	-	42	52	-	-	32	20	28,5	16,5
C	-	-	168	-	-	-	93	-	44	26	40,5	22,5
D	-	-	176	176	-	-	101	101	63	37	59,5	33,5
E	-	-	-	182,5	-	-	-	107,5	76	43,5	72,5	40
F	-	-	-	190	-	-	-	115	91	51	87,5	47,5

*Nota 1.— Las distancias de separación que aparecen en las columnas (2) a (9) representan combinaciones comunes de pistas y calles de rodaje. La base de formulación de dichas distancias aparece en el Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157), Parte 2.*

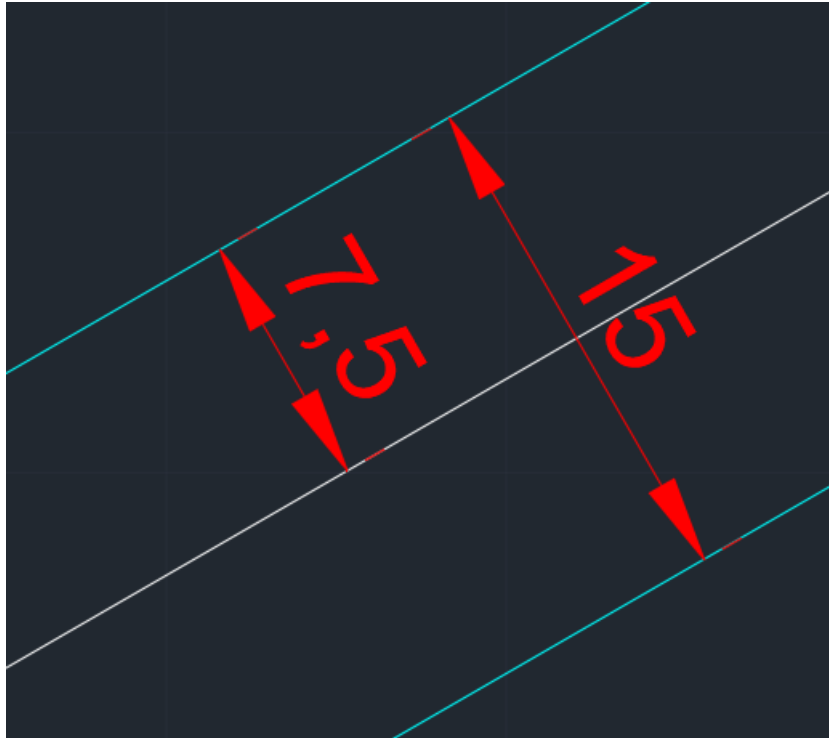
*Nota 2.— Las distancias de las columnas (2) a (9) no garantizan una distancia libre suficiente detrás de un avión en espera para que pase otro avión en una calle de rodaje paralela. Véase el Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157), Parte 2.*

*Tabla 16 - Separaciones mínimas de las calles de rodaje (Anexo 14 OACI)*

De manera práctica, de cara al diseño del aeropuerto, se va a emplear las siguientes magnitudes de separación:

- Separación de ejes entre calle de rodaje y pista: **170 metros.**
- Separación de ejes de calles de rodaje: **45 metros.**
- Separación de ejes de dos calles de rodaje acceso a puesto de estacionamiento: **41 metros.**

En el software se ha representado de la siguiente manera: el eje de las calles y pista de color blanco, en cuanto a los límites de las calles de rodaje se ha representado con un color azul.



*Figura 34 - Calle de rodaje representada en AutoCAD*

### 5.2.3 Calles de salida rápida

Según se indica en el anexo 14 de OACI, Indica que las calles de salida rápida, particularizadas en la ampliación propuesta, deben permitir entrar en ella con una velocidad de 93 km/h y tener un radio de curva mínimo de 550 metros. Posteriormente, se debe establecer una zona recta en la cual la aeronave pueda detenerse antes de llegar a la intersección con cierto margen.

De esta manera, se ha instalado dos calles de salida rápida simétricas, ambas a 2200 metros del umbral de pista, suficiente para decelerar en condiciones normales a la velocidad indicada, las aeronaves a las que se pretende destinar el aeropuerto.

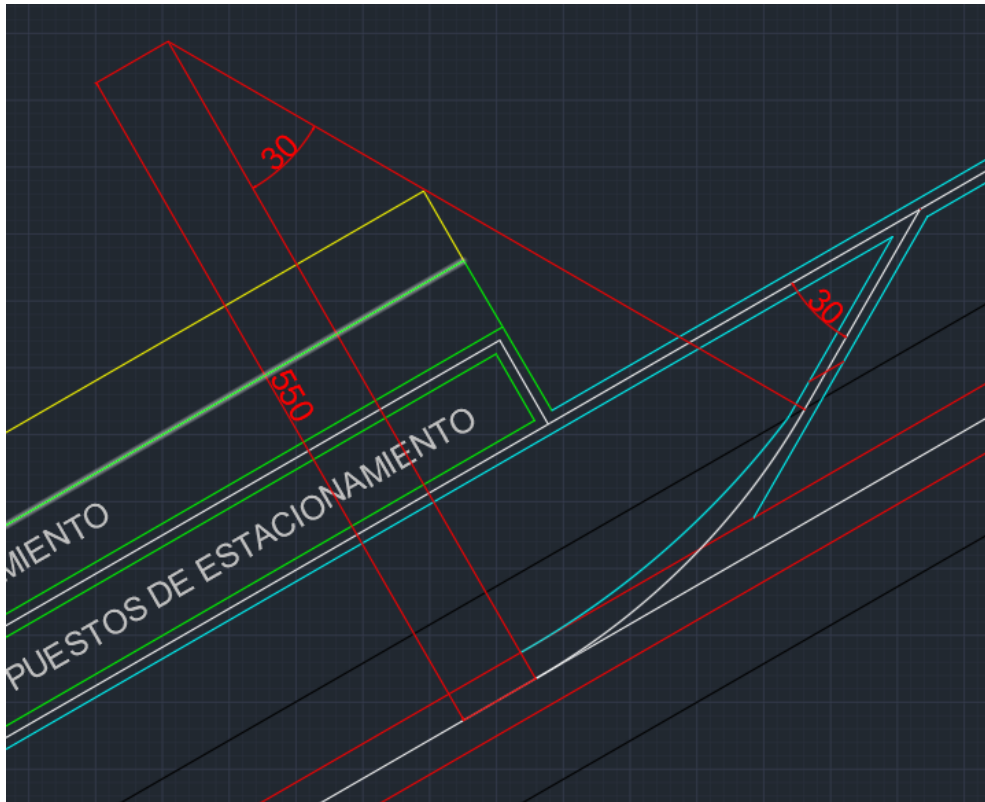


Figura 35 - Calle de salida rápida norte representada en AutoCAD

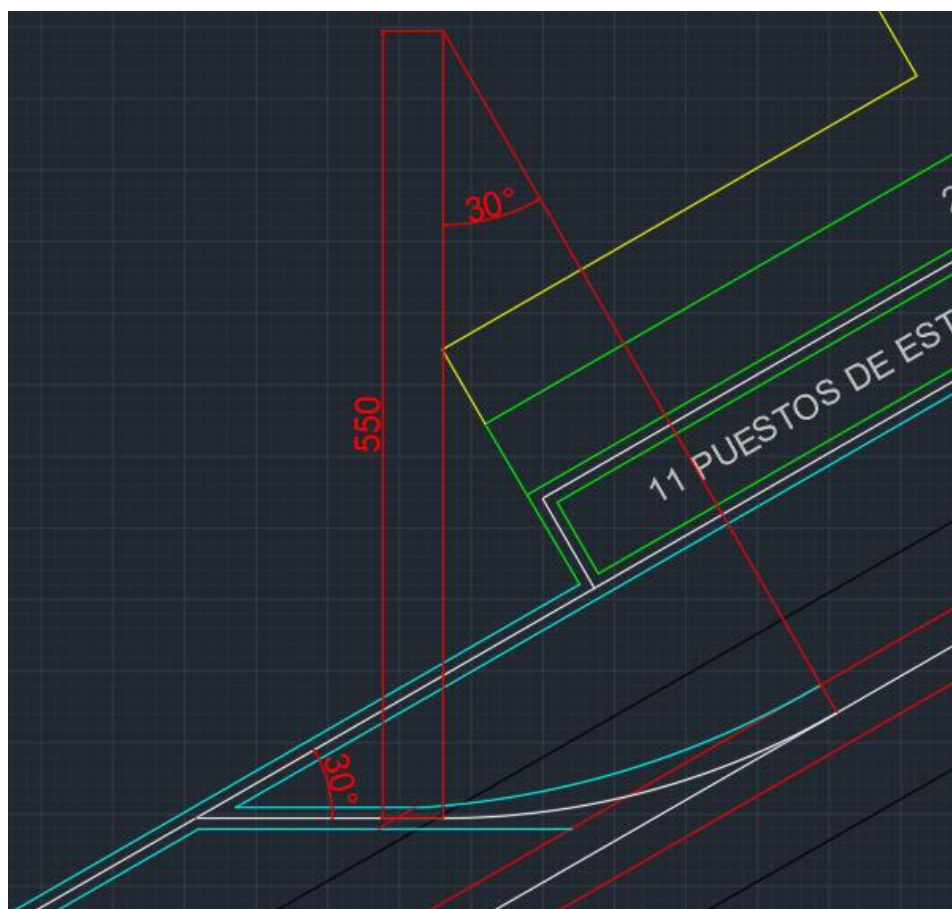


Figura 36 - Calle de salida rápida sur representada en AutoCAD

## 5.2.4 Franjas de pista de aterrizaje o despegue

Por un lado, se va a calcular la clave de aeródromo en referente a la pista antigua de LEMT, el objetivo es respetar la servidumbre contemplada para mantener su operación.

La pista antigua de LEMT tiene las siguientes características:

- Longitud: 950 metros.
- Anchura: 26 metros.

Con estos valores, por un lado, según la tabla 10, tendría un número de clave: 2. Por otro lado, atendiendo a la tabla 12, una letra clave: B.

El anexo 14 de OACI establece la franja longitudinal y lateralmente, formando un rectángulo que alberga a la pista en su interior. Debido a que no se propone ningún desplazamiento de los umbrales de pista, y se va a proponer utilizar ambas pistas, la pista quedará centrada en su franja.

Se determina que la longitud de la franja comprenderá desde el umbral de la pista hasta el extremo de la otra pista más una distancia determinada. En el caso del número clave 2 y 4 son 60 metros.

Para la longitud lateral es diferente en los dos casos, a continuación, se define su extensión lateral.

- En la nueva pista, al tener número de clave 4 y ser instrumental y de precisión debe tener 75 metros.
- En la pista antigua al ser visual, no se obliga a que se tenga lateralmente, pero se recomienda que sea de 40 metros.

Se situarán las franjas y se comprobarán que no interfieren entre sí.



Figura 37 - Pista y franja acotadas en AutoCAD de la pista nueva



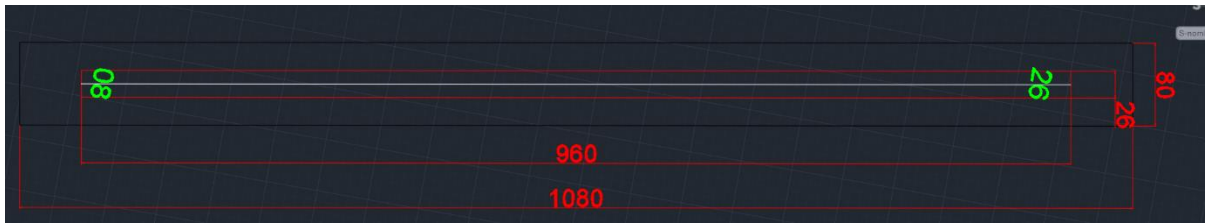


Figura 38 - Pista y franja acotadas en AutoCAD de la pista antigua

### 5.2.5 Área de protección de extremo de pista (RESA)

Se obliga a establecer una RESA en la nueva pista de LEMT, ya que tiene clave numérica 4. Esta área debe prolongarse longitudinalmente a partir del extremo de la franja 90 metros y debe tener al menos el doble de anchura que la pista, en este caso será también de 90 metros también.

De la pista antigua de Casarrubios no se contempla definir RESA.

A continuación, se representa la RESA norte, la sur es idéntica dispuesta de manera simétrica.

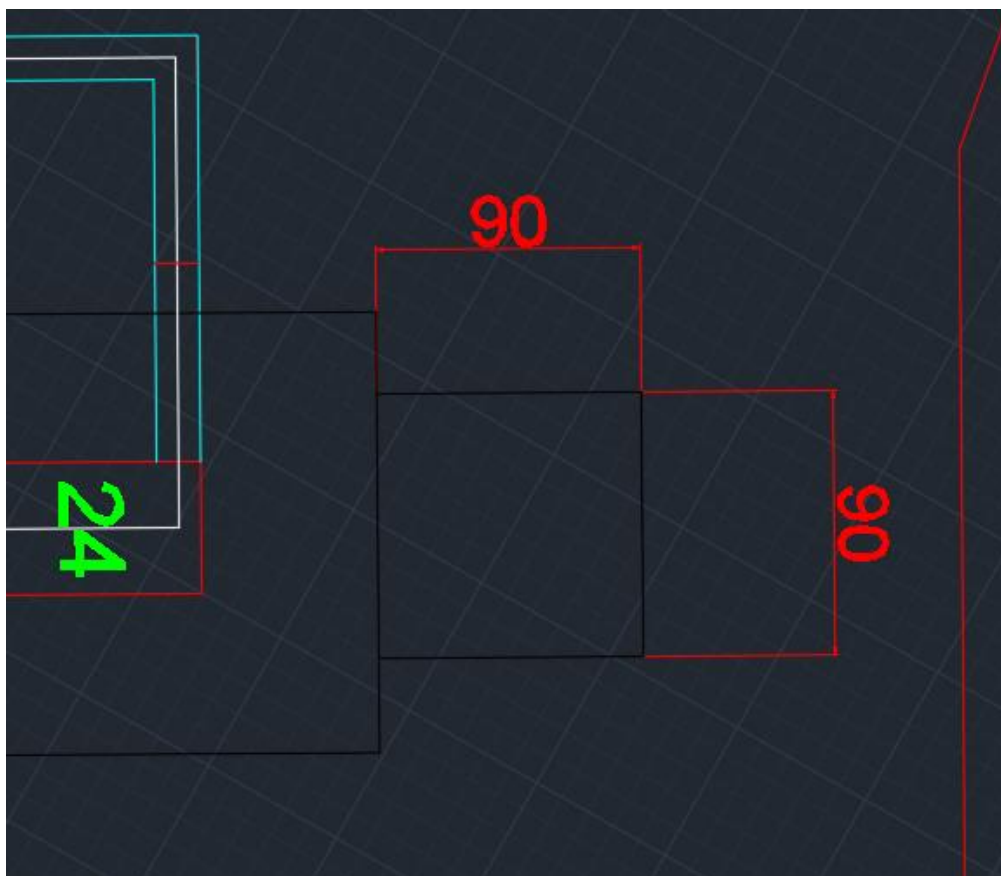


Figura 39 - RESA norte en AutoCAD

## 5.2.6 Dimensionamiento de la plataforma

Como se indica anteriormente, en el año 2033 (a diez años vista) se estima que haya unas 130.000 operaciones anuales. Este dato daría lugar a unas 360 operaciones diarias de media. No obstante, en los meses de verano suele haber en torno al 20% más de operaciones, por lo que se aplica dicho margen, dando lugar a 430 operaciones diarias con el margen.

Se pretende ofrecer estacionamiento a por lo menos el 10% de las aeronaves que vayan a operar en una situación pico. Esto da lugar a la necesidad de establecer unos 46 puestos de estacionamiento.

El puesto de estacionamiento que se establece es como se representa a continuación. De manera práctica se va a simplificar como un rectángulo, para dimensionar la plataforma.

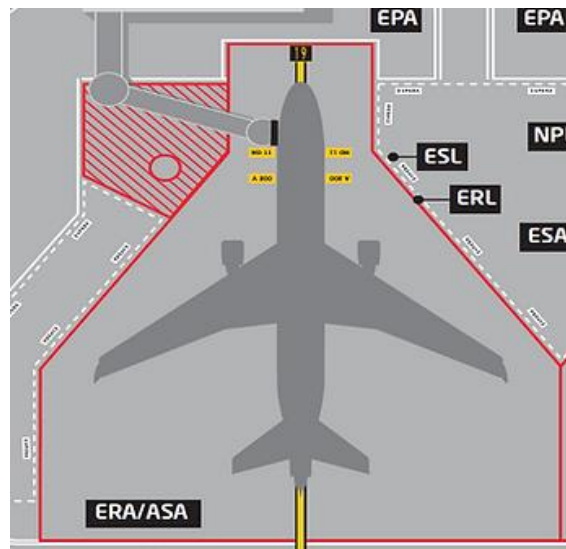


Figura 40 - Puesto de estacionamiento de aeronaves (fuente Google Imágenes)

Según el capítulo 6 (Geometría del Área de Movimientos) de la guía de la asignatura Aeropuertos de la UPM-ETSIAE, se establece una catalogación de dimensiones del puesto dependiendo del tipo de aeronave. Atendiendo a la aeronave de diseño escogida, se opta por el tipo V. Por lo que se establecen unas medidas del rectángulo de: 44 x 55 metros.

Los 46 rectángulos van a establecer en dos filas paralelas, estas filas establecerán un rectángulo mínimo de 1.012 x 110 metros, no obstante, a la hora de diseñar en detalle la misma, se podría necesitar instalar ciertos elementos entre puestos por lo que se aumenta el largo de la plataforma un 5%, además se van a instalar tres accesos a la plataforma, desde las calles de rodaje, por lo que aumenta la longitud en 45 metros. Por otro lado, se va a establecer una vía de rodaje entre las dos filas de estacionamiento, aumentando el valor en 15 metros de ancho.

Por tanto, las dimensiones propuestas para la plataforma son de 1115 x 130 metros (redondeando al alza).



Se representa a continuación, en amarillo la terminal y en verde la plataforma, con la distribución de puestos de estacionamiento correspondientes.



Figura 41 - Terminal y plataforma en AutoCAD

### 5.2.7 Instalación de ILS (Sistema de Aterrizaje Instrumental)

Para el correcto funcionamiento del sistema radioaltímetro se necesita un área de 300 metros de longitud desde el umbral (en este caso, el extremo de pista) y 60 metros de ancho, sin ciertos obstáculos ni variaciones bruscas de pendiente. A ambos lados de la pista propuesta para construir, se observa que las zonas colindantes, presentan una adecuación correcta a estas exigencias.

No obstante, la instalación del ILS se propone únicamente para la pista 24. Los motivos son varios:

- Coste es elevado de la instalación y mantenimiento del sistema.
- La pista predominante, debido a la dirección del viento predominante, se estima que es la 24.
- Las condiciones de visibilidad y nubosidad en la zona suelen ser adecuadas, para poder realizar aproximaciones visuales o en su defecto instrumental a la pista 24 y posteriormente un *circling* a la pista 05.
- Disponibilidad de aeropuertos alternativos relativamente cerca y con disponibilidad de realizar aproximaciones de precisión, con diferentes configuraciones de pistas.

Dentro de la gama de categorías de ILS disponibles, se cree que lo más razonable sería instalar una categoría I. En Madrid suele haber buena meteorológica, satisfaciendo los mínimos necesarios para operar en la pista propuesta a construir (200 pies de techo de nieves y 550 metros de visibilidad horizontal).

Se indica por OACI que al permitirse aproximaciones de precisión categoría 1, y clasificarse con un número clave de 4, los puntos de espera se situarán a 90 metros del eje de pista.

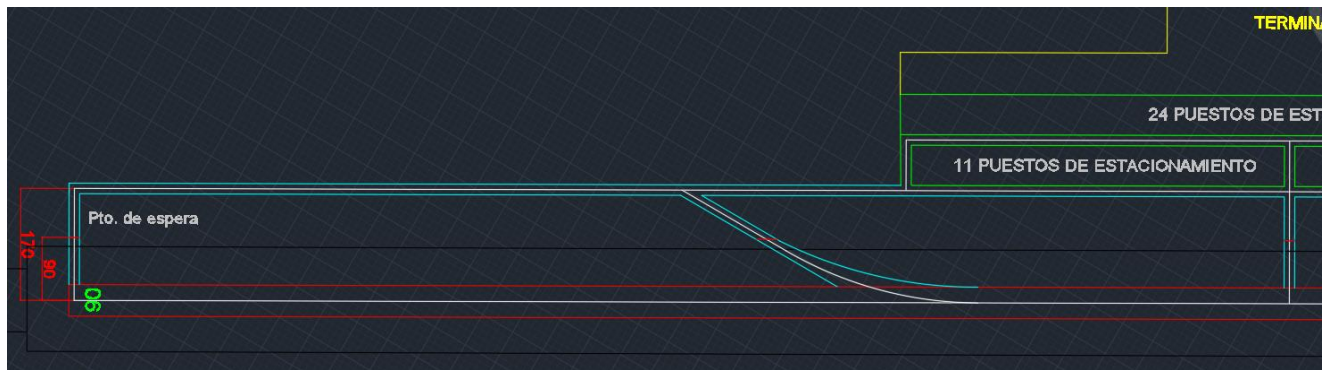


Figura 42 - Puntos de espera de entra a pista en AutoCAD

### 5.3 Representación gráfica de la infraestructura aeroportuaria propuesta

En la figura posterior se representa en su conjunto la infraestructura aeroportuaria diseñada y propuesta para llevar a cabo la ampliación del aeropuerto de Casarrubios.

Se puede observar, que el objeto del diseño ha sido el lado aire junto con una geometría aproximada de la terminal. Respecto a la infraestructura civil, existe multitud de espacios para la instalación de carreteras, párquines, edificios...

No obstante, el espacio que queda al norte se podría utilizar a futuro para llevar a cabo una segunda ampliación (zona sombreada en gris), ya que existe espacio suficiente para la construcción de otra pista paralela, de manera similar como puede encontrarse en aeropuertos como el de Palma de Mallorca (LEPA). Esta manera de configurar los aeropuertos (con dos pistas paralelas) es la manera más eficiente como regla general para aumentar la capacidad de éstos.

Por otro lado, cabría analizar si fuera posible construir la pista a 1035 metros de distancia de un eje a otro de ambas pistas. A priori podría ser posible, pero a lo mejor habría que desviar parte de las carreteras norte o soterrarlas.

Por todo ello, la infraestructura civil, sería interesante que evitara la zona sombreada y se alojase principalmente en los laterales de la terminal. En un futuro rutas (por ferrocarril o carretera) que pasasen por la pista norte, podría ser interesante soterrarlas.

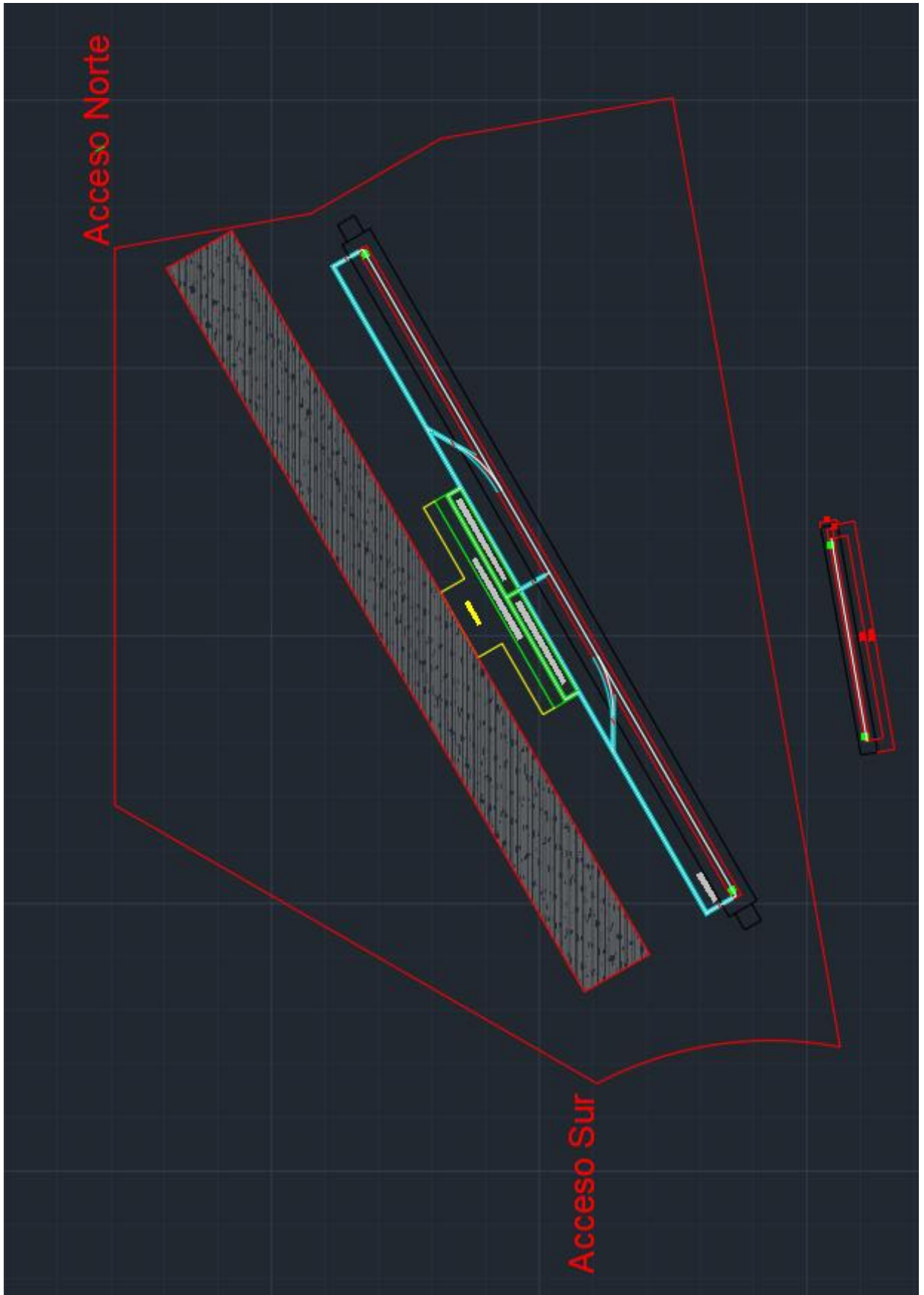


Figura 43 - Planta de la infraestructura aeroportuaria propuesta en AutoCAD

## 6. Análisis económico de la ampliación

### 6.1 Ingresos previstos

#### 6.1.1 Ingresos por actividad aeronáutica

Para calcular los beneficios debidos a actividad aeronáutica, se va a emplear de guía los valores establecidos de tasas aeroportuarias por Aena Aeropuertos. Esto se llevará acabo estimando los ingresos por vuelos comerciales, dejando al margen los ingresos actuales por tráficos de escuela, de la antigua pista de Casarrubios.

En concreto, se va a establecer que el nuevo aeropuerto de Casarrubios adquiera los valores de tasas del aeropuerto de Alicante, algo más baratas que las del aeropuerto Madrid Barajas. Esto es debido a que se pretende atraer a compañías low-cost, compañías de vuelos nacionales o de vuelos de corta/media distancia.

Las tasas aeroportuarias que se estiman son las que se detallan a continuación.

##### 6.1.1.1 Tasa por aterrizaje

Este valor se fija dependiendo del MTOW (peso máximo al despegue) de cada aeronave. De manera práctica, a modo de estimación se va a llevar a cabo una ponderación del MTOW de las aeronaves susceptibles de emplear las instalaciones de Casarrubios.

Aeronave	MTOW (Tn)
ATR72	23
CRJ1000	41
A320	78
B737	79

*Tabla 17 - MTOW de aeronaves susceptibles de operar en LEMT*

A modo de aproximación se estima que el 80% de las operaciones van a ser llevadas por aeronaves del tipo A320 y B737 y el otro 20% por el resto. Esto da lugar a un MTOW ponderado de 70 toneladas aproximadamente.

Se establece que el coste por tonelada de MTOW de cada aeronave. Se considera en este caso que el precio por operación es de 6,571776 €/Tonelada (Tn) o una cuantía mínima de 89,34€. Por tanto, atendiendo a MTOW ponderado, se deduce una tasa media de 460 € por aterrizaje.

El número de aterrizajes se calculará como la mitad de las operaciones.

	Operaciones en Casarrubios	Total de tasas por aterrizaje (M€)
2033	131.190	30,17
2032	112.736	25,93
2031	95.535	21,97
2030	79.467	18,28
2029	64.428	14,82
2028	52.248	12,02
2027	38.407	8,83
2026	26.444	6,08
2025	13.767	3,17
2024	1.920	0,44
2023	-	-

*Tabla 18 - Total de tasas por operación anualmente*

Se puede concluir que lo recaudado en diez años por tasa de aterrizaje asciende a un valor de **141,71 M€**.

#### **6.1.1.2 Tasa a pasajeros, PMRs y seguridad**

Se determina que la tasa por pasajero, para tener disponibles instalaciones adecuadas en la zona restringida a los pasajeros, se debe abonar una tasa de 5,63 € por pasajero de salida. Se considera que los pasajeros de salida son la mitad a los totales.

Por otro lado, para tener disponible los dispositivos de seguridad necesarios, se establece una tasa de 3,22 € por pasajero.

Por último, se desprecia en esta estimación los servicios de PMR que serían de 0,67 por pasajero con movilidad reducida.

Se deduce que la tasa total media por pasajero asciende a 6,035 €.

	Millones de pasajeros en Casarrubios	Total de tasas por pasajero (M€)
2033	17,80	107,42
2032	15,42	93,06
2031	13,17	79,48
2030	11,04	66,63
2029	9,02	54,44
2028	7,10	42,85
2027	5,27	31,80
2026	3,53	21,30
2025	1,86	11,23
2024	0,26	1,57
2023	-	-

Tabla 19 - Total de tasas por pasajero anualmente

Se puede afirmar, visto los datos anteriores, que las tasas recaudadas totales a diez años por pasajero ascienden a **509,78 M€**.

### 6.1.1.3 Tasas por estacionamiento de aeronaves

Las tasas por estacionamiento de aeronaves en el aeropuerto se determinen mediante la siguiente fórmula matemática:

$$E = e * Tm * Ft$$

E: Prestación total a pagar por el servicio.

e: coeficiente unitario, en este caso, es de 0,128822

Tm: MTOW de la aeronave en toneladas.

Ft: tiempo de estacionamiento expresado en periodos de 15 minutos o fracción.

Para establecer el tiempo, se va a llevar a cabo la siguiente suposición:

Se han establecido 46 puestos de estacionamiento, y se prevén unas 360 operaciones diarias de media. Por tanto, repartiendo equidistantemente el tiempo entre cada una de las operaciones daría un valor de unas 3,4 horas disponibles diariamente por operación.

No obstante, atendiendo a la naturaleza de los vuelos que se pretende dar servicio (low-cost, europeos y nacionales) y que las operaciones engloban tanto despegues como aterrizajes, se considera que de media la ocupación se reduce en un 40%.

Todo ello da un valor de 2 horas de ocupación. Lo que es lo mismo aplicando la fórmula anterior a un valor de 36 € por operación.

	Operaciones en Casarrubios	Total de tasas por operación de estacionamiento (M€)
2033	131.190	4,72
2032	112.736	4,06
2031	95.535	3,44
2030	79.467	2,86
2029	64.428	2,32
2028	52.248	1,88
2027	38.407	1,38
2026	26.444	0,95
2025	13.767	0,50
2024	1.920	0,07
2023	-	-

Tabla 20 - Total de tasas por estacionamiento anualmente

El total recaudado por el uso de los puestos de estacionamiento a diez años es de **22,18 M€**.

#### 6.1.1.4 Tasa por uso de las pasarelas telescópicas

El coste por el uso de pasarelas telescópicas se determina nuevamente con otra fórmula, siendo ésta la siguiente:

$$P = (p1 + p2 * Tm) * Ft$$

P: Prestación total a pagar por el servicio.

p1: cuantía un por tiempo de estancia en pasarela, en este caso es un valor de 19,469784.

p2: cuantía por peso de la aeronave y tiempo de estancia en pasarela, tiene un valor de 0.

Tm: MTOW de la aeronave en toneladas.

Ft: tiempo de estacionamiento expresado en periodos de 15 minutos o fracción.

De los 46 puestos de estacionamiento disponibles, son susceptibles de emplear pasarela 24, ya que son los que tienen proximidad con la terminal de pasajeros y hace posible su instalación. Se mantiene el tiempo de 2 horas por operación, pero se reduce a un 52% debido a los puestos de estacionamiento susceptibles de ser habilitados con pasarela.

	Operaciones en Casarrubios	Total de tasas por operación y uso de pasarela (M€)
2033	131.190	5,31
2032	112.736	4,57
2031	95.535	3,87
2030	79.467	3,22
2029	64.428	2,61
2028	52.248	2,12
2027	38.407	1,56
2026	26.444	1,07
2025	13.767	0,56
2024	1.920	0,08
2023	-	-

Tabla 21 - Total de tasas por uso de la pasarela anualmente

Se deduce que el total recaudado a diez años por el uso de las pasarelas telescópicas es de **24,97 M€**.

#### 6.1.1.5 Tasa por uso de combustibles y lubricantes

Por un lado, se va a despreciar, para la valoración del presente proyecto aproximativo, las tasas por los servicios de suministro de lubricantes.

Por otro lado, para estimar el valor de la tasa recaudada media por operación, se vuelve a recuperar la aeronave de diseño (A320) que va a ser la que más frecuente opere junto con el B737, cuyos valores son muy similares. Se estima lo siguiente:

- Consumo de queroseno medio del A320: 450kg/hora
- Densidad del queroseno: 0,8 kg/litro
- Distancia media de los vuelos de corto/medio radio estimados: 1800km
- Velocidad media de crucero del A320: 890km/h

Todo ello da un valor:

- Tiempo medio de vuelo: 2 horas
- Consumo medio de queroseno por operación: 900kg
- Litros medios de queroseno por operación: 720 litros

El coste fijado por el servicio del queroseno por litro es de 0,003587 €.

Por lo que se estima que por operación aproximadamente se recaude 2,5 € por operación.



	Operaciones en Casarrubios	Total de tasas por operación en servicios de repostaje (M€)
2033	131.190	0,33
2032	112.736	0,28
2031	95.535	0,24
2030	79.467	0,20
2029	64.428	0,16
2028	52.248	0,13
2027	38.407	0,10
2026	26.444	0,07
2025	13.767	0,03
2024	1.920	0,01
2023	-	-

Tabla 22 - Total de tasas por los servicios de repostaje anualmente

Se suma un total de **1,55M€** en diez años.

#### 6.1.1.6 Tasa por los servicios de asistencia en tierra

En esta tasa se encuentran dos tipos, por un lado, se encuentra la asistencia a la propia aeronave. Por otro lado, se encuentra la asistencia a los pasajeros.

En cuanto a la asistencia a las aeronaves, se dividen los servicios en lo siguiente:

- Asistencia de equipajes: 67,18 €/aeronave
- Asistencia a las operaciones en pista: 21,34 €/aeronave
- Asistencia de limpieza y servicio de la aeronave: 11,72 €/aeronave
- Asistencia de limpieza de la nieve, el hielo y la escarcha de la aeronave: 3,17 €/aeronave (sólo aeronaves de salida) 1,585
- Asistencia de mantenimiento en línea: 3,17 €/aeronave
- Asistencia de mayordomía (catering): 17,85 €/aeronave (sólo aeronaves de salida) 8,925

Como anteriormente, se considera que el número de aterrizajes o despegues es aproximadamente el 50% de las operaciones. Por tanto, se puede establecer un valor medio por operación de 113,92 €.

	Operaciones en Casarrubios	Total de tasas por asistencia en tierra a aeronaves (M€)
2033	131.190	14,95
2032	112.736	12,84
2031	95.535	10,88
2030	79.467	9,05
2029	64.428	7,34
2028	52.248	5,95
2027	38.407	4,38
2026	26.444	3,01
2025	13.767	1,57
2024	1.920	0,22
2023	-	-

Tabla 23 - Total de tasas por asistencia en tierra a aeronaves

En cuanto a asistencia al pasajero, se establece un valor de 0,0467 €/pasajero de salida. Los pasajeros de salida se tomarán como el 50% de los pasajeros totales.

	Millones de pasajeros en Casarrubios	Total de tasas por asistencia en tierra a pasajeros de salida (M€)
2033	17,80	0,42
2032	15,42	0,36
2031	13,17	0,31
2030	11,04	0,26
2029	9,02	0,21
2028	7,10	0,17
2027	5,27	0,12
2026	3,53	0,08
2025	1,86	0,04
2024	0,26	0,01
2023	-	-

Tabla 24 - Total de tasas por asistencia en tierra a pasajeros de salida

En total, se prevé recaudar en cuanto a tasas de asistencia un total de **72,17 M€**.

### 6.1.1.7 Tasa por los servicios de meteorología

Se fija una tasa de 0,172868 €/tonelada de aeronave que realice una llegada al aeropuerto, por facilitarte el servicio meteorológico.

	Operaciones en Casarrubios	Total de tasas por servicios meteorológicos (M€)
2033	131.190	0,79
2032	112.736	0,68
2031	95.535	0,58
2030	79.467	0,48
2029	64.428	0,39
2028	52.248	0,32
2027	38.407	0,23
2026	26.444	0,16
2025	13.767	0,08
2024	1.920	0,01
2023	-	-

Tabla 25 - Total de tasas por los servicios meteorológicos

Se concluye con un valor total por estos servicios de **3,72 M€**.

### 6.1.1.8 Total previsto a recaudar a diez años por tasas aeronáuticas

A continuación, se representa la distribución media a diez años de las tasas previstas en el ámbito aeronáutico, en el aeropuerto de Casarrubios.

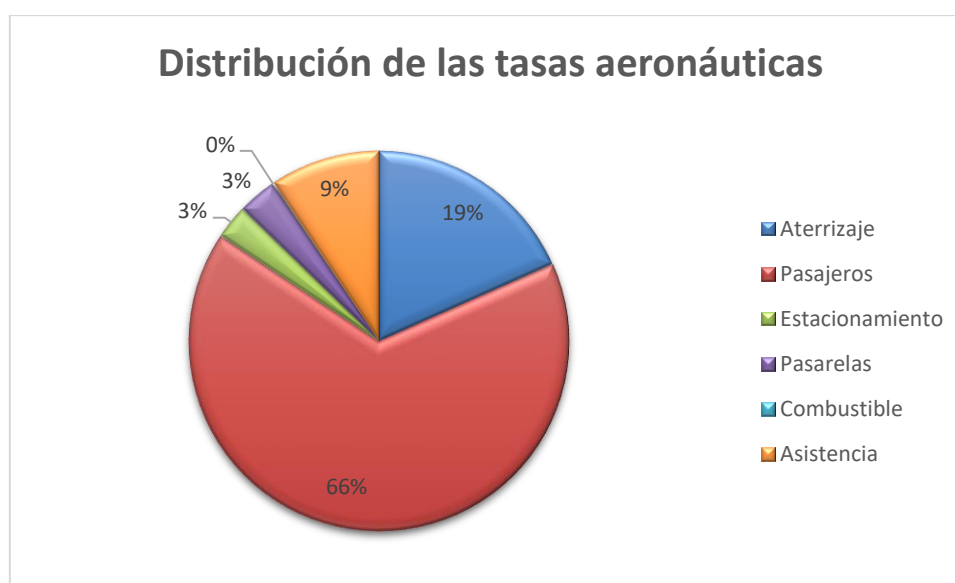


Figura 44 - Distribución de tasas aeronáuticas medias en LEMT

El total de los ingresos previsto en diez años es de **772,32 M€** por las tasas aeronáuticas.

### 6.1.2 Otros ingresos y valor total

Según datos históricos de las estadísticas realizadas por AENA se establece que las distribuciones de los ingresos en los aeropuertos presentan los siguientes porcentajes:

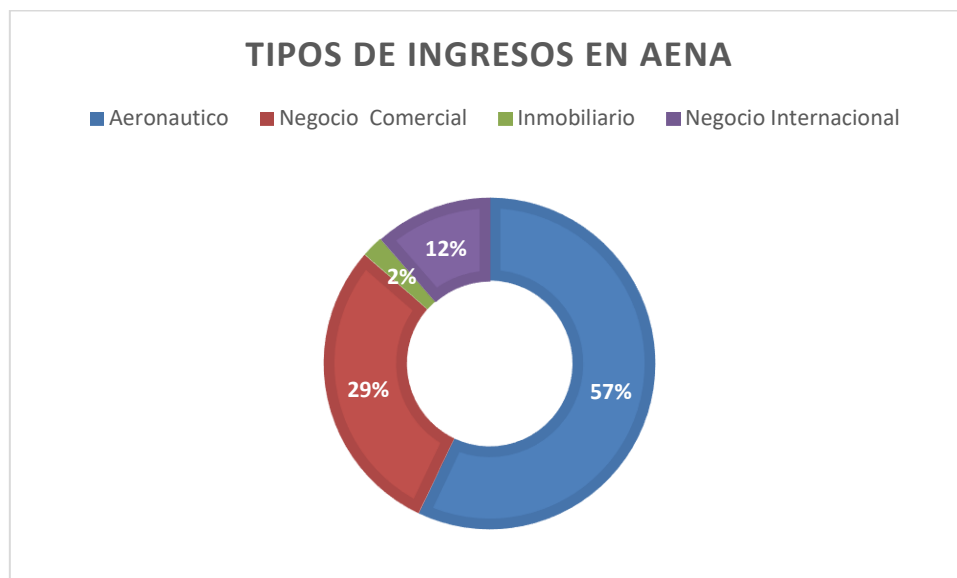


Figura 45 - Distribución de los ingresos en AENA

Con los porcentajes anteriores, y el valor de los ingresos mediante actividad aeronáutica, se va a extrapolar los ingresos parciales (de cada rama de actividad) y totales previstos en el aeropuerto de Casarrubios.

No obstante, los ingresos internacionales no son objeto de estudio. Esto es debido a que estos ingresos se refieren a los generados por proporcionar servicios como: construcción, operación diseño, gestión... de infraestructura aeroportuaria fuera de territorio nacional. Por lo que estos ingresos no guardan relación con el futuro aeropuerto de Casarrubios.

	Aeronáutico	Negocio Comercial	Inmobiliario
Porcentaje [%]	60,88	33,17	5,95
Ingresos [M€]	776,08	422,84	75,85

Tabla 26 - Ingresos previstos en 10 años en el aeropuerto de Casarrubios

El total de los ingresos, sumando todas las actividades da un total de **1274,77** millones de euros en diez años.

## 6.2 Costes previstos

Se va a discernir los distintos costes que se van a generar tanto en la construcción inicial de la infraestructura aeroportuaria, como de posteriormente su explotación y mantenimiento. Cabe destacar que en todos los costes posteriormente definidos tienen englobados los servicios de ingeniería y planeamiento.

### 6.2.1 Costes iniciales de construcción

#### 6.2.1.1 Coste del terreno

Según una media estadística a través de diferentes agencias inmobiliarias de Castilla la Mancha, se establece un coste medio de 80.750 € la hectárea edificable de terreno. Por tanto, para alcanzar la cifra de 1200 hectáreas, el coste asciende a **96,9 M€**.

#### 6.2.1.2 Coste de infraestructura civil.

Se estima que la superficie edificable necesaria para la operación del nuevo aeropuerto es de alrededor de 500.000 metros cuadrados. Esto comprendería, oficinas, mostradores, salas de esperas, establecimientos comerciales, SEI...

Por otro lado, el asfaltado necesario de párquines, vías de acceso..., se estima que sería una magnitud de 130 hectáreas.

Según estadísticas sobre constructoras actuales, el coste por metro cuadrado se elevaría a 1000 euros más un 10% por el material mobiliario. Esto daría lugar a un total de 550 M€. El coste por metro cuadrado asfaltado es de aproximadamente 8€ el metro cuadrado. Esto da lugar a un total de 10,4 M€ por el resto.

Por lo que el total ascendería a **560,4 M€**.

#### 6.2.1.3 Coste de la infraestructura aeronáutica

La infraestructura aeronáutica se va a dividir en tres partidas: calles de rodaje, plataforma, franjas, RESA y pista; torre de control y; sistemas aeronáuticos.

- Calles de rodaje, plataforma y pista

El precio medio de nivelación, saneamiento y pavimentación siguiendo las especificaciones aeronáuticas correspondientes, es el que se ve a continuación:

	Superficie [m2]	Coste unitario [€/m2]	Coste [M€]
Calles de rodaje	66.825	90,15	6,02
Plataforma	144.950	90,15	13,07
Pista	157.500	110,25	17,36
Franja y RESA	393.600	10,00	3,94

Tabla 27 - Coste de calles de rodaje, plataforma y pista

Todo ello hace un total de 40,39 M€.

- Torre de control

Según el medio *CincoDías* en el apartado de *empresas y finanzas*, estima que el coste medio por cada metro de altura es de un millón de euros.

Si se tiene en cuenta estadísticas de diferentes aeropuertos, para tener alcance visual prácticamente a toda el área de movimientos desde el fanal, se necesita una torre con 40 metros de altura.

Atendiendo a las dos premisas anteriores, se establece un coste, por la instalación de la torre de 40M€.

- Sistemas aeronáuticos

Para el funcionamiento del aeropuerto se debe establecer una serie de sistemas específicos, distintos a los que podría existir en cualquier otra construcción civil, que permiten el funcionamiento del aeropuerto como:

- Luces de borde y ejes tanto de la pista como de las calles de rodaje y plataforma, de entrada en pista o de zona de contacto, iluminación general de la plataforma... Se deben establecer varios circuitos, para asegurar el suministro del servicio, en caso de que se caiga alguno. Coste 3,5M€.
- PAPIs para ambas pistas. Coste 0,1 M€.
- Luces de ayuda a la aproximación. Coste 0,2 M€.
- Sistemas de aproximación ILS Cat 1 para la pista 24. Coste 0,4 M€.
- Pasarelas telescópicas, equipos del SEI, vehículos de movimiento en plataforma... Coste 5 M€.
- Radares de superficie para el control del tráfico en tierra o aéreo para la detección de tráficos en el aire (primarios para una detección pasiva, secundarios para una detección activa)... Coste 2 M€.
- Sistemas de comunicación para comunicaciones entre tripulaciones y servicios de tránsito aéreo. Coste 0,1 M€.

Se suma un total de 11.3 M€, aunque se va a elevar la cifra en un 10% debido posibles imprevistos, alcanzando una cifra aproximadamente de 17 M€.

Por tanto, sumando el coste de las tres partidas se alcanza un valor por la infraestructura aeronáutica de **92,39 M€**.

## 6.2.2 Costes de mantenimiento de las instalaciones

### 6.2.2.1 Coste de personal

Se va a diseñar un esquema del personal y servicios que se prevén necesarios para operar el aeropuerto anualmente las 24 horas del día, de acuerdo con la ampliación propuesta. Se distinguen tres tipos de partidas:

- Personal laboral: personas que su servicio no se requiere de mantener las 24 horas. Dicho personal tendrá un horario establecido regular de 8 horas diarias. Se establecerán periodos vacacionales alternos para evitar la ausencia de personal en los distintos departamentos en días laborables.
- Servicios H24: Se establecen una serie de servicios que hace necesario su servicio las 24 horas del día. Se indica el número de personas que se deben encontrar en servicio simultáneamente (a la izquierda del código H24), por lo que el personal contratado debe ser mayor, con personal suficiente para rotar, establecer descansos y turnos vacacionales (personal total en plantilla a la derecha del código H24). Se ha establecido de plantilla una rotación más de la necesaria más un 25% de una rotación para cubrir imprevistos. En el caso de que el 25% no represente un número entero se redondea al número entero mayor más próximo. En el caso de los controladores se establecen diariamente 6 turnos de 4 horas, en el caso del resto 3 turnos de 8 horas diarias.
- Servicios externalizados: es personal que depende de empresas externas que periódicamente licitan a concursos para dar los servicios requeridos (handling y asistencia técnica) ambos servicios requieren un servicio H24.

Concepto de coste	Personas	Salario anual [€]	Coste Total anual [€]
Director	1	93.000	93.000
Cuerpo directivo	5	80.000	40.000
Responsables de la navegación	10	70.000	700.000
Controlador local	2 (H24) 15	80.000	1.200.000
Control de rodadura	2 (H24) 15	70.000	1.050.000
Control en plataforma	2 (H24) 15	50.000	600.000
Bomberos	4 (H24) 15	40.000	480.000
Responsables económicos	15	65.000	975.000
Personal de seguridad física	8 (H24) 34	30.000	1.020.000
Responsables de la infraestructura civil	10	65.000	650.000
Responsables de la infraestructura aeronáutica	15	70.000	1.050.000
Personal de limpieza	20	20.000	400.000
Personal de atención al público	6	35.000	210.000
Personal de cetrería	1 (H24) 4	35.000	140.000
Personal de movimiento de equipajes	10	20.000	200.000
Personal auxiliar	15	20.000	300.000
Servicio de Handling (externo)	-	-	600.000
Servicio de mantenimiento técnico (externo)	-	-	400.000

Tabla 28 - Tabla de costes en el mantenimiento y explotación de instalaciones

Los costes totales que se prevén en el personal de Casarrubios son de 10,11 M€ anuales. A estos costes se presupuestan 400.000 € más de material necesario a adquirir o contingencias que pudieran ocurrir de corto alcance. Por tanto, el coste total es de 10,51 M€ anual. El coste en diez años se elevaría a **105,08 M€**.

### **6.2.2.2 Suministro de luz, agua y combustibles**

#### - Consumo de luz

Según la página de AENA en su nota de prensa: *“Aena adjudica el contrato de suministro de electricidad para el año 2022 procedente 100% de energías renovables”*, se estima que el consumo de luz por toda la red aeroportuaria en 2022 es de 952 GWh. Se estima que su consumo corresponderá a la media, entre los 46 aeropuertos más 2 helipuertos españoles que comprenden la red aeroportuaria en España. Se conoce que aeropuertos como el de Madrid o Barcelona consumen mucho más que aeropuertos más pequeños, pero la media será considera el valor de consumo en Casarrubios.

La media anual de consumo por aeropuerto en España equivaldría a 19,83 GWh. Por otro lado, según la página web *tarifasgasluz*, indica que el precio medio de la luz es de 0,1209€/KWh. Por tanto, el coste anual sería de 2,40 M€ anuales.

#### - Consumo de agua

Atendiendo al estudio realizado por AENA: *“Plan Estratégico del Agua de Aena 2021-2030”*, se indica el consumo total de agua en su red aeroportuaria anual los años 2018, 2019 y 2020. No obstante, el valor de 2020 se descarta por las circunstancias particulares del escaso número de pasajeros debido al COVID-19. Se indica que el consumo en 2018 fue de 5.632,5 dam<sup>3</sup> de agua y en 2019 de 5.462,5 dam<sup>3</sup> de agua.

Se cree que el consumo de agua irá disminuyendo debido a los esfuerzos que se están poniendo, pero este decrecimiento será asintótico. De cara a estimar un valor medio en 10 años, se considerará que dicho valor descenderá en un 15%, por lo que el consumo de agua por la red aeroportuaria en España será anualmente de media en 10 años de 4643,1 dam<sup>3</sup> entre los aeropuertos nacionales. Como en el caso anterior, se estima que el aeropuerto de Casarrubios consume un valor medio del total.

Según la página web de la OCU en su estudio titulado: *“Precios del agua del grifo en 54 ciudades españolas”*, establece un valor bastante parecido entre Madrid y Toledo (las dos provincias donde se encontraría el aeropuerto). Dicho valor es de 1,45 €/ m<sup>3</sup>.

En conclusión, el gasto anual medio, e igual al estimado en Casarrubios, será de 96,73 dam<sup>3</sup> de agua. Atendiendo al coste, daría un gasto anual de 0,14 M€.

#### - Consumo de combustibles

En este caso se ha encontrado información útil en otro estudio realizado por Aena denominado: *“Informe de Sostenibilidad Ambiental 2019”*, en él se indica el consumo en GJ, se convertirá los valores a litros atendiendo a las características físicas de cada combustible.



Como en caso anteriores, el valor representa el total de la red aeroportuaria de los aeropuertos nacionales, para Casarrubios se tomará el valor medio.

En el caso de estos consumos, se observan valores fluctuantes, con variaciones irregulares a lo largo de varios años. Por lo que se tomarán los valores de 2019 como valor medio en 10 años.

	Energía Media Anual [GJ]	Poder Calorífico [KJ/Kg]	Densidad [kg/m3]	Cantidad [m3]	Precio [€/L]	Coste Medio Anual[M€]
Gasoil	174.873	42.600	832	4933,9	1,33	6,56
Gasolina	2.271	43.500	720	72,5	1,45	0,11
Gas natural	161.560	47.600	0,744	4561986,1	0,001287	5,87
Propano	851	25.700	1,882	17594,5	0,000585	0,01

Tabla 29 - Consumo anual medio en la red de aeroportuaria de AENA de combustibles

- Total de los costes en el consumo de suministros

	Coste en LEMT anual medio [M€]	Coste en LEMT a 10 años [M€]
Luz	2,40	24,00
Agua	0,14	1,40
Gasoil	0,14	1,37
Gasolina	0,002	0,02
Gas natural	0,12	1,22
Propano	0,0002	0,002
<b>TOTAL</b>	<b>2,80</b>	<b>28,01</b>

Tabla 30 - Coste total estimado de los suministros en LEMT

## 6.3 Resultado económico del proyecto

### 6.3.1 Balance de resultados

Llegado a este punto, se estima que el capital inicial para llevar a cabo la ampliación deseada debe de ser de 900 M€. Este capital puede suministrarse, o bien por un fondo público, bien por un fondo público, o bien una mezcla entre ambos. Normalmente, inversiones tan elevadas y de interés nacional, suele iniciarse mediante fondos públicos y cuando a la larga se demuestra una rentabilidad favorable se ofrece distintas porciones a entidades privadas. Este es el caso que actualmente vive AENA, con un capital 51% público y 49% privado.

BALANCE DE RESULTADOS	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Ingresos [M€]	903,96	28,22	53,75	79,50	107,49	135,17	165,87	198,37	232,88	269,56
Servicios aeronáuticos	2,41	17,18	32,72	48,40	65,44	82,29	100,98	120,77	141,78	164,11
Actividad comercial	1,31	9,36	17,83	26,37	35,65	44,84	55,02	65,80	77,25	89,41
Prestaciones inmobiliarias	0,24	1,68	3,20	4,73	6,40	8,04	9,87	11,80	13,86	16,04
Capital invertido	900,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Costes [M€]</b>	<b>862,57</b>	<b>107,88</b>	<b>107,88</b>	<b>107,88</b>	<b>107,88</b>	<b>107,88</b>	<b>107,88</b>	<b>107,88</b>	<b>107,88</b>	<b>107,88</b>
Iniciales de construcción	754,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coste de personal y repuestos básicos	105,08	105,08	105,08	105,08	105,08	105,08	105,08	105,08	105,08	105,08
Coste de suministro (luz, agua y combustibles)	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
<b>Ingresos - Costes [M€]</b>	<b>41,39</b>	<b>-79,66</b>	<b>-54,13</b>	<b>-28,38</b>	<b>-0,39</b>	<b>27,29</b>	<b>57,99</b>	<b>90,49</b>	<b>125,00</b>	<b>161,68</b>
Se resta capital prestado	-900,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>BAIT (Beneficio antes de intereses e impuestos) [M€]</b>	<b>-858,61</b>	<b>-79,66</b>	<b>-54,13</b>	<b>-28,38</b>	<b>-0,39</b>	<b>27,29</b>	<b>57,99</b>	<b>90,49</b>	<b>125,00</b>	<b>161,68</b>
Intereses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>BAT (Beneficio antes de impuestos) [M€]</b>	<b>-858,61</b>	<b>-79,66</b>	<b>-54,13</b>	<b>-28,38</b>	<b>-0,39</b>	<b>27,29</b>	<b>57,99</b>	<b>90,49</b>	<b>125,00</b>	<b>161,68</b>
Impuestos (25% sobre la explotación)	-	-	-	-	-	6,82	14,50	22,62	31,25	40,42
<b>Resultado del ejercicio [M€]</b>	<b>-858,61</b>	<b>-79,66</b>	<b>-54,13</b>	<b>-28,38</b>	<b>-0,39</b>	<b>20,47</b>	<b>43,49</b>	<b>67,87</b>	<b>93,75</b>	<b>121,26</b>

La cantidad la depositan los inversionistas, no se necesita financiar los pagos

Tabla 31 - Balance de resultados a 10 años

Se observa en el balance que hasta el año 2029, según el estudio realizado, la explotación de las instalaciones aeroportuarias de Casarrubios no dará beneficios.

Por otro lado, durante los años en los que no se obtengan beneficios, por regla general no se abonan impuestos.

El estudio se ha realizado suponiendo que las construcciones se iniciaron con tiempo suficiente, para llegar al año 2024 en pleno rendimiento.

### 6.3.2 Rentabilidad

Ahora, se va a llevar a cabo un estudio desde el punto de vista del inversor. En él, se va a comprobar si financiando el capital solicitado, con un interés bancario fijo ( $r$ ) de 2,5 %, a la larga se vería rentabilidad del mismo.

#### 6.3.2.1 Valor actual neto (VAN)

Para llegar a cabo el proyecto se ha tenido que alcanzar la cifra de 900 M€ en primer día antes de empezar las construcciones, con dicho capital se conseguiría cubrir todas las construcciones y cubrir los costes del primer año.

Se procede a calcular el VAN con la siguiente expresión:

$$VAN = -Inversión\ inicial + \sum_{i=0}^n \frac{(Resultado\ del\ ejercicio)_i}{(1+r)^i}$$

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Resultado del ejercicio	-858,61	-79,66	-54,13	-28,38	-0,39	20,47	43,49	67,87	93,75	121,26
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sumandos del VAN	<b>-1758,6</b>	<b>-77,7</b>	<b>-51,5</b>	<b>-26,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>18,1</b>	<b>37,5</b>	<b>57,1</b>	<b>76,9</b>	<b>97,1</b>
VAN anual	<b>-1758,6</b>	<b>-1836,3</b>	<b>-1887,9</b>	<b>-1914,2</b>	<b>-1914,6</b>	<b>-1896,5</b>	<b>-1859,0</b>	<b>-1801,9</b>	<b>-1724,9</b>	<b>-1627,8</b>

Tabla 32 - Cálculo del VAN anual

El sumatorio del VAN (valor actual neto) en los diez primeros años de operación del aeropuerto de Casarrubios es de **-1627,8 M€**, es decir, genera todavía una rentabilidad negativa.

No obstante, el crecimiento del VAN es elevado, según este estudio sería rentable en el futuro. Si únicamente se mantuviera la tasa de crecimiento del VAN del último año (escenario bastante pesimista) se recuperaría la inversión en 17 años más aproximadamente.

Este escenario es bastante típico de inversiones de gran envergadura. Se recupera la inversión en un periodo más largo, pero posteriormente, permiten afianzar una actividad económica bastante sólida.

### 6.3.2.2 Tasa interna de retorno (TIR)

El cálculo de esta tasa corresponde a un método financiero que mide si una inversión es rentable en un plazo determinado. El cálculo de dicho valor se obtiene variando el tipo de interés en un préstamo a tipo fijo ( $r$ ) para conseguir que el VAN sea 0. Si dicho interés está por encima del 2,5% se concluye que la inversión es rentable en el periodo propuesto. Si, por el contrario, el interés es menor del 2,5%, la inversión no sería rentable, ya que teóricamente ninguna entidad prestaría el capital con el interés tan bajo, o el beneficio sería prácticamente nulo y la propuesta de préstamo sería rechazada.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Resultado del ejercicio	-858,61	-79,66	-54,13	-28,38	-0,39	20,47	43,49	67,87	93,75	121,26
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sumandos del VAN	<b>-1758,6</b>	<b>-79,7</b>	<b>-54,1</b>	<b>-28,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>20,5</b>	<b>43,5</b>	<b>67,9</b>	<b>93,8</b>	<b>121,3</b>
VAN anual	<b>-1758,6</b>	<b>-1838,3</b>	<b>-1892,4</b>	<b>-1920,8</b>	<b>-1921,2</b>	<b>-1900,7</b>	<b>-1857,2</b>	<b>-1789,3</b>	<b>-1695,6</b>	<b>-1574,3</b>

Tabla 33 - Cálculo del TIR a 10 años

En este caso, como se podía reducir en el cálculo del VAN en 2033, la rentabilidad a 10 años es imposible según este estudio. Se observa que ni con un interés del 0% se conseguiría recuperar la inversión a 10 años.

Suponiendo un escenario pesimista, en el que el resultado del ejercicio no aumente, se va a calcular con un TIR del 0%, cuando podría dar rentabilidad.

	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046
Resultado del ejercicio	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26
n	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Sumandos del VAN	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>	<b>121,3</b>
VAN anual	<b>-1453,1</b>	<b>-1331,8</b>	<b>-1210,5</b>	<b>-1089,3</b>	<b>-968,0</b>	<b>-846,8</b>	<b>-725,5</b>	<b>-604,2</b>	<b>-483,0</b>	<b>-361,7</b>	<b>-240,4</b>	<b>-119,2</b>	<b>2,1</b>

Tabla 34 - Año de rentabilidad con TIR al 0%

Se observa que el año en el que el VAN se anula sería en el 2046. Ahora se va a calcular, cuando se obtendría rentabilidad con un TIR al 2,5%, lo mínimo para considerar la inversión rentable.

	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055
Resultado del ejercicio	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26	121,26
n	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Sumandos del VAN	<b>75,9</b>	<b>74,0</b>	<b>72,2</b>	<b>70,4</b>	<b>68,7</b>	<b>67,0</b>	<b>65,4</b>	<b>63,8</b>	<b>62,3</b>	<b>60,7</b>	<b>59,3</b>	<b>57,8</b>	<b>56,4</b>
VAN anual	<b>-778,0</b>	<b>-704,0</b>	<b>-631,8</b>	<b>-561,4</b>	<b>-492,7</b>	<b>-425,6</b>	<b>-360,2</b>	<b>-296,4</b>	<b>-234,1</b>	<b>-173,4</b>	<b>-114,1</b>	<b>-56,3</b>	<b>0,1</b>

Tabla 35 - Año de rentabilidad con TIR al 2,5%

Con el TIR al 2,5% se recupera la inversión (en un escenario pesimista, manteniendo el resultado del ejercicio constante) en el año 2055.

## BIBLIOGRAFÍA

**Página web de AENA.** Estadísticas de tráfico aéreo. [en línea]:  
<https://www.aena.es/es/estadisticas/inicio.html>

**Guía de Tarifas 2023.** Autor: AENA. Edición Octubre. Año: 2023. [en línea]:  
<https://www.aena.es/sites/Satellite?blobcol=urldata&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1576865186684&ssbinary=true>

**Informe de Sostenibilidad Ambiental.** Autor: AENA Año: 2019 [en línea]:  
<https://www.aena.es/sites/Satellite?blobcol=urldata&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1576858190813&ssbinary=true>

**Plan Estratégico del Agua en AENA 2021-2030.** Autor: AENA Año: 2020 [en línea]:  
<https://www.aena.es/sites/Satellite?blobcol=urldata&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1576859534849&ssbinary=true>

**Aeródromos - Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional.** Autor: OACI. Volumen I: Diseño y operaciones de aeropuertos. Normas y métodos recomendados internacionales. Séptima edición. Año: 2016

**Diapositivas de la asignatura de Gestión y Operación de Aeropuertos.** Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica. UEM. Primer curso. Autores: Rocío Gutiérrez Richaud, Álvaro Rodríguez Sanz, Antonio Donoso López, Ernesto de la Fuente Cantarino y Pablo Fuente Año: 2022.

**Guiones de la Asignatura de Aeropuertos.** Grado en Ingeniería Aeroespacial. Tercer Curso. Autores: P. Blanco Núñez, A. Rodríguez Sanz y Á. París Loreiro. Año: 2015.

**Introducción al Sistema de Navegación Aérea.** Editorial: Garceta. Autores: Luis Pérez Sanz, Rosa María Arnaldo Valdés, Francisco Javier Sáez Nieto, Jorge Blanco Monge y Víctor Fernando Gómez Comendador. Primera edición. Año: 2013

**Análisis de la necesidad de un nuevo aeropuerto en Madrid.** Trabajo fin de Grado en Gestión Aeronáutica en la UAM. Autor: Eduardo Costa Mendaña. Año: 2020 [en línea]:  
[https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/692198/costa\\_mendanna\\_eduardo\\_tfg.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/692198/costa_mendanna_eduardo_tfg.pdf?sequence=1)

**Viabilidad, diseño y plan de implantación y de negocio de un aeropuerto regional en Europa**  
Trabajo fin de Grado en Ingeniería en Tecnologías Aeroespaciales de la UPC. Autor: Pol Niño Pol. Año: 2020 [en línea]:  
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/328886?show=full>

**Demografía de Europa.** Autor: Instituto Nacional de Estadística. Año: 2021 [en línea]:  
[https://www.ine.es/prodyser/demografia\\_UE/img/pdf/Demograhya-InteractivePublication-2021\\_es.pdf?lang=es](https://www.ine.es/prodyser/demografia_UE/img/pdf/Demograhya-InteractivePublication-2021_es.pdf?lang=es)

**Managing Airports. An International Perspective.** Sexta edición. Autor: Anne Graham. Año: 2023

**AIP España.** Servicio de Información Aeronáutica. [en línea]:  
<https://aip.enaire.es/AIP/>

**Guía VFR España.** Servicio de Información Aeronáutica. [en línea]:  
<https://guiavfr.enaire.es/>

**Página web de Datosmacro.** Periódico digital Expansión. [en línea]:  
<https://datosmacro.expansion.com>

**Página web del Banco Central Europeo.** Estadísticas. [en línea]:  
<https://www.ecb.europa.eu/ecb/html/index.es.html>

**Página web de EUROCONTROL.** Traffic. [en línea]:  
<https://ansperformance.eu/traffic/>

**Página web del Ayuntamiento de Barcelona.** Estadística y Difusión de Datos. [en línea]:  
[https://ajuntament.barcelona.cat/estadistica/castella/Estadistiques\\_per\\_temes/Transport\\_i\\_mobilitat/Transport/Aeroport/paev03.htm](https://ajuntament.barcelona.cat/estadistica/castella/Estadistiques_per_temes/Transport_i_mobilitat/Transport/Aeroport/paev03.htm)

**Página web de Google Maps.** [en línea]:  
<https://www.google.es/maps/preview>

**Página web de Google Imágenes.** [en línea]:  
[https://www.google.com/search?sca\\_esv=596418299&hl=es&q=imágenes&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwjDpuzHrcyDaxUDHRAIHSBZDokQ0pQJegQIDBAB&biw=1536&bih=738&dpr=1.25](https://www.google.com/search?sca_esv=596418299&hl=es&q=imágenes&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwjDpuzHrcyDaxUDHRAIHSBZDokQ0pQJegQIDBAB&biw=1536&bih=738&dpr=1.25)

**Página web de air city Madrid Sur.** Aeropuerto Madrid Sur. [en línea]:  
<https://aircitymadridsur.com/#>

**Página web de Weather Spark.** [en línea]:  
<https://weatherspark.com/>

**Artículo digital del periódico EL PAÍS.** Título: Un grupo de empresarios ultima un plan para construir un segundo aeropuerto en Madrid. Autor: Javier Salvatierra. Año: 2018. [en línea]:  
[https://elpais.com/economia/2018/10/16/actualidad/1539706587\\_694480.html](https://elpais.com/economia/2018/10/16/actualidad/1539706587_694480.html)

**Artículo digital del periódico CincoDías.** Título: Una torre de control sin torre, en una oficina y a cuatro kilómetros del aeropuerto. Autor: Fernando Sanz Sánchez De Rojas. Año: 2023. [en línea]:  
<https://cincodias.elpais.com/companias/2023-03-19/una-torre-de-control-sin-torre-en-una-oficina-y-a-cuatro-kilometros-del-aeropuerto.html>

**Página web de Tarifasgasluz.** [en línea]:  
<https://tarifasgasluz.com/comparador/precio-kwh>

**Noticia digital de la OCU.** Título: Precios del agua del grifo en 54 ciudades españolas. [en línea]:  
<https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/equipamiento-hogar/noticias/tarifas-agua-ciudades>



---

**Página web de Wikipedia.** [en línea]:  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>