



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

  
ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial  
y Diseño Industrial

Diseño de un procedimiento de aproximación GNSS para  
el aeropuerto de El Hierro

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Aeroespacial

AUTOR/A: Palao Ros, Juan Ignacio

Tutor/a: Yuste Pérez, Pedro

Cotutor/a: Vila Carbó, Juan Antonio

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



## Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Juan Ignacio y Fernanda, por su inquebrantable apoyo, sacrificio y afecto incondicional. Gracias por alentar siempre mis inquietudes e intereses y por acompañarme en cada paso del camino siendo mi pilar fundamental.

A mi familia y amigos, por su presencia constante y apoyo a lo largo de los años. Agradezco su gran respaldo, ofreciéndome siempre los brazos abiertos. Finalmente, a Elia, por su inspiración y cariño.

A todos ellos y a todas las personas involucradas en mi formación académica y personal a lo largo de estos años, quiero expresar mi más sincero agradecimiento. Todos ellos forman parte de este y futuros proyectos.

## Resumen

La presente memoria tiene por objetivo el diseño de tres procedimientos de aproximación instrumental GNSS al aeropuerto de El Hierro a sus pistas 34 y 16: LPV (APV-I SBAS), LNAV (NPA GNSS) y RNP-VPT.

Se lleva a cabo un estudio aeronáutico de la zona, incluyendo su historia y condiciones, así como un cálculo detallado de los procedimientos a implementar complementado con su representación en 3D. Para ello, se ha trabajado con la ayuda de el modelo de elevación de la isla proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional MDT05 y MATLAB como herramienta principal cálculo con el objetivo de obtener resultados con la mayor precisión posible.

A través de los procedimientos desarrollados se pretende optimizar el flujo creciente de tráfico a la isla en los últimos años, actualizando los procedimientos de aproximación en vigor mejorando de esta forma su seguridad y capacidad operacional.



## Abstract

The objective of this report is to design three GNSS instrumental approach procedures for El Hierro Airport's runways 34 and 16: LPV (APV-I SBAS), LNAV (NPA GNSS), and RNP-VPT.

An aeronautical study of the area, including its history and conditions, was conducted along with a detailed calculation of the procedures to be implemented, including their 3D representation. The elevation model of the island provided by the National Geographic Institute (MDT05) and MATLAB were used as the main calculation tools to achieve the highest possible accuracy.

The developed procedures aim to optimize the increasing flow of arrival traffics to the island by updating the current approach procedures to more actual technologies, thereby enhancing safety and capacity.



# Índice general

<b>Agradecimientos</b>	<b>I</b>
<b>Resumen</b>	<b>II</b>
<b>Abstract</b>	<b>IV</b>
<b>Memoria</b>	<b>1</b>
1 Introducción .....	1
1.1 Marco global .....	1
1.2 Historia .....	3
1.3 Geografía y clima .....	3
1.4 Espacios aéreos.....	5
1.5 Flota usuaria.....	7
1.6 Futuro del aeropuerto de El Hierro.....	9
2 Diseño de aproximaciones a El Hierro .....	12
2.1 Introducción .....	12
2.1.1 Navegación Basada en Prestaciones (PBN).....	12
2.1.2 Sistemas GNSS.....	13
2.1.3 Especificación RNP APCH.....	14
2.1.4 Fases de una aproximación.....	14
2.1.5 Tramo de llegada.....	15
2.1.6 Tramo de aproximación inicial .....	15
2.1.7 Tramo de aproximación intermedia.....	15
2.1.8 Tramo de aproximación final.....	16
2.1.9 Tramo de aproximación frustrada .....	16
2.2 Aproximación LPV (APV-I SBAS).....	18
2.2.1 Cobertura GNSS SBAS .....	18
2.2.2 Cálculo de VSS.....	18
2.2.3 OAS tramo APV .....	21
2.2.4 Conclusiones .....	23
2.3 Aproximación LNAV (NPA GNSS).....	24
2.3.1 VSS y pendiente de descenso .....	24
2.3.2 Tramo aproximación final.....	25
2.3.3 Tramo aproximación frustrada .....	26
2.3.4 Tramo intermedio.....	30
2.3.5 Tramo inicial .....	32
2.3.6 OCA/H.....	33
2.4 Aproximación RNP - VPT (NPA) .....	35



2.4.1	Descripción de maniobra .....	35
2.4.2	Diseño del circuito visual de derrota prescrita (VPT) .....	36
2.4.3	Tramo divergente (Aproximación final - VPT) .....	40
2.4.4	Diseño aproximación instrumental (RNP) .....	40
2.4.5	OCA/H.....	43
2.5	Conclusiones y tabla de mínimos .....	44
3	Herramientas.....	45
3.1	Introducción .....	45
3.2	Modelo digital del terreno.....	45
3.3	Descripción de scripts MATLAB .....	47
<b>Pliego de condiciones</b>		<b>50</b>
1	Objeto.....	50
2	Condiciones de los materiales.....	50
2.1	Descripción.....	50
2.2	Control de calidad.....	50
3	Condiciones de la ejecución.....	51
3.1	Descripción.....	51
3.2	Control de calidad.....	51
4	Pruebas y ajustes finales o de servicio .....	51
<b>Presupuesto</b>		<b>53</b>
1	Introducción.....	53
2	Coste equipos informáticos .....	53
3	Coste de licencias de software .....	54
4	Coste de personal.....	54
5	Presupuesto total.....	54
<b>Cartas</b>		<b>57</b>
1	Introducción.....	57
2	LNAV .....	58
3	RNP .....	59
4	VPT 1 (RWY 34).....	60
5	VPT 2 (RWY 16).....	61
<b>Anexo</b>		<b>62</b>
A1	Clave de referencia .....	62
A2	Área de maniobra de aproximación visual (en circuito).....	63
A3	Scripts de MATLAB .....	67
<b>Bibliografía</b>		<b>130</b>

# Índice de figuras

1	Isla de El Hierro.....	1
2	Localización del aeropuerto de El Hierro (Los Cangrejos).....	2
3	Imagen antigua del aeropuerto sin la posterior ampliación de la terminal. [1]. ....	3
4	Imagen satélite de El Hierro (Google Earth). ....	4
5	Diagrama de frecuencias de viento en el aeropuerto [2]. ....	5
6	Organización del espacio aéreo. Carta AD 2-GCHI [1]. ....	5
7	Carta de aproximación visual entre semana [1]. ....	6
8	Carta de aproximación visual los sábados y domingos [1]. ....	7
9	ATR-72 ‘Teide’ de Binter Canarias (ahora propiedad de NAYSA Servicios) [1]. ....	8
10	Llegadas para el día 16 y 17 de abril [1]. ....	8
11	Comparación pasajeros/hora demanda-capacidad del aeropuerto [2]. ....	10
12	Comparación aeronaves/hora demanda-capacidad del aeropuerto [2]. ....	10
13	Especificaciones RNP y RNAV [3]. ....	12
14	Clasificación de aproximaciones instrumentales [3]. ....	13
15	Tramo de aproximación por instrumentos (Figura I-4-1-1 [4]). ....	15
16	Tramo de aproximación frustrada por instrumentos. [4]. ....	17
17	Disponibilidad últimas 24 horas sistema EGNOS APV-I (19/05/2024) [4]. ....	18
18	Superficie de tramo visual alineada con eje de pista para procedimiento con localizador o guía lateral equivalente a localizador [4]. ....	19
19	VSS para aproximación APV-I en las pista 34 y 16 GCHI. ....	20
20	VSS APV-I con vista ampliada sobre el aeropuerto. ....	20
21	Parámetros soporte lógico OAS PANS-OPS pista 16 [5]. ....	21
22	Superficies OAS APV I pista 16 GCHI. ....	22
23	Parámetros soporte lógico OAS PANS-OPS pista 34 [5]. ....	22
24	Superficies OAS APV I pista 34 GCHI. ....	23
25	VSS para aproximación APV I en las pista 34 y 16 GCHI con 3° de pendiente. ....	24
26	VSS para aproximación APV I en las pista 34 y 16 GCHI con 3° y 4,2° de pendiente, respectivamente. ....	25
27	XTT, ATT y semianchura del área para RNP APCH (aviones) en las fases de vuelo de aproximación inicial/intermedia/final y de aproximación frustrada (m) [4].	25
28	Representación tramo final y MAPt nominal para aproximación LNAV pista 16 y 34. ....	26
29	Áreas RNP APCH. Figura III-3-3-2 [4]. ....	27
30	Tramo final y frustrada inicial e intermedia para las pistas 16 y 34. Aproximación LNAV. ....	28
31	Aproximación LNAV tramos final y frustrada pista 16. ....	29
32	Aproximación LNAV tramos final y frustrada pista 34. ....	30
33	Confluencia de áreas en el FAF [4]. ....	31

34	Aproximación LNAV tramo intermedio y final pista 34 [4].....	31
35	Aproximación LNAV tramo intermedio y final pista 16 [4].....	32
36	Aproximación inicial-intermedia-final LNAV pistas 16 y 34. ....	33
37	Aproximación inicial-intermedia-final LNAV pistas 16 y 34 (vista en planta). ....	33
38	Carta SID GXCO RWY 30 [1].....	36
39	Carta SID GXCO RWY 12 [1].....	36
40	Caso general de derrota normalizada [4]. ....	37
41	Velocidades (IAS) para el cálculo de procedimientos en km/h. Tabla I-4-1-1 [4].....	37
42	Semianchura del corredor VPT. Tabla I-4-7-Ap-1 [4]. ....	38
43	MOC, OCH y visibilidad mínima para maniobras visuales de derrota prescrita. Tabla I-4-7-Ap-2 [4].....	38
44	Área VPT [4]. ....	38
45	Procedimiento VPT pista 34 (azul) y HIE 228° (negro). ....	39
46	Procedimiento VPT pista 16 (rojo) y HIE 228° (negro). ....	39
47	Tramos aproximación RNP GCHI pista 16 y 34 (vista en planta). ....	41
48	Aproximación RNP-VPT pista 16 GCHI.....	42
49	Aproximación RNP-VPT pista GCHI.....	42
50	Tercera cobertura proyecto PNOA-LiDAR [6]. ....	45
51	Cuadrícula de El Hierro IGN [6]. ....	46
52	Representación del raster de El Hierro (coordenadas LL). ....	47
53	Datos pista GCHI [1]. ....	62
54	Tabla 1-1 Clave de referencia de aeródromo [7]. ....	63
55	MOC y OCA/H para aproximación visual (en circuito) [4]. ....	64
56	Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras [7]. ....	65
57	Obstáculo determinante circuito visual reducido. ....	66

# Índice de tablas

1	Estimación del plan director en el año 2000 y datos reales.....	9
2	OCA/H para aproximación LNAV GCHI. ....	34
3	OCA/H para aproximación RNP-VPT GCHI. ....	43
4	Caja de mínimos. ....	44
5	Desglose de horas dedicadas al proyecto. ....	53
6	Desglose de costes horarios de equipo informático.....	54
7	Desglose de costes por licencias de software.....	54
8	Costes de personal asociado al proyecto. ....	54
9	Costes totales asociados al proyecto.....	55

# Memoria

## 1. Introducción

### 1.1. Marco global

El aeropuerto de El Hierro (indicativo OACI: GCHI) se inaugura en diciembre de 1972. Este se sitúa al nordeste de la isla en una zona costera denominada Llano de los Cangrejos, próximo a su capital, Valverde (Figura 1).



Fig. 1: Isla de El Hierro.

Dada la compleja orografía y tras comenzar los estudios aeronáuticos en 1962 se opta por la ubicación actual del aeropuerto construyendo una pista (16-34) de 800 metros de longitud y 30 metros de ancho. Posteriormente se ampliará para su inauguración hasta los 1000 metros y en 1991-1992 hasta los 1250 metros actuales.



Fig. 2: Localización del aeropuerto de El Hierro (Los Cangrejos).

Actualmente el CTR del aeropuerto opera de lunes a viernes con diferente horario para época estival e invernal ofreciendo servicio de control aéreo de torre y siendo espacio aéreo clase D. Así mismo también ofrece los fines de semana servicio AFIS transformando su CTR a FIZ con espacio aéreo clase G.

Además el aeropuerto cuenta con las siguientes infraestructuras:

- Plataforma de estacionamiento
- Una pista de vuelo 16-34
- Tres puertas de entrada/salida a la pista
- Edificio terminal de pasajeros
- Torre de control
- Central eléctrica
- Centro de emisores
- Edificio S.E.I
- Edificio de cocheras
- Aparcamiento para vehículos

El acceso al aeropuerto es posible desde la carretera Valverde - La Caleta siendo la distancia desde el centro urbano de 9 km y aproximadamente 9 minutos de trayecto. Así mismo también existe una línea de autobuses y servicio de taxis.

## 1.2. Historia

El primer acontecimiento aeronáutico de la isla ocurre el 12 de diciembre de 1955 donde el Servicio de Búsqueda y Salvamento Aéreo realiza una evacuación de un enfermo. Con el objetivo de mejorar las operaciones aéreas de la isla en 1962 se inician los estudios aeronáuticos y tras la inauguración en 1972 se abre el tráfico aéreo civil nacional de pasajeros y mercancías.

La primera conexión fue abierta por Iberia en 1972 con un Fokker F-27 desde Tenerife Norte (Figura 3). En 1992 la ruta Tenerife Norte - El Hierro pasa a ser gestionada por Binter Canarias, la cual opera con la aeronave ATR-72 haciendo necesaria una ampliación de la pista y con el aumento de pasajeros una nueva terminal pasando esta de 600 metros cuadrados a 3000 metros cuadrados.

El aeropuerto supone una mejora importante para los habitantes de El Hierro, mejorando las comunicaciones con el resto del archipiélago y planteando un nuevo tipo de turismo.



Fig. 3: Imagen antigua del aeropuerto sin la posterior ampliación de la terminal. [1].

## 1.3. Geografía y clima

La ubicación geográfica de la isla de El Hierro es la más occidental del archipiélago canario, también la de menor superficie (unos 270 km<sup>2</sup>) y densidad de población.

Como todas las islas Canarias son el resultado de apilamiento de materiales volcánicos a aproximadamente 3500 metros de profundidad. En el caso de la isla de El Hierro, el ascenso del magma se produce a través de tres ejes que convergen en el centro de la isla formando una peculiar forma estrellada de tres vertientes con parecido al de la isla de Tenerife la cual se articula en torno al volcán de Ventejís con su punto más alto situado a 1501 metros de altitud. Estas elevaciones abruptas contribuyen a una topografía escarpada con profundos barrancos y acantilados que contrastan con valles fértiles al pocos metros del océano Atlántico.

La orografía de El Hierro está moldeada por la acción del viento y agua a lo largo del tiempo dando lugar a un entorno que combina desniveles de terreno muy pronunciados con valles y llanuras.



Fig. 4: Imagen satélite de El Hierro (Google Earth).

El clima de la isla, al igual que el resto de el archipiélago destaca por no ser el que correspondería por su ubicación geográfica próxima al Desierto del Sáhara, esto se debe a causa del efecto del anticiclón de las Azores que junto con el sistema de vientos alisios y rotación de la Tierra refresca el aire y agua de las costas con la corriente del Golfo más fría proveniente del norte. Estas características moldean los rasgos climatológicos de la isla durante todo el año.

La temperatura media oscila entre la mínima en enero de  $18,1^{\circ}\text{C}$  y máxima de agosto de  $23,1^{\circ}\text{C}$ . Las precipitaciones se concentran entre los meses de octubre hasta marzo siendo los más secos entre junio y agosto. El número medio de días de lluvia al año es de 36, con previsión nula de nieve.

La visibilidad horizontal es de 9000 m o superior el 99,8 % del tiempo y la visibilidad horizontal es superior a 2400 metros un 87,9 % del tiempo.

El viento es fuerte a lo largo del año, disminuyendo en verano y presentando un dominio en dirección NNE del 44,4 % . El porcentaje de mediciones totales de viento en calma no supera el 7 %.



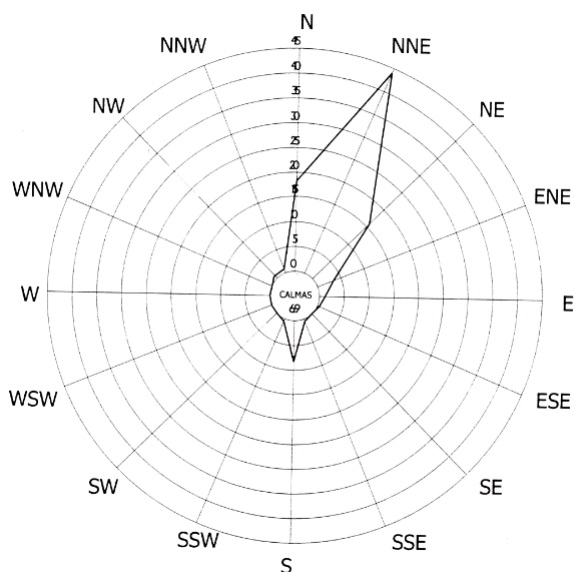


Fig. 5: Diagrama de frecuencias de viento en el aeropuerto [2].

### 1.4. Espacios aéreos

Los espacios aéreos en la isla de El Hierro se modifican ofreciendo servicio de tráfico aéreo de torre (TWR) entre semana y servicio de información de vuelo (AFIS) los fines de semana dentro de las horas operativas del aeropuerto.

La información del aeropuerto obtenida en el AIP muestra las dos posibles configuraciones del espacio aéreo (Figura 6).

17. ESPACIO AÉREO ATS	ATS AIRSPACE			
Denominación y límites laterales Designation and lateral limits	Límites verticales Vertical limits	Clase de espacio aéreo Airspace class	Unidad responsable Idioma Unit Language	Altitud de transición Transition altitude
FIZ HIERRO (RMZ) (FPMZ) (1) 275457N 0175947W, 275716N 0175446W; 275353N 0175248W desde este punto siguiendo arco de 5 NM centrado en el ARP // from this point following arc of 5 NM centred on ARP, 275113N 0174813W, 274315N 0174332W, 273953N 0175051W, 274352N 0175310W, desde este punto siguiendo arco de 5 NM centrado en el ARP // from this point following arc of 5 NM centred on ARP, 275142N 0175753W, 275457N 0175947W.	2700 ft AMSL SFC	G	HIERRO AFIS ES/EN	1850 m/6000 ft
CTR HIERRO (2) Los límites laterales coinciden con los publicados para FIZ HIERRO // Lateral limits coincide with those published for FIZ HIERRO.	2700 ft AMSL SFC	D	CANARIAS APP ES/EN	
ATZ HIERRO Círculo de 8 km de radio centrado en ARP // Circle radius 8 km centred on ARP (3).	1800 ft AMSL (4) SFC	D	HIERRO TWR ES/EN	
Observaciones: (1) Durante HR AFIS. Zona obligatoria de presentación de plan de vuelo. (2) Durante HR TWR. (3) O la visibilidad horizontal, lo que resulte inferior. (4) O hasta la elevación del techo de nubes, lo que resulte más bajo.		Remarks: (1) During AFIS HR. Flight plan submission mandatory zone. (2) During TWR HR. (3) Or the ground visibility, whichever is lower. (4) Or up to the cloud ceiling, whichever is lower.		

Fig. 6: Organización del espacio aéreo. Carta AD 2-GCHI [1].

El espacio aéreo queda clasificado de la siguiente manera entre semana (Figura 7):

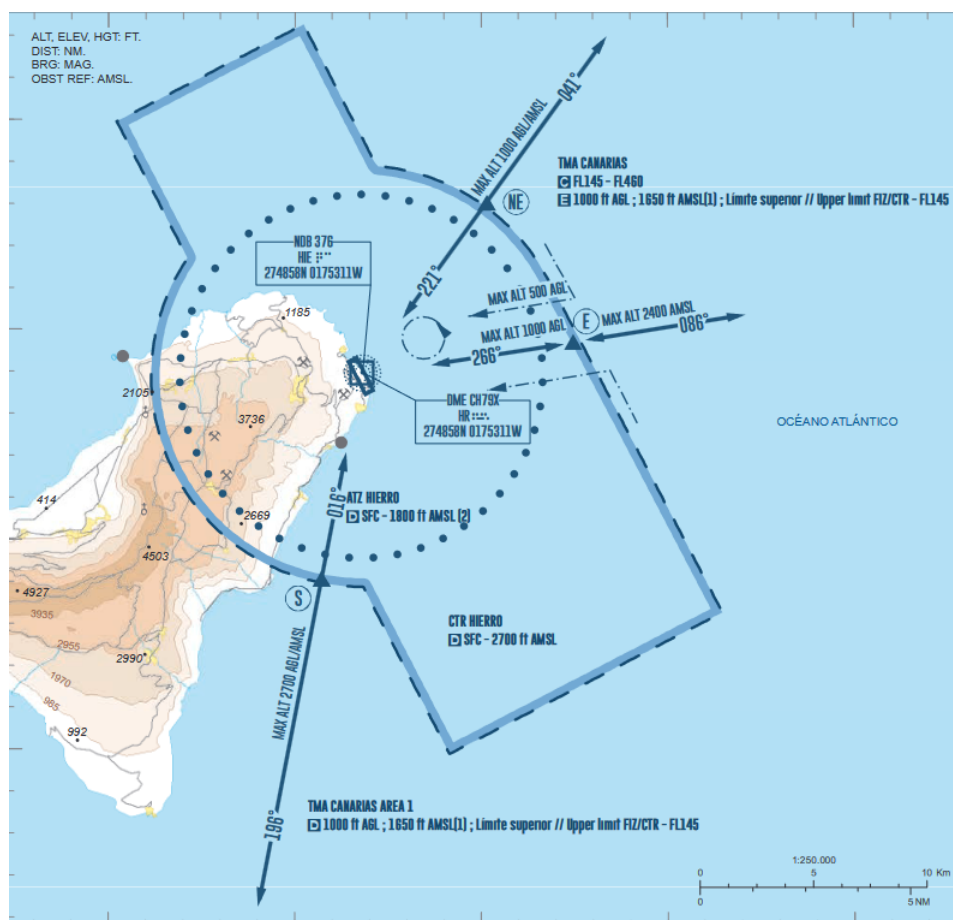


Fig. 7: Carta de aproximación visual entre semana [1].

- 'Clase C' FL145 - FL460 TMA Canarias.
- 'Clase D' de 1000 ft AGL; 1650 ft AMSL; Límite superior FIZ/CTR - FL145. TMA Canarias.
- 'Clase D' SFC - 2700 ft AMSL el CTR Hierro.
- 'Clase D' SFC - 1800 ft AMSL el ATZ Hierro.

La configuración durante los fines de semana es la siguiente (Figura 8):

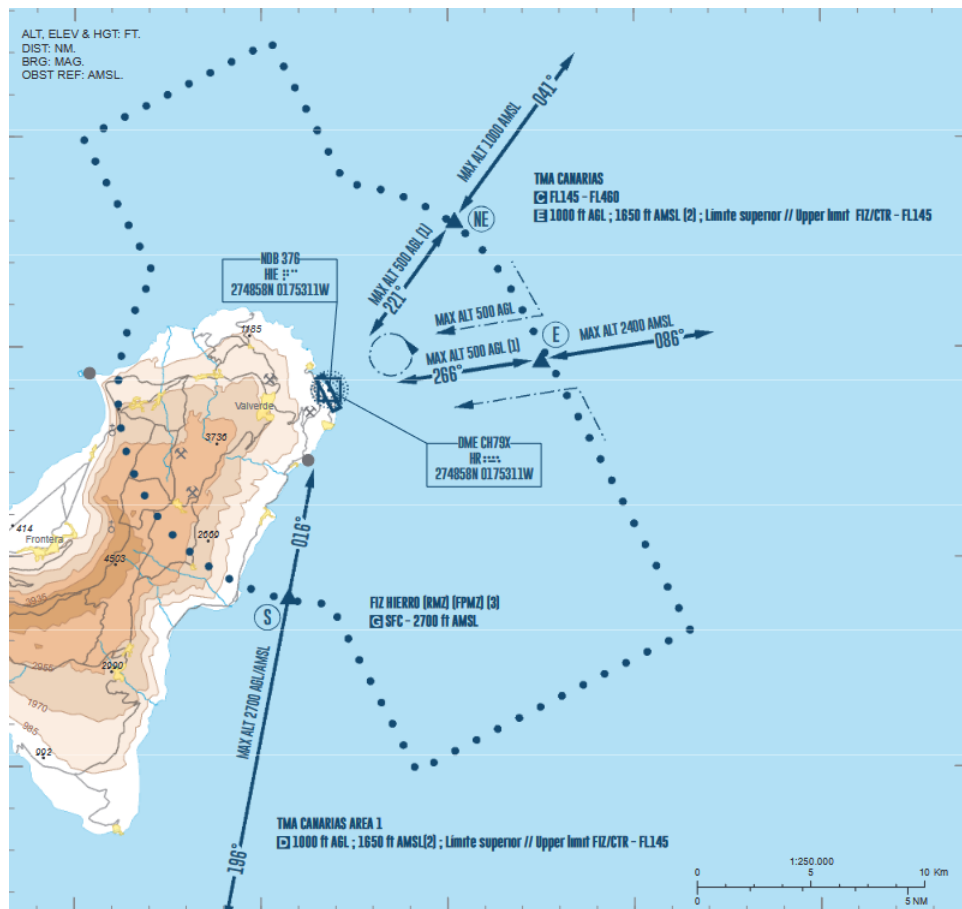


Fig. 8: Carta de aproximación visual los sábados y domingos [1].

- ‘Clase C’ FL145 - FL460 TMA Canarias.
- ‘Clase D’ 1000 ft AGL; 1650 ft AMSL; Límite superior FIZ/CTR - FL145. TMA de Canarias.
- ‘Clase G’ SFC - 2700 ft AMSL el FIZ Hierro.

## 1.5. Flota usuaria

El aeropuerto de El Hierro cuenta con un total de dos destinos/orígenes de sus vuelos actualmente: Gran Canaria y Tenerife Norte. Estos vuelos son operados por cuatro compañías: Canarias Airlines (RSC), Binter Canarias, NAYSA y Canaryfly en el caso de Tenerife Norte como destino. La flota de estas compañías está constituida principalmente por aviones ATR-72 (Figura 9), turbohélices con una capacidad máxima de 78 asientos y un alcance idóneo para pequeños recorridos regionales.

Este mismo modelo es la aeronave máxima permitida en el aeropuerto tal y como se puede

comprobar en el AIP, concretamente en la carta de ‘Datos de aeródromo’ (AD 2-GCHI 1) [1]. Como comprobación se consultan las llegadas reales para los próximos días a El Hierro mediante la herramienta online ‘FlightRadar24’ (Figura 10).



Fig. 9: ATR-72 ‘Teide’ de Binter Canarias (ahora propiedad de NAYSA Servicios) [1].

El Hierro Airport			
VDE / GCHI Elev. 103 ft			
1:02 PM WEST (UTC +01:00)   Apr 16 flightradar24			
Load earlier flights			
ARRIVALS - TUESDAY, APR 16			
3:15 PM	Binter	Tenerife TFN	NT878 AT76
Scheduled			
4:55 PM	Binter	Gran Canaria LPA	NT380 AT76
Scheduled			
5:25 PM	Binter	Tenerife TFN	NT890 AT76
Scheduled			
ARRIVALS - WEDNESDAY, APR 17			
8:35 AM	Binter	Tenerife TFN	NT852 AT76
Scheduled			
10:40 AM	Binter	Tenerife TFN	NT862 AT7
Scheduled			
1:00 PM	Binter	Tenerife TFN	NT870 AT7
Scheduled			
3:15 PM	Binter	Tenerife TFN	NT878 AT7
Scheduled			
4:55 PM	Binter	Gran Canaria LPA	NT380 AT7
Scheduled			
5:25 PM	Binter	Tenerife TFN	NT890 AT7
Scheduled			

Fig. 10: Llegadas para el día 16 y 17 de abril [1].

Este último modelo (ATR 72-600) cuenta con motores Pratt & Whitney PW127M, los cuales ofrecen una mejora termodinámica en el despegue permitiendo mayor rendimiento en aeropuertos con pistas cortas y/o elevadas temperaturas, características que se encuentran en el entorno de las Islas Canarias y gran parte del territorio nacional [8].

A continuación se detallan sus especificaciones generales:

- Capacidad: 68-78 asientos
- Longitud: 27,16 m
- Envergadura: 27,05 m
- Altura: 7,65 m
- Superficie alar: 61 m<sup>2</sup>
- MTOW: 23000 kg
- Potencia: 1846 kW por motor
- Velocidad crucero 510 km/h
- Alcance: 1528 km
- Techo de vuelo: 7600 m (25000 ft)

## 1.6. Futuro del aeropuerto de El Hierro

Las previsiones de tráfico de pasajeros ejecutadas en el apartado 4 de la memoria del Plan Director del Aeropuerto de El Hierro [2], muestran una hipótesis realista de crecimiento de tráfico de pasajeros en el periodo 2000-2020 de un 4,3% anual, el cual se ajusta en gran medida al obtenido por el Instituto Canario de Estadística (ISTAC) [9]. Se muestran los datos en el periodo 2018-2023 en la Tabla 1.

Tráfico de pasajeros totales		
Año	Estimación realista	Real
2018	258097	246538
2019	267645	268405
2020	277455	178042
2021	-	233935
2022	-	273550
2023	-	300980

Tabla 1: Estimación del plan director en el año 2000 y datos reales.  
Fuente ISTAC [9] y Plan Director del Aeropuerto [2].

Con estos datos se procede a consultar la capacidad de la terminal (Figura 11) y campo (Figura 12) siguiendo la aproximación de hipótesis realista contrastada anteriormente.

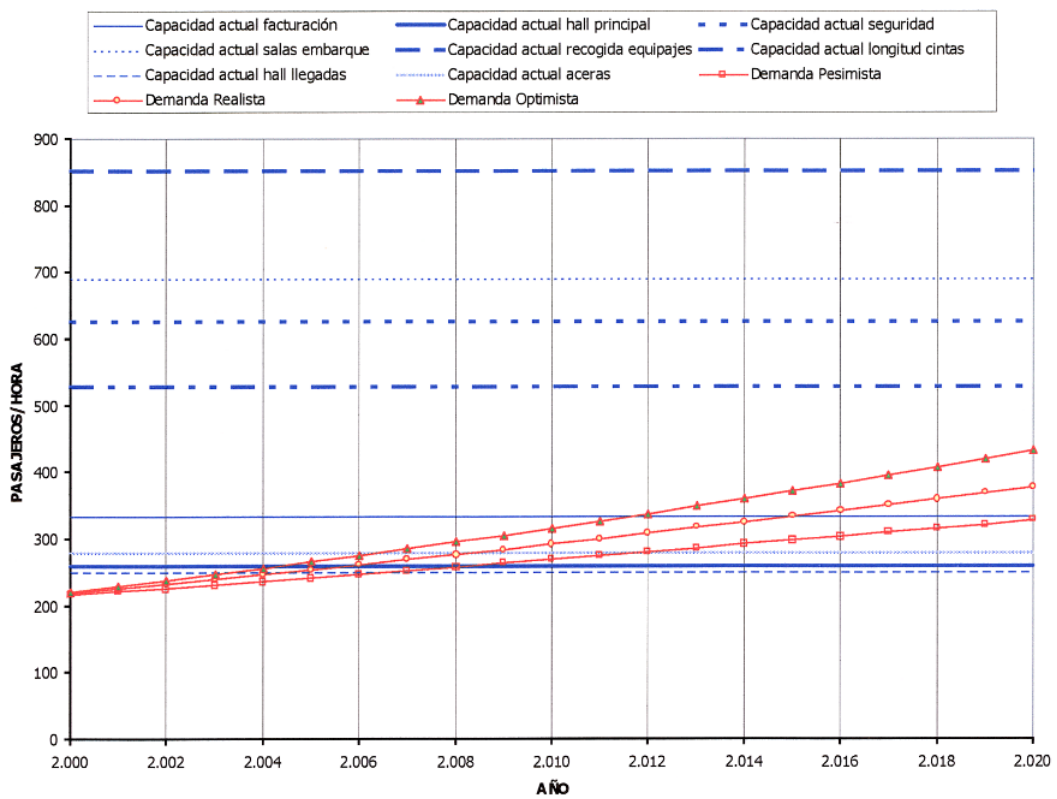


Fig. 11: Comparación pasajeros/hora demanda-capacidad del aeropuerto [2].

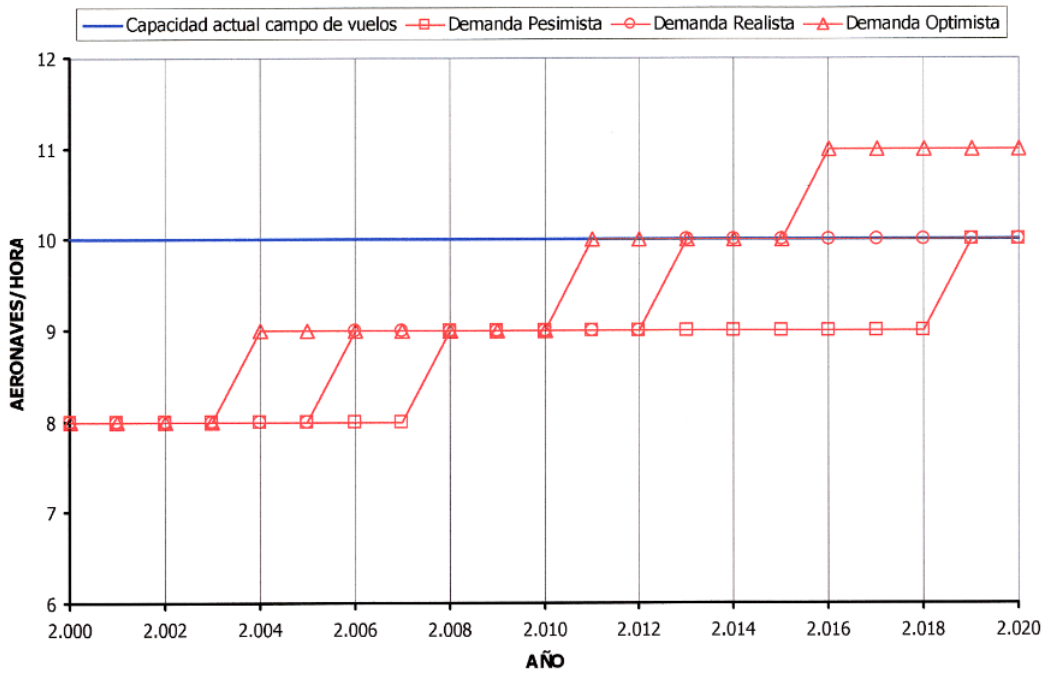


Fig. 12: Comparación aeronaves/hora demanda-capacidad del aeropuerto [2].

Como se puede observar, actualmente se está alcanzando la capacidad máxima del campo de vuelos en cuanto a aeronaves/hora así como las limitaciones de capacidad por pasajeros/hora en el hall principal, zona de facturación, hall de llegadas y otros espacios aeroportuarios.

El estudio realizado en el apartado 6 ‘Desarrollo previsible’ del Plan Director (ver [2]) para una posible ampliación tanto de la terminal como pista, muestra las grandes dificultades tanto para reorientar la pista actual como para ampliarla en cualquier dirección dada la ubicación del aeropuerto.

La alternativa considerada óptima es la de mantener la pista actual modificando únicamente la plataforma y edificios aeroportuarios, en ambos casos creando una nueva terminal simétrica y centrándose en atender la demanda de tráfico de tipo ATR. El máximo desarrollo posible del aeropuerto por esta vía es de 550000 pasajeros/año y de 30000 aeronaves anuales.

Tal y como muestran los datos, el aeropuerto de El Hierro mantiene un crecimiento constante en los últimos años (a excepción de 2020 por la pandemia). A pesar de ser la menor del archipiélago, oferta y demanda de pasajeros y aeronaves en las áreas aeroportuarias están alcanzando un equilibrio por lo que puede ser de gran interés tanto el análisis de una ampliación de las infraestructuras como una optimización de la capacidad operativa actualizando los procedimientos de aproximación ya existentes en lo cual se centrará esta memoria.

## 2. Diseño de aproximaciones a El Hierro

### 2.1. Introducción

#### 2.1.1. Navegación Basada en Prestaciones (PBN)

El avance e implantación de los sistemas GNSS en la aviación junto con sistemas de aumentación es una realidad hoy en día.

La navegación basada en prestaciones agrupa una serie de tipos de navegación con mayor capacidad de la aeronave para navegar basándose en las prestaciones en vez de en sensores tradicionales. Este enfoque supone un avance significativo sobre los métodos de navegación empleados hasta el momento, ofreciendo mayor flexibilidad, precisión, eficiencia y seguridad.

Dentro de los ocho tipos de especificaciones PBN definidos en el manual de la OACI [10], encontramos cuatro de RNP (Required Performance Navigation). Estos procedimientos son RNAV (Area Navigation) con la diferencia de cumplir los requerimientos y de no solo ofrecer la precisión necesaria para las distintas fases de vuelo sino la disponibilidad, continuidad e integridad. Se basa en un conjunto de estándares mínimos que debe cumplir la aeronave para operar en un espacio aéreo o seguir un determinado procedimiento RNAV o RNP con la precisión lateral acompañando al nombre de la especificación en millas náuticas la cual se espera alcance un 95 % del tiempo de vuelo (Figura 13).

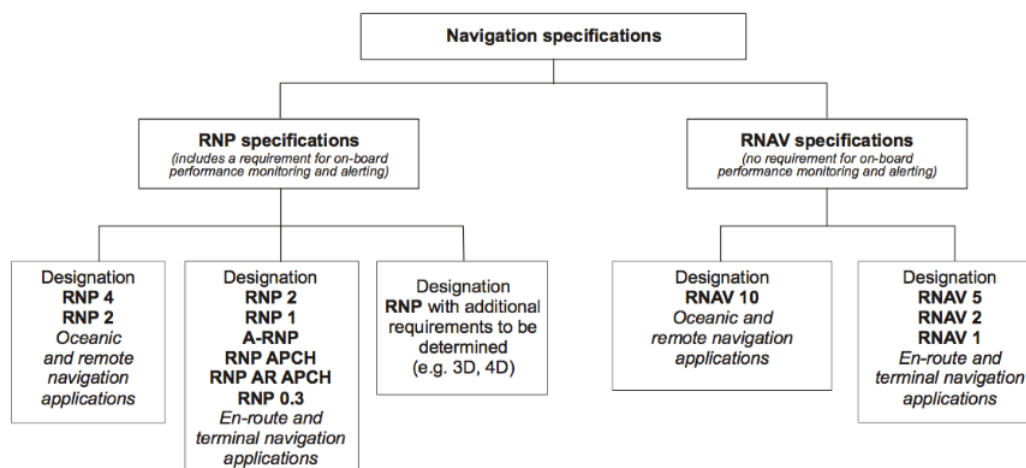


Fig. 13: Especificaciones RNP y RNAV [3].

Los beneficios de la navegación basada en prestaciones son notables en los siguientes campos:

- Seguridad operacional
- Capacidad del espacio aéreo



- Eficiencia en navegación
- Eficiencia del control aéreo
- Reducción del impacto medioambiental
- Accesibilidad en condiciones adversas

### 2.1.2. Sistemas GNSS

El término GNSS (Global Navigation Satellite Systems) hace referencia a los sistemas de navegación que emplean constelaciones de satélites para este fin. Por definición el GNSS tiene una cobertura global y algunos ejemplos actuales son: GALILEO (Europa), GPS (Estados Unidos), GLONASS (Rusia) o BeiDou (China).

Como se ha mencionado anteriormente, los cuatro parámetros de medición del rendimiento los sistemas GNSS son: precisión, integridad, continuidad y disponibilidad. Además, con el objetivo de poder cumplir los requisitos necesarios para la aviación civil en las diferentes etapas de vuelo, los resultados obtenidos pueden mejorar gracias a los sistemas de aumentación como pueden ser el SBAS (Satellite Based Augmentation System, GBAS (Ground Based Augmentation System) o ABAS (Aircraft Based Augmentation System).

Estos sistemas emplean tecnologías para cancelar o minimizar los errores obtenidos por los satélites ya sea mediante constelaciones de satélites, estaciones de referencia terrestres, sistemas propios embarcados en la aeronave o combinación de estos.

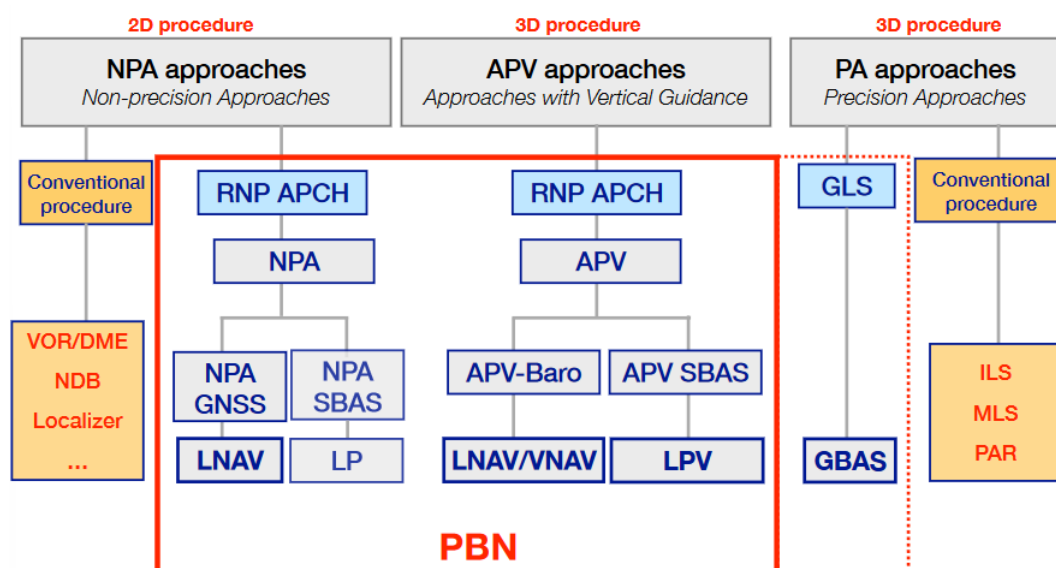


Fig. 14: Clasificación de aproximaciones instrumentales [3].

En el contexto de la isla de El Hierro, la navegación basada en prestaciones ofrece oportunidades significativas para optimizar los procedimientos de aproximación actuales y aumentar

la posible capacidad operativa de la instalación. Este tipo de procedimientos pueden tener en cuenta en mayor modo las características específicas del entorno geográfico y meteorológico de la isla así como consideraciones relacionadas con: ruido, conservación de medio ambiente y fauna local dando lugar a procedimientos de aproximación que maximicen la seguridad y eficiencia minimizando el impacto ambiental respetando la biodiversidad única de El Hierro.

### 2.1.3. Especificación RNP APCH

La especificación PBN denominada RNP APCH incluye los procedimientos de aproximación por instrumentos que emplean RNAV (GNSS). Los documentos empleados para el diseño del procedimiento son los siguientes:

- Doc. 9613 AN/937 ‘Performance Based Navigation Manual’ [10].
- Doc. 8168 OPS/611 ‘Operación de aeronaves, Volumen II, Construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos’ [10].

Dentro de esta clasificación (Figura 14), encontramos aproximaciones de precisión (con guiado vertical) o de no precisión (con únicamente guiado lateral). De principal interés para el trabajo actual son las aproximaciones LPV y LNAV. Se detallan a continuación las principales características de cada una.

- LNAV (NPA GNSS): Este tipo de aproximación de no precisión cuenta únicamente con navegación lateral básica GNSS y emplea el sistema RAIM para detectar errores en la señal satélite obtenida gracias a la comparación con al menos otros cinco satélites visibles.
- LPV (APV SBAS): Este tipo de aproximación proporciona navegación lateral y vertical gracias al sistema de aumentación SBAS. Emplea el sistema SBAS y RAIM FDE para comprobar errores en los datos recibidos. Consta de un diseño propio de tramo de aproximación final.

### 2.1.4. Fases de una aproximación

Cualquier procedimiento de aproximación por instrumentos consta de hasta cinco etapas o tramos independientes. Por orden llegada los tramos son: llegada, inicial, intermedio, final y frustrada. La denominación de los puntos de referencia, tal y como se observa a continuación, se hace de acuerdo al tramo en el que se encuentran. Los principales son: IAF (Initial Approach Fix), IF (Intermediate Fix), FAF/FAP (Final Approach Fix) y MAPt (Missing Approach Point) (Figura 15).

Siendo una fase de vuelo crítica por su proximidad al terreno, la aproximación además se caracteriza por la ejecución de procedimientos y maniobras complejas por parte de los pilotos de las aeronaves en un breve periodo de tiempo.

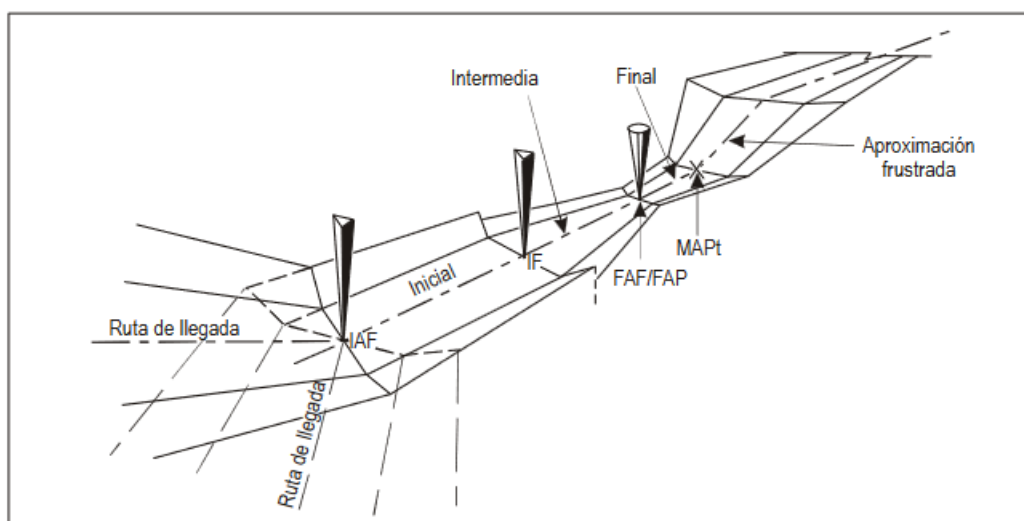


Fig. 15: Tramo de aproximación por instrumentos (Figura I-4-1-1 [4]).

### 2.1.5. Tramo de llegada

El tramo de llegada por instrumentos se diseñará si es necesario establecer rutas de llegada desde la estructura de en ruta hasta el punto de aproximación inicial (IAF) y además aportan ventajas operacionales. Estos tramos se denominan rutas de llegadas normalizadas por instrumentos (STAR).

El diseño del área depende principalmente de su longitud (mayores/menores de 46 km) y tiene un margen de franqueamiento de obstáculos (MOC) de 300 m.

### 2.1.6. Tramo de aproximación inicial

La aproximación inicial comienza en el IAF siendo el primer punto de la aproximación a un aeropuerto y finaliza en el IF, donde de forma general la aeronave se encontrará alineada con la pista. El margen de franqueamiento de obstáculos es de 300 m en el área primaria con una pendiente óptima de 4% y máxima de 8% (para Cat H hasta 13,2%).

Además, cabe destacar la utilización de procedimientos de inversión y/o hipódromo en esta etapa de aproximación los cuales se incluyen en el tramo inicial hasta que la aeronave se encuentra alineada con el tramo intermedio.

### 2.1.7. Tramo de aproximación intermedia

El tramo de aproximación intermedia comienza en el IF y termina en el FAF llevando a cabo una transición entre tramos donde se realizan los ajustes necesarios para aproximar la aeronave al aeropuerto y alinearla con la pista. Es posible que el inicio del tramo intermedio

también comience una vez finalizado un procedimiento de derrota de navegación a estima o los procedimientos de inversión/hipódromo ya comentados.

Dada la finalidad de este tramo en la aproximación, la pendiente de descenso debería ser horizontal o con una sección horizontal al menos. En caso de que el descenso sea necesario se autoriza hasta un máximo de un 5,2% ( $3^\circ$ ) siendo necesario un tramo horizontal con longitud mínima de 2,8 km (Cat C y D) o 1,9 km (Cat. A y B) antes del FAF. La longitud óptima del tramo es de 9,3 km y con un máximo de 28 km.

El margen de franqueamiento de obstáculos (MOC) en esta fase es de 150 m en el área primaria reduciéndose a 0 en las áreas secundarias.

### 2.1.8. Tramo de aproximación final

El tramo de aproximación final comienza en el FAF guiándolo de esta forma la aeronave en su última parte del descenso, alineándola con la pista y finalizando en el MAPt donde comenzará la aproximación frustrada.

La longitud óptima es de 9,3 km y mínima de 5,6 km. La pendiente óptima es del 5,2% ( $3^\circ$ )

La protección del tramo se realizará mediante la definición de OAS o OCA/H, en este último caso el MOC es de 75 m.

### 2.1.9. Tramo de aproximación frustrada

Por último se encuentra el tramo de aproximación frustrada, necesario para cada aproximación por instrumentos y que comenzará una vez el piloto de la aeronave decida frustrar el aterrizaje.

Este comienza en el MAPt (procedimientos NPA) o DA/H (PA o en procedimientos APV) y termina a una altitud suficiente para iniciar una nueva aproximación, volver a un circuito de espera o reanudar otro vuelo en ruta. En el caso de aproximación APV el tramo inicial queda cubierto por las OAS y finaliza en el SOC.

Este tramo consta de tres fases (Figura 16):

- Fase inicial: tramo recto desde el MAPt hasta el SOC donde la aeronave ajusta la configuración para 'motor y al aire'. La pendiente es horizontal y el MOC es el mismo que en el tramo de aproximación final.
- Fase intermedia: tramo desde el SOC hasta el primer punto que se alcanza y mantienen 50 m de franqueamiento de obstáculos. La pendiente de ascenso es de 2,5% y MOC de 30 m.
- Fase final: el último tramo comienza en el punto donde se mantienen 50 m de franqueamiento de obstáculos y finaliza en el punto donde comenzará un nuevo procedimiento ya

sea de aproximación, hipódromo o retorno a un vuelo en ruta. La pendiente de ascenso es la misma que en la fase intermedia de aproximación frustrada y el MOC es de 50 m.

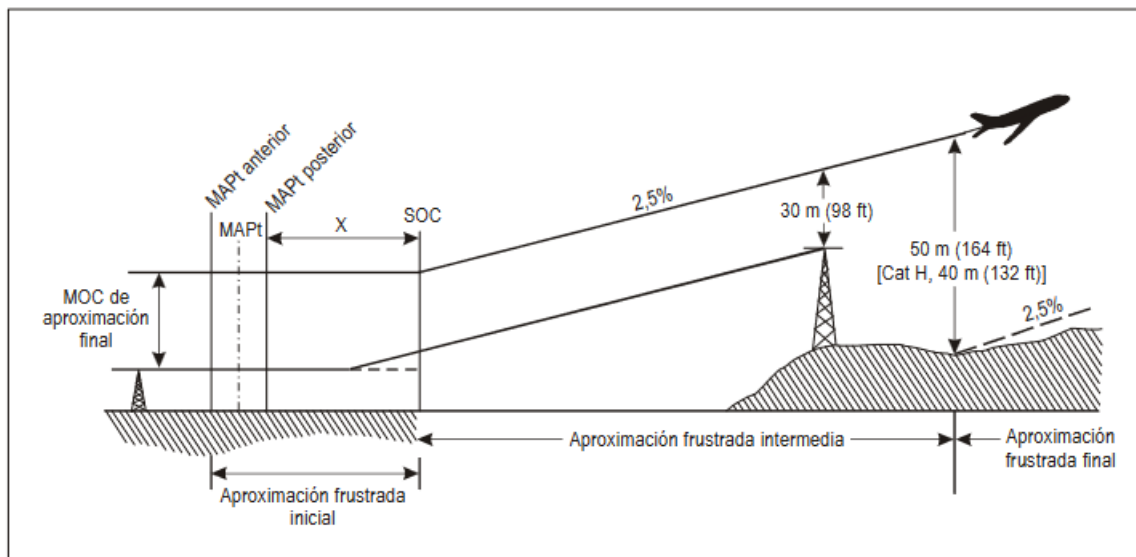


Fig. 16: Tramo de aproximación frustrada por instrumentos. [4].

## 2.2. Aproximación LPV (APV-I SBAS)

En este apartado se detalla el diseño de la aproximación LPV (APV-I SBAS) propuesta para el aeropuerto de El Hierro a las pistas 34 y 16 con el ATR72 como aeronave de referencia.

### 2.2.1. Cobertura GNSS SBAS

Se realiza previamente al cálculo del procedimiento, la comprobación de cobertura GNSS SBAS para aproximaciones APV-I en el área de Canarias y en concreto, la isla de El Hierro, accediendo a los datos de cobertura de EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service).

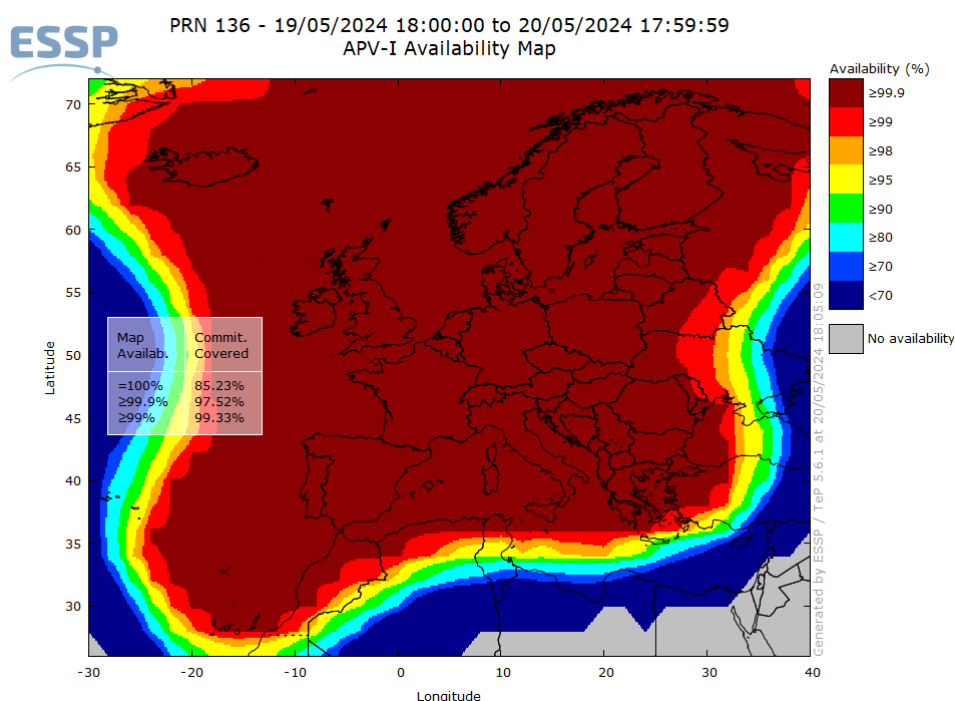


Fig. 17: Disponibilidad últimas 24 horas sistema EGNOS APV-I (19/05/2024) [4].

Tal y como se comprueba en la Figura 17 la isla cuenta con cobertura SBAS pero se sitúa en el borde del área a fecha del desarrollo de esta memoria.

### 2.2.2. Cálculo de VSS

En primer lugar se realiza la protección respecto a obstáculos en el tramo visual. Para ello se definen las superficies de tramo visual (VSS) de acuerdo con la Parte I - Sección 4, Capítulo 5,4 [4].

En el caso de aproximación APV-I la VSS se define con una anchura en base igual a la

superficie interna de aproximación (tal y como se define en el Anexo 14), comenzando 60 metros antes del umbral y extendiéndose siguiendo el eje de pista hasta la OCH con una pendiente de  $1,12^\circ$  menos de la promulgada (Figura 18).

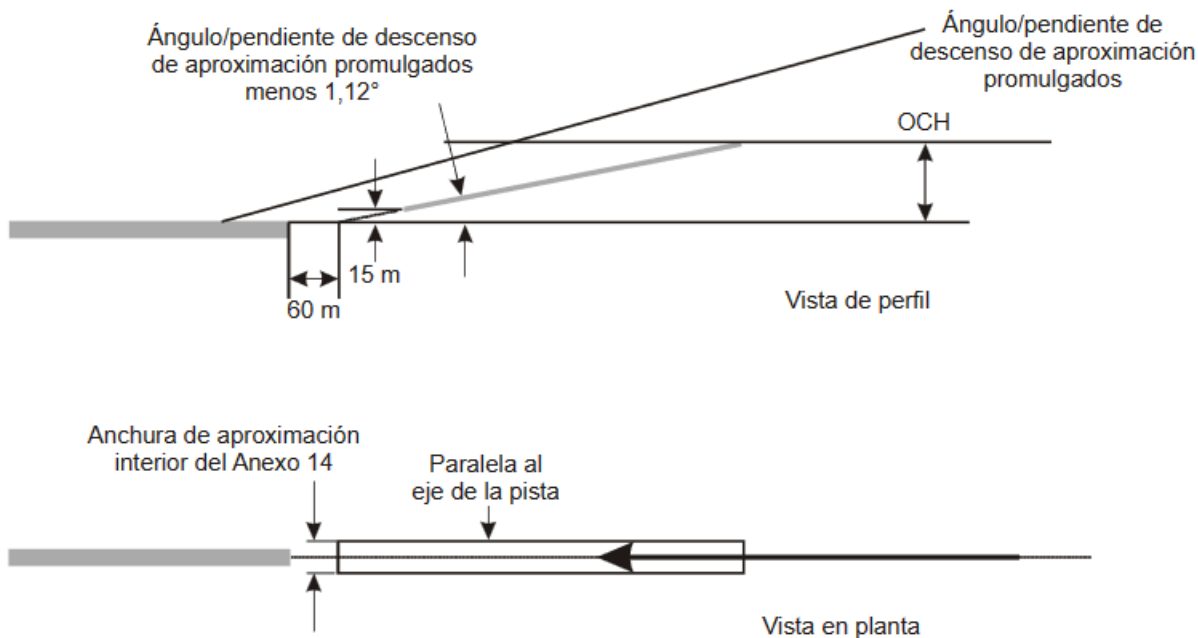


Fig. 18: Superficie de tramo visual alineada con eje de pista para procedimiento con localizador o guía lateral equivalente a localizador [4].

La construcción de las superficies se ha realizado suponiendo una pendiente de descenso de  $3^\circ$ , el ángulo óptimo para este tipo de aproximación en el tramo final. Los resultados obtenidos para la pista 34 y 16 respectivamente se muestran a continuación.

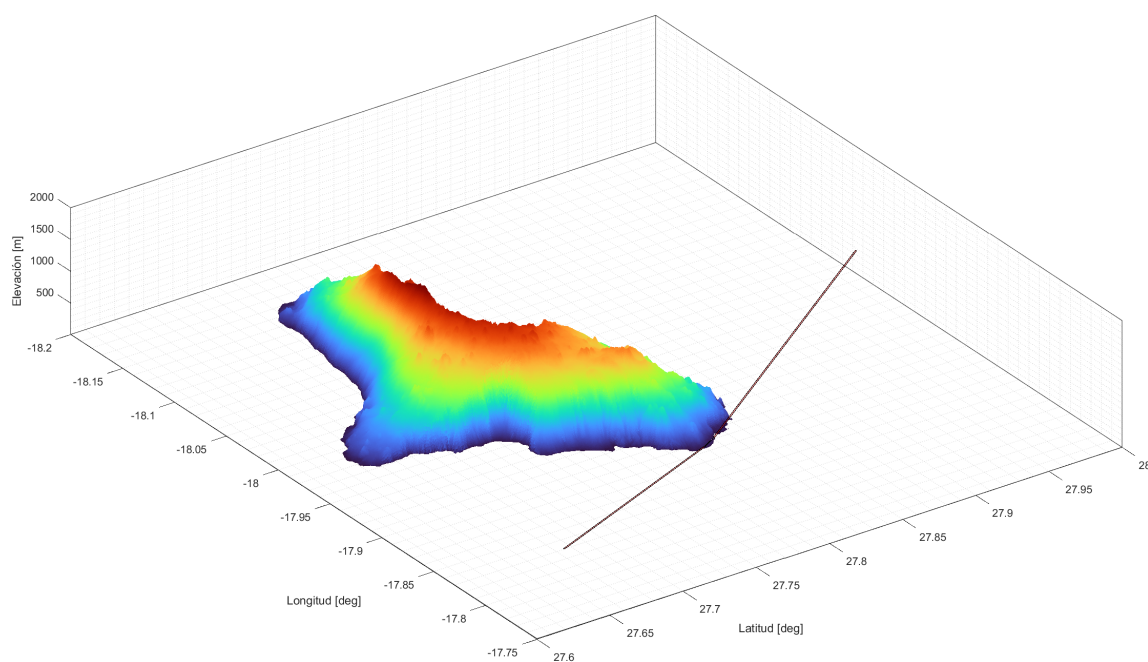


Fig. 19: VSS para aproximación APV-I en las pista 34 y 16 GCHI.

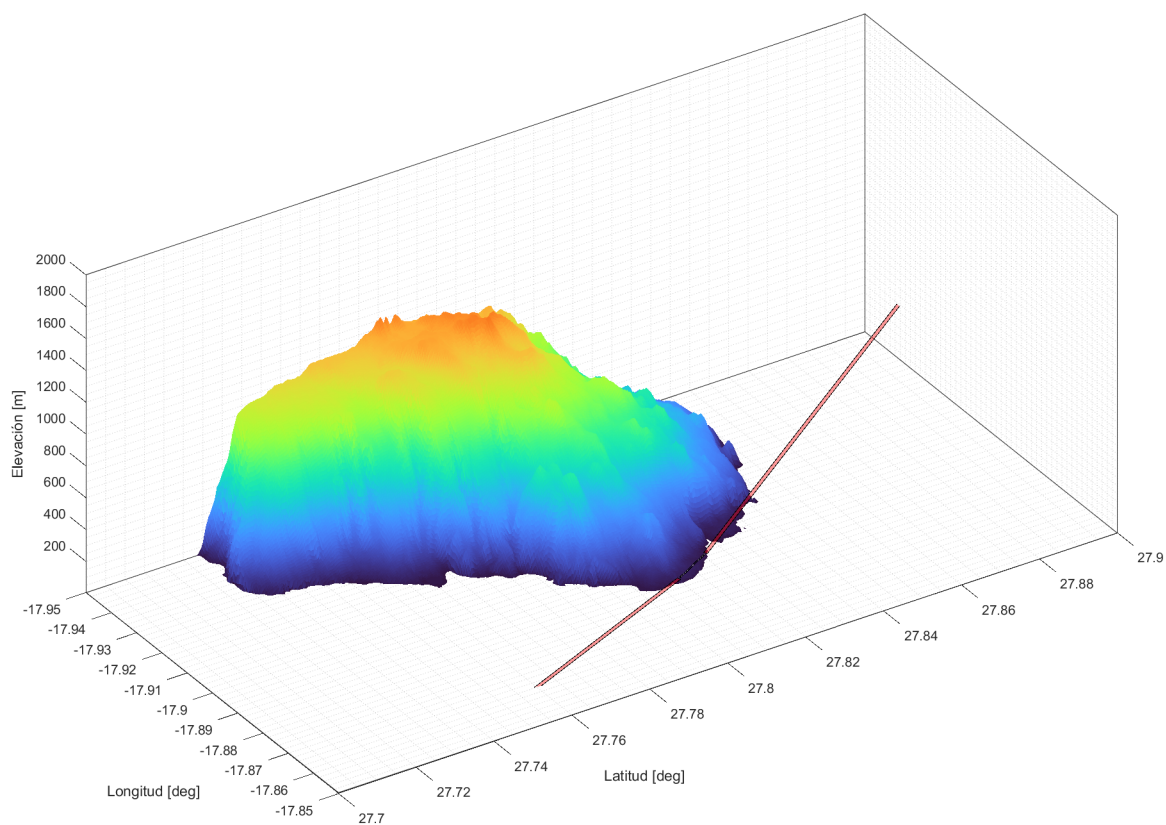


Fig. 20: VSS APV-I con vista ampliada sobre el aeropuerto.

Se comprueba así, como la superficie de tramo visual para ambas pistas con una pendiente



óptima no queda penetrada por ningún obstáculo.

### 2.2.3. OAS tramo APV

Se comienza con la construcción del procedimiento en su sección más limitante en la ubicación a estudio, la fase de vuelo más próxima a la isla. Se han realizado las superficies de evaluación de obstáculos para este tipo de aproximación de precisión (OAS APV SBAS). Estas superficies están definidas a través de parámetros geométricos de la aproximación así como la categoría de la aeronave, constan de siete superficies planas con distintas pendientes dispuestas alrededor de la derrota del tramo APV.

Para la construcción se ha empleado el soporte lógico de OAS de los PANS-OPS. [5].

Estos son los parámetros introducidos para la aproximación a la pista 16:

The screenshot shows the PANS-OPS\_OAS software interface with the following data:

**NAVIGATION AID DATA**

- Approach Category: APV 1
- GPVPA (\*): 3
- RDH: 15 m
- LOC THR Dist <sup>(1)</sup>: 3000 m
- Course width at THR: 210 m

**AIRCRAFT DATA**

- M/APP CG (%): 2.5
- CAT: B
- STD:
- Wing Semi Span: 30 m
- GP Wheel / Antenna height: 6 m

**OAS constants**

	A	B	C		A	B	C
W	0.028500	0.000000	-8.01	Y	0.023948	0.210054	-59.51
W	0.039290	0.000000	-38.75	Z	-0.025000	0.000000	-40.63
X	0.027681	0.182500	-54.72				

**OAS Template coordinates -m (metres)**

THR Elevation			Upper coordinates			
	X	Y		X	Y	Z
C	986	150	C*	10807	304	300
D	439	233	C**	2849	268	73
E	-1625	468	D*	6163	1008	300
			E*	-7561	1852	148

**OAS height calculator**

X:  m    Y:  m    Z:  0 m

(1) For MLS read: "Azimuth antenna to THR distance"; for GBAS/APV read: "GARP-LTP distance".

Fig. 21: Parámetros soporte lógico OAS PANS-OPS pista 16 [5].

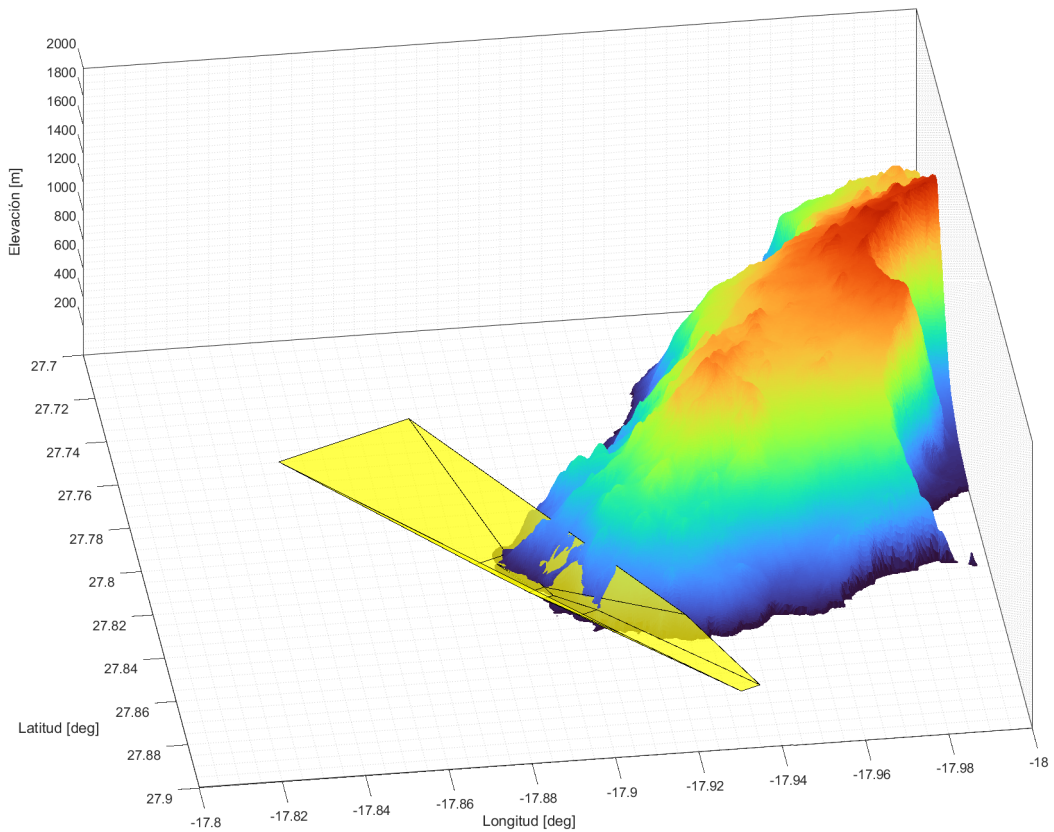


Fig. 22: Superficies OAS APV I pista 16 GCHI.

A través de la representación sobre el raster de elevación se obtiene el obstáculo determinante el que penetra en las OAS a 440,6 metros de altitud (Figura 22).

Estos son los parámetros introducidos para la aproximación a la pista 34:

**NAVIGATION AID DATA**

Approach Category: APV I  
 GPVPA (°): 3,5  
 RDH: 15 m  
 LOC THR Dist<sup>(1)</sup>: 3000 m  
 Course width at THR: 210 m

**AIRCRAFT DATA**

M/App CG (%): 2,5  
 CAT: B  
 STD:   
 Wing Semi Span: 30 m  
 GP Wheel / Antenna height: 6 m

**OAS constants**

	A	B	C		A	B	C
W	0,033100	0,000000	-6,45	Y	0,029377	0,237557	-62,87
W	0,045847	0,000000	-38,76	Z	-0,025000	0,000000	-38,03
X	0,032556	0,213800	-58,89				

**OAS Template coordinates -m (metres)**

THR Elevation			Upper coordinates			
	X	Y	X	Y	Z	
C	845	146	C*	9258	268	300
D	376	218	C**	2534	251	77
E	-1521	452	D*	5281	874	300
			E*	-7633	1852	152

**OAS height calculator**

X:  m    Y:  m    Z:  0 m

(1) For MLS read: "Azimuth antenna to THR distance"; for GBAS/APV read: "GARP-LTP distance".

Fig. 23: Parámetros soporte lógico OAS PANS-OPS pista 34 [5].

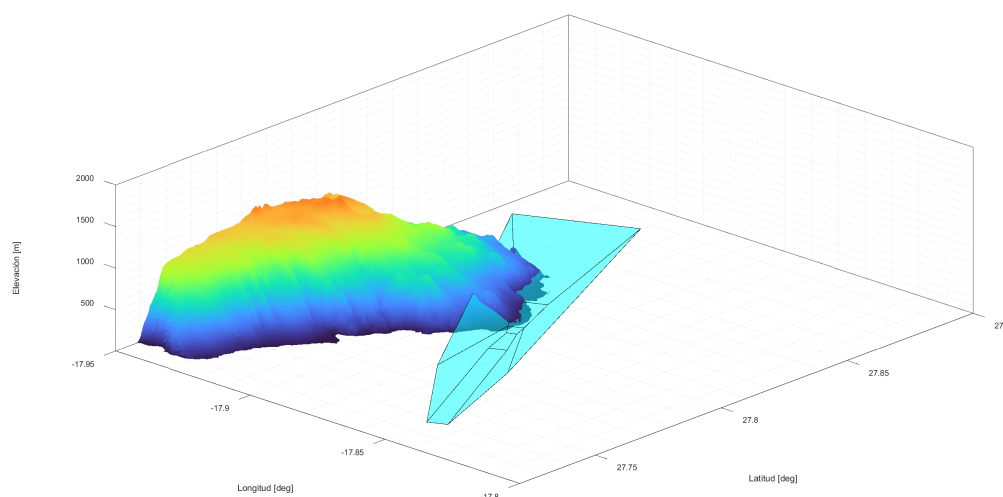


Fig. 24: Superficies OAS APV I pista 34 GCHI.

A través de la representación sobre el raster de elevación se obtiene el obstáculo determinante el que penetra en las OAS se encuentra a 456,3 metros de altitud (Figura 24).

#### 2.2.4. Conclusiones

Como se puede observar, las superficies OAS quedan penetradas por obstáculos siendo los más determinantes los mencionados anteriormente. Dado que las superficies VSS quedan libres de obstáculos si que sería posible ajustar la OCA/H pertinente para el procedimiento a través de los valores OCA/H y mínimos de franqueamiento de obstáculos.

Para el caso concreto a estudio en esta memoria, la aplicación de una aproximación LPV (APV-I) sí que sería posible pero esta no aportaría ventajas operacionales y en seguridad significativas a causa de los obstáculos tan elevados que penetran en las superficies OAS. Finalmente, la aproximación LPV al aeropuerto de El Hierro no se considera una alternativa óptima y por tanto no se continuará su desarrollo en esta memoria.

## 2.3. Aproximación LNAV (NPA GNSS)

En este apartado se detalla el diseño de la aproximación LNAV con especificación RNP APCH al aeropuerto de El Hierro a sus pistas 34 y 16 con el ATR72 como aeronave de referencia. Esta propuesta alternativa se trata de una aproximación PBN de no precisión con guiado lateral la cual emplea sistemas GNSS básicos para ello.

### 2.3.1. VSS y pendiente de descenso

Se comienza con la obtención de las superficies VSS para la aproximación LNAV a ambas pistas. Estas se realizan de acuerdo al Doc. 8168 (ver [4], Parte I - Sección 4, Capítulo 5.4). Para este tipo de aproximación de no precisión se procede de forma análoga al ya realizado para la aproximación LPV con algunas modificaciones. La anchura de base es igual a la anchura de la franja de pista, comenzando a 60 metros del umbral y ensanchándose un 15% a cada lado hasta la OCH. La pendiente escogida es de 3°, óptima para el tramo final de aproximación.

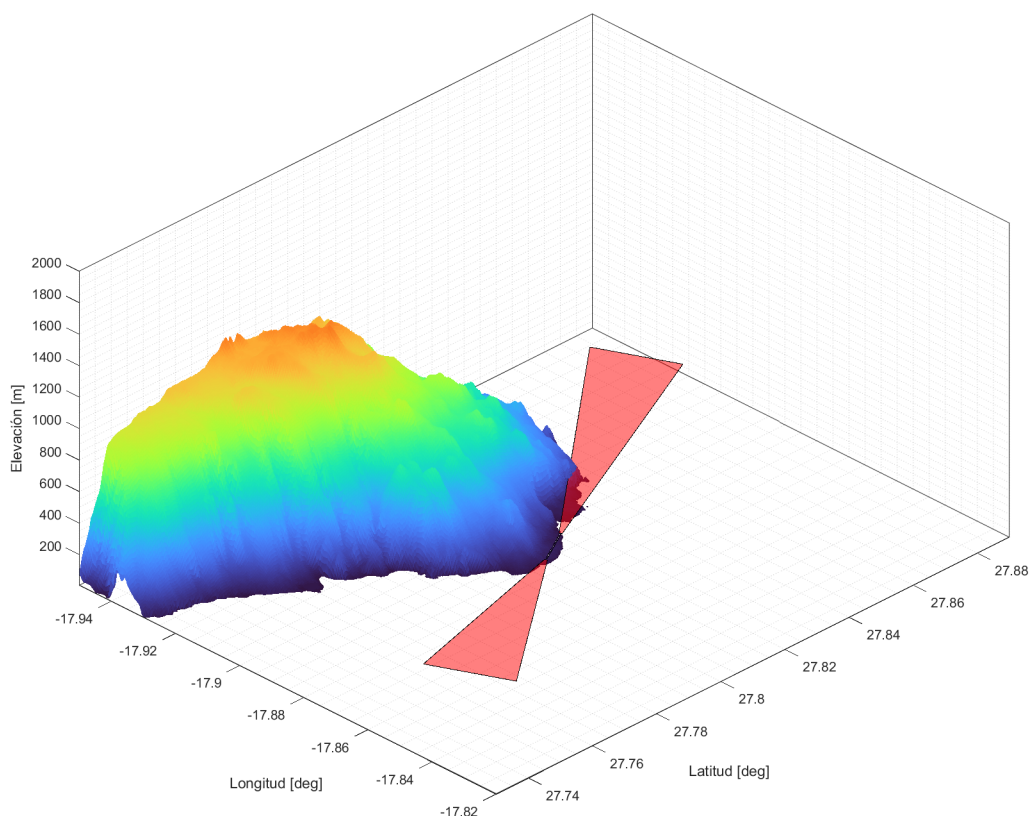


Fig. 25: VSS para aproximación APV I en las pista 34 y 16 GCHI con 3° de pendiente.

Una vez representadas las VSS se comprueba como un obstáculo del terreno penetra en la correspondiente a la pista 16. Se establece una pendiente de descenso necesaria de 4,2° completando así la protección de las superficies VSS (Figura 26).

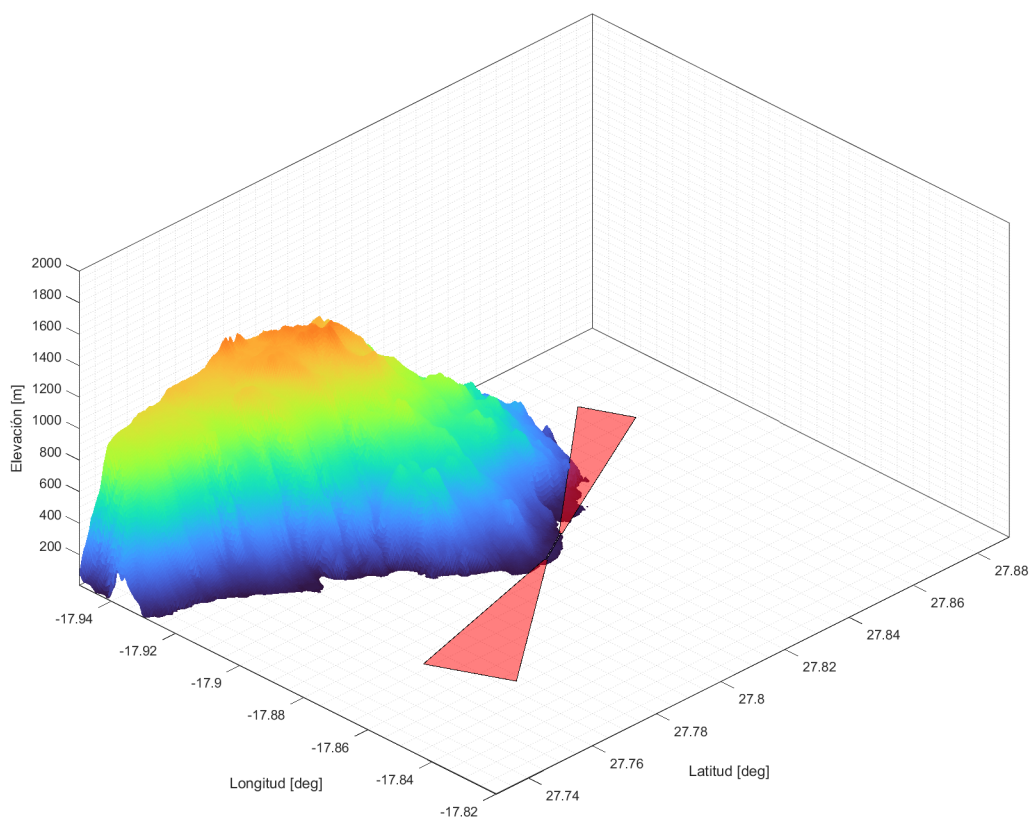


Fig. 26: VSS para aproximación APV I en las pista 34 y 16 GCHI con 3° y 4,2° de pendiente, respectivamente.

### 2.3.2. Tramo aproximación final

El tramo de aproximación final se construye de forma conjunta con el de aproximación frustrada al ser ambos los tramos críticos en la aproximación a El Hierro.

Para ello se ha establecido una longitud óptima del tramo de aproximación final tanto para la pista 34 y 16 de 9,3 km con ambos tramos alineados con el eje de pista de acuerdo al Doc. 8168 (ver [4], Parte III — Sección 2, Capítulo 3). La anchura del área queda determinada según el valor del ATT en la Figura 27 (ver [4], Parte III - Sección 1, Capítulo 2). El margen mínimo para franqueamiento de obstáculos es de 75 m en el área primaria, disminuyendo hasta 0 en las áreas secundarias.

<i>IF/LAF/aproximación frustrada (&lt;56 km del ARP)</i>			<i>FAF</i>			<i>MAPt/aproximación frustrada inicial en línea recta (LP/LPV solamente)</i>			<i>Aproximación frustrada (&lt;28 km del ARP)</i>		
<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>	<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>	<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>	<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>
1 852	1 482	4 630	556	444	2 685	556	444	1 759	1 852	1 482	3 704

Fig. 27: XTT, ATT y semianchura del área para RNP APCH (aviones) en las fases de vuelo de aproximación inicial/intermedia/final y de aproximación frustrada (m) [4].

La posición del MAPt nominal se representa inicialmente de forma ideal sobre la cabecera de ambas pistas. Dados los obstáculos próximos al aeropuerto, los cuales penetran en la superficie de tramo final, así como posteriores, es necesario el retrasar la posición de este punto de referencia así como incrementar su altitud con tal de cumplir el franqueamiento de obstáculos. Se obtienen valores obtenidos para la posición del MAPt y su representación para la aproximación LNAV en las pistas 34 y 16 (Figura 28)).

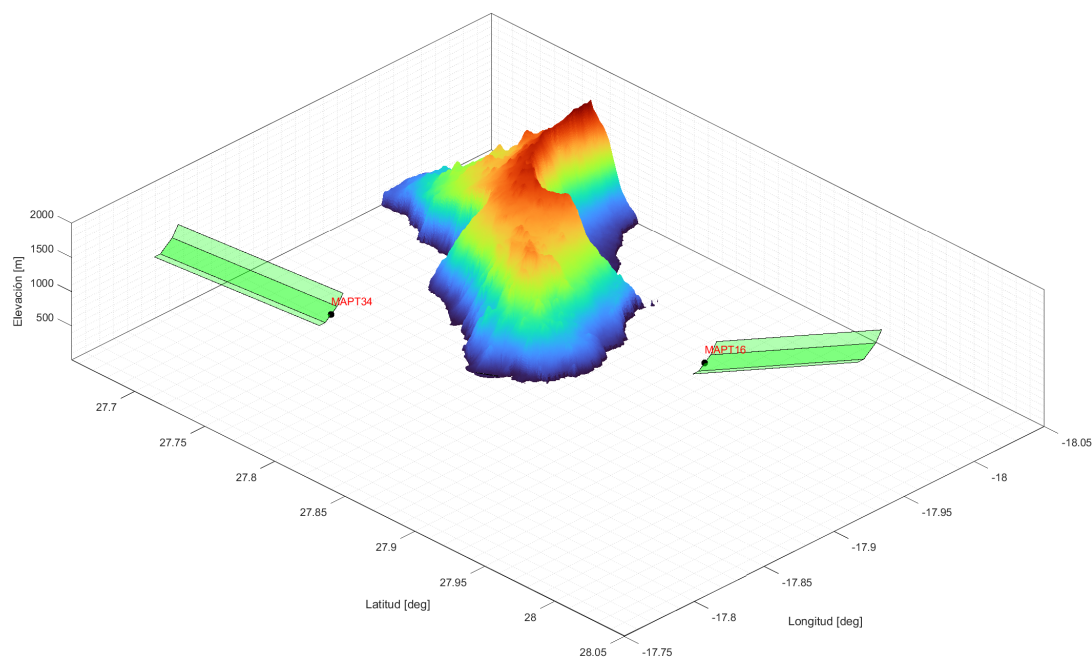


Fig. 28: Representación tramo final y MAPt nominal para aproximación LNAV pista 16 y 34.

La posición del MAPt nominal respecto el umbral de las pistas 34 y 16 es de 8170,4 m y 1163,3 m de separación horizontal y a 600 pies y 610 pies de altitud respectivamente. Este tramo cuenta con una pendiente de descenso de  $3^\circ$  y  $4,2^\circ$  respectivamente. A partir de este punto, dado que se trata de una aproximación de no precisión comenzará el tramo de aproximación frustrada.

### 2.3.3. Tramo aproximación frustrada

El diseño de la aproximación frustrada en todos sus tramos atiende a las indicaciones del Doc.8168 (Ver [4], Parte III - Sección 3, Capítulo 3.2). La anchura del área de aproximación frustrada viene dada por la Figura 27, además a partir del MAPt existe un incremento de  $15^\circ$  a cada lado de la derrota de aproximación hasta alcanzar el SOC (Figura 29).

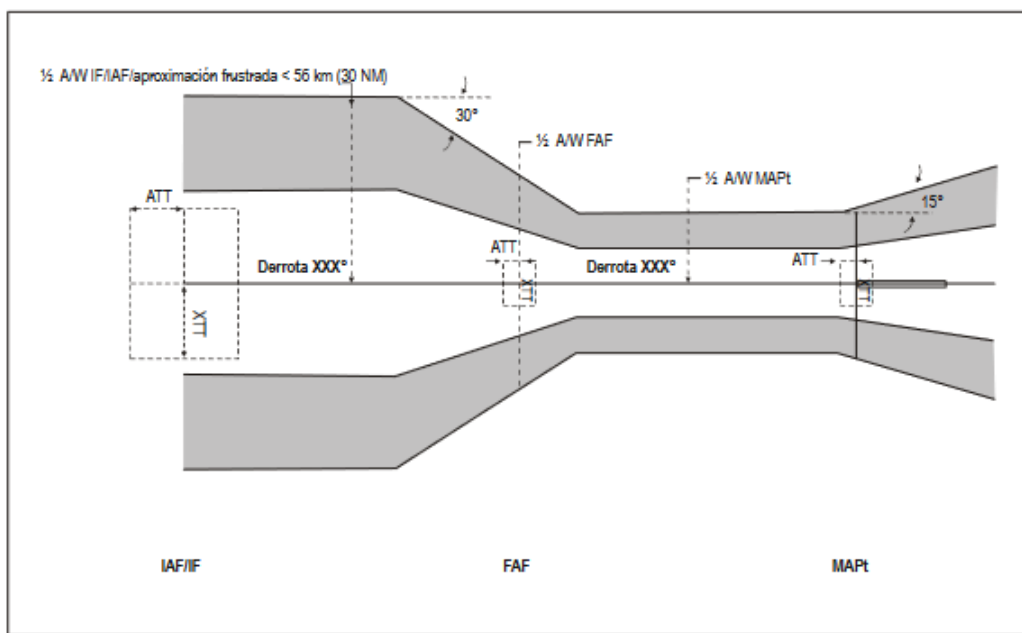


Fig. 29: Áreas RNP APCH. Figura III-3-3-2 [4].

El SOC o punto de comienzo del ascenso se determina una vez establecido el MAPt como un punto de referencia en el procedimiento de aproximación. En el Doc. 8168 (Parte I - Sección 4, Capítulo 6, ‘Criterios generales en el tramo de aproximación frustrada’), se presentan varios métodos de cálculo.

Por su aplicación y objetivo del presente proyecto se ha optado por el método simplificado para la determinación del SOC. Este método proporciona una estimación para altitudes de hasta 4000 metros (dentro del rango de operación) y queda determinado por la distancia FAF al MAPt (nominal) más la distancia de transición.

Para realizar el cálculo propuesto se debe acudir a la Tabla I-4-6-2 [4], donde se define la distancia de transición según tipo de aeronave. En el caso de el ATR72 tipo B y dado que se ha establecido una longitud óptima del tramo final, los valores obtenidos son iguales para ambas pistas.

$$D_{FAF \rightarrow MAPt} = 9300 \text{ m}$$

$$X_{Transicion} = \text{máx}(0,0681 \cdot D_{FAF \rightarrow MAPt} + 3352, 0,3246 \cdot D_{FAF \rightarrow MAPt} + 1653)$$

$$X_{SOC16} = X_{SOC34} = 4671,78 \text{ m}$$

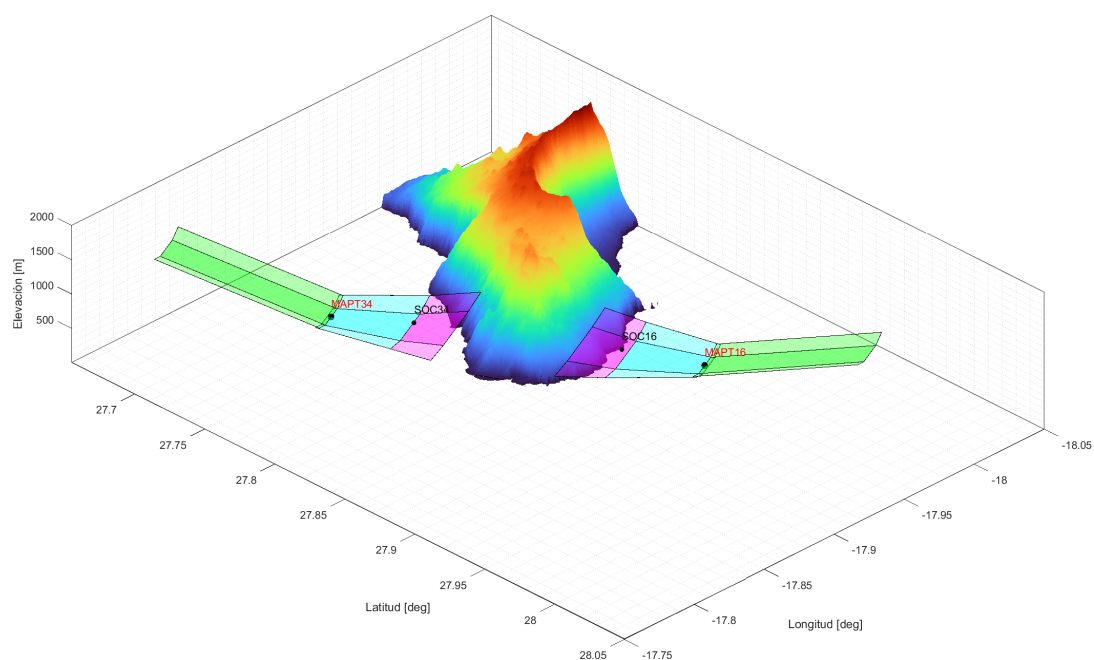


Fig. 30: Tramo final y frustrada inicial e intermedia para las pistas 16 y 34. Aproximación LNAV.

Para el tramo final de frustrada, el más crítico en cuanto a la protección contra obstáculos se refiere, se ha aplicado un viraje de  $15^\circ$  a la derrota en dirección este con el objetivo de evitar la formación montañosa próxima al campo (Figuras 31 y 32). Al tratarse de un viraje de  $15^\circ$  o inferior aplican los criterios de aproximación frustrada en línea recta mostrados en el Doc.8168 (ver [4], Parte I - Sección 4, Capítulo 6.6).

Se aplica un margen mínimo para franqueamiento de obstáculos (MOC) de 50 metros en el tramo final de frustrada.



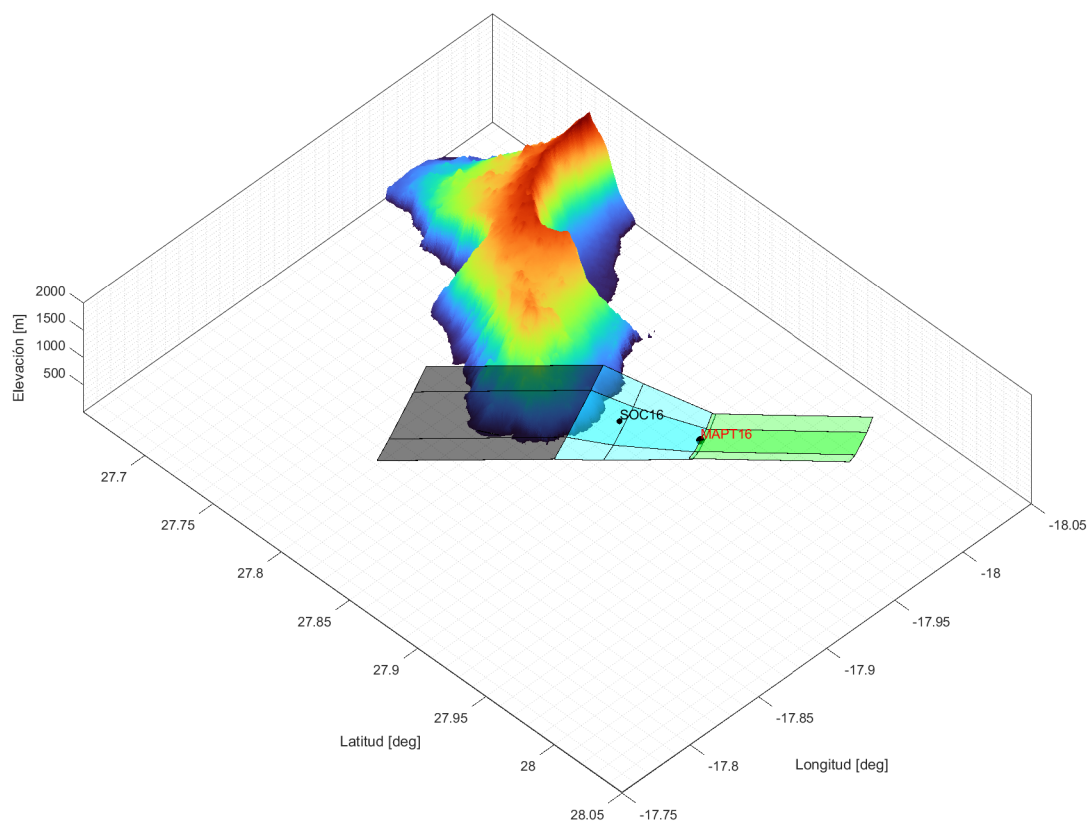


Fig. 31: Aproximación LNAV tramos final y frustrada pista 16.

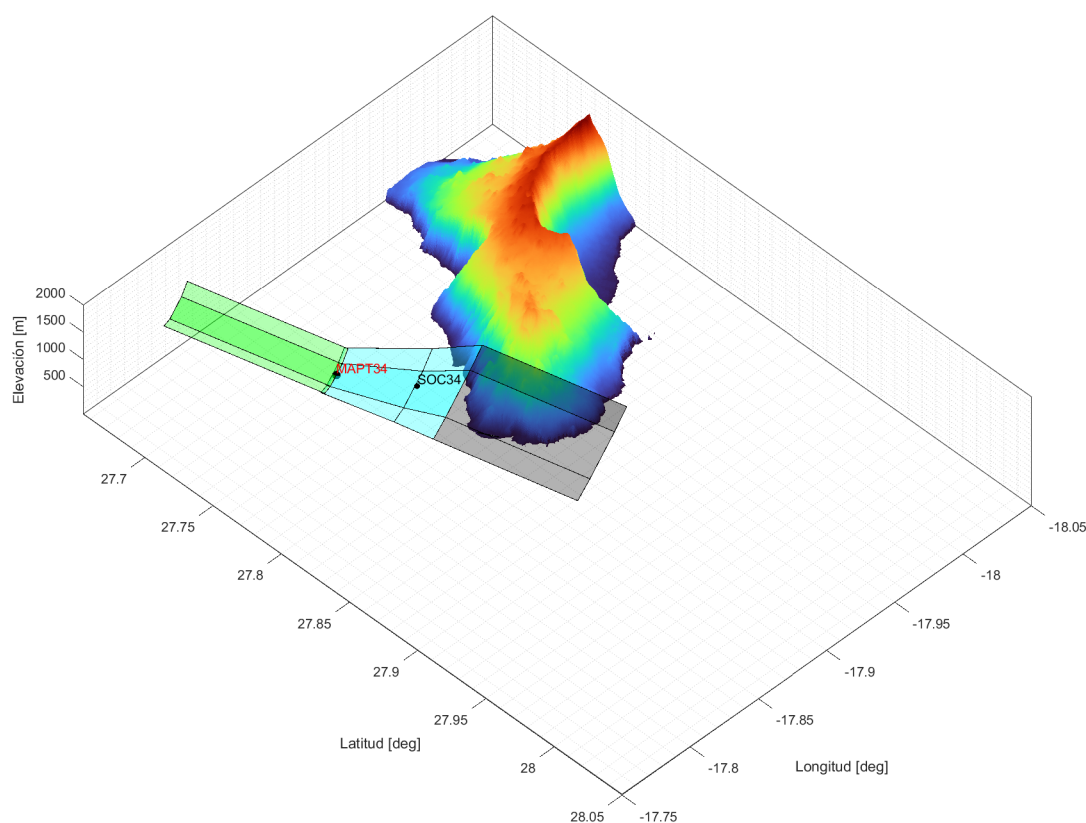


Fig. 32: Aproximación LNAV tramos final y frustrada pista 34.

#### 2.3.4. Tramo intermedio

El diseño del tramo intermedio de aproximación se hace seguidamente al tramo final de forma alineada con la pista.

El tramo se diseña con la longitud óptima para el tipo de aproximación, siendo de 9,3 km y una semianchura de 4630 metros en el punto IF (Figura 27). El MOC en el tramo es de 150 metros en el área principal. La confluencia del tramo intermedio con el final se realiza de acuerdo al Doc.8168 (ver [4], Parte III, Sección 1, Capítulo 1, 5.4) (Figuras 34 y 35).

‘Para llegadas y aproximaciones, la anchura del área se define, en el punto donde la fase de vuelo y/o la XTT cambia, usando el valor intermedio para la fase precedente y el valor XTT para la fase subsiguiente. Cuando la anchura del área del tramo subsiguiente es menor que la anchura del área del tramo precedente, la confluencia se logra usando una línea a 30° de la derrota nominal apoyada en la anchura del área en el punto de cambio (p. ej., IF y FAF).’

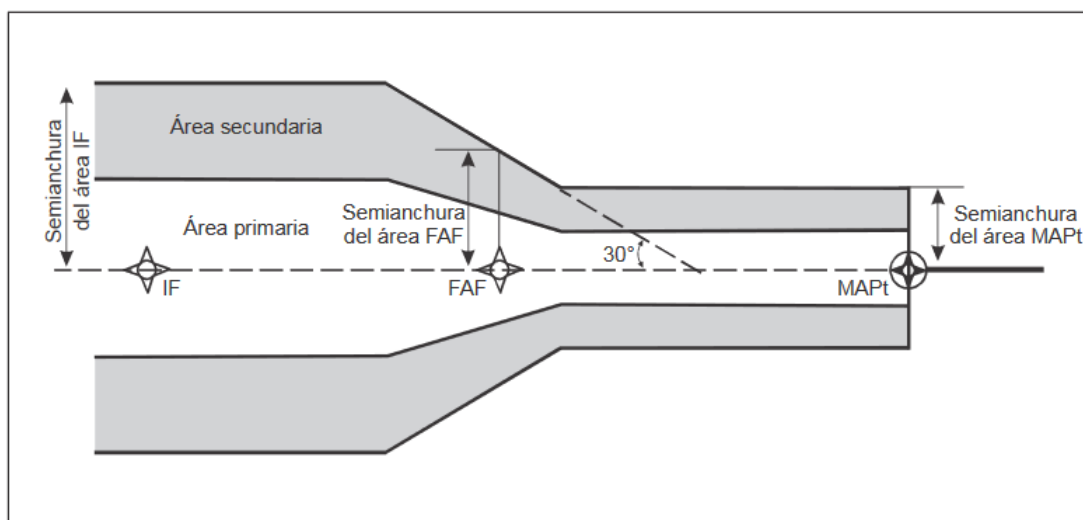


Fig. 33: Confluencia de áreas en el FAF [4].

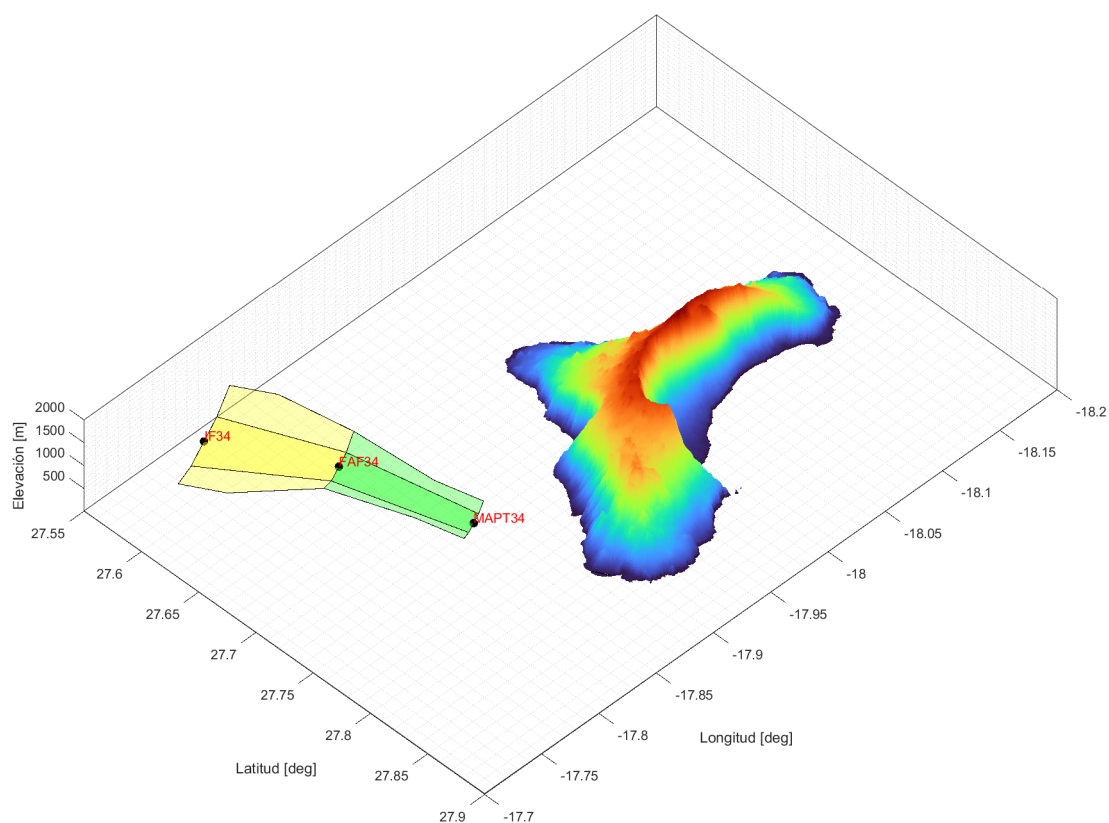


Fig. 34: Aproximación LNAV tramo intermedio y final pista 34 [4].

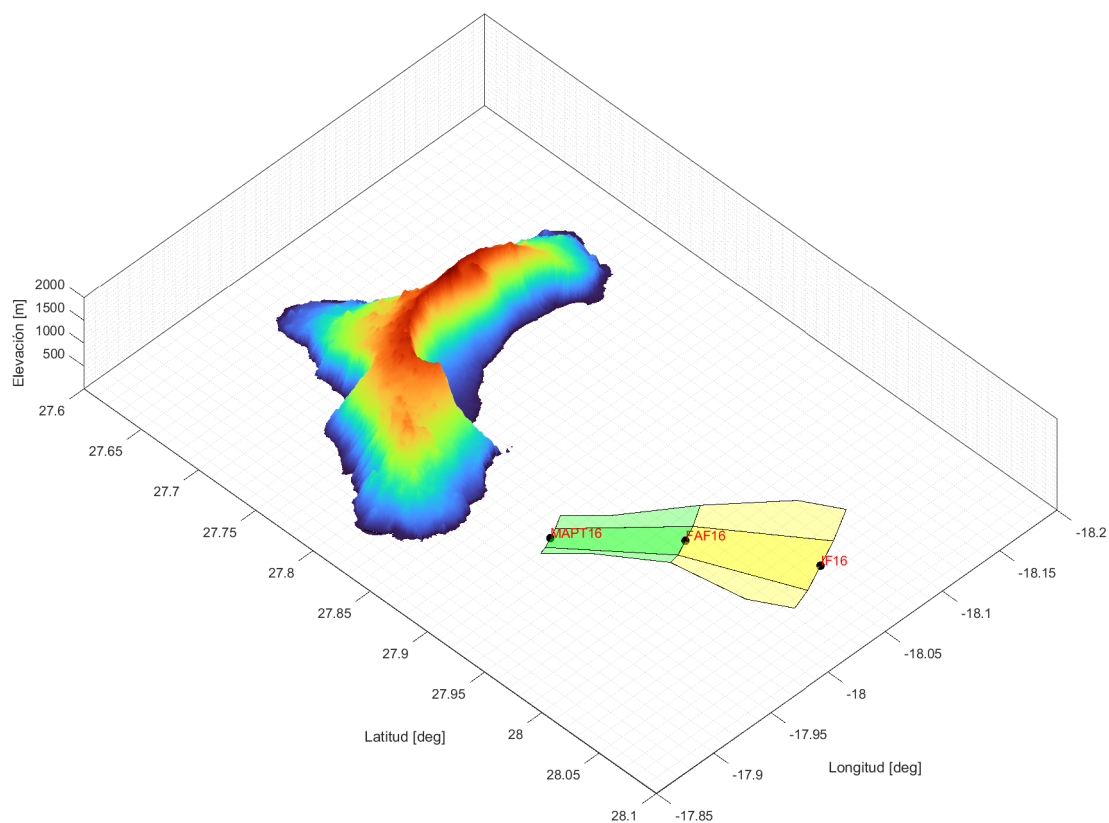


Fig. 35: Aproximación LNAV tramo intermedio y final pista 16 [4].

### 2.3.5. Tramo inicial

Por último se plantea el tramo inicial de la aproximación con un viraje de  $90^\circ$  hacia el este, favorable en cuanto a franqueamiento de obstáculos y con orientación hacia la ruta de llegada más común actualmente a El Hierro.

El diseño se realiza de acuerdo al Doc.8168 (ver [4], Parte III, Sección 3, Capítulo 2). La longitud del área es de 9,3 km con una pendiente de descenso del 4%, valores óptimos para este tipo de procedimiento. El margen mínimo de franqueamiento de obstáculos es de 300 metros en este tramo.

El viraje situado en el IF atiende a las indicaciones del Doc.8168 (ver [4], Parte III, Sección 2, Capítulo 2). En concreto el viraje se diseñará mediante el método de arco de círculo, el cual se puede aplicar en el tramo de aproximación inicial en un viraje de paso.

Se realiza una protección exterior del viraje mediante arcos de círculo con centro en el punto en el que la bisectriz de la recta entre los dos puntos límites intersectan la perpendicular del tramo anterior. El tramo de protección interior se diseña a través de la unión de las respectivas áreas primaria y secundaria antes y después del punto de recorrido.

A continuación se presenta el tramo de aproximación inicial calculado junto con el tramo intermedio y final para ambas aproximaciones (Figuras 36 y 37).

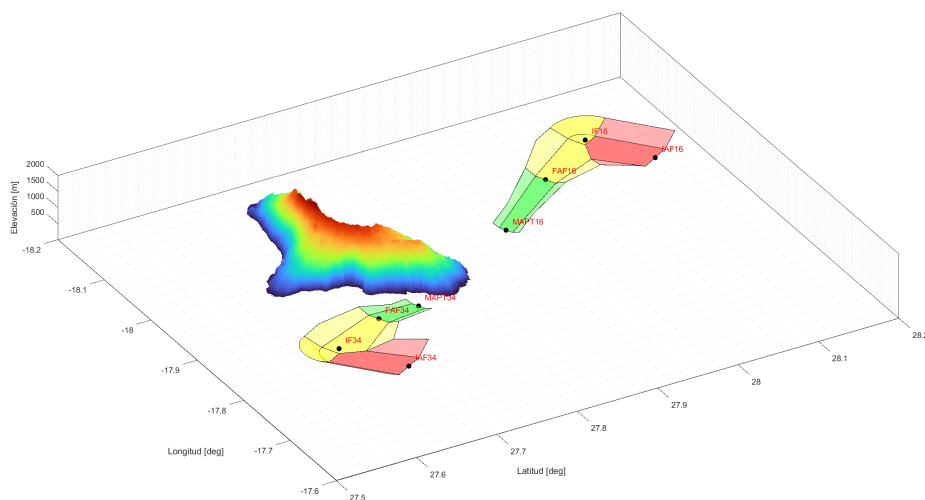


Fig. 36: Aproximación inicial-intermedia-final LNAV pistas 16 y 34.

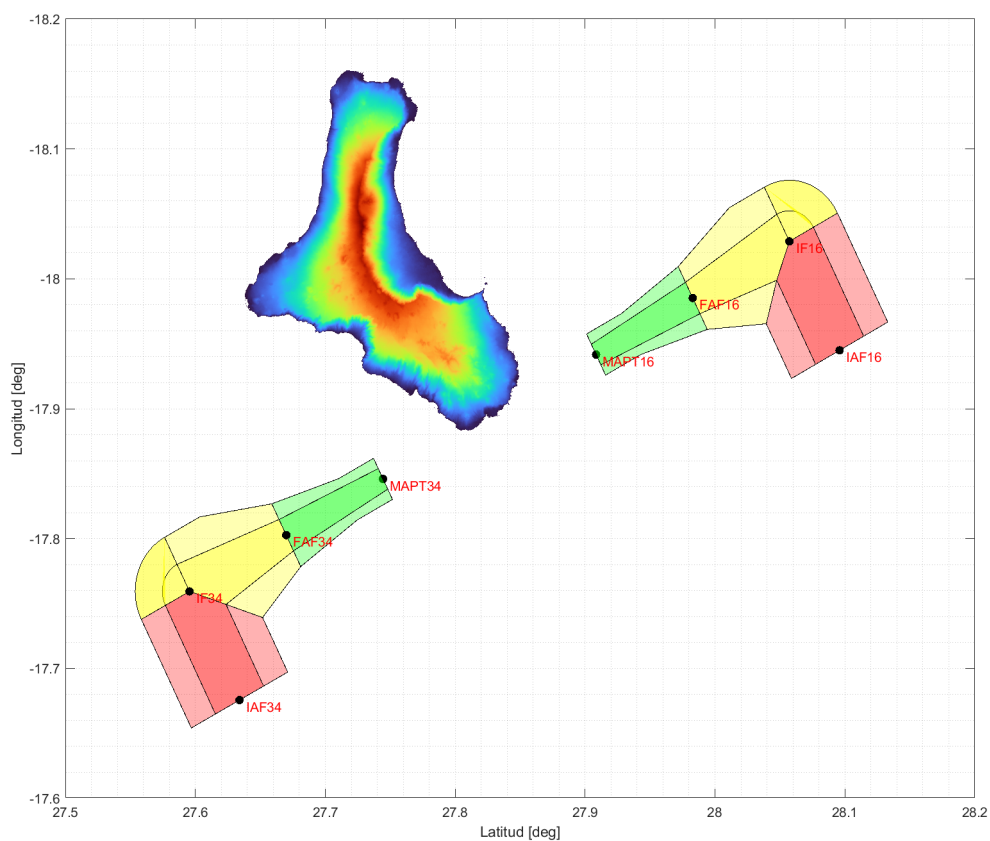


Fig. 37: Aproximación inicial-intermedia-final LNAV pistas 16 y 34 (vista en planta).

### 2.3.6. OCA/H

La OCA/H en procedimientos de no precisión, como es el caso de la aproximación LNAV a estudio, se define como la altitud o altura más baja por encima de la elevación del umbral

o por encima de la elevación del aeródromo, según corresponda, utilizada para respetar los correspondientes criterios de franqueamiento de obstáculos.

Los valores obtenidos para la OCA/H en el procedimiento LNAV son los siguientes:

OCA/H Aproximación LNAV (GCHI)				
	Pista 16 (m)	Pista 34 (m)	Pista 16 (ft)	Pista 34 (ft)
OCH	550	570	1800	1860
OCA	580	600	1900	1960

Tabla 2: OCA/H para aproximación LNAV GCHI.

## 2.4. Aproximación RNP - VPT (NPA)

Por último, se ha optado por realizar una aproximación RNP-VPT. Este tipo de procedimiento incluye el tramo de aproximación instrumental tipo RNP APCH seguido de un tramo visual donde se definen las referencias visuales a seguir durante la aproximación final.

Este tipo de aproximación puede mejorar la seguridad y capacidad operacional en El Hierro dada su compleja orografía y condiciones en la aproximación final. El tramo RNP permite una rápida y eficaz aproximación hasta el MAPt, mientras que el tramo VPT aporta la seguridad y maniobrabilidad propia de un segmento visual.

### 2.4.1. Descripción de maniobra

La aproximación RNP APCH previa al tramo de derrota prescrita visual finaliza en el donde comenzará el tramo de divergencia VPT. Las referencias proporcionadas en el procedimiento pueden complementarse mediante puntos de referencia como VOR/DME y coordenadas manteniendo la referencia visual en cualquier caso con el terreno.

Dado que actualmente la gran mayoría de vuelos con destino El Hierro parten del aeropuerto de Tenerife Norte (GCXO) y en menor medida desde Gran Canaria (GCLP). Se ha optado por diseñar el tramo RNP de la aproximación con el objetivo de facilitar su uso y aprovechar la infraestructura de navegación actual desde el origen más común de las aeronaves que recibe el aeropuerto, Tenerife Norte.

Se parte siguiendo la ruta estándar Tenerife (GCXO) - El Hierro (GCHI), la cual esta formada por la salida normalizada por instrumentos (SID) HIE6K de la pista 12 y HIE4J de la pista 30. Estas salidas se aproximan al aeropuerto de El Hierro desde el waypoint MOROD siguiendo rumbo 228° al NDB HIE situado junto a la terminal y con frecuencia 376,00 kHz (Figura 38 y 39). La posibilidad de desarrollar una llegada instrumental (STAR) no se abordará en esta memoria pero sí se tomara como posible origen para las llegadas.

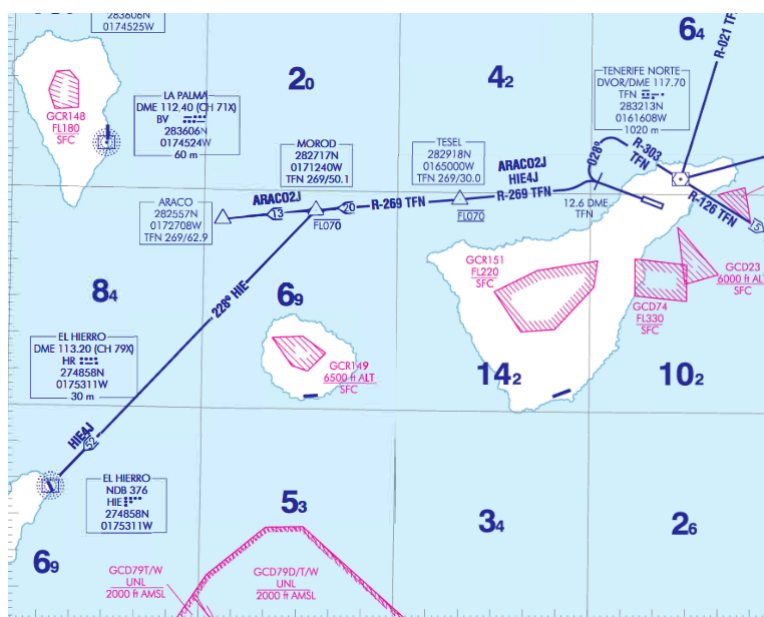


Fig. 38: Carta SID GXCO RWY 30 [1].

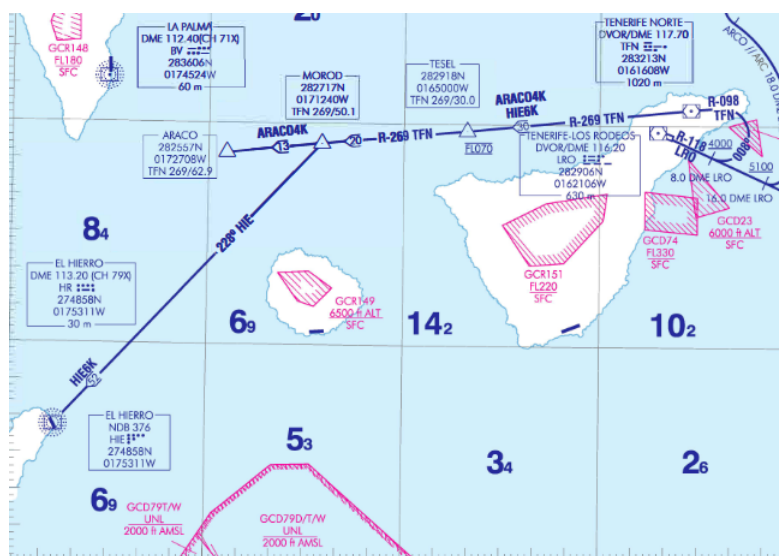


Fig. 39: Carta SID GXCO RWY 12 [1].

### 2.4.2. Diseño del circuito visual de derrota prescrita (VPT)

El tramo VPT forma un circuito de tráfico visual completo de forma ideal con los tramos propios de este. Las especificaciones del diseño se encuentran en el Doc. 9168 [4], apéndice del Capítulo 7 ‘Maniobras visuales utilizando derrotas prescritas’, donde se especifica el cálculo del radio de viraje y longitud tramo final de la derrota prescrita el cual viene definido por la velocidad de aproximación final según el tipo de aeronave. Las características de la maniobra se muestran en la Figura 40.



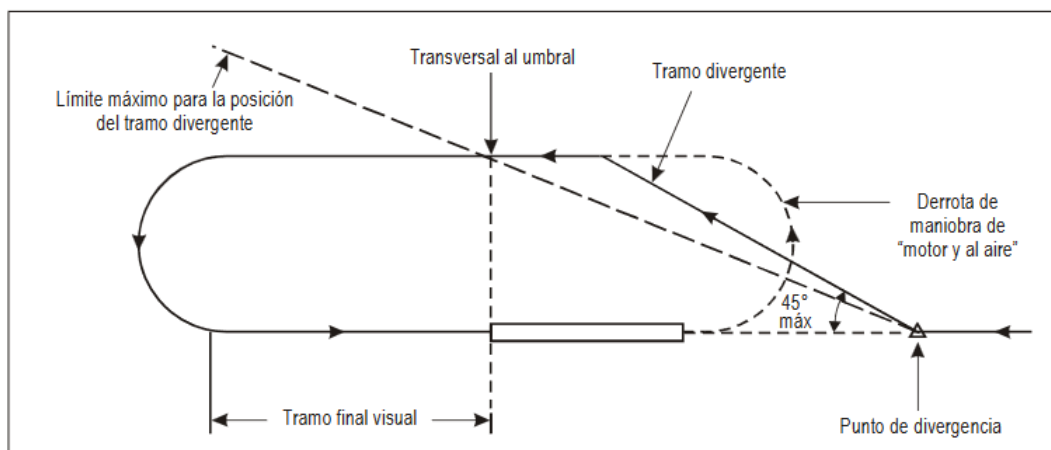


Fig. 40: Caso general de derrota normalizada [4].

Categoría de aeronaves	$V_{at}$	Gama de velocidades para aproximación inicial	Gama de velocidades para aproximación final	Velocidades máximas para maniobras visuales (en circuito)	Velocidades máximas para aproximación frustrada	
					Intermedia	Final
A	<169	165/280 (205*)	130/185	185	185	205
B	169/223	220/335 (260*)	155/240	250	240	280
C	224/260	295/445	215/295	335	295	445
D	261/306	345/465	240/345	380	345	490
E	307/390	345/467	285/425	445	425	510
H	N/A	130/220**	110/165***	N/A	165	165
Cat H (PinS)***	N/A	130/220	110/165	N/A	130 ó 165	130 ó 165

Velocidad en umbral  $V_{at}$  basada en 1,3 veces la velocidad de pérdida  $V_{so}$  o en 1,23 veces la velocidad de pérdida  $V_{sig}$  en configuración de aterrizaje con masa máxima certificada. (No aplicable a helicópteros).

\* Velocidad máxima para procedimientos de inversión e hipódromo.

\*\* La velocidad máxima para procedimientos de inversión e hipódromo hasta 6 000 ft inclusive es de 185 km/h, y de 205 km/h por encima de 6 000 ft.

\*\*\* Los procedimientos de aproximación a un punto en el espacio para helicópteros basados en GNSS básico se podrán diseñar con velocidades máximas de 220 km/h para los tramos de aproximación inicial e intermedia, y de 165 km/h para los tramos de aproximación final y frustrada o de 165 km/h para los tramos de aproximación inicial e intermedio y de 130 km/h para los tramos de aproximación final y frustrada dependiendo de las necesidades operacionales. Véase la Parte IV, Capítulo 2.

Nota.— Las velocidades  $V_{at}$  de la columna 2 de esta tabla son la conversión exacta de los valores de la Tabla I-4-1-2, puesto que aquellos valores determinan la categoría de las aeronaves. Las velocidades de las columnas restantes se han convertido y redondeado al múltiplo de cinco más próximo por razones operacionales y, desde una óptica de seguridad operacional, se consideran equivalentes.

Fig. 41: Velocidades (IAS) para el cálculo de procedimientos en km/h. Tabla I-4-1-1 [4].

La pendiente óptima es de 3° con un ángulo de inclinación lateral de 25°/s. El área asociada al procedimiento consta de la derrota nominal calculada más un área W situada al exterior de esta con un valor tal y como muestra la Figura 42. El MOC y OCH y visibilidad mínima del procedimiento atiende a los valores recomendados en la Figura 43 resultando el mismo obstáculo determinante que el calculado en el área de maniobra visual de 143 metros y por tanto una

OCA/H de 233 metros que se calcula posteriormente.

<i>Categoría de aeronaves</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
Semianchura del corredor (w)					
metros	1 400	1 500	1 800	2 100	2 600
(pies)	4 593	4 921	5 905	6 890	8 530

Fig. 42: Semianchura del corredor VPT. Tabla I-4-7-Ap-1 [4].

<i>Categoría de aeronaves</i>	<i>Margen de franqueamiento de obstáculos m (ft)</i>	<i>OCH mínima por encima de la elevación del aeródromo m (ft)</i>	<i>Visibilidad mínima km (NM)</i>
A	90 (295)	120 (394)	1,9 (1,0)
B	90 (295)	150 (492)	2,8 (1,5)
C	120 (394)	180 (591)	3,7 (2,0)
D	120 (394)	210 (689)	4,6 (2,5)
E	150 (492)	240 (787)	6,5 (3,5)

Fig. 43: MOC, OCH y visibilidad mínima para maniobras visuales de derrota prescrita. Tabla I-4-7-Ap-2 [4].

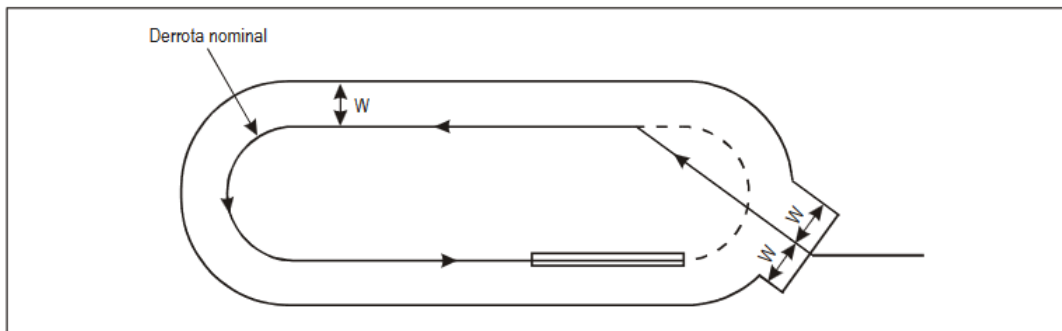


Fig. 44: Área VPT [4].

Se realiza el diseño del procedimiento de derrota prescrita mostrado a continuación, para la pista 34 (azul) y 16 (rojo) junto con la limitación de semianchura.

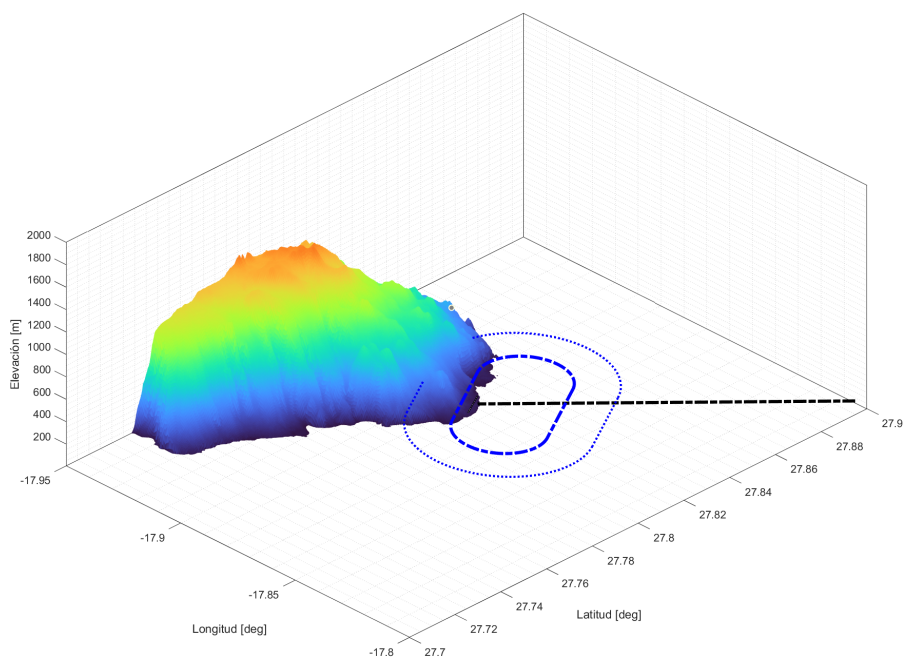


Fig. 45: Procedimiento VPT pista 34 (azul) y HIE 228° (negro).

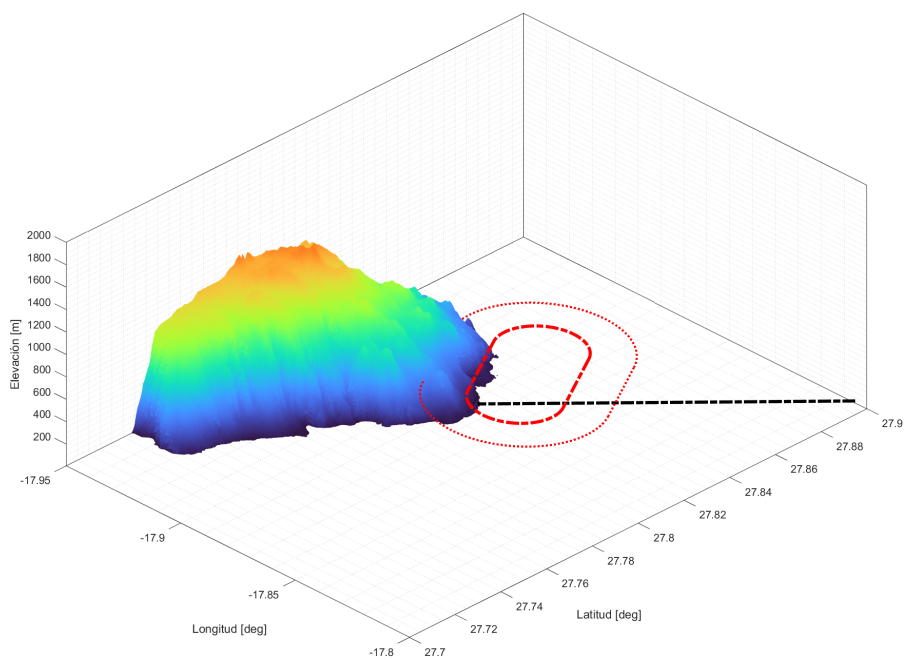


Fig. 46: Procedimiento VPT pista 16 (rojo) y HIE 228° (negro).

Cabe destacar que el procedimiento de frustrada se compone de un ascenso hasta la altitud del circuito VPT (OCA/H de circuito visual) el cual se propone del 2,5 %.

### 2.4.3. Tramo divergente (Aproximación final - VPT)

El tramo divergente une la aproximación final por instrumentos hasta el procedimiento VPT. Este cuenta con ciertas limitaciones tal y como recomienda el apéndice del Capítulo 7 [4].

‘2.4.3 El ángulo que forman el tramo divergente y la pista utilizada para la derrota prescrita deberá ser inferior o igual a  $45^\circ$ .’

Por tanto el tramo divergente el cual determina también el final de la aproximación instrumental (MAPt) se ubica a  $45^\circ$  respecto de la derrota de pista a una distancia de conveniencia de 5000 metros respecto del punto de viraje base a final del circuito visual de derrota prescrita ya mostrado. La altura del MAPt la misma que la OCA/H del tramo VPT dado que el procedimiento RNP se encuentra en su totalidad sobre el mar y por tanto no cuenta con obstáculos que penetren sus superficies.

### 2.4.4. Diseño aproximación instrumental (RNP)

El diseño del tramo RNP de la aproximación se ha realizado de forma análoga de la aproximación LNAV (RNP APCH) manteniendo la posible llegada instrumental ya presentada desde Tenerife y el tramo divergente VPT.

Las longitudes de los tramos escogidas son de 9300 metros, las recomendadas como óptimas por el Doc. 8168 (Ver [4]) al igual que las pendientes de descenso, de  $3^\circ$  en el tramo inicial y final y nulo para el intermedio y la confluencia de tramos. En cuanto al margen de franqueamiento de obstáculos y semianchura de área en cada tramo se mantienen los empleados en la aproximación RNP APCH anterior (Figura 27).

Por último, en el IF, posterior a los tramos iniciales de las aproximaciones se plantea un viraje desde la posible derrota de llegada desde el radial 228 para ello se efectúa un viraje de  $90^\circ$  para la pista 34 y  $60^\circ$  para la pista 16 en este punto.

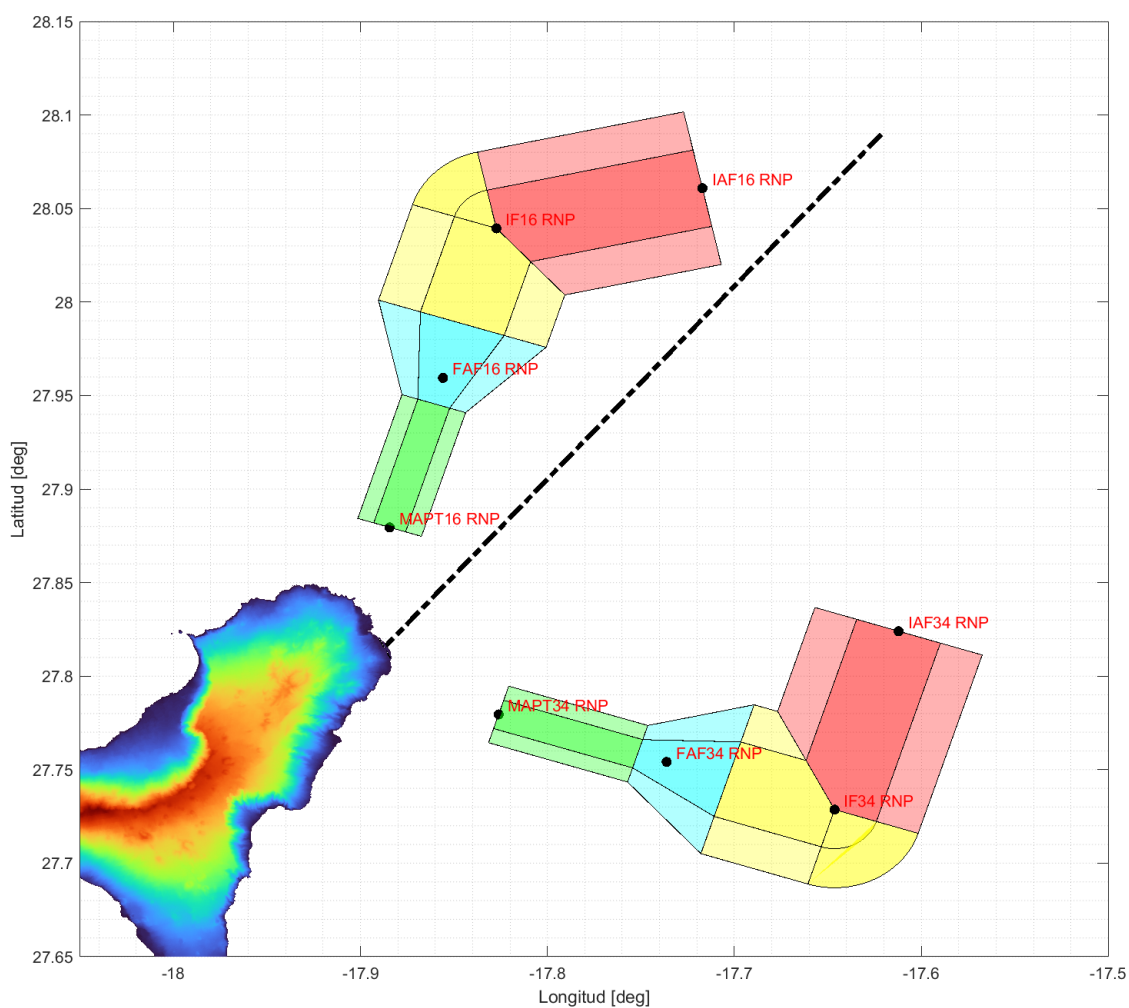


Fig. 47: Tramos aproximación RNP GCHI pista 16 y 34 (vista en planta).

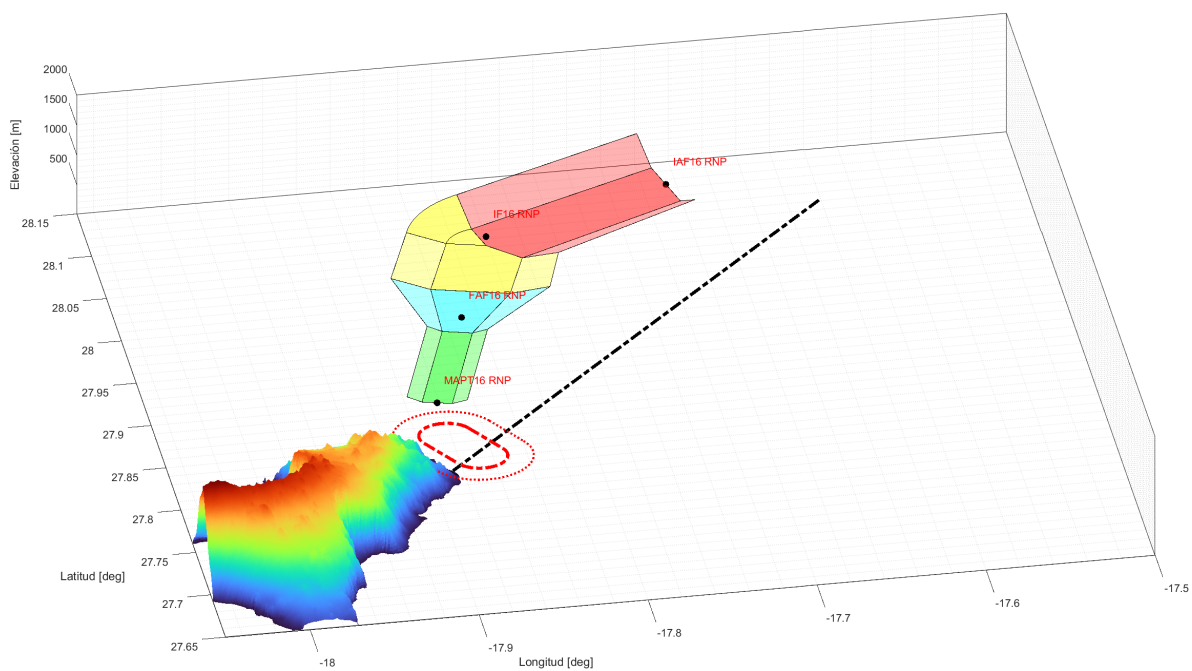


Fig. 48: Aproximación RNP-VPT pista 16 GCHI.

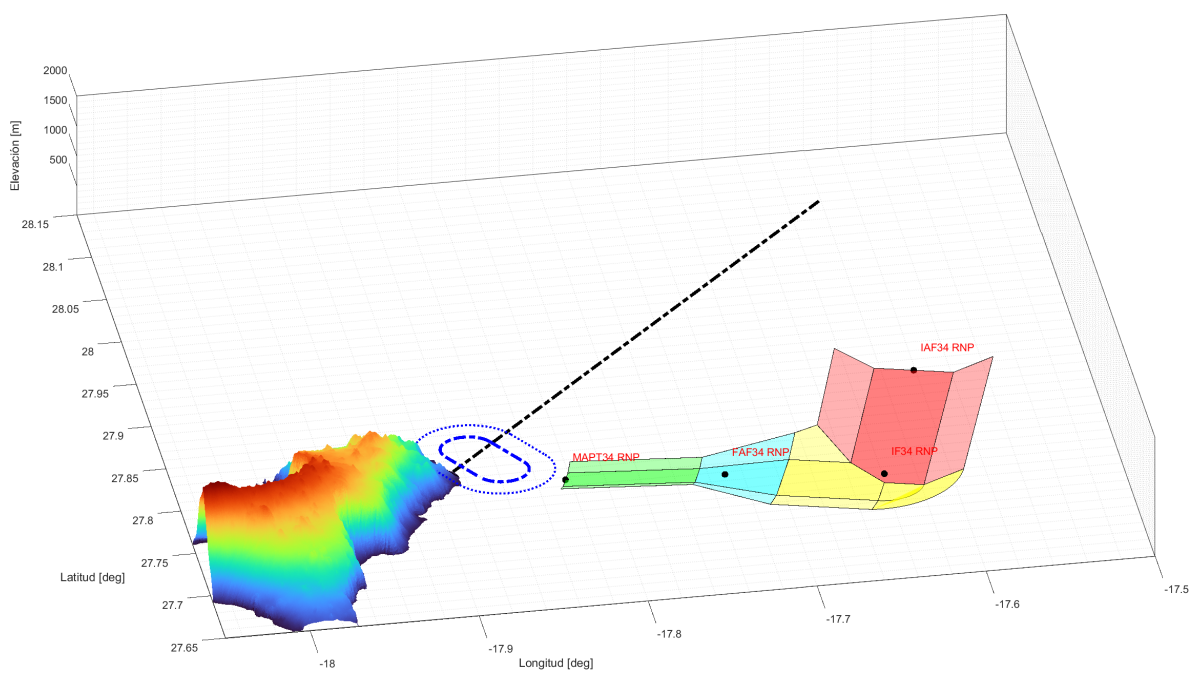


Fig. 49: Aproximación RNP-VPT pista GCHI.

### 2.4.5. OCA/H

Los valores obtenidos para la OCA/H en el procedimiento RNP-VPT son los siguientes:

OCA/H Aproximación RNP-VPT (GCHI)				
	Pista 16 (m)	Pista 34 (m)	Pista 16 (ft)	Pista 34 (ft)
Altura obstáculo	111	111	364,2	364,2
Altitud obstáculo	143	143	469,2	469,2
OCH	201	201	659,4	659,4
OCA	233	233	764	764

Tabla 3: OCA/H para aproximación RNP-VPT GCHI.

OCA/H			A	B	C	D
STA	LNAV	2,5 %	1960 (1860)			
	RNP-VPT	2,5 %	770 (660)			
<b>En circuito (H) sobre 106</b>			770 (660)			

Tabla 4: Caja de mínimos.

## 2.5. Conclusiones y tabla de mínimos

Se muestran los resultados obtenidos para las aproximaciones diseñadas: LNAV y RNP-VPT (Tabla 4). Las unidades que se publican están redondeadas a la decena y en pies siendo la OCA el primer valor y la OCH el segundo entre paréntesis. Se han incluido los mínimos en aproximación visual en circuito calculados en el Anexo de este documento.

A través del presente proyecto se ha analizado, desarrollado y calculado tres diferentes aproximaciones GNSS al aeropuerto de El Hierro. En primer lugar, se plantea la aproximación LPV (SBAS APV-I) la cual a pesar de cumplir con la protección de superficies visuales (VSS) queda totalmente penetrada en las OAS. Aunque es viable su aplicación, esta aproximación se desestima para el desarrollo en el presente trabajo dado que no aportaría mejoras ante las aproximaciones existentes y presentadas en el trabajo (LNAV y RNP-VPT) a causa de los elevados mínimos (OCA/H).

A continuación, se presenta una aproximación alternativa, LNAV (GNSS). Esta aproximación de no precisión y guiado lateral, se desarrolla con el tramo de frustrada como la parte limitante por lo que se plantea un viraje en ese tramo con el objetivo de reducir la OCA/H del procedimiento. La aproximación diseñada presenta unos mínimos razonables muy similares a los actuales (Figura 4) por lo que se considera como alternativa viable.

Por último, se plantea la aproximación RNP-VPT la cual consta de un tramo RNP y a continuación un procedimiento de derrota prescrita visual. Esta aproximación se ha construido con el objetivo de facilitar la aproximación a los tráfico procedentes de Tenerife y Gran Canaria (únicos orígenes de vuelos a El Hierro actuales). Una vez finalizada la aproximación RNP se plantea el tramo VPT el cual permite obtener unos mínimos más convenientes con una mejora considerable en estos sobre los procedimientos actuales y el procedimiento LNAV (GNSS) desarrollado en esta memoria.

Finalmente, se ha optado por escoger las aproximaciones LNAV y RNP-VPT como alternativas viables de aproximación para El Hierro. Estas aproximaciones aportarían una actualización tecnológica significativa a los procedimientos existentes mejorando de la misma forma la capacidad operacional, seguridad y mínimos para las aeronaves con destino El Hierro.



### 3. Herramientas

#### 3.1. Introducción

En este apartado se detallarán las herramientas, funciones y scripts desarrollados con el objetivo de calcular y diseñar los distintos procedimientos de aproximación ya presentados.

#### 3.2. Modelo digital del terreno

Como base para realizar cálculos y representaciones se ha utilizado el Modelo Digital del Terreno (MDT) correspondiente a la isla de El Hierro, obtenido a través del centro de descargas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) [6]. El modelo escogido es el MDT05 el cual ofrece una resolución de 5 metros y dio cobertura por primera vez a la isla en 2023 (Figura 50). La cuadrícula de interés para el proyecto es la 1105 correspondiente al archivo de descarga ‘PNOA\_MDT05\_REGCAN95\_HU28\_1105-1108\_LID.tif’ (Figura 51).

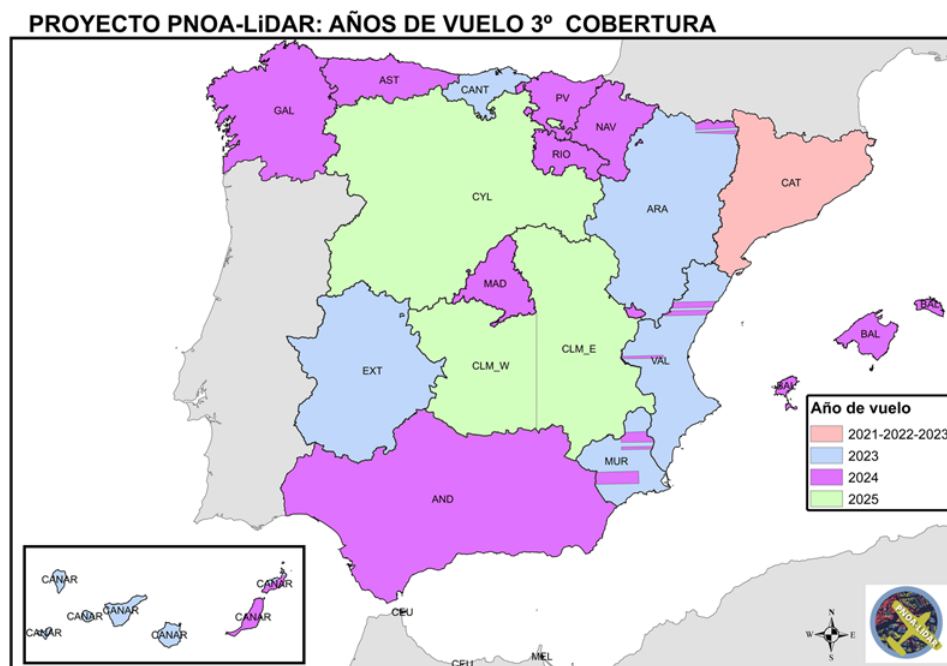


Fig. 50: Tercera cobertura proyecto PNOA-LiDAR [6].

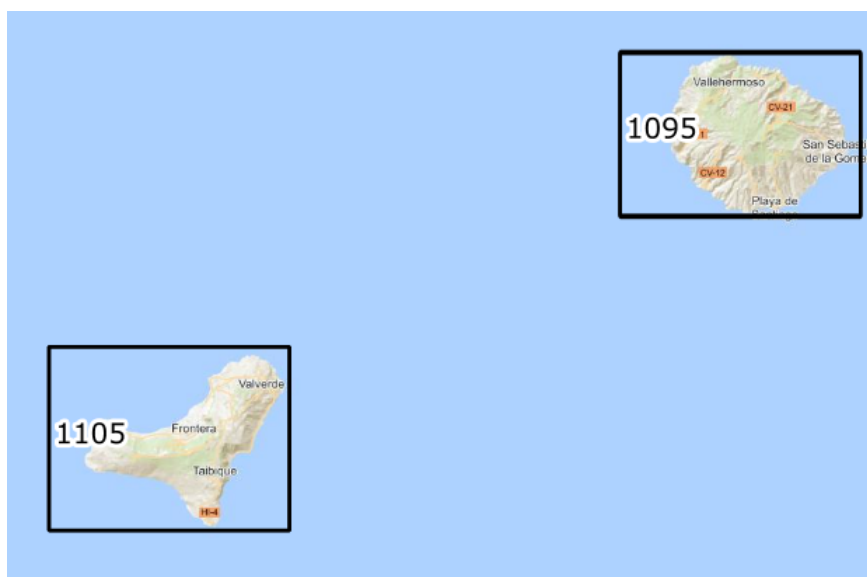


Fig. 51: Cuadrícula de El Hierro IGN [6].

El script empleado para transformar el archivo '.tif' a la matriz de elevación necesaria es: **'RasterHierro.m'**.

En primer lugar el script permite establecer una resolución de celda personalizada, haciendo posible reducir los tiempos de carga de la CPU del ordenador a la hora de hacer las representaciones tridimensionales. Posteriormente la lectura de la información del raster se hace mediante la función 'readgeoraster' implementada en MATLAB la cual extrae una matriz con los datos de elevación del terreno en coordenadas UTM con información de georeferenciación.

A partir de estos datos se establecen los límites de la matriz y se transforma en coordenadas LL (Latitud-Longitud) con la función 'utm2ll' con una precisión de milímetros. La zona UTC seleccionada como entrada en la función es la 28 correspondiente a la isla.

Este script guarda las matrices obtenidas de la conversión en las variables 'lat\_raster', 'lon\_raster' y 'mask' en un archivo '.mat' para su acceso desde otros scripts sin ser necesario realizar la lectura del raster y conversión de nuevo en estos.

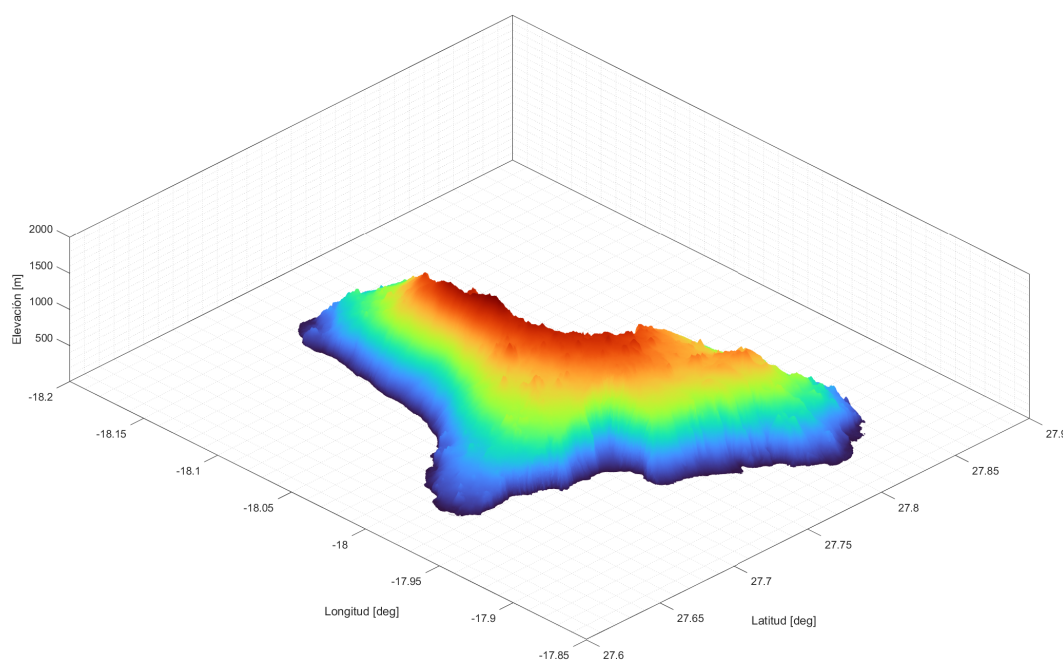


Fig. 52: Representación del raster de El Hierro (coordenadas LL).

### 3.3. Descripción de scripts MATLAB

En esta sección se realiza una breve descripción de los scripts creados en MATLAB con el objetivo de desarrollar el proyecto. En el Anexo A3 de este mismo documento se muestran los scripts de forma completa con comentarios detallados en cada sección para su comprensión y uso.

#### Script 1: RasterHierro.m

- Carga el modelo digital del terreno en formato '.tif' empleando la función de MATLAB 'readgeoraster' y guarda la matriz de elevación y struct de georeferenciación asociado. Permite ajustar la resolución de visualización reduciendo así los tiempos de carga. Como opción adicional al final del script se añade el código necesario para realizar la extracción de los datos de obstáculos obtenidos del AIP en la tabla de datos 'LE\_Amdt\_A\_2023\_16\_AD\_2\_10\_GCHI.en.csv' para guardarlos convenientemente en el archivo 'obstaculos.mat'.
- Los datos de entrada necesarios son: opciones de personalización de resolución y visualización, el archivo MDT y de forma opcional el archivo de obstáculos del aeropuerto.
- Como resultado guarda la información obtenida del raster realizando la conversión de coordenadas de UTM a LL y aplicando la resolución deseada por el usuario.

#### Script 2: pista.m

- Mediante este script se definen las características y posición de la pista para su posterior representación. También se calcula y obtiene el área de maniobras visuales.
- Los datos necesarios para su funcionamiento son: coordenadas LL de las cabeceras y altitud de las mismas y altura y radio de giro del circuito de maniobra visual.
- Convirtiendo a coordenadas LL se guarda y exporta el resultado en el archivo 'pista.mat'

### **Script 3: tramos\_oas\_apv.m**

- Permite obtener los datos de las superficies OAS a través de las constantes obtenidas del software de PANS-OPS. Se realiza la conversión a coordenadas LL para finalmente guardar la información.
- El resultado se guarda en el archivo 'tramos\_oas\_apv.mat'.

### **Script 4: vss.m**

- Este script calcula las superficies VSS para la aproximación LNAV y LPV.
- Es necesario introducir los datos de posición de cabecera de las pistas y de la geometría de las VSS (pendiente, altura, anchura).
- Exporta el resultado de ambas VSS para las dos aproximaciones en el archivo 'vss.mat'.

### **Script 5: tramos\_lnav.m**

- A través de este script se obtienen las distintas superficies que forman los tramos de una aproximación LNAV. Mediante los datos de entrada necesarios se calcularán las: pendientes, alturas y posiciones de todos los puntos que forman cada tramo de la aproximación.
- Como datos de entrada necesarios se encuentran todas las recomendaciones del Doc. 8168 [4], entre ellas se encuentran: longitudes, ATT, constantes para el diseño de confluencias y SOC, pendientes, datos del aeropuerto y pistas y valores de franqueamiento de obstáculos.
- El cálculo de las aproximaciones comienza desde la aproximación frustrada hasta la inicial siendo referenciadas todas las superficies de los tramos respecto a las cabeceras de pista. Cada tramo está formado por tres superficies una principal y dos secundarias a los lados.
- El resultado obtenido se guarda para su posterior visualización en el archivo 'tramos.mat'.

### **Script 6: circuito\_derrotaprescrita\_vpt.m**

- Este script obtiene la representación de una aproximación RNP-VPT. Como resultado se exportan las superficies de la aproximación RNP con las especificaciones deseadas y el procedimiento VPT junto con el área de protección exterior asociada.

- Como datos de entrada son necesarios: información del aeropuerto y pistas, longitud y radio del circuito VPT y los datos de diseño para la construcción de la aproximación RNP ya empleados en el diseño LNAV.
- El cálculo de cada tramo se realiza desde la aproximación final (partiendo del MAPt) terminando en la aproximación inicial. En este caso, dada la orientación del tramo de llegada y tipo de aproximación ha sido necesario referenciar cada tramo respecto a su precedente y el MAPt respecto al tramo de divergencia previo al procedimiento VPT.
- El resultado se guarda en el archivo ‘vpt\_datos.mat’.

### **Script 7: plot\_general.m**

- Este es el principal script del proyecto. A través del mismo se cargan los datos de los diferentes scripts presentados los cuales contienen la información de las distintas aproximaciones: LPV, LNAV, RNP-VPT. A través de las distintas secciones se configura la vista y zooms del raster a representar y se activan/desactivan las vistas de: pista, área de circuito visual, obstáculos AIP, vss, tramos y puntos de la aproximación RNP-VPT, tramos aproximación LNAV, superficies OAS y puntos asociados a la aproximación LNAV.
- Cabe destacar que es necesario una modificación manual de las secciones antes de su ejecución dado que es posible que los tiempos de carga para representar varias superficies de forma conjunta sea muy elevado.

# Pliego de condiciones

## 1. Objeto

Este pliego de condiciones tiene como objetivo establecer las especificaciones técnicas y requisitos necesarios para el diseño y desarrollo de los distintos procedimientos de aproximación GNSS para el aeropuerto de El Hierro. Los procedimientos de aproximación a diseñar son: LNAV (NPA GNSS) y RNP-VPT.

Este proyecto se enfoca en la optimización de los procedimientos actuales mediante la actualización de tecnologías y procedimientos con el objeto de mejorar la eficiencia y seguridad operacional.

## 2. Condiciones de los materiales

### 2.1. Descripción

Las herramientas a emplear para el desarrollo del proyecto son:

- Software de programación de cálculo numérico, análisis y modelado (MATLAB).
- Modelo digital de elevación (MDT05).
- Documentación de la OACI necesaria: Doc. 9613 AN/937 'Performance Based Navigation Manual' y el Doc. 8168 OPS/611 'Operación de aeronaves y Volumen II, Construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos'.

### 2.2. Control de calidad

El control de calidad de los materiales se plantea de la siguiente forma:

- Se comprueba que el software cuenta con las últimas actualizaciones y está configurado correctamente para el proyecto a desarrollar.

- Se validará la precisión y vigencia de los datos obtenidos en el modelo de elevación del Instituto Geográfico Nacional.
- Se revisarán las últimas actualizaciones a la documentación oficial.

### 3. Condiciones de la ejecución

#### 3.1. Descripción

El proyecto se plantea en tres fases con el objetivo de aumentar la eficiencia y precisión en el diseño y resultados.

- **Fase 1: Estudio aeronáutico:** A través del estudio se evaluarán las variables y condiciones: aeroportuarias, geográficas, orográficas, meteorológicas, económicas, históricas y de las previsiones futuras esperadas.
- **Fase 2: Diseño de procedimientos:** En esta fase se abarca el diseño y cálculo completo de los procedimientos de aproximación GNSS LNAV y RNP-VPT.
- **Fase 3: Resultados y representación:** En la última fase del proyecto se representan los resultados obtenidos de la fase de diseño y se evalúa su viabilidad y precisión.

#### 3.2. Control de calidad

- **Fase 1: Estudio aeronáutico:** El estudio será revisado por equipos de profesionales en los distintos campos, asegurando que todos los factores importantes sean incluidos.
- **Fase 2: Diseño de procedimientos:** Los diseños deben ser validados en diferentes condiciones y equipos. Revisiones periódicas son necesarias para actualizar los cambios relevantes.
- **Fase 3: Resultados y representación:** La representación, resultados y planos obtenidos serán validados por diferentes equipos y software.

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

Finalmente, para concluir el proyecto será necesario realizar varias pruebas con el objetivo de verificar la viabilidad y especificaciones de los resultados en cuanto: seguridad, calidad y funcionamiento. Algunas entidades involucradas en este proceso son la AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea) y ENAIRE (proveedor de servicios de navegación en España).

Para ello se proponen pruebas experimentales de los diseños de procedimientos obtenidos a través de simulador y con una aeronave real. Estas pruebas deben ser señalizadas con personal

y equipo homologado y cualificado para este tipo de validaciones en España, como AESA. A través de estas pruebas se puede hacer evidente el realizar distintos ajustes y/o mejoras en los procedimientos obtenidos.



# Presupuesto

## 1. Introducción

El presente apartado pretende exponer el desglose de costes asociados al proyecto realizado ‘**Diseño de procedimientos de aproximación GNSS para el aeropuerto de El Hierro**’. Los distintos apartados de costes hacen referencia a: equipo informático, software empleado y personal. Así mismo se obtiene el coste de amortización asumiendo la no exclusividad de equipos y licencias para esta única ocupación. Este gasto queda definido por la siguiente ecuación.

$$\text{Coste de amortización (€)} = \text{Coste inicial} \cdot \frac{\text{Tiempo de ocupación}}{\text{Vida útil}}$$

La duración del proyecto ha sido de 7 meses (diciembre - junio). Hasta el mes de marzo se dedicaron una media de 15 horas semanales, de abril a mayo se destinaron una media de 30 horas semanales, siendo finalmente necesarias las dos primeras semanas de junio alrededor de 40 horas semanales.

<b>Descripción</b>	<b>Horas semanales</b>	<b>Horas totales</b>
Diciembre- Marzo	15	240
Abril - Mayo	30	240
Mayo - Junio	40	80
<b>TOTAL</b>		<b>560 horas</b>

Tabla 5: Desglose de horas dedicadas al proyecto.

## 2. Coste equipos informáticos

En este apartado se enumera el listado de recursos empleados para la realización del proyecto de fin de grado de equipos informáticos. Ambos equipos se han utilizado de manera conjunta la mayor parte del tiempo de desarrollo, además cabe tener en cuenta que se asume una vida útil de cinco años para cada equipo, de esta forma los costes horarios por la utilización se reflejan en la Tabla 6.

Descripción	Unidades	Precio (€)	Coste/h (€)	Coste total (€)
Ordenador Principal	1	1400	0,032	17,90
Ordenador Secundario	1	800	0,018	10,23
<b>TOTAL</b>				<b>28,13 €</b>

Tabla 6: Desglose de costes horarios de equipo informático.

### 3. Coste de licencias de software

En cuanto a las licencias software empleadas en el desarrollo del proyecto han sido necesarias las licencias de MATLAB así como la de Microsoft Office. Dado que el proyecto ha tomado alrededor de 7 meses, se asumirá el coste asociado al tiempo de uso de estas licencias.

Descripción	Coste anual(€)	Amortización (años)	Coste total (€)
MATLAB	900	1	525
Office 365	69	1	40,25
<b>TOTAL</b>			<b>565,25 €</b>

Tabla 7: Desglose de costes por licencias de software.

### 4. Coste de personal

En este apartado se abordan los costes asociados al personal que ha desarrollado el proyecto. El coste de el profesor/es tutor/es se ha obtenido de las tablas retributivas anuales de la UPV. En el caso del coste asociado al ingeniero licenciado se ha obtenido un valor a través de la tabla salarial publicada en el BOE para el año 2024 con datos anuales de nuevo. Con estos datos se obtiene el coste total del personal en la Tabla 8.

Cabe destacar que las horas trabajadas anuales se obtienen del múltiplo de 40 horas semanales por las 46 semanas al año laborables (aproximadamente), haciendo un total de 1840 horas laborables al año. Finalmente, las horas dedicadas por el profesor tutor se han fijado en 40 entre reuniones y tiempo de trabajo.

Descripción	Retribución (€)	H/año	Coste/h (€)	Horas	Coste
Profesor Doctor (Tutor)	34454,70	1840	18,73	40	749,02
Ingeniero licenciado	26170,65	1840	14,22	560	7965,98
<b>TOTAL</b>					<b>8714 €</b>

Tabla 8: Costes de personal asociado al proyecto.

### 5. Presupuesto total

A través de la información obtenida en apartados anteriores se calcula el coste total del proyecto, el cual además cuenta con un coste indirecto establecido en el 10 % del total calculado

como gastos asociados al proyecto de: electricidad, desplazamientos, etc.

<b>Descripción</b>	<b>Coste (€)</b>
Equipos informáticos	28,13
Licencias software	565,25
Personal	8714
Coste directo	9307,37
Coste indirecto (10 %)	930,74
<b>TOTAL</b>	<b>10238,11</b>

Tabla 9: Costes totales asociados al proyecto.

El presupuesto total del proyecto asciende a **DIEZ MIL DOSCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS CON ONCE CÉNTIMOS**.



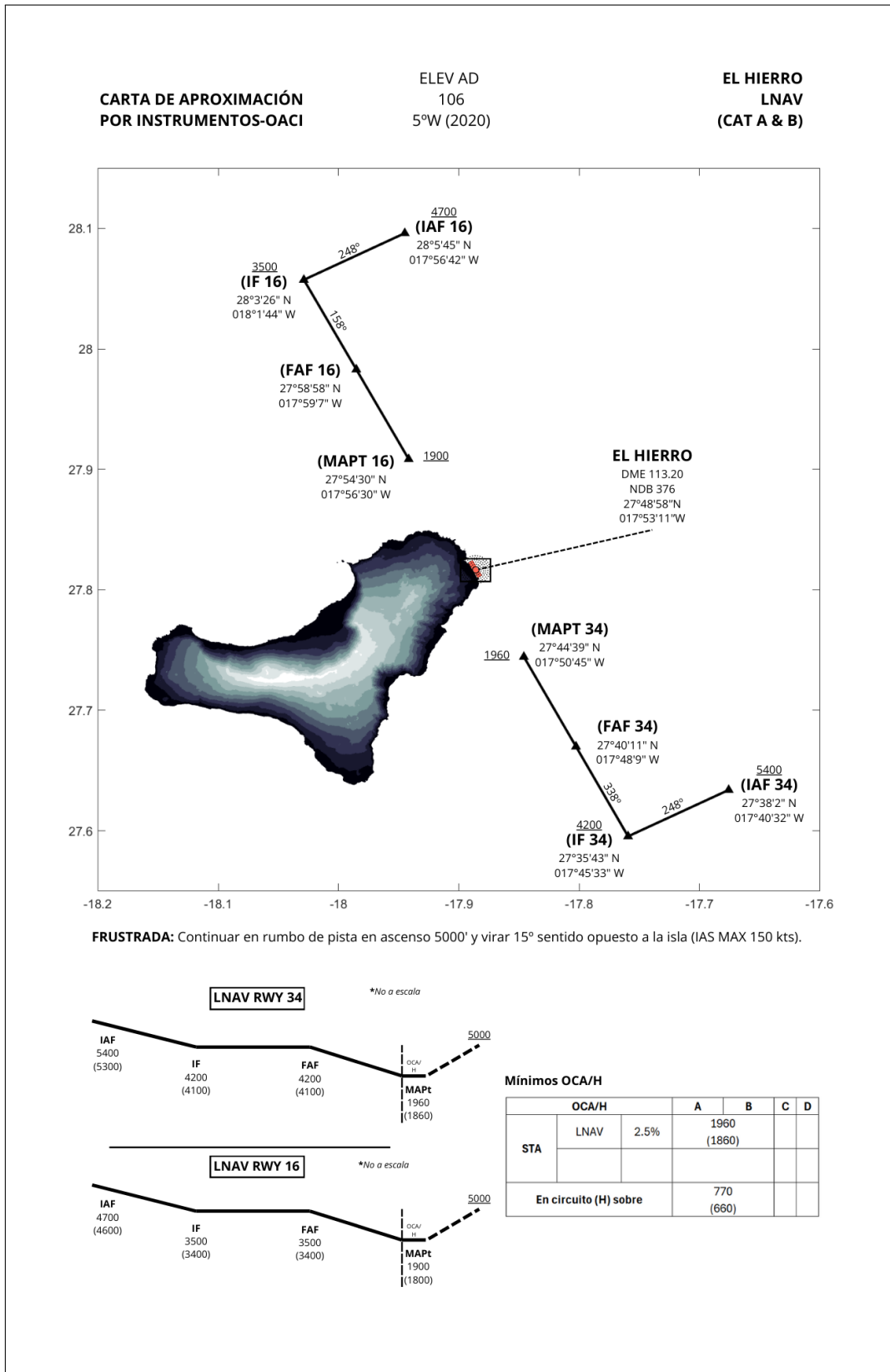
# Cartas

## 1. Introducción

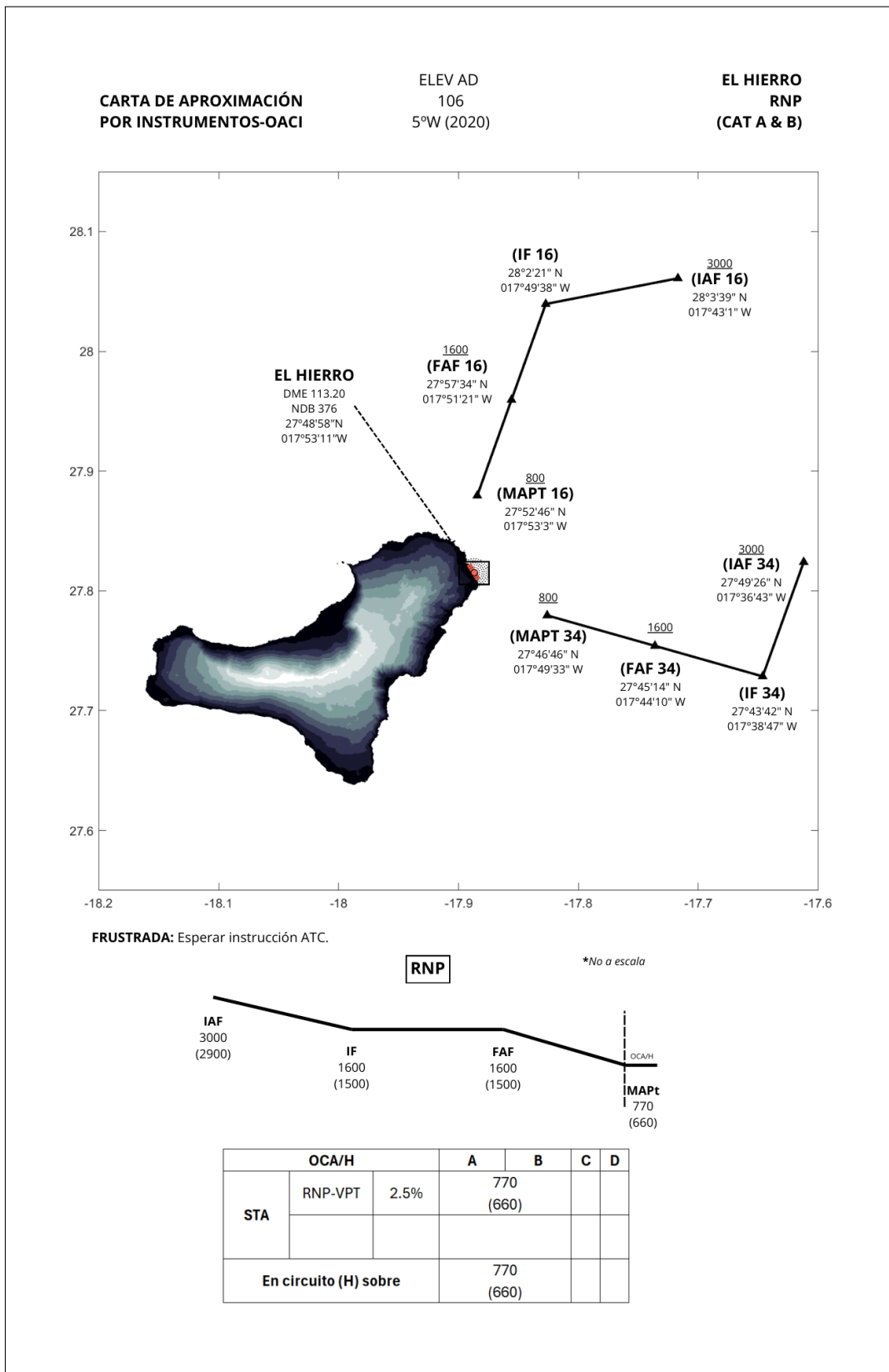
Las cartas de navegación constituyen el resultado final de este proyecto: ‘Diseño de aproximaciones GNSS para el aeropuerto de El Hierro’. En este apartado se muestran las cuatro cartas desarrolladas: LNAV, RNP, VPT1 y VPT2. Estas dos últimas cartas, son las correspondientes al procedimiento visual de derrota prescrita y ha sido necesario desarrollar una por cada aproximación a El Hierro.

Las cartas incluyen la información sobre los distintos procedimientos incluyendo: waypoints, altitudes mínimas, rumbos, coordenadas, perfil vertical, frustradas y mínimos de la aproximación.

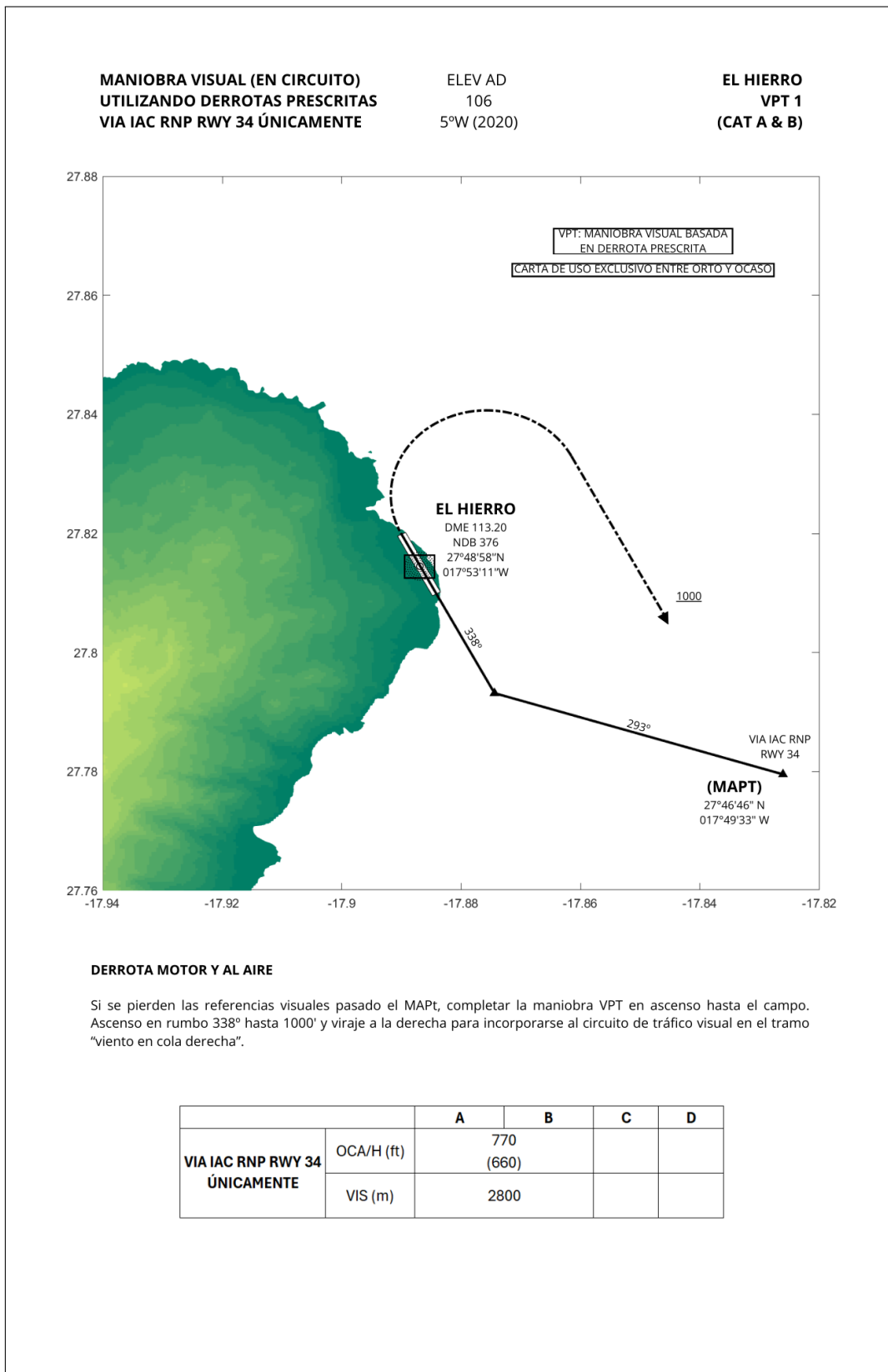
## 2. LNAV



### 3. RNP

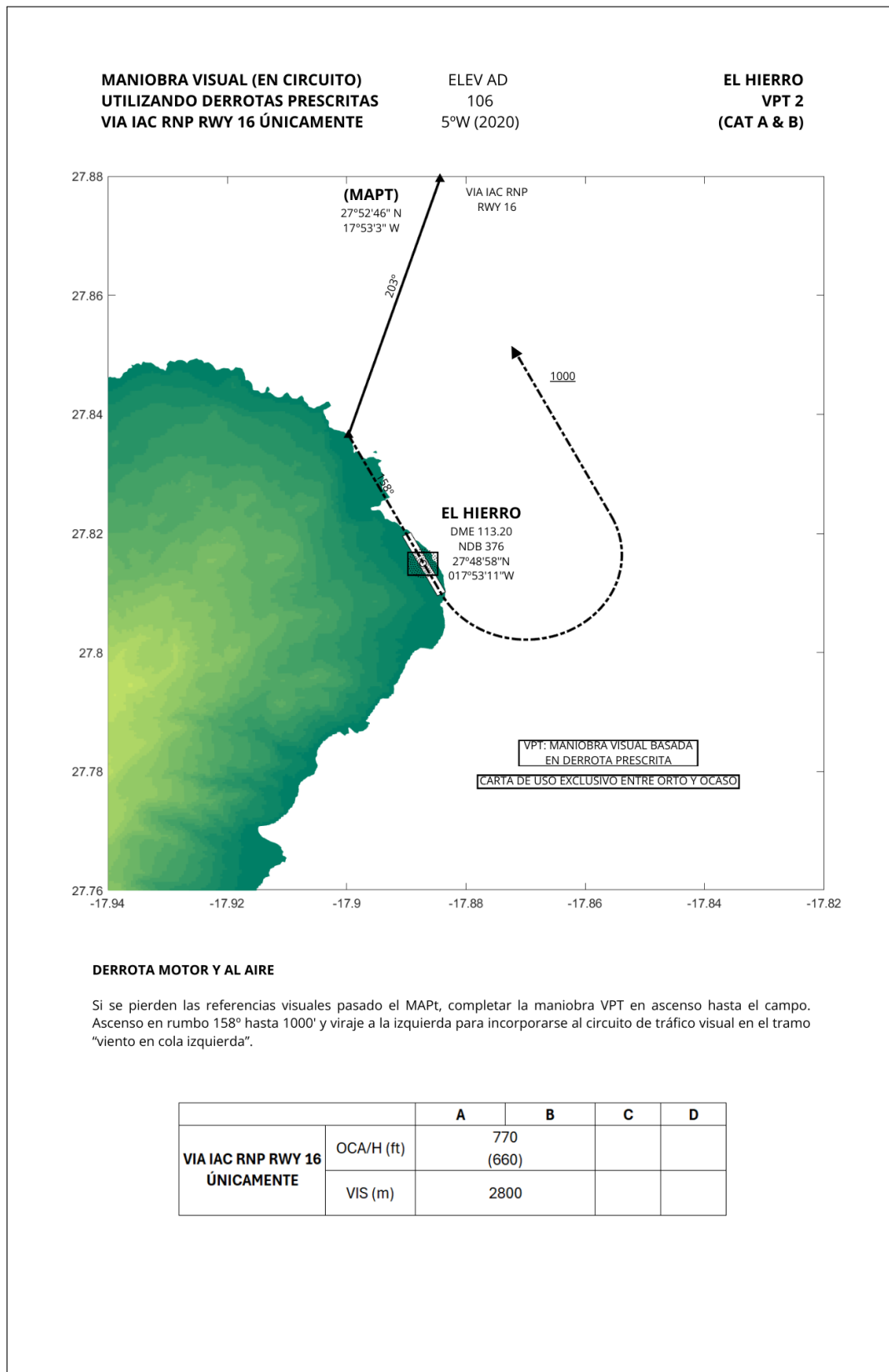


## 4. VPT 1 (RWY 34)





## 5. VPT 2 (RWY 16)



# Anexo

## A1 . Clave de referencia

La clave de referencia tiene como objetivo relacionar de forma sencilla las complejas especificaciones de los diferentes aeródromos con el objetivo de suministrar las necesidades e instalaciones aeroportuarias requeridas para las distintas aeronaves que operan en el aeródromo. La clave se compone de dos elementos, el primero determinado mediante la longitud de campo de referencia y el segundo mediante la envergadura o anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje siendo el valor más crítico el válido [7].

RWY	Orientación Direction	DIM (m)	THR PSN	THR ELEV TDZ ELEV	SWY (m)	CWY (m)	Franja (m) Strip (m)	OFZ	RESA (m)	RWY/SWY SFC PCN
16	152.57° GEO 158° MAG	1250 x 30	274911.46N 0175323.91W	THR: 22 m / 71 ft TDZ: No	No	No	1310 x 75	No	No	RWY: ASPH PCN 26/F/A/W/T (1) SWY: No
34	332.57° GEO 338° MAG	1250 x 30	274835.43N 0175302.89W	THR: 32 m / 103 ft TDZ: No	No	No	1310 x 75	No	No	RWY: ASPH PCN 26/F/A/W/T (1) SWY: No

Observaciones: (1) Primeros 85 m RWY 16 PCN 42/R/C/W/T.  
Primeros 150 m RWY 34 PCN 11/F/A/W/T.

Remarks: (1) First 85 m RWY 16 PCN 42/R/C/W/T.  
First 150 m RWY 34 PCN 11/F/A/W/T.

Perfil:

Profile:

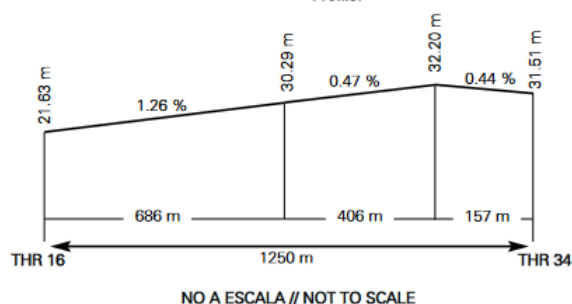


Fig. 53: Datos pista GCHI [1].

Se determina por tanto la longitud de campo de referencia realizando los cálculos por corrección de altitud, temperatura y pendiente tal y como se muestra a continuación.

$$\text{Corrección altitud} \Rightarrow 1 + \frac{0,07 \cdot H}{300} = 0,9925$$

$$\text{Corrección temperatura} \Rightarrow 1 + 0,01(t_r - t_{sH}) = 0,8912$$

$$\text{Corrección pendiente} \Rightarrow 1 + p \cdot 0,1 \cdot 100 = 0,922$$

$$\text{Longitud campo referencia} \Rightarrow 1250 \cdot 0,9925 \cdot 0,8912 \cdot 0,922 = 1019,53 \text{ metros}$$

Dado que la aeronave de mayor tamaño permitida en El Hierro es el ATR72, se tomarán sus datos de envergadura (27,05 m) y distancia de las ruedas del tren principal (4,1 m) con el objetivo de obtener el segundo elemento de la clave mediante la tabla 1-1 publicada en el documento Anexo 14 de la OACI [7].

**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)

Fig. 54: Tabla 1-1 Clave de referencia de aeródromo [7].

Finalmente se determina, siendo la envergadura el dato más restrictivo del segundo elemento, que la clave de referencia de aeródromo es **2C**.

## A2 . Área de maniobra de aproximación visual (en circuito)

La maniobra en circuito visual se refiere a la fase visual de vuelo tras una aproximación por instrumentos en la cual se prepara la aeronave para aterrizar en un campo no acondicionado para aproximaciones directas.

El área de protección de la maniobra queda definida en el la Parte I, Sección 4 - Capítulo 7 'Área de maniobra de aproximación visual (en circuito)' [4].

El método de construcción del área se realiza mediante dos arcos en cada cabecera con el radio apropiado para el tipo de aeronave uniendo de forma tangente los arcos construidos. Los

parámetros para el cálculo de los radios se realiza a través de las tablas de velocidades por tipo de aeronave (Tabla I-4-1-1 [4]). También se cuenta con un viento de 25 kt durante el viraje aplicado sobre la TAS (obtenida con la elevación aeródromo + 300m y temperatura ISA +15°) y una inclinación de 20° de promedio o ángulo de inclinación lateral que genere una velocidad de viraje de 3°/s.

En cuanto al franqueamiento de obstáculos deberemos proporcionar el margen requerido según la tabla I-4-7-3 ‘MOC y OCA/H para aproximación visual (en circuito) (Figura 56). En el caso de el ATR72, tipo B, se deberá proporcionar un MOC de 90 m, con una visibilidad mínima de 2,8 km’.

<i>Categoría de aeronaves</i>	<i>Margen de franqueamiento de obstáculos m (ft)</i>	<i>Límite inferior de OCH sobre la elevación del aeródromo m (ft)</i>	<i>Visibilidad mínima km (NM)</i>
A	90 (295)	120 (394)	1,9 (1,0)
B	90 (295)	150 (492)	2,8 (1,5)
C	120 (394)	180 (591)	3,7 (2,0)
D	120 (394)	210 (689)	4,6 (2,5)
E	150 (492)	240 (787)	6,5 (3,5)

Fig. 55: MOC y OCA/H para aproximación visual (en circuito) [4].

1

Teniendo en cuenta la ubicación del aeropuerto de El Hierro y la gran formación montañosa adyacente al mismo en dirección oeste se opta por utilizar el método para reducir la OCA/H detallado en la Parte I - Sección 4, Capítulo 7.4 (Ver [4]).

‘En el cálculo de la OCA/H se podrá ignorar un sector del área de maniobras visuales (en circuito) en que exista un obstáculo prominente, si se encuentra fuera de las áreas de aproximación final y de aproximación frustrada. El límite del sector está determinado por las dimensiones de las superficies de aproximación por instrumentos del Anexo 14’

En el Capítulo 4 del Anexo 14 [7] se pueden encontrar las recomendaciones de superficies de aproximación por instrumentos. El dato de interés para la representación será la divergencia a cada lado de el tramo de aproximación de no precisión con número de clave 2, este es de un 15 % (Figura 56 y 57).

PISTAS PARA APROXIMACIONES

Superficies y dimensiones <sup>a</sup> (1)	CLASIFICACION DE LAS PISTAS									
	Aproximación visual Número de clave				Aproximación que no sea de precisión Número de clave			Aproximación de precisión		
	1 (2)	2 (3)	3 (4)	4 (5)	1,2 (6)	3 (7)	4 (8)	Categoría I Número de clave 1,2 (9)	3,4 (10)	Categoría II o III Número de clave 3,4 (11)
<b>CÓNICA</b>										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
<b>HORIZONTAL INTERNA</b>										
Altura	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radio	2 000 m	2 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m
<b>APROXIMACIÓN INTERNA</b>										
Anchura	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m <sup>c</sup>	120 m <sup>c</sup>
Distancia desde el umbral	—	—	—	—	—	—	—	60 m	60 m	60 m
Longitud	—	—	—	—	—	—	—	900 m	900 m	900 m
Pendiente	—	—	—	—	—	—	—	2,5%	2%	2%
<b>APROXIMACIÓN</b>										
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Distancia desde el umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
<b>Primera sección</b>										
Longitud	1 600 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Pendiente	5%	4%	3,33%	2,5%	3,33%	2%	2%	2,5%	2%	2%
<b>Segunda sección</b>										
Longitud	—	—	—	—	—	3 600 m <sup>b</sup>	3 600 m <sup>b</sup>	12 000 m	3 600 m <sup>b</sup>	3 600 m <sup>b</sup>
Pendiente	—	—	—	—	—	2,5%	2,5%	3%	2,5%	2,5%
<b>Sección horizontal</b>										
Longitud	—	—	—	—	—	8 400 m <sup>b</sup>	8 400 m <sup>b</sup>	—	8 400 m <sup>b</sup>	8 400 m <sup>b</sup>
Longitud total	—	—	—	—	—	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m
<b>DE TRANSICIÓN</b>										
Pendiente	20%	20%	14,3%	14,3%	20%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
<b>DE TRANSICIÓN INTERNA</b>										
Pendiente	—	—	—	—	—	—	—	40%	33,3%	33,3%
<b>SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUMPIDO</b>										
Longitud del borde interior	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m <sup>c</sup>	120 m <sup>c</sup>
Distancia desde el umbral	—	—	—	—	—	—	—	—	1 800 m <sup>d</sup>	1 800 m <sup>d</sup>
Divergencia (a cada lado)	—	—	—	—	—	—	—	10%	10%	10%
Pendiente	—	—	—	—	—	—	—	4%	3,33%	3,33%

Fig. 56: Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras [7].

Se realiza la representación sobre el raster con el resultado obtenido mediante las tablas de cálculo de 4,8 km para el radio de giro. La altura del circuito se situará añadiendo el MOC al obstáculo determinante obtenido en el sector del área de interés (OCA/H). Los valores de obstáculo determinante y OCA/H son:

$$OCA = 143(H) + 90(MOC) = 233 \text{ metros (764 pies)}$$

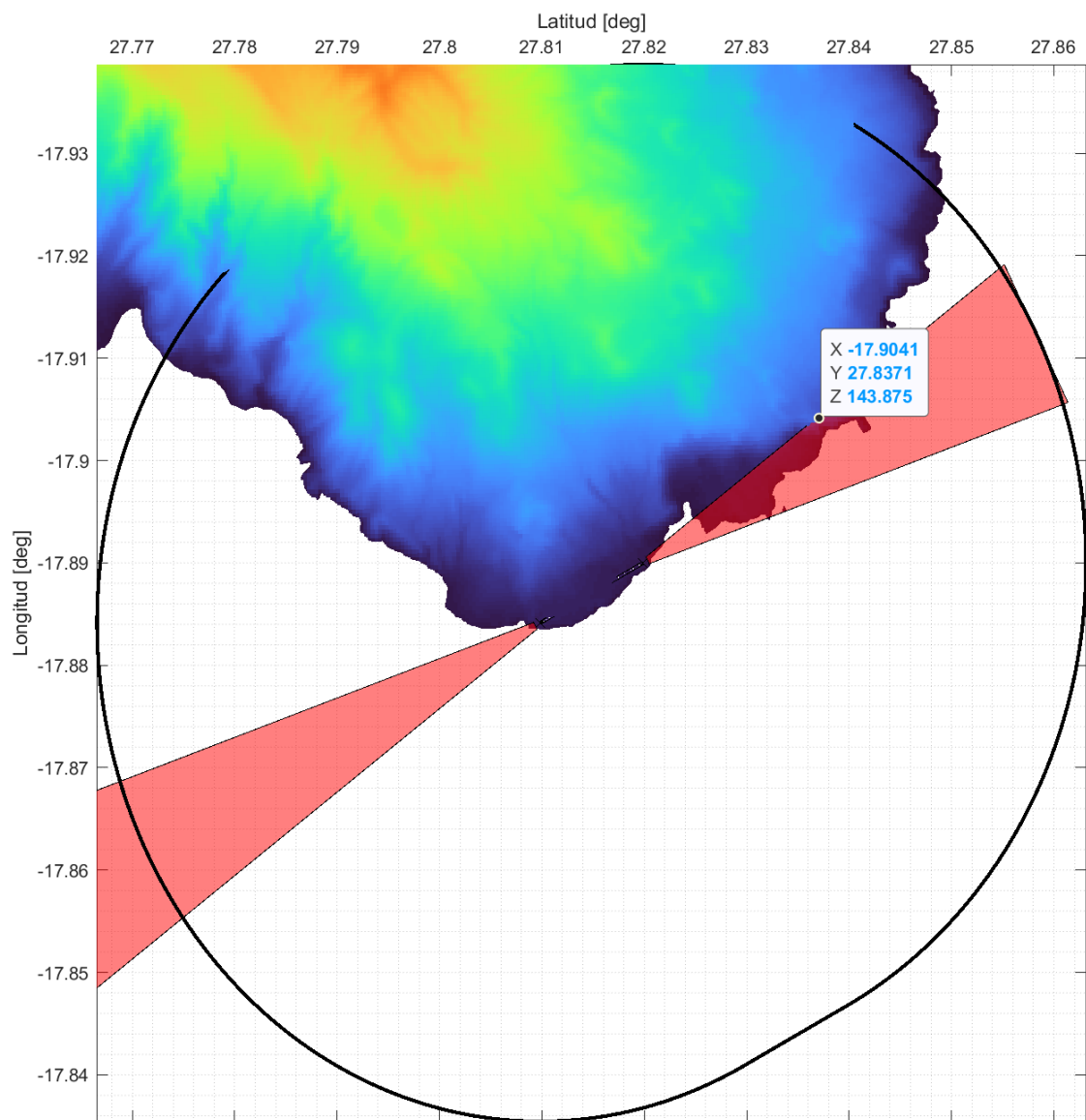


Fig. 57: Obstáculo determinante circuito visual reducido.

## A3 . Scripts de MATLAB

### Script 1: RasterHierro.m

```
1 %% RasterHierro.m
% Este script carga el archivo del modelo digital del terreno del IGN en
3 % formato '.tif' de la cuadrícula a visualizar empleando la función
% readgeoraster y guardando la información de la matriz de elevación así
5 % como del struct con la información de georeferenciación asociado.

7 % Además, este script permite personalizar la resolución de visualización,
% de esta forma se consigue reducir en gran medida el tiempo de carga por
9 % ejecución.

11 clear; clc; close all;

13 %% Parámetros
resolucion = [40, 40]; % INPUT resolución deseada

15 %% Lectura raster
17 [A,R] = readgeoraster('PNOA_MDT05_REGCAN95_HU28_1105-1108_LID.tif'); % Nombre archivo MDT
mask = single(uint16(A));
19 mask = reducirResolucion(mask, [R.SampleSpacingInWorldY,R.SampleSpacingInWorldX],
    resolucion);
R.RasterSize = size(mask);

21 %% Adaptación info para plot
23 % Se define el grid con la información obtenida

25 x = R.XWorldLimits(1):resolucion(2):R.XWorldLimits(2);
y = R.YWorldLimits(1):resolucion(1):R.YWorldLimits(2);
27 y = flip(y);
[X,Y] = meshgrid(x,y);
29 lat_raster = zeros(size(X));
lon_raster = zeros(size(X));
31 % Vectoriza la operación en lugar de iterar sobre cada elemento
for i = 1:numel(X)
33     [lat_raster(i), lon_raster(i)] = utm211(X(i), Y(i), 28);
end

35 save raster.mat lat_raster lon_raster mask

37 %% Plot (Recomendado OFF)
39 clear all; clc; close all;
load plotear.mat

41 figure;
43 set(gcf, 'WindowState', 'maximized');
% f.Units = 'normalized';
45 % f.OuterPosition = [0 0 1 1];
box on; grid minor; hold on;
47 surf(lon,lat,mask,'EdgeColor','none');
% stem3(lon,lat,mask);
49 xlabel("Longitud [deg]");
ylabel("Latitud [deg]");
51 zlabel("Elevacion [m]")
xlim([min(min(lon)), max(max(lon))]);
53 ylim([min(min(lat)), max(max(lat))]);
clim([min(min(mask)), max(max(mask))]);
55 zlim([10, max(max(mask))]);
view(3);
57 colormap('turbo');
daspect([1,1,1e5]) % Equivalencia grado-km en el ecuador 1° aprox 111 km

59 %% Obstáculos AIP (Recomendado OFF)
61 % Importa la tabla de datos con la información de obstáculos en el
% aeropuerto obtenida del AIP. Guarda la información en un struct llamado
```

```
63 % 'wp' para su posterior representación en el script 'plot_general.m'.
65 filename = 'LE_Amdt_A_2023_16_AD_2_10_GCHI_en.csv';
66 datos = leer_obstaculos_csv(filename);
67 % Guardamos los datos en un struct 'wp'.
68 for i=1:numel(datos.ID)
69     wp(i).name = datos.ID{i};
70     wp(i).desc = '';
71     wp(i).lon = datos.Longitude(i);
72     wp(i).lat = datos.Latitude(i);
73     wp(i).alt = datos.Elevation(i);
74 end
75 save obstaculos.mat wp
76
77 % Plot obstaculos
78 load obstaculos.mat
79 for i=1:numel(wp)
80     scatter3(wp(i).lon, wp(i).lat, wp(i).alt, 'white', 'filled')
81 end
```



## Script 2: pista.m

```

%% pista.m
2 % En este script se definen las características geográficas de la pista
% para la representación de la misma en el raster. También se calcula y
4 % obtiene el área de maniobras visuales convirtiendo el resultado a
% coordenadas LL para su visualización en 'plot_general.m'
6
clear all; clc; close all;
8 %% Datos aeropuerto y pista

10 cab16_ll = [convert_longitude("0175323.91W"), convert_latitude("274911.46N"), 21.63]; %
lon, lat, alt
cab34_ll = [convert_longitude("0175302.89W"), convert_latitude("274835.43N"), 31.51]; %
lon, lat, alt
12
cab16_utm = [ll2utm(cab16_ll(2),cab16_ll(1)), 21.63]; % x, y, alt
14 cab34_utm = [ll2utm(cab34_ll(2),cab34_ll(1)), 31.51]; % x, y, alt

16 pendiente_vector_normal = -1/((cab34_utm(2)-cab16_utm(2))/(cab34_utm(1)-cab16_utm(1)));
angulo_normal = atand(pendiente_vector_normal);
18 vector_normal = [cosd(angulo_normal), sind(angulo_normal)];

20 ancho_pista = 30;

22 vertices_pista = [cab16_utm(1:2) + ancho_pista/2 * vector_normal, cab16_utm(3);
cab16_utm(1:2) - ancho_pista/2 * vector_normal, cab16_utm(3);
24 cab34_utm(1:2) - ancho_pista/2 * vector_normal, cab34_utm(3);
cab34_utm(1:2) + ancho_pista/2 * vector_normal, cab34_utm(3)];
26
x_coords = vertices_pista(:, 1);
28 y_coords = vertices_pista(:, 2);
z_coords = vertices_pista(:, 3);
30
x_coords = [x_coords; x_coords(1)];
32 y_coords = [y_coords; y_coords(1)];
z_coords = [z_coords; z_coords(1)];
34

36 %% Circuito visual
M2FT = 3.281;
38 FT2M = 1/M2FT;

40 h_circuito = 233; %%OCA C VISUAL 263 m (143 obs + 90 moc visual y vpt)
r_circuito = 4.8e3;
42
phi1 = (angulo_normal:0.5:angulo_normal+180)';
44 phi2 = (angulo_normal:-0.5:angulo_normal-180)';

46 c1 = [cab16_utm(1:2) + r_circuito * [cosd(phi1), sind(phi1)], h_circuito * ones(numel(
phi1),1)];
c2 = [cab34_utm(1:2) + r_circuito * [cosd(phi2), sind(phi2)], h_circuito * ones(numel(
phi2),1)];
48 T1 = [cab16_utm(1:2) + r_circuito * vector_normal, h_circuito];
T2 = [cab34_utm(1:2) + r_circuito * vector_normal, h_circuito];
50 T3 = [cab16_utm(1:2) - r_circuito * vector_normal, h_circuito];
T4 = [cab34_utm(1:2) - r_circuito * vector_normal, h_circuito];
52

%% Conversión a LL
54 vec_corr = [1,1];
c1_ll = [utm2ll(c1(:,1),c1(:,2),28), c1(:,3)];
56 c2_ll = [utm2ll(c2(:,1),c2(:,2),28), c2(:,3)];
T1_ll = [utm2ll(T1(1),T1(2),28), T1(3)];
58 T2_ll = [utm2ll(T2(1),T2(2),28), T2(3)];
T3_ll = [utm2ll(T3(1),T3(2),28), T3(3)];
60 T4_ll = [utm2ll(T4(1),T4(2),28), T4(3)];

62 vertices_pista_ll = [utm2ll(x_coords(:),y_coords(:),28), z_coords(:)];
lat_pista = vertices_pista_ll(:,1);

```

```
64 lon_pista = vertices_pista_ll(:,2);  
z_pista = vertices_pista_ll(:,3);  
66  
68 %% Guardar mats  
save pista.mat lat_pista lon_pista z_pista cab16_ll cab34_ll  
save circuito_visual.mat c1_ll c2_ll T1_ll T2_ll T3_ll T4_ll
```

### Script 3: tramos\_oas\_apv.m

```
1 %% tramos_oas_apv.m
2 % Este script permite a través de los datos de entrada (constantes de
3 % las superficies OAS y datos de pista y aeropuerto) realizar la
4 % representación de los distintos planos que forman las OAS obteniendo su
5 % posición en coordenadas UTM y convirtiendo a LL para representar
6 % conjuntamente sobre el script 'plot_general.m'.
7
8
9 clear all; clc;
10 %% Definición constantes OAS 34
11
12 % Punto E
13 x_e_34 = -1625;
14 y_e_34 = 468;
15 % Punto E'
16 x_ep_34 = -7561;
17 y_ep_34 = 1852;
18 z_ep_34 = 148;
19 % Punto C
20 x_c_34 = 986;
21 y_c_34 = 150;
22
23 % Punto D
24 x_d_34 = 439;
25 y_d_34 = 233;
26
27 % Punto C''
28 x_cpp_34 = 2849;
29 y_cpp_34 = 268;
30 z_cpp_34 = 73;
31 % Punto C'
32 x_cp_34 = 10807;
33 y_cp_34 = 304;
34 z_cp_34 = 300;
35 % Punto D'
36 x_dp_34 = 6163;
37 y_dp_34 = 1008;
38 z_dp_34 = 300;
39
40 %% Definición constantes OAS 16
41
42 % Punto E
43 x_e_16 = -1521;
44 y_e_16 = 452;
45 % Punto E'
46 x_ep_16 = -7633;
47 y_ep_16 = 1852;
48 z_ep_16 = 152;
49 % Punto C
50 x_c_16 = 845;
51 y_c_16 = 146;
52 z_c_16 = 0;
53 % Punto D
54 x_d_16 = 376;
55 y_d_16 = 218;
56 z_d_16 = 0;
57 % Punto C''
58 x_cpp_16 = 2516;
59 y_cpp_16 = 251;
60 z_cpp_16 = 77;
61 % Punto C'
62 x_cp_16 = 9258;
63 y_cp_16 = 268;
64 z_cp_16 = 300;
65 % Punto D'
66 x_dp_16 = 5281;
67 y_dp_16 = 874;
```

```

69 z_dp_16 = 300;
71 %% Definición puntos y vectores pista
73 cab16_ll = [convert_longitude("0175323.91W"), convert_latitud("274911.46N"), 21.63]; %
lon, lat, alt
cab34_ll = [convert_longitude("0175302.89W"), convert_latitud("274835.43N"), 31.51]; %
lon, lat, alt
75
77 cab16_utm = [ll2utm(cab16_ll(2),cab16_ll(1)), 21.63]; % x, y, alt
cab34_utm = [ll2utm(cab34_ll(2),cab34_ll(1)), 31.51]; % x, y, alt
79
pendiente_vector_normal = -1/((cab34_utm(2)-cab16_utm(2))/(cab34_utm(1)-cab16_utm(1)));
81 angulo_normal = atand(pendiente_vector_normal);
vector_normal = [cosd(angulo_normal), sind(angulo_normal)];
83 pendiente_vector_pista = (cab34_utm(2)-cab16_utm(2))/(cab34_utm(1)-cab16_utm(1));
angulo_pista = atand(pendiente_vector_pista);
85 vector_pista = [cosd(angulo_pista), sind(angulo_pista)];
87 ancho_pista = 30;
elevacion_aeropuerto = 32;
89 %% ----- 34 -----
%% Plano Z (E-E') 34
91 vertices_z_oas_34 = [cab34_utm(1:2) + y_e_34 * vector_normal + x_e_34 * vector_pista,
elevacion_aeropuerto;
cab34_utm(1:2) + y_ep_34 * vector_normal + x_ep_34 * vector_pista,
z_ep_34 + elevacion_aeropuerto;
93 cab34_utm(1:2) - y_ep_34 * vector_normal + x_ep_34 * vector_pista,
z_ep_34 + elevacion_aeropuerto;
cab34_utm(1:2) - y_e_34 * vector_normal + x_e_34 * vector_pista,
elevacion_aeropuerto];
95
x_coords_34 = vertices_z_oas_34(:, 1);
97 y_coords_34 = vertices_z_oas_34(:, 2);
z_coords_34 = vertices_z_oas_34(:, 3);
99
x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
101 y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];
103
vertices_z_oas_34 = [utm2ll(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
105 lat_z_oas_34 = vertices_z_oas_34(:,1);
lon_z_oas_34 = vertices_z_oas_34(:,2);
107 z_z_oas_34 = vertices_z_oas_34(:,3);
109 %% Plano Pista (C-D) 34
vertices_cd_oas_34 = [cab34_utm(1:2) + y_c_34 * vector_normal + x_c_34 * vector_pista,
elevacion_aeropuerto;
111 cab34_utm(1:2) + y_d_34 * vector_normal + x_d_34 * vector_pista,
elevacion_aeropuerto;
cab34_utm(1:2) - y_d_34 * vector_normal + x_d_34 * vector_pista,
elevacion_aeropuerto;
113 cab34_utm(1:2) - y_c_34 * vector_normal + x_c_34 * vector_pista,
elevacion_aeropuerto];
115 x_coords_34 = vertices_cd_oas_34(:, 1);
y_coords_34 = vertices_cd_oas_34(:, 2);
117 z_coords_34 = vertices_cd_oas_34(:, 3);
119 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
121 z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];
123 vertices_cd_oas_34 = [utm2ll(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
lat_cd_oas_34 = vertices_cd_oas_34(:,1);
125 lon_cd_oas_34 = vertices_cd_oas_34(:,2);

```

```

z_cd_oas_34 = vertices_cd_oas_34(:,3);
127 %% Plano Pista (D-E) 34
vertices_de_oas_34 = [cab34_utm(1:2) + y_d_34 * vector_normal + x_d_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
129     cab34_utm(1:2) + y_e_34 * vector_normal + x_e_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) - y_e_34 * vector_normal + x_e_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
131     cab34_utm(1:2) - y_d_34 * vector_normal + x_d_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto];

133 x_coords_34 = vertices_de_oas_34(:, 1);
y_coords_34 = vertices_de_oas_34(:, 2);
135 z_coords_34 = vertices_de_oas_34(:, 3);

137 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
139 z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];

141 vertices_de_oas_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
lat_de_oas_34 = vertices_de_oas_34(:,1);
143 lon_de_oas_34 = vertices_de_oas_34(:,2);
z_de_oas_34 = vertices_de_oas_34(:,3);
145 %% Plano Pista (C-C'') 34
vertices_wp_oas_34 = [cab34_utm(1:2) + y_cpp_34 * vector_normal + x_cpp_34 * vector_pista
    ,z_cpp_34 + elevacion_aeropuerto;
147     cab34_utm(1:2) + y_c_34 * vector_normal + x_c_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) - y_c_34 * vector_normal + x_c_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
149     cab34_utm(1:2) - y_cpp_34 * vector_normal + x_cpp_34 * vector_pista,
    z_cpp_34 + elevacion_aeropuerto];

151 x_coords_34 = vertices_wp_oas_34(:, 1);
y_coords_34 = vertices_wp_oas_34(:, 2);
153 z_coords_34 = vertices_wp_oas_34(:, 3);

155 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
157 z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];

159 vertices_wp_oas_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
lat_wp_oas_34 = vertices_wp_oas_34(:,1);
161 lon_wp_oas_34 = vertices_wp_oas_34(:,2);
z_wp_oas_34 = vertices_wp_oas_34(:,3);
163 %% Plano Pista (C' - C') 34
vertices_w_oas_34 = [cab34_utm(1:2) + y_cp_34 * vector_normal + x_cp_34 * vector_pista,
    z_cp_34 + elevacion_aeropuerto;
165     cab34_utm(1:2) + y_cpp_34 * vector_normal + x_cpp_34 * vector_pista,
    z_cpp_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) - y_cpp_34 * vector_normal + x_cpp_34 * vector_pista,
    z_cpp_34 + elevacion_aeropuerto;
167     cab34_utm(1:2) - y_cp_34 * vector_normal + x_cp_34 * vector_pista,
    z_cp_34 + elevacion_aeropuerto];

169 x_coords_34 = vertices_w_oas_34(:, 1);
y_coords_34 = vertices_w_oas_34(:, 2);
171 z_coords_34 = vertices_w_oas_34(:, 3);

173 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
175 z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];

177 vertices_w_oas_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
lat_w_oas_34 = vertices_w_oas_34(:,1);
179 lon_w_oas_34 = vertices_w_oas_34(:,2);
z_w_oas_34 = vertices_w_oas_34(:,3);
181 %% Plano Pista (Y1) 34

```

```

183 vertices_y1_oas_34 = [cab34_utm(1:2) + y_ep_34 * vector_normal + x_ep_34 * vector_pista,
    z_ep_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) + y_dp_34 * vector_normal + x_dp_34 * vector_pista,
    z_dp_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) + y_d_34 * vector_normal + x_d_34 * vector_pista, +
    elevacion_aeropuerto;
185     cab34_utm(1:2) + y_e_34 * vector_normal + x_e_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto];

187 x_coords_34 = vertices_y1_oas_34(:, 1);
    y_coords_34 = vertices_y1_oas_34(:, 2);
189 z_coords_34 = vertices_y1_oas_34(:, 3);

191 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
    y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
193 z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];

195 vertices_y1_oas_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
    lat_y1_oas_34 = vertices_y1_oas_34(:,1);
197 lon_y1_oas_34 = vertices_y1_oas_34(:,2);
    z_y1_oas_34 = vertices_y1_oas_34(:,3);
199 %% Plano Pista (Y2) 34
    vertices_y2_oas_34 = [cab34_utm(1:2) - y_ep_34 * vector_normal + x_ep_34 * vector_pista,
    z_ep_34 + elevacion_aeropuerto;
201     cab34_utm(1:2) - y_dp_34 * vector_normal + x_dp_34 * vector_pista,
    z_dp_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) - y_d_34 * vector_normal + x_d_34 * vector_pista, +
    elevacion_aeropuerto;
203     cab34_utm(1:2) - y_e_34 * vector_normal + x_e_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto];

205 x_coords_34 = vertices_y2_oas_34(:, 1);
    y_coords_34 = vertices_y2_oas_34(:, 2);
207 z_coords_34 = vertices_y2_oas_34(:, 3);

209 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
    y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
211 z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];

213 vertices_y2_oas_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
    lat_y2_oas_34 = vertices_y2_oas_34(:,1);
215 lon_y2_oas_34 = vertices_y2_oas_34(:,2);
    z_y2_oas_34 = vertices_y2_oas_34(:,3);
217 %% Plano Pista (Y2) 34
219 vertices_y2_oas_34 = [cab34_utm(1:2) - y_ep_34 * vector_normal + x_ep_34 * vector_pista,
    z_ep_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) - y_dp_34 * vector_normal + x_dp_34 * vector_pista,
    z_dp_34 + elevacion_aeropuerto;
221     cab34_utm(1:2) - y_d_34 * vector_normal + x_d_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto ;
    cab34_utm(1:2) - y_e_34 * vector_normal + x_e_34 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto];
223
225 x_coords_34 = vertices_y2_oas_34(:, 1);
    y_coords_34 = vertices_y2_oas_34(:, 2);
    z_coords_34 = vertices_y2_oas_34(:, 3);
227
229 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
    y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
    z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];
231
233 vertices_y2_oas_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
    lat_y2_oas_34 = vertices_y2_oas_34(:,1);
    lon_y2_oas_34 = vertices_y2_oas_34(:,2);
235 z_y2_oas_34 = vertices_y2_oas_34(:,3);
237 %% Plano Pista (x1) 34

```

```

vertices_x1_oas_34 = [cab34_utm(1:2) + y_d_34 * vector_normal + x_d_34 * vector_pista, +
    elevacion_aeropuerto;
239     cab34_utm(1:2) + y_dp_34 * vector_normal + x_dp_34 * vector_pista,
    z_dp_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) + y_cp_34 * vector_normal + x_cp_34 * vector_pista,
241     z_cp_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) + y_cpp_34 * vector_normal + x_cpp_34 * vector_pista,
    z_cpp_34 + elevacion_aeropuerto
    cab34_utm(1:2) + y_c_34 * vector_normal + x_c_34 * vector_pista, +
    elevacion_aeropuerto];
243
x_coords_34 = vertices_x1_oas_34(:, 1);
245 y_coords_34 = vertices_x1_oas_34(:, 2);
z_coords_34 = vertices_x1_oas_34(:, 3);
247
x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
249 y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];
251
vertices_x1_oas_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
253 lat_x1_oas_34 = vertices_x1_oas_34(:,1);
lon_x1_oas_34 = vertices_x1_oas_34(:,2);
255 z_x1_oas_34 = vertices_x1_oas_34(:,3);

257 %% Plano Pista (x2) 34
vertices_x2_oas_34 = [cab34_utm(1:2) - y_d_34 * vector_normal + x_d_34 * vector_pista, +
    elevacion_aeropuerto;
259     cab34_utm(1:2) - y_dp_34 * vector_normal + x_dp_34 * vector_pista,
    z_dp_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) - y_cp_34 * vector_normal + x_cp_34 * vector_pista,
261     z_cp_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) - y_cpp_34 * vector_normal + x_cpp_34 * vector_pista,
    z_cpp_34 + elevacion_aeropuerto;
    cab34_utm(1:2) - y_c_34 * vector_normal + x_c_34 * vector_pista, +
    elevacion_aeropuerto];
263
x_coords_34 = vertices_x2_oas_34(:, 1);
265 y_coords_34 = vertices_x2_oas_34(:, 2);
z_coords_34 = vertices_x2_oas_34(:, 3);
267
x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
269 y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];
271
vertices_x2_oas_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
273 lat_x2_oas_34 = vertices_x2_oas_34(:,1);
lon_x2_oas_34 = vertices_x2_oas_34(:,2);
275 z_x2_oas_34 = vertices_x2_oas_34(:,3);

277 %% ----- 16 -----
%% Plano Z (E-E') 16
279 vertices_z_oas_16 = [cab16_utm(1:2) + y_e_16 * vector_normal - x_e_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) + y_ep_16 * vector_normal - x_ep_16 * vector_pista,
281     z_ep_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_ep_16 * vector_normal - x_ep_16 * vector_pista,
    z_ep_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_e_16 * vector_normal - x_e_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto];
283
x_coords_16 = vertices_z_oas_16(:, 1);
285 y_coords_16 = vertices_z_oas_16(:, 2);
z_coords_16 = vertices_z_oas_16(:, 3);
287
x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
289 y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];
291

```

```

vertices_z_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
293 lat_z_oas_16 = vertices_z_oas_16(:,1);
lon_z_oas_16 = vertices_z_oas_16(:,2);
295 z_z_oas_16 = vertices_z_oas_16(:,3);

297 %% Plano Pista (C-D) 16
vertices_cd_oas_16 = [cab16_utm(1:2) + y_c_16 * vector_normal - x_c_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
299     cab16_utm(1:2) + y_d_16 * vector_normal - x_d_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_d_16 * vector_normal - x_d_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
301     cab16_utm(1:2) - y_c_16 * vector_normal - x_c_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto];

303 x_coords_16 = vertices_cd_oas_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_cd_oas_16(:, 2);
305 z_coords_16 = vertices_cd_oas_16(:, 3);

307 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
309 z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];

311 vertices_cd_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
lat_cd_oas_16 = vertices_cd_oas_16(:,1);
313 lon_cd_oas_16 = vertices_cd_oas_16(:,2);
z_cd_oas_16 = vertices_cd_oas_16(:,3);
315 %% Plano Pista (D-E) 16
vertices_de_oas_16 = [cab16_utm(1:2) + y_d_16 * vector_normal - x_d_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
317     cab16_utm(1:2) + y_e_16 * vector_normal - x_e_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_e_16 * vector_normal - x_e_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
319     cab16_utm(1:2) - y_d_16 * vector_normal - x_d_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto];

321 x_coords_16 = vertices_de_oas_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_de_oas_16(:, 2);
323 z_coords_16 = vertices_de_oas_16(:, 3);

325 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
327 z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];

329 vertices_de_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
lat_de_oas_16 = vertices_de_oas_16(:,1);
331 lon_de_oas_16 = vertices_de_oas_16(:,2);
z_de_oas_16 = vertices_de_oas_16(:,3);
333 %% Plano Pista (C-C'') 16
vertices_wp_oas_16 = [cab16_utm(1:2) + y_cpp_16 * vector_normal - x_cpp_16 * vector_pista
    ,z_cpp_16 + elevacion_aeropuerto;
335     cab16_utm(1:2) + y_c_16 * vector_normal - x_c_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_c_16 * vector_normal - x_c_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto;
337     cab16_utm(1:2) - y_cpp_16 * vector_normal - x_cpp_16 * vector_pista,
    z_cpp_16 + elevacion_aeropuerto];

339 x_coords_16 = vertices_wp_oas_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_wp_oas_16(:, 2);
341 z_coords_16 = vertices_wp_oas_16(:, 3);

343 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
345 z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];

347 vertices_wp_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];

```



```

lat_wp_oas_16 = vertices_wp_oas_16(:,1);
349 lon_wp_oas_16 = vertices_wp_oas_16(:,2);
z_wp_oas_16 = vertices_wp_oas_16(:,3);
351 %% Plano Pista (C' - C') 16
vertices_w_oas_16 = [cab16_utm(1:2) + y_cp_16 * vector_normal - x_cp_16 * vector_pista,
z_cp_16 + elevacion_aeropuerto;
353 cab16_utm(1:2) + y_cpp_16 * vector_normal - x_cpp_16 * vector_pista,
z_cpp_16 + elevacion_aeropuerto;
cab16_utm(1:2) - y_cpp_16 * vector_normal - x_cpp_16 * vector_pista,
z_cpp_16 + elevacion_aeropuerto;
355 cab16_utm(1:2) - y_cp_16 * vector_normal - x_cp_16 * vector_pista,
z_cp_16 + elevacion_aeropuerto];

357 x_coords_16 = vertices_w_oas_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_w_oas_16(:, 2);
359 z_coords_16 = vertices_w_oas_16(:, 3);

361 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
363 z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];

365 vertices_w_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
lat_w_oas_16 = vertices_w_oas_16(:,1);
367 lon_w_oas_16 = vertices_w_oas_16(:,2);
z_w_oas_16 = vertices_w_oas_16(:,3);
369 %% Plano Pista (Y1) 16
vertices_y1_oas_16 = [cab16_utm(1:2) + y_ep_16 * vector_normal - x_ep_16 * vector_pista,
z_ep_16 + elevacion_aeropuerto;
371 cab16_utm(1:2) + y_dp_16 * vector_normal - x_dp_16 * vector_pista,
z_dp_16 + elevacion_aeropuerto;
cab16_utm(1:2) + y_d_16 * vector_normal - x_d_16 * vector_pista,
z_d_16 + elevacion_aeropuerto;
373 cab16_utm(1:2) + y_e_16 * vector_normal - x_e_16 * vector_pista,
elevacion_aeropuerto];

375 x_coords_16 = vertices_y1_oas_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_y1_oas_16(:, 2);
377 z_coords_16 = vertices_y1_oas_16(:, 3);

379 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
381 z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];

383 vertices_y1_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
lat_y1_oas_16 = vertices_y1_oas_16(:,1);
385 lon_y1_oas_16 = vertices_y1_oas_16(:,2);
z_y1_oas_16 = vertices_y1_oas_16(:,3);
387 %% Plano Pista (Y2) 16
vertices_y2_oas_16 = [cab16_utm(1:2) - y_ep_16 * vector_normal - x_ep_16 * vector_pista,
z_ep_16 + elevacion_aeropuerto;
389 cab16_utm(1:2) - y_dp_16 * vector_normal - x_dp_16 * vector_pista,
z_dp_16 + elevacion_aeropuerto;
cab16_utm(1:2) - y_d_16 * vector_normal - x_d_16 * vector_pista,
z_d_16 + elevacion_aeropuerto;
391 cab16_utm(1:2) - y_e_16 * vector_normal - x_e_16 * vector_pista,
elevacion_aeropuerto];

393 x_coords_16 = vertices_y2_oas_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_y2_oas_16(:, 2);
395 z_coords_16 = vertices_y2_oas_16(:, 3);

397 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
399 z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];

401 vertices_y2_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
lat_y2_oas_16 = vertices_y2_oas_16(:,1);
403 lon_y2_oas_16 = vertices_y2_oas_16(:,2);

```

```

405 z_y2_oas_16 = vertices_y2_oas_16(:,3);
407 %% Plano Pista (Y2) 16
vertices_y2_oas_16 = [cab16_utm(1:2) - y_ep_16 * vector_normal - x_ep_16 * vector_pista,
    z_ep_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_dp_16 * vector_normal - x_dp_16 * vector_pista,
    z_dp_16 + elevacion_aeropuerto;
409     cab16_utm(1:2) - y_d_16 * vector_normal - x_d_16 * vector_pista,
    z_d_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_e_16 * vector_normal - x_e_16 * vector_pista,
    elevacion_aeropuerto];
411
413 x_coords_16 = vertices_y2_oas_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_y2_oas_16(:, 2);
z_coords_16 = vertices_y2_oas_16(:, 3);
415
417 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];
419
421 vertices_y2_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
lat_y2_oas_16 = vertices_y2_oas_16(:,1);
lon_y2_oas_16 = vertices_y2_oas_16(:,2);
423 z_y2_oas_16 = vertices_y2_oas_16(:,3);
425
427 %% Plano Pista (x1) 16
vertices_x1_oas_16 = [cab16_utm(1:2) + y_d_16 * vector_normal - x_d_16 * vector_pista,
    z_d_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) + y_dp_16 * vector_normal - x_dp_16 * vector_pista,
    z_dp_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) + y_cp_16 * vector_normal - x_cp_16 * vector_pista,
    z_cp_16 + elevacion_aeropuerto;
429     cab16_utm(1:2) + y_cpp_16 * vector_normal - x_cpp_16 * vector_pista,
    z_cpp_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) + y_c_16 * vector_normal - x_c_16 * vector_pista,
    z_c_16 + elevacion_aeropuerto];
431
433 x_coords_16 = vertices_x1_oas_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_x1_oas_16(:, 2);
z_coords_16 = vertices_x1_oas_16(:, 3);
435
437 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];
439
441 vertices_x1_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
lat_x1_oas_16 = vertices_x1_oas_16(:,1);
lon_x1_oas_16 = vertices_x1_oas_16(:,2);
443 z_x1_oas_16 = vertices_x1_oas_16(:,3);
445
447 %% Plano Pista (x2) 16
vertices_x2_oas_16 = [cab16_utm(1:2) - y_d_16 * vector_normal - x_d_16 * vector_pista,
    z_d_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_dp_16 * vector_normal - x_dp_16 * vector_pista,
    z_dp_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_cp_16 * vector_normal - x_cp_16 * vector_pista,
    z_cp_16 + elevacion_aeropuerto;
449     cab16_utm(1:2) - y_cpp_16 * vector_normal - x_cpp_16 * vector_pista,
    z_cpp_16 + elevacion_aeropuerto;
    cab16_utm(1:2) - y_c_16 * vector_normal - x_c_16 * vector_pista,
    z_c_16 + elevacion_aeropuerto];
451
453 x_coords_16 = vertices_x2_oas_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_x2_oas_16(:, 2);
z_coords_16 = vertices_x2_oas_16(:, 3);
455
457 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];

```

```

z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];
459
vertices_x2_oas_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
461 lat_x2_oas_16 = vertices_x2_oas_16(:,1);
lon_x2_oas_16 = vertices_x2_oas_16(:,2);
463 z_x2_oas_16 = vertices_x2_oas_16(:,3);

465
%% Visualización previa
467 % Pista 16
patch(lon_x2_oas_16, lat_x2_oas_16, z_x2_oas_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
469 patch(lon_x1_oas_16, lat_x1_oas_16, z_x1_oas_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_y2_oas_16, lat_y2_oas_16, z_y2_oas_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
471 patch(lon_y1_oas_16, lat_y1_oas_16, z_y1_oas_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_w_oas_16, lat_w_oas_16, z_w_oas_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
473 patch(lon_wp_oas_16, lat_wp_oas_16, z_wp_oas_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_de_oas_16, lat_de_oas_16, z_de_oas_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
475 patch(lon_cd_oas_16, lat_cd_oas_16, z_cd_oas_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_z_oas_16, lat_z_oas_16, z_z_oas_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
477 % Pista 34
patch(lon_x2_oas_34, lat_x2_oas_34, z_x2_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
479 patch(lon_x1_oas_34, lat_x1_oas_34, z_x1_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_y2_oas_34, lat_y2_oas_34, z_y2_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
481 patch(lon_y1_oas_34, lat_y1_oas_34, z_y1_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_w_oas_34, lat_w_oas_34, z_w_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
483 patch(lon_wp_oas_34, lat_wp_oas_34, z_wp_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_de_oas_34, lat_de_oas_34, z_de_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
485 patch(lon_cd_oas_34, lat_cd_oas_34, z_cd_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_z_oas_34, lat_z_oas_34, z_z_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
487
save tramos_oas_apv.mat lon_x2_oas_34 lat_x2_oas_34 z_x2_oas_34 lon_x1_oas_34
lat_x1_oas_34 z_x1_oas_34 lon_y2_oas_34 lat_y2_oas_34 z_y2_oas_34 lon_y1_oas_34
lat_y1_oas_34 z_y1_oas_34 lat_w_oas_34 lon_w_oas_34 z_w_oas_34 z_wp_oas_34
lat_wp_oas_34 lon_wp_oas_34 lat_de_oas_34 lon_de_oas_34 z_de_oas_34 lat_cd_oas_34
lon_cd_oas_34 z_cd_oas_34 lat_z_oas_34 lon_z_oas_34 z_z_oas_34 lon_x2_oas_16
lat_x2_oas_16 z_x2_oas_16 lon_x1_oas_16 lat_x1_oas_16 z_x1_oas_16 lon_y2_oas_16
lat_y2_oas_16 z_y2_oas_16 lon_y1_oas_16 lat_y1_oas_16 z_y1_oas_16 lat_w_oas_16
lon_w_oas_16 z_w_oas_16 z_wp_oas_16 lat_wp_oas_16 lon_wp_oas_16 lat_de_oas_16
lon_de_oas_16 z_de_oas_16 lat_cd_oas_16 lon_cd_oas_16 z_cd_oas_16 lat_z_oas_16
lon_z_oas_16 z_z_oas_16

```

#### Script 4: vss.m

```

%% VSS.m
2 % En este script se definen las características geográficas y geométricas
% de la pista y de las superficies VSS. Una vez obtenidos los vértices de
4 % las superficies y convertidos a coordenadas LL se guardan.

6 clear all; clc; close all;

8 %% PISTA

10 cab16_ll = [convert_longitude("0175323.91W"), convert_latitude("274911.46N"), 21.63]; %
    lon, lat, alt
cab34_ll = [convert_longitude("0175302.89W"), convert_latitude("274835.43N"), 31.51]; %
    lon, lat, alt

12
14 cab16_utm = [ll2utm(cab16_ll(2),cab16_ll(1)), 21.63]; % x, y, alt
cab34_utm = [ll2utm(cab34_ll(2),cab34_ll(1)), 31.51]; % x, y, alt

16 pendiente_vector_normal = -1/((cab34_utm(2)-cab16_utm(2))/(cab34_utm(1)-cab16_utm(1)));
angulo_normal = atand(pendiente_vector_normal);
18 vector_normal = [cosd(angulo_normal), sind(angulo_normal)];

20 pendiente_vector_pista = (cab34_utm(2)-cab16_utm(2))/(cab34_utm(1)-cab16_utm(1));
angulo_pista = atand(pendiente_vector_pista);
22 vector_pista = [cosd(angulo_pista), sind(angulo_pista)];

24 ancho_pista = 30;

26 vertices_pista = [cab16_utm(1:2) + ancho_pista/2 * vector_normal, cab16_utm(3);
    cab16_utm(1:2) - ancho_pista/2 * vector_normal, cab16_utm(3);
28     cab34_utm(1:2) - ancho_pista/2 * vector_normal, cab34_utm(3);
    cab34_utm(1:2) + ancho_pista/2 * vector_normal, cab34_utm(3)];

30
32 x_coords = vertices_pista(:, 1);
y_coords = vertices_pista(:, 2);
z_coords = vertices_pista(:, 3);

34
36 x_coords = [x_coords; x_coords(1)];
y_coords = [y_coords; y_coords(1)];
z_coords = [z_coords; z_coords(1)];

38
%% Definicion VSS (APV)

40
% Pista 16
42 anchura_vss = 90;
sep_THR = 60;
44 GP_pub_degree_16 = 3;
GP_VSS = GP_pub_degree_16 - 1.12; % deg
46 OCA_16 = 680;

48 x_distance_16 = OCA_16/tand(GP_VSS);

50 vertices_vss_16 = [cab16_utm(1:2) + anchura_vss/2 * vector_normal - sep_THR *
    vector_pista, cab16_utm(3);
    cab16_utm(1:2) - anchura_vss/2 * vector_normal - sep_THR *
52     vector_pista, cab16_utm(3);
    cab16_utm(1:2) - anchura_vss/2 * vector_normal - (sep_THR +
    x_distance_16) * vector_pista, OCA_16;
    cab16_utm(1:2) + anchura_vss/2 * vector_normal - (sep_THR +
54     x_distance_16) * vector_pista, OCA_16];

56 x_coords = vertices_vss_16(:, 1);
y_coords = vertices_vss_16(:, 2);
z_coords = vertices_vss_16(:, 3);

58
60 x_coords = [x_coords; x_coords(1)];
y_coords = [y_coords; y_coords(1)];
z_coords = [z_coords; z_coords(1)];

```

```

62 | vertices_ll = [utm211(x_coords(:),y_coords(:),28), z_coords(:)];
64 | lat_vss_apv_16 = vertices_ll(:,1);
65 | lon_vss_apv_16 = vertices_ll(:,2);
66 | z_vss_apv_16 = vertices_ll(:,3);

68 | % Pista 34
69 | GP_pub_degree_34 = 3;
70 | GP_VSS = GP_pub_degree_34 - 1.12; % deg
71 | OCA_34 = 670;

72 |
73 | x_distance_34 = OCA_34/tand(GP_VSS);
74 |
75 | vertices_vss_34 = [cab34_utm(1:2) + anchura_vss/2 * vector_normal + sep_THR *
76 |     vector_pista, cab34_utm(3);
77 |     cab34_utm(1:2) - anchura_vss/2 * vector_normal + sep_THR *
78 |     vector_pista, cab34_utm(3);
79 |     cab34_utm(1:2) - anchura_vss/2 * vector_normal + (sep_THR +
80 |     x_distance_34) * vector_pista, OCA_34;
81 |     cab34_utm(1:2) + anchura_vss/2 * vector_normal + (sep_THR +
82 |     x_distance_34) * vector_pista, OCA_34];

83 |
84 | x_coords = vertices_vss_34(:, 1);
85 | y_coords = vertices_vss_34(:, 2);
86 | z_coords = vertices_vss_34(:, 3);

87 |
88 | x_coords = [x_coords; x_coords(1)];
89 | y_coords = [y_coords; y_coords(1)];
90 | z_coords = [z_coords; z_coords(1)];

91 | vertices_ll = [utm211(x_coords(:),y_coords(:),28), z_coords(:)];
92 | lat_vss_apv_34 = vertices_ll(:,1);
93 | lon_vss_apv_34 = vertices_ll(:,2);
94 | z_vss_apv_34 = vertices_ll(:,3);

95 | %% VSS (LNAV)

96 | % Cabecera 16
97 | anchura_vss = 75;
98 | sep_THR = 60;
99 | GP_pub_degree_16 = 4.2; % deg // Necesario para franqueamiento de obstaculos
100 | GP_VSS_16 = GP_pub_degree_16 - 1.12; % deg
101 | OCA_16 = 233;
102 | angulo_apertura = atand(0.15); % en grados segun doc.8168

103 |
104 | x_distance_16 = OCA_16/tand(GP_VSS_16);
105 | y_distance_16 = x_distance_16 * tand(angulo_apertura);
106 |
107 | vertices_vss_16 = [cab16_utm(1:2) + anchura_vss/2 * vector_normal - sep_THR *
108 |     vector_pista, cab16_utm(3);
109 |     cab16_utm(1:2) - anchura_vss/2 * vector_normal - sep_THR *
110 |     vector_pista, cab16_utm(3);
111 |     cab16_utm(1:2) - (anchura_vss/2 + y_distance_16) * vector_normal - (
112 |     sep_THR + x_distance_16) * vector_pista, OCA_16;
113 |     cab16_utm(1:2) + (anchura_vss/2 + y_distance_16) * vector_normal - (
114 |     sep_THR + x_distance_16) * vector_pista, OCA_16];

115 |
116 | x_coords = vertices_vss_16(:, 1);
117 | y_coords = vertices_vss_16(:, 2);
118 | z_coords = vertices_vss_16(:, 3);

119 |
120 | x_coords = [x_coords; x_coords(1)];
121 | y_coords = [y_coords; y_coords(1)];
122 | z_coords = [z_coords; z_coords(1)];

123 | vertices_ll = [utm211(x_coords(:),y_coords(:),28), z_coords(:)];

```

```

122 lat_vss_noapv_16 = vertices_ll(:,1);
lon_vss_noapv_16 = vertices_ll(:,2);
124 z_vss_noapv_16 = vertices_ll(:,3);

126 % Cabecera 34
OCA_34 = 233;
128 GP_pub_degree_34 = 3; % Óptimo 8168
GP_VSS_34 = GP_pub_degree_34 - 1.12; % deg
130
x_distance_34 = OCA_34/tand(GP_VSS_34);
132 y_distance_34 = x_distance_34 * tand(angulo_apertura);

134 vertices_vss_34 = [cab34_utm(1:2) + anchura_vss/2 * vector_normal + sep_THR *
vector_pista, cab34_utm(3);
cab34_utm(1:2) - anchura_vss/2 * vector_normal + sep_THR *
vector_pista, cab34_utm(3);
136 cab34_utm(1:2) - (anchura_vss/2 + y_distance_34) * vector_normal + (
sep_THR + x_distance_34) * vector_pista, OCA_34;
cab34_utm(1:2) + (anchura_vss/2 + y_distance_34) * vector_normal + (
sep_THR + x_distance_34) * vector_pista, OCA_34];
138

140 x_coords = vertices_vss_34(:, 1);
y_coords = vertices_vss_34(:, 2);
142 z_coords = vertices_vss_34(:, 3);

144 x_coords = [x_coords; x_coords(1)];
y_coords = [y_coords; y_coords(1)];
146 z_coords = [z_coords; z_coords(1)];

148 vertices_ll = [utm211(x_coords(:),y_coords(:),28), z_coords(:)];
lat_vss_noapv_34 = vertices_ll(:,1);
150 lon_vss_noapv_34 = vertices_ll(:,2);
z_vss_noapv_34 = vertices_ll(:,3);
152

%% GUARDADO
154 save vss.mat lat_vss_apv_16 lon_vss_apv_16 z_vss_apv_16 lat_vss_apv_34 lon_vss_apv_34
z_vss_apv_34 lat_vss_noapv_16 lon_vss_noapv_16 z_vss_noapv_16 lat_vss_noapv_34
lon_vss_noapv_34 z_vss_noapv_34

```

## Script 5: tramos\_lnav.m

```
%% tramos_lnav.m
2 % En este script se calculan y definen las superficies que forman los
% tramos de la aproximación LNAV.
4 % Como datos de entrada se utilizan los valores recomendados por el
% Doc.8168 de longitud, pendientes, ATT, confluencia de tramos, etc.
6 % Posteriormente se calculan las alturas y posiciones de los puntos,
% comenzando por el MAPt y la aproximación final para la cabecera 16 y 34.
8
10 % Los distintos polígonos que forman las superficies se definen en tres
% partes: principal, secundaria 1 y secundaria 2. Todos los puntos quedan
% referenciados respecto al umbral de la pista para la que se está
12 % realizando la aproximación.
14 % El resultado obtenido se guarda para su posterior visualización en el
% script 'plot_general.m'.
16
18 clear all; clc; close all;
19 % Definición datos (longitudes, pendientes, att, transiciones, SOC, MOC, pista)
20 ini_sanchura = 4630; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (FAF)
21 fru_sanchura = 3704; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (<28 km del ARP)
22 mapt_sanchura = 1759; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (MAPt)
23 faf_sanchura = 2685; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (FAF)
24
25 % ATT
26 att_mapt = 444; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (FAF)
27 att_faf = 444; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (FAF)
28
29 % Longitudes
30 inicial_largo = 9300; %m
31 intermedia_largo = 9300; %m
32 final_largo = 9300; %m
33 fru_final_largo = 9300;
34
35 % Transición
36 trans_fru = ((fru_sanchura - mapt_sanchura) / tand(15)); % longitud para pasar de
% semianchura de final a frustrada con 15°
37
38 % Calculo SOC
39 xSOC_16 = final_largo * 0.3246 + 1653;
40 fr_inicial_largo = xSOC_16;
41 fr_intermedia_largo = 9000; %EN PRUEBA
42 xSOC_34 = final_largo * 0.3246 + 1653;
43
44 % Calculos adaptación tramo
45 z_trans = ini_sanchura - faf_sanchura ;
46 y_trans = z_trans / tand(30);
47
48 % Pendientes
49 pend_final_16 = 3; %grados // optimo 5.2%
50 pend_final_34 = 4.2; %limitado por vss
51 pend_inicial_16 = 2.3; %optimo 4 Por la parte general 8162 vol2 I-4-3-3
52 pend_inicial_34 = 2.3;
53 pend_frustrada_int_16 = 1.4; %grados (2.5%)
54 pend_frustrada_int_34 = 1.4;
55
56 % RDH
57 elevacion_aeropuerto = 32;
58 elev_aerop_ajust = 0;
59
60 % MOC
61 moc_final = 75;
62 moc_intermedia = 150;
63 moc_inicial = 300;
64 moc_frustrada = 75;
65 moc_frustrada_int = 30;
66
67 % Definición pista y vectores de aproximación
```

```

cab16_ll = [convert_longitude("0175323.91W"), convert_latitude("274911.46N"), 21.63]; %
lon, lat, alt
68 cab34_ll = [convert_longitude("0175302.89W"), convert_latitude("274835.43N"), 31.51]; %
lon, lat, alt

70
cab16_utm = [ll2utm(cab16_ll(2),cab16_ll(1)), 21.63]; % x, y, alt
72 cab34_utm = [ll2utm(cab34_ll(2),cab34_ll(1)), 31.51]; % x, y, alt

74 pendiente_vector_normal = -1/((cab34_utm(2)-cab16_utm(2))/(cab34_utm(1)-cab16_utm(1)));
angulo_normal = atand(pendiente_vector_normal);
76 vector_normal = [cosd(angulo_normal), sind(angulo_normal)];
pendiente_vector_pista = (cab34_utm(2)-cab16_utm(2))/(cab34_utm(1)-cab16_utm(1));
78 angulo_pista = atand(pendiente_vector_pista);
vector_pista = [cosd(angulo_pista), sind(angulo_pista)];

80
ancho_pista = 30;

82
%% Cálculo altura de puntos
84 OCA_FINAL_16 = 580 ; % valores antiguos 680 y 670 oca final
OCA_FINAL_34 = 600 ;

86
h_mapt_16 = OCA_FINAL_16;
88 h_faf_16 = (final_largo * tand(pend_final_16) + h_mapt_16);
h_mapt_34 = OCA_FINAL_34;
90 h_faf_34 = (final_largo * tand(pend_final_34) + h_mapt_34);
h_if_16 = h_faf_16;
92 h_if_34 = h_faf_34;
h_iaf_16 = (inicial_largo * tand(pend_inicial_16) + h_if_16);
94 h_iaf_34 = (inicial_largo * tand(pend_inicial_34) + h_if_34);
h_frustrada_intermedia_16 = (tand(pend_frustrada_int_16) * ((trans_fru + att_mapt) -
xSOC_16) + h_mapt_16);
96 h_frustrada_intermedia_34 = (tand(pend_frustrada_int_34) * ((trans_fru + att_mapt) -
xSOC_34) + h_mapt_34);

98 %% Cálculo altura de tramos
final_z_16 = OCA_FINAL_16; %m
100 final_z_34 = OCA_FINAL_34; %m
intermedia_z_16 = OCA_FINAL_16; %m
102 intermedia_z_34 = OCA_FINAL_34; %m
inicial_z_16 = final_z_16 + 9000 * tand(pend_inicial_16);
104 inicial_z_34 = final_z_34 + 9000 * tand(pend_inicial_34);
frustrada_z_16 = final_z_16;
106 frustrada_z_34 = final_z_34;

108 %% Datos OCA/H y MAPt
data_OCA_FINAL_34 = OCA_FINAL_34 + moc_final;
110 data_OCA_FINAL_16 = OCA_FINAL_16 + moc_final;
data_OCA_CVIS_16 = 173.87 + 90; %Tabla I-4-7-3
112 % Posición MAPTs
x_mapt_16 = OCA_FINAL_16 / tand(pend_final_16);
114 x_mapt_34 = OCA_FINAL_34 / tand(pend_final_34);

116 %% FINAL 16
q_trans = (ini_sanchura - faf_sanchura)/tand(30);
118 q_trans_h_16final = 200;
vertices_aprox_final_16 = [cab16_utm(1:2) + mapt_sanchura/2 * vector_normal + x_mapt_16 *
-vector_pista, h_mapt_16;
120 cab16_utm(1:2) - mapt_sanchura/2 * vector_normal + x_mapt_16 * -
vector_pista, h_mapt_16;
cab16_utm(1:2) - faf_sanchura/2 * vector_normal + (final_largo +
x_mapt_16) * -vector_pista, h_faf_16 ;
122 cab16_utm(1:2) + faf_sanchura/2 * vector_normal + (final_largo +
x_mapt_16) * -vector_pista, h_faf_16 ];

124 x_coords_16 = vertices_aprox_final_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_aprox_final_16(:, 2);
126 z_coords_16 = vertices_aprox_final_16(:, 3);

```



```

128 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
    y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
130 z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];

132 vertices_ap_final_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
    lat_apfinal_16 = vertices_ap_final_16(:,1);
134 lon_apfinal_16 = vertices_ap_final_16(:,2);
    z_apfinal_16 = vertices_ap_final_16(:,3);
136
    % Secundaria 1
138 vertices_aprox_final_16_s1 = [cab16_utm(1:2) + mapt_sanchura/2 * vector_normal +
        x_mapt_16 * -vector_pista, h_mapt_16;
        cab16_utm(1:2) + mapt_sanchura * vector_normal + x_mapt_16 * -
        vector_pista, h_mapt_16 + moc_final;
140 cab16_utm(1:2) + mapt_sanchura * vector_normal + (x_mapt_16 +
        q_trans) * -vector_pista, h_mapt_16 + moc_final+q_trans_h_16final; %nuevo
        cab16_utm(1:2) + faf_sanchura * vector_normal + (final_largo +
        x_mapt_16) * -vector_pista , h_faf_16 + moc_intermedia;
142 cab16_utm(1:2) + faf_sanchura/2 * vector_normal + (final_largo +
        x_mapt_16) * -vector_pista, h_faf_16];

144 x_coords_16_s1 = vertices_aprox_final_16_s1(:, 1);
    y_coords_16_s1 = vertices_aprox_final_16_s1(:, 2);
146 z_coords_16_s1 = vertices_aprox_final_16_s1(:, 3);

148 x_coords_16_s1 = [x_coords_16_s1; x_coords_16_s1(1)];
    y_coords_16_s1 = [y_coords_16_s1; y_coords_16_s1(1)];
150 z_coords_16_s1 = [z_coords_16_s1; z_coords_16_s1(1)];

152 vertices_ap_final_16_s1 = [utm211(x_coords_16_s1(:),y_coords_16_s1(:),28), z_coords_16_s1
    (:)];
    lat_apfinal_16_s1 = vertices_ap_final_16_s1(:,1);
154 lon_apfinal_16_s1 = vertices_ap_final_16_s1(:,2);
    z_apfinal_16_s1 = vertices_ap_final_16_s1(:,3);
156
    % Secundaria 2
158 vertices_aprox_final_16_s2 = [cab16_utm(1:2) - mapt_sanchura/2 * vector_normal +
        x_mapt_16 * -vector_pista, h_mapt_16;
        cab16_utm(1:2) - mapt_sanchura * vector_normal + x_mapt_16 * -
        vector_pista, h_mapt_16 + moc_final;
160 cab16_utm(1:2) - mapt_sanchura * vector_normal + (x_mapt_16 +
        q_trans) * -vector_pista, h_mapt_16 + moc_final+q_trans_h_16final; %nuevo
        cab16_utm(1:2) - faf_sanchura * vector_normal + (final_largo +
        x_mapt_16) * -vector_pista ,h_faf_16 + moc_intermedia;
162 cab16_utm(1:2) - faf_sanchura/2 * vector_normal + (final_largo +
        x_mapt_16) * -vector_pista ,h_faf_16];

164 x_coords_16_s2 = vertices_aprox_final_16_s2(:, 1);
    y_coords_16_s2 = vertices_aprox_final_16_s2(:, 2);
166 z_coords_16_s2 = vertices_aprox_final_16_s2(:, 3);

168 x_coords_16_s2 = [x_coords_16_s2; x_coords_16_s2(1)];
    y_coords_16_s2 = [y_coords_16_s2; y_coords_16_s2(1)];
170 z_coords_16_s2 = [z_coords_16_s2; z_coords_16_s2(1)];

172 vertices_ap_final_16_s2 = [utm211(x_coords_16_s2(:),y_coords_16_s2(:),28), z_coords_16_s2
    (:)];
    lat_apfinal_16_s2 = vertices_ap_final_16_s2(:,1);
174 lon_apfinal_16_s2 = vertices_ap_final_16_s2(:,2);
    z_apfinal_16_s2 = vertices_ap_final_16_s2(:,3);
176
    %% FRUSTRADA INICIAL Y INTERMEDIA 16
178
180 xsoc_16_lnav_point_utm = [cab16_utm(1:2) + (x_mapt_16 - xSOC_16) * -vector_pista,
        h_mapt_16+moc_final];
    xsoc_16_lnav_point_ll = [utm211(xsoc_16_lnav_point_utm(1),xsoc_16_lnav_point_utm(2),28),

```

```

    xsoc16_lnav_point_utm(3)];
182 SOC16_sanch = 2.3 * ((xSOC16 + att_mapt/2) * tand(15));

184 % Secundaria 1
vertices_aprox_frustrada_16_s1 = [vertices_aprox_final_16(1,1:2) + (att_mapt/2) * -
    vector_pista , frustrada_z_16;
186     vertices_aprox_final_16_s1(2,1:2) + (att_mapt/2) * -vector_pista,
        frustrada_z_16 + moc_frustrada;
        cab16_utm(1:2) + SOC16_sanch * vector_normal + ((x_mapt_16 +
188     att_mapt/2) - xSOC16) * -vector_pista, frustrada_z_16 + moc_frustrada ;
        cab16_utm(1:2) + SOC16_sanch/2 * vector_normal + ((x_mapt_16+
        att_mapt/2) - xSOC16) * -vector_pista, frustrada_z_16];

190 x_coords_16_s1 = vertices_aprox_frustrada_16_s1(:, 1);
y_coords_16_s1 = vertices_aprox_frustrada_16_s1(:, 2);
192 z_coords_16_s1 = vertices_aprox_frustrada_16_s1(:, 3);

194 x_coords_16_s1 = [x_coords_16_s1; x_coords_16_s1(1)];
y_coords_16_s1 = [y_coords_16_s1; y_coords_16_s1(1)];
196 z_coords_16_s1 = [z_coords_16_s1; z_coords_16_s1(1)];

198 vertices_ap_frustrada_16_s1 = [utm211(x_coords_16_s1(:),y_coords_16_s1(:),28),
    z_coords_16_s1(:)];
lat_apfrustrada_16_s1 = vertices_ap_frustrada_16_s1(:,1);
200 lon_apfrustrada_16_s1 = vertices_ap_frustrada_16_s1(:,2);
z_apfrustrada_16_s1 = vertices_ap_frustrada_16_s1(:,3);
202

204 % Secundaria 2
vertices_aprox_frustrada_16_s2 = [vertices_aprox_final_16(2,1:2) + (att_mapt/2) * -
    vector_pista , frustrada_z_16;
        vertices_aprox_final_16_s2(2,1:2) + (att_mapt/2) * -vector_pista,
206     frustrada_z_16 + moc_frustrada ;
        cab16_utm(1:2) + SOC16_sanch * -vector_normal + ((x_mapt_16+
        att_mapt/2) - xSOC16) * -vector_pista, frustrada_z_16 + moc_frustrada;
        cab16_utm(1:2) + SOC16_sanch/2 * -vector_normal + ((x_mapt_16+
208     att_mapt/2) - xSOC16) * -vector_pista, frustrada_z_16];

x_coords_16_s2 = vertices_aprox_frustrada_16_s2(:, 1);
210 y_coords_16_s2 = vertices_aprox_frustrada_16_s2(:, 2);
z_coords_16_s2 = vertices_aprox_frustrada_16_s2(:, 3);
212

214 x_coords_16_s2 = [x_coords_16_s2; x_coords_16_s2(1)];
y_coords_16_s2 = [y_coords_16_s2; y_coords_16_s2(1)];
z_coords_16_s2 = [z_coords_16_s2; z_coords_16_s2(1)];
216

vertices_ap_frustrada_16_s2 = [utm211(x_coords_16_s2(:),y_coords_16_s2(:),28),
    z_coords_16_s2(:)];
218 lat_apfrustrada_16_s2 = vertices_ap_frustrada_16_s2(:,1);
lon_apfrustrada_16_s2 = vertices_ap_frustrada_16_s2(:,2);
220 z_apfrustrada_16_s2 = vertices_ap_frustrada_16_s2(:,3);

222 % Area principal Frustrada 16
vertices_aprox_frustrada_16 = [vertices_aprox_frustrada_16_s1(1,1:2), frustrada_z_16;
224     vertices_aprox_frustrada_16_s1(4,1:2), frustrada_z_16;
        vertices_aprox_frustrada_16_s2(4,1:2), frustrada_z_16 ;
226     vertices_aprox_frustrada_16_s2(1,1:2), frustrada_z_16 ];

228 x_coords_16 = vertices_aprox_frustrada_16(:, 1);
y_coords_16 = vertices_aprox_frustrada_16(:, 2);
230 z_coords_16 = vertices_aprox_frustrada_16(:, 3);

232 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
234 z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];

236 vertices_ap_frustrada_16 = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
lat_apfrustrada_16 = vertices_ap_frustrada_16(:,1);
238 lon_apfrustrada_16 = vertices_ap_frustrada_16(:,2);

```

```

z_apfrustrada_16 = vertices_ap_frustrada_16(:,3);
240
%% FRUSTRADA INTERMEDIA 16
242
% Secundaria 1
244 vertices_aprox_frustrada_16_s1_i = [vertices_aprox_frustrada_16_s1(3,1:2), frustrada_z_16
+ moc_frustrada;
vertices_aprox_frustrada_16_s1(4,1:2), frustrada_z_16 ;
246 cab16_utm(1:2) + fru_sanchura/2 * vector_normal + ((x_mapt_16 +
att_mapt/2) - trans_fru) * -vector_pista, h_frustrada_intermedia_16;
cab16_utm(1:2) + fru_sanchura * vector_normal + ((x_mapt_16+
att_mapt/2) - trans_fru) * -vector_pista, h_frustrada_intermedia_16 +
moc_frustrada_int ];
248
x_coords_16_s1 = vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(:, 1);
250 y_coords_16_s1 = vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(:, 2);
z_coords_16_s1 = vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(:, 3);
252
x_coords_16_s1 = [x_coords_16_s1; x_coords_16_s1(1)];
254 y_coords_16_s1 = [y_coords_16_s1; y_coords_16_s1(1)];
z_coords_16_s1 = [z_coords_16_s1; z_coords_16_s1(1)];
256
vertices_ap_frustrada_16_s1_i = [utm211(x_coords_16_s1(:),y_coords_16_s1(:),28),
z_coords_16_s1(:)];
258 lat_apfrustrada_16_s1_i = vertices_ap_frustrada_16_s1_i(:,1);
lon_apfrustrada_16_s1_i = vertices_ap_frustrada_16_s1_i(:,2);
260 z_apfrustrada_16_s1_i = vertices_ap_frustrada_16_s1_i(:,3);
262
% Secundaria 2
vertices_aprox_frustrada_16_s2_i = [vertices_aprox_frustrada_16_s2(3,1:2), frustrada_z_16
+ moc_frustrada ;
264 vertices_aprox_frustrada_16_s2(4,1:2), frustrada_z_16 ;
cab16_utm(1:2) + fru_sanchura/2 * -vector_normal + ((x_mapt_16+
att_mapt/2) - trans_fru) * -vector_pista, h_frustrada_intermedia_16;
266 cab16_utm(1:2) + fru_sanchura * -vector_normal + ((x_mapt_16+
att_mapt/2) - trans_fru) * -vector_pista, h_frustrada_intermedia_16 +
moc_frustrada_int ];
268
x_coords_16_s2 = vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(:, 1);
y_coords_16_s2 = vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(:, 2);
270 z_coords_16_s2 = vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(:, 3);
272
x_coords_16_s2 = [x_coords_16_s2; x_coords_16_s2(1)];
y_coords_16_s2 = [y_coords_16_s2; y_coords_16_s2(1)];
274 z_coords_16_s2 = [z_coords_16_s2; z_coords_16_s2(1)];
276
vertices_ap_frustrada_16_s2_i = [utm211(x_coords_16_s2(:),y_coords_16_s2(:),28),
z_coords_16_s2(:)];
lat_apfrustrada_16_s2_i = vertices_ap_frustrada_16_s2_i(:,1);
278 lon_apfrustrada_16_s2_i = vertices_ap_frustrada_16_s2_i(:,2);
z_apfrustrada_16_s2_i = vertices_ap_frustrada_16_s2_i(:,3);
280
% Area principal Frustrada 16
282 vertices_aprox_frustrada_16_i = [vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(2,1:2), frustrada_z_16;
vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(3,1:2),
h_frustrada_intermedia_16;
284 vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(3,1:2),
h_frustrada_intermedia_16 ;
vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(2,1:2), frustrada_z_16 ];
286
x_coords_16 = vertices_aprox_frustrada_16_i(:, 1);
288 y_coords_16 = vertices_aprox_frustrada_16_i(:, 2);
z_coords_16 = vertices_aprox_frustrada_16_i(:, 3);
290
x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
292 y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];
294

```

```

vertices_ap_frustrada_16_i = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
296 lat_apfrustrada_16_i = vertices_ap_frustrada_16_i(:,1);
lon_apfrustrada_16_i = vertices_ap_frustrada_16_i(:,2);
298 z_apfrustrada_16_i = vertices_ap_frustrada_16_i(:,3);

300 %% FRUSTRADA FINAL 16
largo_apertura_degree_16_finfru = tand(15) * fru_final_largo;
302
% Secundaria 1
304 vertices_aprox_frustrada_16_s1_f = [vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(3,1:2),
    vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(3,3);
    vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(4,1:2),
    vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(4,3);
306     vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(4,1:2) + (fru_final_largo) *
    vector_pista + (largo_apertura_degree_16_finfru) * vector_normal,
    h_frustrada_intermedia_16 + moc_frustrada_int ;
    vertices_aprox_frustrada_16_s1_i(3,1:2) + (fru_final_largo) *
    vector_pista+ (largo_apertura_degree_16_finfru) * vector_normal,
    h_frustrada_intermedia_16 ];
308
x_coords_16_s1 = vertices_aprox_frustrada_16_s1_f(:, 1);
310 y_coords_16_s1 = vertices_aprox_frustrada_16_s1_f(:, 2);
z_coords_16_s1 = vertices_aprox_frustrada_16_s1_f(:, 3);
312
x_coords_16_s1 = [x_coords_16_s1; x_coords_16_s1(1)];
314 y_coords_16_s1 = [y_coords_16_s1; y_coords_16_s1(1)];
z_coords_16_s1 = [z_coords_16_s1; z_coords_16_s1(1)];
316
vertices_ap_frustrada_16_s1_f = [utm211(x_coords_16_s1(:),y_coords_16_s1(:),28),
    z_coords_16_s1(:)];
318 lat_apfrustrada_16_s1_f = vertices_ap_frustrada_16_s1_f(:,1);
lon_apfrustrada_16_s1_f = vertices_ap_frustrada_16_s1_f(:,2);
320 z_apfrustrada_16_s1_f = vertices_ap_frustrada_16_s1_f(:,3);

322 % Secundaria 2
vertices_aprox_frustrada_16_s2_f = [vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(3,1:2),
    vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(3,3);
324     vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(4,1:2),
    vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(4,3);
    vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(4,1:2) + (fru_final_largo) *
    vector_pista+ (largo_apertura_degree_16_finfru) * vector_normal,
    h_frustrada_intermedia_16+ moc_frustrada_int ;
326     vertices_aprox_frustrada_16_s2_i(3,1:2) + (fru_final_largo) *
    vector_pista+ (largo_apertura_degree_16_finfru) * vector_normal,
    h_frustrada_intermedia_16];

328 x_coords_16_s2 = vertices_aprox_frustrada_16_s2_f(:, 1);
y_coords_16_s2 = vertices_aprox_frustrada_16_s2_f(:, 2);
330 z_coords_16_s2 = vertices_aprox_frustrada_16_s2_f(:, 3);

332 x_coords_16_s2 = [x_coords_16_s2; x_coords_16_s2(1)];
y_coords_16_s2 = [y_coords_16_s2; y_coords_16_s2(1)];
334 z_coords_16_s2 = [z_coords_16_s2; z_coords_16_s2(1)];

336 vertices_ap_frustrada_16_s2_f = [utm211(x_coords_16_s2(:),y_coords_16_s2(:),28),
    z_coords_16_s2(:)];
lat_apfrustrada_16_s2_f = vertices_ap_frustrada_16_s2_f(:,1);
338 lon_apfrustrada_16_s2_f = vertices_ap_frustrada_16_s2_f(:,2);
z_apfrustrada_16_s2_f = vertices_ap_frustrada_16_s2_f(:,3);
340

% Area principal Frustrada 16
342 vertices_aprox_frustrada_16_f = [vertices_aprox_frustrada_16_s1_f(1,1:2),
    h_frustrada_intermedia_16;
    vertices_aprox_frustrada_16_s1_f(4,1:2),
    h_frustrada_intermedia_16;
344     vertices_aprox_frustrada_16_s2_f(4,1:2),
    h_frustrada_intermedia_16 ;
    vertices_aprox_frustrada_16_s2_f(1,1:2),

```

```

    h_frustrada_intermedia_16];
346 x_coords_16 = vertices_aprox_frustrada_16_f(:, 1);
348 y_coords_16 = vertices_aprox_frustrada_16_f(:, 2);
    z_coords_16 = vertices_aprox_frustrada_16_f(:, 3);
350
352 x_coords_16 = [x_coords_16; x_coords_16(1)];
    y_coords_16 = [y_coords_16; y_coords_16(1)];
354 z_coords_16 = [z_coords_16; z_coords_16(1)];
    vertices_ap_frustrada_16_f = [utm211(x_coords_16(:),y_coords_16(:),28), z_coords_16(:)];
356 lat_apfrustrada_16_f = vertices_ap_frustrada_16_f(:,1);
    lon_apfrustrada_16_f = vertices_ap_frustrada_16_f(:,2);
358 z_apfrustrada_16_f = vertices_ap_frustrada_16_f(:,3);
360
    %% INICIAL 34
362
    vertices_aprox_inicial_34 = [cab34_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (
        final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_34) * vector_pista, h_iaf_34
        ;
364         cab34_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_34) * vector_pista, h_iaf_34;
        cab34_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
366         intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34;
        cab34_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34; %if
        cab34_utm(1:2) + (ini_sanchura/2) * vector_normal + (final_largo
368         + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34];
    x_coords_34_ini = vertices_aprox_inicial_34(:, 1);
370 y_coords_34_ini = vertices_aprox_inicial_34(:, 2);
    z_coords_34_ini = vertices_aprox_inicial_34(:, 3);
372
374 x_coords_34_ini = [x_coords_34_ini; x_coords_34_ini(1)];
    y_coords_34_ini = [y_coords_34_ini; y_coords_34_ini(1)];
376 z_coords_34_ini = [z_coords_34_ini; z_coords_34_ini(1)];
    vertices_ap_inicial_34 = [utm211(x_coords_34_ini(:),y_coords_34_ini(:),28),
        z_coords_34_ini(:)];
378 lat_apinicial_34 = vertices_ap_inicial_34(:,1);
    lon_apinicial_34 = vertices_ap_inicial_34(:,2);
380 z_apinicial_34 = vertices_ap_inicial_34(:,3);
382
    % Secundaria 1
384
    vertices_aprox_inicial_34_s1 = [cab34_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (
        final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_34) * vector_pista, h_iaf_34
        ;
386         cab34_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo - ini_sanchura + x_mapt_34) * vector_pista, h_iaf_34 + moc_inicial;
        cab34_utm(1:2) + (ini_sanchura) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo - ini_sanchura + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34 + moc_inicial;
        cab34_utm(1:2) + (ini_sanchura/2) * vector_normal + (final_largo
388         + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34];
    x_coords_34_s1_ini = vertices_aprox_inicial_34_s1(:, 1);
390 y_coords_34_s1_ini = vertices_aprox_inicial_34_s1(:, 2);
    z_coords_34_s1_ini = vertices_aprox_inicial_34_s1(:, 3);
392
394 x_coords_34_s1_ini = [x_coords_34_s1_ini; x_coords_34_s1_ini(1)];
    y_coords_34_s1_ini = [y_coords_34_s1_ini; y_coords_34_s1_ini(1)];
396 z_coords_34_s1_ini = [z_coords_34_s1_ini; z_coords_34_s1_ini(1)];
398
    vertices_ap_inicial_34_s1 = [utm211(x_coords_34_s1_ini(:),y_coords_34_s1_ini(:),28),
        z_coords_34_s1_ini(:)];
    lat_apinicial_34_s1 = vertices_ap_inicial_34_s1(:,1);

```

```

400 lon_apinicial_34_s1 = vertices_ap_inicial_34_s1(:,2);
z_apinicial_34_s1 = vertices_ap_inicial_34_s1(:,3);
402
404 % Secundaria 2
406 vertices_aprox_inicial_34_s2 = [cab34_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (
    final_largo + intermedia_largo + ini_sanchura + x_mapt_34) * vector_pista, h_iaf_34 +
    moc_inicial ;
    cab34_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (final_largo +
    intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_34) * vector_pista, h_iaf_34;
408 cab34_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
    intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34;
    cab34_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
    intermedia_largo + ini_sanchura + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34 + moc_inicial];
410
412 x_coords_34_s2_ini = vertices_aprox_inicial_34_s2(:, 1);
y_coords_34_s2_ini = vertices_aprox_inicial_34_s2(:, 2);
414 z_coords_34_s2_ini = vertices_aprox_inicial_34_s2(:, 3);
416 x_coords_34_s2_ini = [x_coords_34_s2_ini; x_coords_34_s2_ini(1)];
y_coords_34_s2_ini = [y_coords_34_s2_ini; y_coords_34_s2_ini(1)];
418 z_coords_34_s2_ini = [z_coords_34_s2_ini; z_coords_34_s2_ini(1)];
420 vertices_ap_inicial_34_s2 = [utm211(x_coords_34_s2_ini(:),y_coords_34_s2_ini(:),28),
    z_coords_34_s2_ini(:));
    lat_apinicial_34_s2 = vertices_ap_inicial_34_s2(:,1);
422 lon_apinicial_34_s2 = vertices_ap_inicial_34_s2(:,2);
z_apinicial_34_s2 = vertices_ap_inicial_34_s2(:,3);
424
426 %% FINAL 34
428 q_trans_h_34final = 240;
vertices_aprox_final_34 = [cab34_utm(1:2) + mapt_sanchura/2 * vector_normal +
    vector_pista * x_mapt_34, h_mapt_34;
    cab34_utm(1:2) - mapt_sanchura/2 * vector_normal + vector_pista *
    x_mapt_34, h_mapt_34;
430 cab34_utm(1:2) - faf_sanchura/2 * vector_normal + (final_largo +
    x_mapt_34) * vector_pista, h_faf_34;
    cab34_utm(1:2) + faf_sanchura/2 * vector_normal + (final_largo +
    x_mapt_34) * vector_pista, h_faf_34];
432
434 x_coords_34 = vertices_aprox_final_34(:, 1);
y_coords_34 = vertices_aprox_final_34(:, 2);
z_coords_34 = vertices_aprox_final_34(:, 3);
436
438 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];
440
442 vertices_ap_final_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
lat_apfinal_34 = vertices_ap_final_34(:,1);
lon_apfinal_34 = vertices_ap_final_34(:,2);
444 z_apfinal_34 = vertices_ap_final_34(:,3);
446 % Secundaria 1
vertices_aprox_final_34_s1 = [cab34_utm(1:2) + mapt_sanchura/2 * vector_normal +
    vector_pista * x_mapt_34, h_mapt_34;
448 cab34_utm(1:2) + mapt_sanchura * vector_normal + vector_pista *
    x_mapt_34, moc_final + h_mapt_34;
    cab34_utm(1:2) + mapt_sanchura * vector_normal + (x_mapt_34 +
    q_trans) * vector_pista, h_mapt_16 + moc_final + q_trans_h_34final; %nuevo
450 cab34_utm(1:2) + faf_sanchura * vector_normal + (final_largo +
    x_mapt_34) * vector_pista, h_faf_34 + moc_intermedia;
    cab34_utm(1:2) + faf_sanchura/2 * vector_normal + (final_largo +
    x_mapt_34) * vector_pista, h_faf_34];
452

```

```

454 x_coords_34_s1 = vertices_aprox_final_34_s1(:, 1);
y_coords_34_s1 = vertices_aprox_final_34_s1(:, 2);
z_coords_34_s1 = vertices_aprox_final_34_s1(:, 3);
456
458 x_coords_34_s1 = [x_coords_34_s1; x_coords_34_s1(1)];
y_coords_34_s1 = [y_coords_34_s1; y_coords_34_s1(1)];
z_coords_34_s1 = [z_coords_34_s1; z_coords_34_s1(1)];
460
vertices_ap_final_34_s1 = [utm211(x_coords_34_s1(:),y_coords_34_s1(:),28), z_coords_34_s1
(:)];
462 lat_apfinal_34_s1 = vertices_ap_final_34_s1(:,1);
lon_apfinal_34_s1 = vertices_ap_final_34_s1(:,2);
464 z_apfinal_34_s1 = vertices_ap_final_34_s1(:,3);
466 % Secundaria 2
vertices_aprox_final_34_s2 = [cab34_utm(1:2) - mapt_sanchura/2 * vector_normal +
vector_pista * x_mapt_34, h_mapt_34;
468 cab34_utm(1:2) - mapt_sanchura * vector_normal + vector_pista *
x_mapt_34, h_mapt_34+ moc_final;
cab34_utm(1:2) - mapt_sanchura * vector_normal + (x_mapt_34 +
q_trans) * vector_pista, h_mapt_16 + moc_final+q_trans_h_34final; %nuevo
470 cab34_utm(1:2) - faf_sanchura * vector_normal + (final_largo +
x_mapt_34) * vector_pista, h_faf_34 + moc_intermedia;
cab34_utm(1:2) - faf_sanchura/2 * vector_normal + (final_largo +
x_mapt_34) * vector_pista, h_faf_34];
472
x_coords_34_s2 = vertices_aprox_final_34_s2(:, 1);
474 y_coords_34_s2 = vertices_aprox_final_34_s2(:, 2);
z_coords_34_s2 = vertices_aprox_final_34_s2(:, 3);
476
x_coords_34_s2 = [x_coords_34_s2; x_coords_34_s2(1)];
478 y_coords_34_s2 = [y_coords_34_s2; y_coords_34_s2(1)];
z_coords_34_s2 = [z_coords_34_s2; z_coords_34_s2(1)];
480
vertices_ap_final_34_s2 = [utm211(x_coords_34_s2(:),y_coords_34_s2(:),28), z_coords_34_s2
(:)];
482 lat_apfinal_34_s2 = vertices_ap_final_34_s2(:,1);
lon_apfinal_34_s2 = vertices_ap_final_34_s2(:,2);
484 z_apfinal_34_s2 = vertices_ap_final_34_s2(:,3);
486 %% FRUSTRADA INICIAL Y INTERMEDIA 34
488 xsoc_34_lnav_point_utm = [cab34_utm(1:2) + (-x_mapt_34 + xSOC_34) * -vector_pista,
h_mapt_34 + moc_final];
xsoc_34_lnav_point_ll = [utm211(xsoc_34_lnav_point_utm(1),xsoc_34_lnav_point_utm(2),28),
xsoc_34_lnav_point_utm(3)];
490 SOC34_sanch = 2.2 * ((xSOC_34 + att_mapt/2) * tand(15));
492 % Secundaria 1
vertices_aprox_frustrada_34_s1 = [vertices_aprox_final_34(1,1:2) - (att_mapt/2) * -
vector_pista , frustrada_z_34;
494 vertices_aprox_final_34_s1(2,1:2) - (att_mapt/2) * -vector_pista,
frustrada_z_34 + moc_frustrada;
cab34_utm(1:2) + SOC34_sanch * vector_normal + ((x_mapt_34 +
att_mapt/2) - xSOC_34) * vector_pista, frustrada_z_34 + moc_frustrada ;
496 cab34_utm(1:2) + SOC34_sanch/2 * vector_normal + ((x_mapt_34+
att_mapt/2) - xSOC_34) * vector_pista, frustrada_z_34];
498 x_coords_34_s1 = vertices_aprox_frustrada_34_s1(:, 1);
y_coords_34_s1 = vertices_aprox_frustrada_34_s1(:, 2);
500 z_coords_34_s1 = vertices_aprox_frustrada_34_s1(:, 3);
502
x_coords_34_s1 = [x_coords_34_s1; x_coords_34_s1(1)];
y_coords_34_s1 = [y_coords_34_s1; y_coords_34_s1(1)];
504 z_coords_34_s1 = [z_coords_34_s1; z_coords_34_s1(1)];
506
vertices_ap_frustrada_34_s1 = [utm211(x_coords_34_s1(:),y_coords_34_s1(:),28),
z_coords_34_s1(:)];

```

```

508 lat_apfrustrada_34_s1 = vertices_ap_frustrada_34_s1(:,1);
lon_apfrustrada_34_s1 = vertices_ap_frustrada_34_s1(:,2);
z_apfrustrada_34_s1 = vertices_ap_frustrada_34_s1(:,3);
510
512 % Secundaria 2
vertices_aprox_frustrada_34_s2 = [vertices_aprox_final_34(2,1:2) - (att_mapt/2) * -
vector_pista , frustrada_z_34;
vertices_aprox_final_34_s2(2,1:2) - (att_mapt/2) * -vector_pista,
frustrada_z_34 + moc_frustrada ;
514 cab34_utm(1:2) + SOC34_sanch * -vector_normal + ((x_mapt_34+
att_mapt/2) - xSOC_34) * vector_pista, frustrada_z_34 + moc_frustrada;
cab34_utm(1:2) + SOC34_sanch/2 * -vector_normal + ((x_mapt_34+
att_mapt/2) - xSOC_34) * vector_pista, frustrada_z_34];
516
x_coords_34_s2 = vertices_aprox_frustrada_34_s2(:, 1);
518 y_coords_34_s2 = vertices_aprox_frustrada_34_s2(:, 2);
z_coords_34_s2 = vertices_aprox_frustrada_34_s2(:, 3);
520
x_coords_34_s2 = [x_coords_34_s2; x_coords_34_s2(1)];
522 y_coords_34_s2 = [y_coords_34_s2; y_coords_34_s2(1)];
z_coords_34_s2 = [z_coords_34_s2; z_coords_34_s2(1)];
524
vertices_ap_frustrada_34_s2 = [utm211(x_coords_34_s2(:),y_coords_34_s2(:),28),
z_coords_34_s2(:)];
526 lat_apfrustrada_34_s2 = vertices_ap_frustrada_34_s2(:,1);
lon_apfrustrada_34_s2 = vertices_ap_frustrada_34_s2(:,2);
528 z_apfrustrada_34_s2 = vertices_ap_frustrada_34_s2(:,3);
530 % Area principal Frustrada 34
vertices_aprox_frustrada_34 = [vertices_aprox_frustrada_34_s1(1,1:2), frustrada_z_34;
532 vertices_aprox_frustrada_34_s1(4,1:2), frustrada_z_34;
vertices_aprox_frustrada_34_s2(4,1:2), frustrada_z_34 ;
534 vertices_aprox_frustrada_34_s2(1,1:2), frustrada_z_34 ];
536 x_coords_34 = vertices_aprox_frustrada_34(:, 1);
y_coords_34 = vertices_aprox_frustrada_34(:, 2);
538 z_coords_34 = vertices_aprox_frustrada_34(:, 3);
540 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
542 z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];
544 vertices_ap_frustrada_34 = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
lat_apfrustrada_34 = vertices_ap_frustrada_34(:,1);
546 lon_apfrustrada_34 = vertices_ap_frustrada_34(:,2);
z_apfrustrada_34 = vertices_ap_frustrada_34(:,3);
548
%% FRUSTRADA INTERMEDIA 34
550
552 % Secundaria 1
vertices_aprox_frustrada_34_s1_i = [vertices_aprox_frustrada_34_s1(3,1:2), frustrada_z_34
+ moc_frustrada;
vertices_aprox_frustrada_34_s1(4,1:2), frustrada_z_34 ;
554 cab34_utm(1:2) + fru_sanchura/2 * vector_normal + ((x_mapt_34 +
att_mapt/2) - trans_fru) * vector_pista, h_frustrada_intermedia_34;
cab34_utm(1:2) + fru_sanchura * vector_normal + ((x_mapt_34+
att_mapt/2) - trans_fru) * vector_pista, h_frustrada_intermedia_34 +
moc_frustrada_int ];
556
x_coords_34_s1 = vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(:, 1);
558 y_coords_34_s1 = vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(:, 2);
z_coords_34_s1 = vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(:, 3);
560
x_coords_34_s1 = [x_coords_34_s1; x_coords_34_s1(1)];
562 y_coords_34_s1 = [y_coords_34_s1; y_coords_34_s1(1)];
z_coords_34_s1 = [z_coords_34_s1; z_coords_34_s1(1)];
564
vertices_ap_frustrada_34_s1_i = [utm211(x_coords_34_s1(:),y_coords_34_s1(:),28),

```



```

    z_coords_34_s1(:)];
566 lat_apfrustrada_34_s1_i = vertices_ap_frustrada_34_s1_i(:,1);
    lon_apfrustrada_34_s1_i = vertices_ap_frustrada_34_s1_i(:,2);
568 z_apfrustrada_34_s1_i = vertices_ap_frustrada_34_s1_i(:,3);

570 % Secundaria 2
vertices_aprox_frustrada_34_s2_i = [vertices_aprox_frustrada_34_s2(3,1:2), frustrada_z_34
    + moc_frustrada ;
572     vertices_aprox_frustrada_34_s2(4,1:2), frustrada_z_34 ;
    cab34_utm(1:2) + fru_sanchura/2 * -vector_normal + ((x_mapt_34+
    att_mapt/2) - trans_fru) * vector_pista, h_frustrada_intermedia_34;
574     cab34_utm(1:2) + fru_sanchura * -vector_normal + ((x_mapt_34+
    att_mapt/2) - trans_fru) * vector_pista, h_frustrada_intermedia_34 +
    moc_frustrada_int ];

576 x_coords_34_s2 = vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(:, 1);
    y_coords_34_s2 = vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(:, 2);
578 z_coords_34_s2 = vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(:, 3);

580 x_coords_34_s2 = [x_coords_34_s2; x_coords_34_s2(1)];
    y_coords_34_s2 = [y_coords_34_s2; y_coords_34_s2(1)];
582 z_coords_34_s2 = [z_coords_34_s2; z_coords_34_s2(1)];

584 vertices_ap_frustrada_34_s2_i = [utm211(x_coords_34_s2(:),y_coords_34_s2(:),28),
    z_coords_34_s2(:)];
    lat_apfrustrada_34_s2_i = vertices_ap_frustrada_34_s2_i(:,1);
586 lon_apfrustrada_34_s2_i = vertices_ap_frustrada_34_s2_i(:,2);
    z_apfrustrada_34_s2_i = vertices_ap_frustrada_34_s2_i(:,3);
588

% Area principal Frustrada 34
590 vertices_aprox_frustrada_34_i = [vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(2,1:2), frustrada_z_34;
    vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(3,1:2),
    h_frustrada_intermedia_34;
592     vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(3,1:2),
    h_frustrada_intermedia_34 ;
    vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(2,1:2), frustrada_z_34 ];
594

x_coords_34 = vertices_aprox_frustrada_34_i(:, 1);
596 y_coords_34 = vertices_aprox_frustrada_34_i(:, 2);
    z_coords_34 = vertices_aprox_frustrada_34_i(:, 3);
598

x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
600 y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
    z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];
602

vertices_ap_frustrada_34_i = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
604 lat_apfrustrada_34_i = vertices_ap_frustrada_34_i(:,1);
    lon_apfrustrada_34_i = vertices_ap_frustrada_34_i(:,2);
606 z_apfrustrada_34_i = vertices_ap_frustrada_34_i(:,3);

608 %% FRUSTRADA FINAL pista 34

610 largo_apertura_degree_34_finfru = tand(15) * fru_final_largo;

612 % Secundaria 1
vertices_aprox_frustrada_34_s1_f = [vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(3,1:2),
    vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(3,3);
614     vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(4,1:2),
    vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(4,3);
    vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(4,1:2) + (fru_final_largo) * -
    vector_pista + (largo_apertura_degree_34_finfru) * vector_normal,
    h_frustrada_intermedia_34 + moc_frustrada_int ;
616     vertices_aprox_frustrada_34_s1_i(3,1:2) + (fru_final_largo) * -
    vector_pista + (largo_apertura_degree_34_finfru) * vector_normal,
    h_frustrada_intermedia_34 ];

618 x_coords_34_s1 = vertices_aprox_frustrada_34_s1_f(:, 1);
    y_coords_34_s1 = vertices_aprox_frustrada_34_s1_f(:, 2);

```

```

620 z_coords_34_s1 = vertices_aprox_frustrada_34_s1_f(:, 3);
622 x_coords_34_s1 = [x_coords_34_s1; x_coords_34_s1(1)];
623 y_coords_34_s1 = [y_coords_34_s1; y_coords_34_s1(1)];
624 z_coords_34_s1 = [z_coords_34_s1; z_coords_34_s1(1)];

626 vertices_ap_frustrada_34_s1_f = [utm211(x_coords_34_s1(:),y_coords_34_s1(:),28),
    z_coords_34_s1(:)];
627 lat_apfrustrada_34_s1_f = vertices_ap_frustrada_34_s1_f(:,1);
628 lon_apfrustrada_34_s1_f = vertices_ap_frustrada_34_s1_f(:,2);
629 z_apfrustrada_34_s1_f = vertices_ap_frustrada_34_s1_f(:,3);
630
631 % Secundaria 2
632 vertices_aprox_frustrada_34_s2_f = [vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(3,1:2),
    vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(3,3);
    vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(4,1:2),
    vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(4,3);
634     vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(4,1:2) + (fru_final_largo) * -
    vector_pista + (largo_apertura_degree_34_finfru) * vector_normal,
    h_frustrada_intermedia_34+ moc_frustrada_int ;
    vertices_aprox_frustrada_34_s2_i(3,1:2) + (fru_final_largo) * -
    vector_pista + (largo_apertura_degree_34_finfru) * vector_normal,
    h_frustrada_intermedia_34];
636
637 x_coords_34_s2 = vertices_aprox_frustrada_34_s2_f(:, 1);
638 y_coords_34_s2 = vertices_aprox_frustrada_34_s2_f(:, 2);
639 z_coords_34_s2 = vertices_aprox_frustrada_34_s2_f(:, 3);
640
641 x_coords_34_s2 = [x_coords_34_s2; x_coords_34_s2(1)];
642 y_coords_34_s2 = [y_coords_34_s2; y_coords_34_s2(1)];
643 z_coords_34_s2 = [z_coords_34_s2; z_coords_34_s2(1)];
644
645 vertices_ap_frustrada_34_s2_f = [utm211(x_coords_34_s2(:),y_coords_34_s2(:),28),
    z_coords_34_s2(:)];
646 lat_apfrustrada_34_s2_f = vertices_ap_frustrada_34_s2_f(:,1);
647 lon_apfrustrada_34_s2_f = vertices_ap_frustrada_34_s2_f(:,2);
648 z_apfrustrada_34_s2_f = vertices_ap_frustrada_34_s2_f(:,3);
649
650 % Area principal Frustrada 34
651 vertices_aprox_frustrada_34_f = [vertices_aprox_frustrada_34_s1_f(1,1:2),
    h_frustrada_intermedia_34;
652     vertices_aprox_frustrada_34_s1_f(4,1:2),
    h_frustrada_intermedia_34;
    vertices_aprox_frustrada_34_s2_f(4,1:2),
    h_frustrada_intermedia_34 ;
654     vertices_aprox_frustrada_34_s2_f(1,1:2),
    h_frustrada_intermedia_34];
655
656 x_coords_34 = vertices_aprox_frustrada_34_f(:, 1);
657 y_coords_34 = vertices_aprox_frustrada_34_f(:, 2);
658 z_coords_34 = vertices_aprox_frustrada_34_f(:, 3);
659
660 x_coords_34 = [x_coords_34; x_coords_34(1)];
661 y_coords_34 = [y_coords_34; y_coords_34(1)];
662 z_coords_34 = [z_coords_34; z_coords_34(1)];
663
664 vertices_ap_frustrada_34_f = [utm211(x_coords_34(:),y_coords_34(:),28), z_coords_34(:)];
665 lat_apfrustrada_34_f = vertices_ap_frustrada_34_f(:,1);
666 lon_apfrustrada_34_f = vertices_ap_frustrada_34_f(:,2);
667 z_apfrustrada_34_f = vertices_ap_frustrada_34_f(:,3);
668
669 %% INICIAL 16 (off)
670
671 vertices_aprox_inicial_16 = [cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (
    final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista,
    h_iaf_16;
672     cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (final_largo +
    intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_iaf_16];

```

```

674         cab16_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + ini_sanchura/2+ x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16;
        cab16_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
676 intermedia_largo + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16;
        cab16_utm(1:2) + (ini_sanchura/2-200) * vector_normal + (
final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16
];
678 x_coords_16_ini = vertices_aprox_inicial_16(:, 1);
680 y_coords_16_ini = vertices_aprox_inicial_16(:, 2);
682 z_coords_16_ini = vertices_aprox_inicial_16(:, 3);
684 x_coords_16_ini = [x_coords_16_ini; x_coords_16_ini(1)];
686 y_coords_16_ini = [y_coords_16_ini; y_coords_16_ini(1)];
688 z_coords_16_ini = [z_coords_16_ini; z_coords_16_ini(1)];
vertices_ap_inicial_16 = [utm211(x_coords_16_ini(:),y_coords_16_ini(:),28),
z_coords_16_ini(:)];
690 lat_apinicial_16 = vertices_ap_inicial_16(:,1);
lon_apinicial_16 = vertices_ap_inicial_16(:,2);
z_apinicial_16 = vertices_ap_inicial_16(:,3);
692 % Secundaria 1
vertices_aprox_inicial_16_s1 = [cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (
final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista,
h_iaf_16;
694         cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo - ini_sanchura + x_mapt_16) * -vector_pista, h_iaf_16 + moc_inicial
;
        cab16_utm(1:2) + (ini_sanchura) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo - ini_sanchura + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16 + moc_inicial;
696         cab16_utm(1:2) + (ini_sanchura/2-200) * vector_normal + (
final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16
];
698 x_coords_16_s1_ini = vertices_aprox_inicial_16_s1(:, 1);
700 y_coords_16_s1_ini = vertices_aprox_inicial_16_s1(:, 2);
702 z_coords_16_s1_ini = vertices_aprox_inicial_16_s1(:, 3);
704 x_coords_16_s1_ini = [x_coords_16_s1_ini; x_coords_16_s1_ini(1)];
706 y_coords_16_s1_ini = [y_coords_16_s1_ini; y_coords_16_s1_ini(1)];
708 z_coords_16_s1_ini = [z_coords_16_s1_ini; z_coords_16_s1_ini(1)];
vertices_ap_inicial_16_s1 = [utm211(x_coords_16_s1_ini(:),y_coords_16_s1_ini(:),28),
z_coords_16_s1_ini(:)];
710 lat_apinicial_16_s1 = vertices_ap_inicial_16_s1(:,1);
lon_apinicial_16_s1 = vertices_ap_inicial_16_s1(:,2);
z_apinicial_16_s1 = vertices_ap_inicial_16_s1(:,3);
712 % Secundaria 2
vertices_aprox_inicial_16_s2 = [cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (
final_largo + intermedia_largo + ini_sanchura + x_mapt_16) * -vector_pista, h_iaf_16
+ moc_inicial ;
714         cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_iaf_16;
        cab16_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16;
716         cab16_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + ini_sanchura + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16 + moc_inicial
];
718 x_coords_16_s2_ini = vertices_aprox_inicial_16_s2(:, 1);
720 y_coords_16_s2_ini = vertices_aprox_inicial_16_s2(:, 2);
z_coords_16_s2_ini = vertices_aprox_inicial_16_s2(:, 3);
x_coords_16_s2_ini = [x_coords_16_s2_ini; x_coords_16_s2_ini(1)];

```

```

722 y_coords_16_s2_ini = [y_coords_16_s2_ini; y_coords_16_s2_ini(1)];
z_coords_16_s2_ini = [z_coords_16_s2_ini; z_coords_16_s2_ini(1)];
724
vertices_ap_inicial_16_s2 = [utm211(x_coords_16_s2_ini(:), y_coords_16_s2_ini(:), 28),
z_coords_16_s2_ini(:)];
726 lat_apinicial_16_s2 = vertices_ap_inicial_16_s2(:, 1);
lon_apinicial_16_s2 = vertices_ap_inicial_16_s2(:, 2);
728 z_apinicial_16_s2 = vertices_ap_inicial_16_s2(:, 3);
730 %% INTERMEDIA 34
732 vertices_aprox_intermedia_34 = [vertices_aprox_final_34(4, 1:2), h_if_34;
vertices_aprox_final_34(3, 1:2), h_if_34;
734 cab34_utm(1:2) - (ini_sanchura/2) * vector_normal + (final_largo
+ intermedia_largo + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34;
cab34_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34;
736 vertices_aprox_inicial_34_s1(4, 1:3)];
738
x_coords_34_int = vertices_aprox_intermedia_34(:, 1);
740 y_coords_34_int = vertices_aprox_intermedia_34(:, 2);
z_coords_34_int = vertices_aprox_intermedia_34(:, 3);
742
x_coords_34_int = [x_coords_34_int; x_coords_34_int(1)];
744 y_coords_34_int = [y_coords_34_int; y_coords_34_int(1)];
z_coords_34_int = [z_coords_34_int; z_coords_34_int(1)];
746
vertices_ap_intermedia_34 = [utm211(x_coords_34_int(:), y_coords_34_int(:), 28),
z_coords_34_int(:)];
748 lat_apintermedia_34 = vertices_ap_intermedia_34(:, 1);
lon_apintermedia_34 = vertices_ap_intermedia_34(:, 2);
750 z_apintermedia_34 = vertices_ap_intermedia_34(:, 3);
752
% Secundaria 1
754 vertices_aprox_intermedia_34_s1 = [vertices_aprox_final_34(4, 1:2), h_if_34;
cab34_utm(1:2) + (ini_sanchura - z_trans) * vector_normal + (
final_largo + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34 + moc_intermedia;
756 vertices_aprox_inicial_34_s1(3, 1:3);
vertices_aprox_inicial_34_s1(4, 1:3)];
758
760 x_coords_34_s1_int = vertices_aprox_intermedia_34_s1(:, 1);
y_coords_34_s1_int = vertices_aprox_intermedia_34_s1(:, 2);
762 z_coords_34_s1_int = vertices_aprox_intermedia_34_s1(:, 3);
764
x_coords_34_s1_int = [x_coords_34_s1_int; x_coords_34_s1_int(1)];
y_coords_34_s1_int = [y_coords_34_s1_int; y_coords_34_s1_int(1)];
766 z_coords_34_s1_int = [z_coords_34_s1_int; z_coords_34_s1_int(1)];
768
vertices_ap_intermedia_34_s1 = [utm211(x_coords_34_s1_int(:), y_coords_34_s1_int(:), 28),
z_coords_34_s1_int(:)];
lat_apintermedia_34_s1 = vertices_ap_intermedia_34_s1(:, 1);
770 lon_apintermedia_34_s1 = vertices_ap_intermedia_34_s1(:, 2);
z_apintermedia_34_s1 = vertices_ap_intermedia_34_s1(:, 3);
772
774 %% Secundaria 2
776 vertices_aprox_intermedia_34_s2 = [vertices_aprox_final_34(3, 1:2), h_if_34;
cab34_utm(1:2) - (ini_sanchura - z_trans) * vector_normal + (
final_largo + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34 + moc_intermedia;
778 cab34_utm(1:2) - (ini_sanchura) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + x_mapt_34 - y_trans) * vector_pista, h_if_34 + moc_intermedia; %
nuevo
cab34_utm(1:2) - (ini_sanchura) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34 + moc_intermedia;

```

```

780         cab34_utm(1:2) - (ini_sanchura/2) * vector_normal + (final_largo
+ intermedia_largo + x_mapt_34) * vector_pista, h_if_34];
782
784 x_coords_34_s2_int = vertices_aprox_intermedia_34_s2(:, 1);
784 y_coords_34_s2_int = vertices_aprox_intermedia_34_s2(:, 2);
786 z_coords_34_s2_int = vertices_aprox_intermedia_34_s2(:, 3);
788
788 x_coords_34_s2_int = [x_coords_34_s2_int; x_coords_34_s2_int(1)];
788 y_coords_34_s2_int = [y_coords_34_s2_int; y_coords_34_s2_int(1)];
790 z_coords_34_s2_int = [z_coords_34_s2_int; z_coords_34_s2_int(1)];
792
792 vertices_ap_intermedia_34_s2 = [utm211(x_coords_34_s2_int(:),y_coords_34_s2_int(:),28),
z_coords_34_s2_int(:)];
794 lat_apintermedia_34_s2 = vertices_ap_intermedia_34_s2(:,1);
794 lon_apintermedia_34_s2 = vertices_ap_intermedia_34_s2(:,2);
794 z_apintermedia_34_s2 = vertices_ap_intermedia_34_s2(:,3);
796 %% INTERMEDIA 16
798 vertices_aprox_intermedia_16 = [vertices_aprox_final_16(4,1:2), h_if_16;
vertices_aprox_final_16(3,1:2), h_if_16;
800 cab16_utm(1:2) - (ini_sanchura/2) * vector_normal + (final_largo
+ intermedia_largo + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16;
vertices_aprox_inicial_16(4,1:3);
802 cab16_utm(1:2) + (ini_sanchura/2-200) * vector_normal + (
final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16
];
804 x_coords_16_int = vertices_aprox_intermedia_16(:, 1);
804 y_coords_16_int = vertices_aprox_intermedia_16(:, 2);
806 z_coords_16_int = vertices_aprox_intermedia_16(:, 3);
808
808 x_coords_16_int = [x_coords_16_int; x_coords_16_int(1)];
808 y_coords_16_int = [y_coords_16_int; y_coords_16_int(1)];
810 z_coords_16_int = [z_coords_16_int; z_coords_16_int(1)];
812
812 vertices_ap_intermedia_16 = [utm211(x_coords_16_int(:),y_coords_16_int(:),28),
z_coords_16_int(:)];
814 lat_apintermedia_16 = vertices_ap_intermedia_16(:,1);
814 lon_apintermedia_16 = vertices_ap_intermedia_16(:,2);
816 z_apintermedia_16 = vertices_ap_intermedia_16(:,3);
816
816 % Secundaria 1
818 vertices_aprox_intermedia_16_s1 = [vertices_aprox_final_16(4,1:2), h_if_16;
cab16_utm(1:2) + (ini_sanchura-z_trans) * vector_normal+ (
820 final_largo + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16 + moc_intermedia;
cab16_utm(1:2) + (ini_sanchura) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo - ini_sanchura + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16 + moc_inicial;
%nuevo
vertices_aprox_intermedia_16(5,1:3)]; %cambiar
822
822 x_coords_16_s1_int = vertices_aprox_intermedia_16_s1(:, 1);
824 y_coords_16_s1_int = vertices_aprox_intermedia_16_s1(:, 2);
824 z_coords_16_s1_int = vertices_aprox_intermedia_16_s1(:, 3);
826
826 x_coords_16_s1_int = [x_coords_16_s1_int; x_coords_16_s1_int(1)];
828 y_coords_16_s1_int = [y_coords_16_s1_int; y_coords_16_s1_int(1)];
828 z_coords_16_s1_int = [z_coords_16_s1_int; z_coords_16_s1_int(1)];
830
830 vertices_ap_intermedia_16_s1 = [utm211(x_coords_16_s1_int(:),y_coords_16_s1_int(:),28),
z_coords_16_s1_int(:)];
832 lat_apintermedia_16_s1 = vertices_ap_intermedia_16_s1(:,1);
832 lon_apintermedia_16_s1 = vertices_ap_intermedia_16_s1(:,2);
834 z_apintermedia_16_s1 = vertices_ap_intermedia_16_s1(:,3);
836
836 % Secundaria 2
vertices_aprox_intermedia_16_s2 = [vertices_aprox_final_16(3,1:2), h_if_16;

```

```

838         cab16_utm(1:2) - (ini_sanchura-z_trans) * vector_normal + (
            final_largo + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16 + moc_intermedia;
            cab16_utm(1:2) - (ini_sanchura) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo + x_mapt_16 - y_trans) * -vector_pista, h_if_16 + moc_intermedia; %
nuevo
840         cab16_utm(1:2) - ini_sanchura * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16 + moc_intermedia;
            cab16_utm(1:2) - (ini_sanchura/2) * vector_normal + (final_largo
            + intermedia_largo + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16];
842
844 x_coords_16_s2_int = vertices_aprox_intermedia_16_s2(:, 1);
            y_coords_16_s2_int = vertices_aprox_intermedia_16_s2(:, 2);
846 z_coords_16_s2_int = vertices_aprox_intermedia_16_s2(:, 3);

848 x_coords_16_s2_int = [x_coords_16_s2_int; x_coords_16_s2_int(1)];
            y_coords_16_s2_int = [y_coords_16_s2_int; y_coords_16_s2_int(1)];
850 z_coords_16_s2_int = [z_coords_16_s2_int; z_coords_16_s2_int(1)];

852 vertices_ap_intermedia_16_s2 = [utm211(x_coords_16_s2_int(:),y_coords_16_s2_int(:),28),
            z_coords_16_s2_int(:)];
            lat_apintermedia_16_s2 = vertices_ap_intermedia_16_s2(:,1);
854 lon_apintermedia_16_s2 = vertices_ap_intermedia_16_s2(:,2);
            z_apintermedia_16_s2 = vertices_ap_intermedia_16_s2(:,3);
856
%% INICIAL 16
858
vertices_aprox_inicial_16 = [cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (
            final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista,
            h_iaf_16;
860         cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_iaf_16;
            cab16_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16;
862         cab16_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16;
            cab16_utm(1:2) + (ini_sanchura/2-200) * vector_normal + (
            final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16
            ];
864
x_coords_16_ini = vertices_aprox_inicial_16(:, 1);
866 y_coords_16_ini = vertices_aprox_inicial_16(:, 2);
            z_coords_16_ini = vertices_aprox_inicial_16(:, 3);
868
x_coords_16_ini = [x_coords_16_ini; x_coords_16_ini(1)];
870 y_coords_16_ini = [y_coords_16_ini; y_coords_16_ini(1)];
            z_coords_16_ini = [z_coords_16_ini; z_coords_16_ini(1)];
872
vertices_ap_inicial_16 = [utm211(x_coords_16_ini(:),y_coords_16_ini(:),28),
            z_coords_16_ini(:)];
874 lat_apinicial_16 = vertices_ap_inicial_16(:,1);
            lon_apinicial_16 = vertices_ap_inicial_16(:,2);
876 z_apinicial_16 = vertices_ap_inicial_16(:,3);

878 % Secundaria 1
vertices_aprox_inicial_16_s1 = [cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (
            final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista,
            h_iaf_16;
880         cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo - ini_sanchura + x_mapt_16) * -vector_pista, h_iaf_16 + moc_inicial
            ;
            cab16_utm(1:2) + (ini_sanchura) * vector_normal + (final_largo +
            intermedia_largo - ini_sanchura + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16 + moc_inicial;
882         cab16_utm(1:2) + (ini_sanchura/2-200) * vector_normal + (
            final_largo + intermedia_largo - ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16
            ];
884

```

```

886 x_coords_16_s1_ini = vertices_aprox_inicial_16_s1(:, 1);
y_coords_16_s1_ini = vertices_aprox_inicial_16_s1(:, 2);
z_coords_16_s1_ini = vertices_aprox_inicial_16_s1(:, 3);
888
890 x_coords_16_s1_ini = [x_coords_16_s1_ini; x_coords_16_s1_ini(1)];
y_coords_16_s1_ini = [y_coords_16_s1_ini; y_coords_16_s1_ini(1)];
z_coords_16_s1_ini = [z_coords_16_s1_ini; z_coords_16_s1_ini(1)];
892
vertices_ap_inicial_16_s1 = [utm211(x_coords_16_s1_ini(:), y_coords_16_s1_ini(:), 28),
z_coords_16_s1_ini(:)];
894 lat_ap_inicial_16_s1 = vertices_ap_inicial_16_s1(:, 1);
lon_ap_inicial_16_s1 = vertices_ap_inicial_16_s1(:, 2);
896 z_ap_inicial_16_s1 = vertices_ap_inicial_16_s1(:, 3);
898 % Secundaria 2
900 vertices_aprox_inicial_16_s2 = [cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (
final_largo + intermedia_largo + ini_sanchura + x_mapt_16) * -vector_pista, h_iaf_16
+ moc_inicial ;
cab16_utm(1:2) + (inicial_largo) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_iaf_16;
902 cab16_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + ini_sanchura/2 + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16;
cab16_utm(1:2) + (1) * vector_normal + (final_largo +
intermedia_largo + ini_sanchura + x_mapt_16) * -vector_pista, h_if_16 + moc_inicial
];
904
906 x_coords_16_s2_ini = vertices_aprox_inicial_16_s2(:, 1);
y_coords_16_s2_ini = vertices_aprox_inicial_16_s2(:, 2);
908 z_coords_16_s2_ini = vertices_aprox_inicial_16_s2(:, 3);
910 x_coords_16_s2_ini = [x_coords_16_s2_ini; x_coords_16_s2_ini(1)];
y_coords_16_s2_ini = [y_coords_16_s2_ini; y_coords_16_s2_ini(1)];
912 z_coords_16_s2_ini = [z_coords_16_s2_ini; z_coords_16_s2_ini(1)];
914 vertices_ap_inicial_16_s2 = [utm211(x_coords_16_s2_ini(:), y_coords_16_s2_ini(:), 28),
z_coords_16_s2_ini(:)];
lat_ap_inicial_16_s2 = vertices_ap_inicial_16_s2(:, 1);
916 lon_ap_inicial_16_s2 = vertices_ap_inicial_16_s2(:, 2);
z_ap_inicial_16_s2 = vertices_ap_inicial_16_s2(:, 3);
918
%% Definicion PTS
920 % Mapt 16
xmapt_16_lnav_point_utm = [sum(vertices_aprox_final_16(1:2,:))/2, h_mapt_16+moc_final];
922 xmapt_16_lnav_point_ll = [utm211(xmapt_16_lnav_point_utm(1), xmapt_16_lnav_point_utm(2)
, 28), xmapt_16_lnav_point_utm(3)];
% Mapt 34
924 xmapt_34_lnav_point_utm = [sum(vertices_aprox_final_34(1:2,:))/2, h_mapt_34+moc_final];
xmapt_34_lnav_point_ll = [utm211(xmapt_34_lnav_point_utm(1), xmapt_34_lnav_point_utm(2)
, 28), xmapt_34_lnav_point_utm(3)];
926 % FAF 16
xfaf_16_lnav_point_utm = [sum(vertices_aprox_final_16(3:4,:))/2, h_faf_16 + moc_final];
928 xfaf_16_lnav_point_ll = [utm211(xfaf_16_lnav_point_utm(1), xfaf_16_lnav_point_utm(2), 28),
xfaf_16_lnav_point_utm(3)];
% FAF 34
930 xfaf_34_lnav_point_utm = [sum(vertices_aprox_final_34(3:4,:))/2, h_faf_34+moc_final];
xfaf_34_lnav_point_ll = [utm211(xfaf_34_lnav_point_utm(1), xfaf_34_lnav_point_utm(2), 28),
xfaf_34_lnav_point_utm(3)];
932 % IF 16
xif_16_lnav_point_utm = [vertices_aprox_intermedia_16(4,1:2), h_if_16+moc_intermedia];
934 xif_16_lnav_point_ll = [utm211(xif_16_lnav_point_utm(1), xif_16_lnav_point_utm(2), 28),
xif_16_lnav_point_utm(3)];
% IF 34
936 xif_34_lnav_point_utm = [vertices_aprox_intermedia_34(4,1:2), h_if_34+moc_intermedia];
xif_34_lnav_point_ll = [utm211(xif_34_lnav_point_utm(1), xif_34_lnav_point_utm(2), 28),
xif_34_lnav_point_utm(3)];
938 % IAF 16

```

```

940 xiaf_16_lnav_point_utm = [sum(vertices_aprox_inicial_16(1:2,:))/2,h_iaf_16+moc_inicial];
xiaf_16_lnav_point_ll = [utm211(xiaf_16_lnav_point_utm(1),xiaf_16_lnav_point_utm(2),28),
    xiaf_16_lnav_point_utm(3)];
% IAF 34
942 xiaf_34_lnav_point_utm = [sum(vertices_aprox_inicial_34(1:2,:))/2,h_iaf_34+moc_inicial];
xiaf_34_lnav_point_ll = [utm211(xiaf_34_lnav_point_utm(1),xiaf_34_lnav_point_utm(2),28),
    xiaf_34_lnav_point_utm(3)];
944 % SOC 16
xsoc_16_lnav_point_utm = [cab16_utm(1:2) + (x_mapt_16 - xSOC_16) * -vector_pista,
    h_mapt_16+moc_final];
946 xsoc_16_lnav_point_ll = [utm211(xsoc_16_lnav_point_utm(1),xsoc_16_lnav_point_utm(2),28),
    xsoc_16_lnav_point_utm(3)];
% SOC 34
948 xsoc_34_lnav_point_utm = [cab34_utm(1:2) + (x_mapt_34 - xSOC_34) * -vector_pista,
    h_mapt_34+moc_final];
xsoc_34_lnav_point_ll = [utm211(xsoc_34_lnav_point_utm(1),xsoc_34_lnav_point_utm(2),28),
    xsoc_34_lnav_point_utm(3)];
950
%% Area circular pista 16
952
centro_16 = xif_16_lnav_point_utm;
954
phi = (angulo_pista+180:0.5:angulo_normal+180)';
956 arco_pequeno_16 = centro_16 + [ini_sanchura/2 * [cosd(phi), sind(phi)], -moc_intermedia*
    ones(numel(phi),1)];
alturas_arco_grande_16 = moc_intermedia+(moc_intermedia-moc_inicial)/(phi(end)-phi(1))*(
    phi-phi(1));
958 arco_grande_16 = centro_16 + [ini_sanchura * [cosd(phi), sind(phi)],
    alturas_arco_grande_16];
960 arco_pequeno_16_ll = [utm211(arco_pequeno_16(:,1),arco_pequeno_16(:,2),28),
    arco_pequeno_16(:,3)];
arco_grande_16_ll = [utm211(arco_grande_16(:,1),arco_grande_16(:,2),28),arco_grande_16
    (:,3)];
962
%% Area circular pista 34
964
centro_34 = xif_34_lnav_point_utm;
966
phi = (angulo_pista+180:-0.5:angulo_normal)';
968 arco_pequeno_34 = centro_34 + [-ini_sanchura/2 * [cosd(phi), sind(phi)], -moc_intermedia*
    ones(numel(phi),1)];
alturas_arco_grande_34 = moc_intermedia+(moc_intermedia-moc_inicial)/(phi(end)-phi(1))*(
    phi-phi(1));
970 arco_grande_34 = centro_34 + [-ini_sanchura * [cosd(phi), sind(phi)],
    alturas_arco_grande_34];
972 arco_pequeno_34_ll = [utm211(arco_pequeno_34(:,1),arco_pequeno_34(:,2),28),
    arco_pequeno_34(:,3)];
arco_grande_34_ll = [utm211(arco_grande_34(:,1),arco_grande_34(:,2),28),arco_grande_34
    (:,3)];
974
%% PLOTS AISLADOS
976
% Pista 16
978 % Inicial
patch(lon_apinicial_16_s2, lat_apinicial_16_s2, z_apinicial_16_s2, 'g', 'FaceAlpha', .5);
980 patch(lon_apinicial_16_s1, lat_apinicial_16_s1, z_apinicial_16_s1, 'g', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apinicial_16, lat_apinicial_16, z_apinicial_16, 'g', 'FaceAlpha', .5);
982 % Intermedia
patch(lon_apintermedia_16_s2, lat_apintermedia_16_s2, z_apintermedia_16_s2, 'y', '
    FaceAlpha', .5);
984 patch(lon_apintermedia_16_s1, lat_apintermedia_16_s1, z_apintermedia_16_s1, 'y', '
    FaceAlpha', .5);
patch(lon_apintermedia_16, lat_apintermedia_16, z_apintermedia_16, 'y', 'FaceAlpha', .5);
986 % Frustrada
patch(lon_apfrustrada_16_s2, lat_apfrustrada_16_s2, z_apfrustrada_16_s2, 'c', 'FaceAlpha'
    , .5);

```



```

988 patch(lon_apfrustrada_16_s1, lat_apfrustrada_16_s1, z_apfrustrada_16_s1, 'c', 'FaceAlpha'
    , .5);
patch(lon_apfrustrada_16, lat_apfrustrada_16, z_apfrustrada_16, 'c', 'FaceAlpha', .5);
990 % Frustrada interm
patch(lon_apfrustrada_16_s2_i, lat_apfrustrada_16_s2_i, z_apfrustrada_16_s2_i, 'm', '
    FaceAlpha', .5);
992 patch(lon_apfrustrada_16_s1_i, lat_apfrustrada_16_s1_i, z_apfrustrada_16_s1_i, 'm', '
    FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfrustrada_16_i, lat_apfrustrada_16_i, z_apfrustrada_16_i, 'm', 'FaceAlpha',
    .5);
994 % Frustrada final
patch(lon_apfrustrada_16_s2_f, lat_apfrustrada_16_s2_f, z_apfrustrada_16_s2_f, 'k', '
    FaceAlpha', .5);
996 patch(lon_apfrustrada_16_s1_f, lat_apfrustrada_16_s1_f, z_apfrustrada_16_s1_f, 'k', '
    FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfrustrada_16_f, lat_apfrustrada_16_f, z_apfrustrada_16_f, 'k', 'FaceAlpha',
    .5);
998 % Final
patch(lon_apfinal_16_s2, lat_apfinal_16_s2, z_apfinal_16_s2, 'r', 'FaceAlpha', .5);
1000 patch(lon_apfinal_16_s1, lat_apfinal_16_s1, z_apfinal_16_s1, 'r', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfinal_16, lat_apfinal_16, z_apfinal_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
1002
1004 % Pista 34
1004 % Inicial
patch(lon_apinicial_34_s2, lat_apinicial_34_s2, z_apinicial_34_s2, 'g', 'FaceAlpha', .5);
1006 patch(lon_apinicial_34_s1, lat_apinicial_34_s1, z_apinicial_34_s1, 'g', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apinicial_34, lat_apinicial_34, z_apinicial_34, 'g', 'FaceAlpha', .5);
1008 % Intermedia
patch(lon_apintermedia_34_s2, lat_apintermedia_34_s2, z_apintermedia_34_s2, 'y', '
    FaceAlpha', .5);
1010 patch(lon_apintermedia_34_s1, lat_apintermedia_34_s1, z_apintermedia_34_s1, 'y', '
    FaceAlpha', .5);
patch(lon_apintermedia_34, lat_apintermedia_34, z_apintermedia_34, 'y', 'FaceAlpha', .5);
1012 % Frustrada
patch(lon_apfrustrada_34_s2, lat_apfrustrada_34_s2, z_apfrustrada_34_s2, 'c', 'FaceAlpha'
    , .5);
1014 patch(lon_apfrustrada_34_s1, lat_apfrustrada_34_s1, z_apfrustrada_34_s1, 'c', 'FaceAlpha'
    , .5);
patch(lon_apfrustrada_34, lat_apfrustrada_34, z_apfrustrada_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
1016 % Frustrada interm
patch(lon_apfrustrada_34_s2_i, lat_apfrustrada_34_s2_i, z_apfrustrada_34_s2_i, 'm', '
    FaceAlpha', .5);
1018 patch(lon_apfrustrada_34_s1_i, lat_apfrustrada_34_s1_i, z_apfrustrada_34_s1_i, 'm', '
    FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfrustrada_34_i, lat_apfrustrada_34_i, z_apfrustrada_34_i, 'm', 'FaceAlpha',
    .5);
1020 % Frustrada final
patch(lon_apfrustrada_34_s2_f, lat_apfrustrada_34_s2_f, z_apfrustrada_34_s2_f, 'k', '
    FaceAlpha', .5);
1022 patch(lon_apfrustrada_34_s1_f, lat_apfrustrada_34_s1_f, z_apfrustrada_34_s1_f, 'k', '
    FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfrustrada_34_f, lat_apfrustrada_34_f, z_apfrustrada_34_f, 'k', 'FaceAlpha',
    .5);
1024 % Final
patch(lon_apfinal_34_s2, lat_apfinal_34_s2, z_apfinal_34_s2, 'r', 'FaceAlpha', .5);
1026 patch(lon_apfinal_34_s1, lat_apfinal_34_s1, z_apfinal_34_s1, 'r', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfinal_34, lat_apfinal_34, z_apfinal_34, 'r', 'FaceAlpha', .5);
1028
1030 %% Arcos
1030 hold on;
1030 % arco pequeño 16
1032 arco_peq_16 = [xif_16_lnav_point_11-[0,0,moc_intermedia];arco_pequeno_16_11;
    xif_16_lnav_point_11-[0,0,moc_intermedia]];
patch(arco_peq_16(:,2), arco_peq_16(:,1), arco_peq_16(:,3), 'g', 'FaceAlpha', .5);
1034 % arco grande 16
aux = [(1:numel(arco_pequeno_16_11(:,1)))',arco_pequeno_16_11];
1036 aux = sortrows(aux,1,'descend');
aux(:,1) = [];

```

```

1038 arco_grande_16 = [arco_grande_16_ll;aux;arco_grande_16_ll(1,:)];
patch(arco_grande_16(:,2), arco_grande_16(:,1), arco_grande_16(:,3), 'g', 'FaceAlpha',
.5);
1040 % arco pequeño 34
arco_peq_34 = [xif_34_lnav_point_ll-[0,0,moc_intermedia];arco_pequeno_34_ll;
xif_34_lnav_point_ll-[0,0,moc_intermedia]];
1042 patch(arco_peq_34(:,2), arco_peq_34(:,1), arco_peq_34(:,3), 'g', 'FaceAlpha', .5);
% arco grande 34
1044 aux = [(1:numel(arco_pequeno_34_ll(:,1)))',arco_pequeno_34_ll];
aux = sortrows(aux,1,'descend');
1046 aux(:,1) = [];
arco_grande_34 = [arco_grande_34_ll;aux;arco_grande_34_ll(1,:)];
1048 patch(arco_grande_34(:,2), arco_grande_34(:,1), arco_grande_34(:,3), 'g', 'FaceAlpha',
.5);

1050 %% GUARDADO
1052 save tramos.mat vertices_ap_final_16 lat_apfinal_16 lon_apfinal_16 z_apfinal_16...
vertices_ap_final_34 lat_apfinal_34 lon_apfinal_34 z_apfinal_34...
1054 lat_apfinal_16_s1 lon_apfinal_16_s1 z_apfinal_16_s1 lat_apfinal_16_s2...
lon_apfinal_16_s2 z_apfinal_16_s2 lat_apfinal_34_s1 lon_apfinal_34_s1...
1056 z_apfinal_34_s1 lat_apfinal_34_s2 lon_apfinal_34_s2 z_apfinal_34_s2...
xfaf_16_lnav_point_ll xfaf_34_lnav_point_ll lat_apintermedia_34...
1058 lon_apintermedia_34 z_apintermedia_34 lat_apintermedia_34_s1...
lon_apintermedia_34_s1 z_apintermedia_34_s1 lat_apintermedia_34_s2...
1060 lon_apintermedia_34_s2 z_apintermedia_34_s2 lat_apintermedia_16...
lon_apintermedia_16 z_apintermedia_16 lat_apintermedia_16_s1...
1062 lon_apintermedia_16_s1 z_apintermedia_16_s1 lat_apintermedia_16_s2...
lon_apintermedia_16_s2 z_apintermedia_16_s2 lat_apinicial_34...
1064 lon_apinicial_34 z_apinicial_34 lat_apinicial_34_s1...
lon_apinicial_34_s1 z_apinicial_34_s1 lat_apinicial_34_s2...
1066 lon_apinicial_34_s2 z_apinicial_34_s2 lat_apinicial_16...
lon_apinicial_16 z_apinicial_16 lat_apinicial_16_s1...
1068 lon_apinicial_16_s1 z_apinicial_16_s1 lat_apinicial_16_s2...
lon_apinicial_16_s2 z_apinicial_16_s2 xmapt_16_lnav_point_ll...
1070 xmapt_34_lnav_point_ll lat_apfrustrada_16 lon_apfrustrada_16...
z_apfrustrada_16 lat_apfrustrada_16_s1 lon_apfrustrada_16_s1...
1072 z_apfrustrada_16_s1 lat_apfrustrada_16_s2 lon_apfrustrada_16_s2...
z_apfrustrada_16_s2 xsoc_16_lnav_point_ll z_apfrustrada_34_s2...
1074 lat_apfrustrada_34_s2 lon_apfrustrada_34_s2 lon_apfrustrada_34_s1...
lat_apfrustrada_34_s1 z_apfrustrada_34_s1 z_apfrustrada_34...
1076 lat_apfrustrada_34 lon_apfrustrada_34 xsoc_34_lnav_point_ll...
xif_34_lnav_point_ll xif_16_lnav_point_ll xiaf_34_lnav_point_ll...
1078 xiaf_16_lnav_point_ll lat_apfrustrada_16_i lon_apfrustrada_16_i...
z_apfrustrada_16_i lat_apfrustrada_16_s1_i lon_apfrustrada_16_s1_i...
1080 z_apfrustrada_16_s1_i lat_apfrustrada_16_s2_i lon_apfrustrada_16_s2_i...
z_apfrustrada_16_s2_i lat_apfrustrada_34_i lon_apfrustrada_34_i...
1082 z_apfrustrada_34_i lat_apfrustrada_34_s1_i lon_apfrustrada_34_s1_i...
z_apfrustrada_34_s1_i lat_apfrustrada_34_s2_i lon_apfrustrada_34_s2_i...
1084 z_apfrustrada_34_s2_i lat_apfrustrada_34_s2_f lon_apfrustrada_34_s2_f...
z_apfrustrada_34_s2_f lat_apfrustrada_34_s1_f lon_apfrustrada_34_s1_f...
1086 z_apfrustrada_34_s1_f lat_apfrustrada_34_f lon_apfrustrada_34_f...
z_apfrustrada_34_f lat_apfrustrada_16_s2_f lon_apfrustrada_16_s2_f...
1088 z_apfrustrada_16_s2_f lat_apfrustrada_16_s1_f lon_apfrustrada_16_s1_f...
z_apfrustrada_16_s1_f lat_apfrustrada_16_f lon_apfrustrada_16_f...
1090 z_apfrustrada_16_f arco_peq_16 arco_grande_16 arco_peq_34 arco_grande_34...
arco_grande_34 arco_peq_34 arco_peq_16 arco_grande_16

```

## Script 6: circuito\_derrotaprescrita\_vpt.m

```

%% circuito_derrotaprescrita_vpt
2 % En este script se realizan los cálculos necesarios para la representación
% de la aproximación RNP-VPT.
4 % Los datos de entrada son las características del los circuitos VPT
% previamente calculadas para el tipo de aeronave a estudio así como los
6 % datos de la pista, vectores y NDB HIE.

8 % Se representa el procedimiento VPT para ambas cabeceras conjuntamente con
% el área secundaria W. Posteriormente se calculan los tramos RNP formando
10 % los distintos polígonos necesarios. La construcción comienza desde el
% área final hasta la inicial referenciando los puntos a el área precedente
12 % en el orden descrito. Los puntos de referencia de la aproximación se
% guardan de forma conjunta una vez obtenidas las superficies.
14 % El viraje se ha representado mediante los arcos y áreas circulares
% calculadas para el método de arcos de círculo del Doc.8168.
16 % La confluencia de tramos se realiza creando una nueva "área intermedia" (llamada
% reconstrucción) la cual comprende el tramo completo de adaptación entre
18 % tramos.
% Finalmente guardan los datos obtenidos para su representación en
20 % 'plot_general.m'

22 clc; close all; clear all;

24 %% Datos
% Definicion puntos básicos aeropuerto, moc, ndb.
26
% NDB
28 ndb_pos_ll = [convert_longitude("0175311.0W"), convert_latitude("274858.2N"), 30]; % lon,
    lat, alt
ndb_pos_utm = [ll2utm(ndb_pos_ll(2),ndb_pos_ll(1)), 30]; % x, y, alt
30 % PISTA
cab16_ll = [convert_longitude("0175323.91W"), convert_latitude("274911.46N"), 21.63]; %
    lon, lat, alt
32 cab34_ll = [convert_longitude("0175302.89W"), convert_latitude("274835.43N"), 31.51]; %
    lon, lat, alt
cab16_utm = [ll2utm(cab16_ll(2),cab16_ll(1)), 21.63]; % x, y, alt
34 cab34_utm = [ll2utm(cab34_ll(2),cab34_ll(1)), 31.51]; % x, y, alt
pendiente_vector_normal = -1/((cab34_utm(2)-cab16_utm(2))/(cab34_utm(1)-cab16_utm(1)));
36 angulo_normal = atand(pendiente_vector_normal);
vector_normal = [cosd(angulo_normal), sind(angulo_normal)];
38 pendiente_vector_pista = (cab34_utm(2)-cab16_utm(2))/(cab34_utm(1)-cab16_utm(1));
angulo_pista = atand(pendiente_vector_pista);
40 vector_pista = [cosd(angulo_pista), sind(angulo_pista)];

42 angulo_llegadas_tenerife = 228-180; %Angulo llegadas desde Tenerife Norte
vector_angulollegadas = [cosd(angulo_llegadas_tenerife), sind(angulo_llegadas_tenerife)];
44 largo_ndb = 40e3 ; %%DATO
vector_angulollegadas_normal = [cosd(angulo_llegadas_tenerife-90), sind(
    angulo_llegadas_tenerife-90)];
46 vertices_ndb_line = [ndb_pos_utm(1:2) + largo_ndb * vector_angulollegadas, cab16_utm(3);
    ndb_pos_utm(1:2) , cab16_utm(3)];
48
vertices_ndb_line_ll = [utm2ll(vertices_ndb_line(:,1),vertices_ndb_line(:,2),28),
    vertices_ndb_line(:,3)];
50 moc_final = 75;
moc_intermedia = 150;
52 moc_inicial = 300;
moc_frustrada = 75;
54 moc_frustrada_int = 30;

56 %% Datos Circuito VPT
% Datos
58 OCA_inicial_16 = 233 ; %m

60 h_circuito = OCA_inicial_16;
r_circuito = 1.58e3;
62 r_areasec = 1500;

```

```

longitud_tramoinicial = 2083.3;
64 largo_pista = 1250 ; %m
sanchura_vpt = 1500; %m
66
% Representacion
68 phi1 = (angulo_normal:0.5:angulo_normal+180)';
phi2 = (angulo_normal:-0.5:angulo_normal-180)';
70
%% Circuito 16
72 c1_16utm = [cab16_utm(1:2) + r_circuito*vector_normal - longitud_tramoinicial*
vector_pista + r_circuito*[cosd(phi1), sind(phi1)], h_circuito*ones(numel(phi1),1)];
c2_16utm = [cab34_utm(1:2) + r_circuito*vector_normal
+ r_circuito*[cosd(phi2), sind(phi2)], h_circuito*ones(numel(phi1),1)];
74
T1_16utm = [cab16_utm(1:2) - longitud_tramoinicial*vector_pista
, h_circuito];
76 T2_16utm = [cab34_utm(1:2)
, h_circuito];
T3_16utm = [cab16_utm(1:2) - longitud_tramoinicial*vector_pista + 2*r_circuito*
vector_normal, h_circuito];
78 T4_16utm = [cab34_utm(1:2) + 2*r_circuito*
vector_normal, h_circuito];

80 % plot3(c1_16utm(:,1),c1_16utm(:,2),c1_16utm(:,3),'r-.','LineWidth',3); hold on;
% plot3(c2_16utm(:,1),c2_16utm(:,2),c2_16utm(:,3),'r-.','LineWidth',3);
82 % plot3([T1_16utm(1),T2_16utm(1)],[T1_16utm(2),T2_16utm(2)],[T1_16utm(3),T2_16utm(3)'],'r
-.','LineWidth',3);
% plot3([T3_16utm(1),T4_16utm(1)],[T3_16utm(2),T4_16utm(2)],[T3_16utm(3),T4_16utm(3)'],'r
-.','LineWidth',3);
84
% Conversión a ll
86 c1_16ll = [utm211(c1_16utm(:,1),c1_16utm(:,2),28), c1_16utm(:,3)];
c2_16ll = [utm211(c2_16utm(:,1),c2_16utm(:,2),28), c2_16utm(:,3)];
88
T1_16ll = [utm211(T1_16utm(:,1),T1_16utm(:,2),28), T1_16utm(:,3)];
90 T2_16ll = [utm211(T2_16utm(:,1),T2_16utm(:,2),28), T2_16utm(:,3)];
T3_16ll = [utm211(T3_16utm(:,1),T3_16utm(:,2),28), T3_16utm(:,3)];
92 T4_16ll = [utm211(T4_16utm(:,1),T4_16utm(:,2),28), T4_16utm(:,3)];

94 % plot3(c1_16ll(:,2),c1_16ll(:,1),c1_16ll(:,3),'r-.','LineWidth',3); hold on;
% plot3(c2_16ll(:,2),c2_16ll(:,1),c2_16ll(:,3),'r-.','LineWidth',3);
96 % plot3([T1_16ll(2),T2_16ll(2)],[T1_16ll(1),T2_16ll(1)],[T1_16ll(3),T2_16ll(3)'],'r-.','
LineWidth',3);
% plot3([T3_16ll(2),T4_16ll(2)],[T3_16ll(1),T4_16ll(1)],[T3_16ll(3),T4_16ll(3)'],'r-.','
LineWidth',3);
98
%% Circuito 16 // SECUNDARIA W
100 c1_16utm_sec = [cab16_utm(1:2) + (r_circuito)*vector_normal - longitud_tramoinicial*
vector_pista + (r_circuito+r_areasec)*[cosd(phi1), sind(phi1)], h_circuito*ones(numel
(phi1),1)];
c2_16utm_sec = [cab34_utm(1:2) + (r_circuito)*vector_normal
+ (r_circuito+r_areasec)*[cosd(phi2), sind(phi2)], h_circuito*ones(numel(phi1)
,1)];
102
T1_16utm_sec = [cab16_utm(1:2) - longitud_tramoinicial*vector_pista - r_areasec*
vector_normal , h_circuito];
104 T2_16utm_sec = [cab34_utm(1:2) - r_areasec*vector_normal
, h_circuito];
T3_16utm_sec = [cab16_utm(1:2) - longitud_tramoinicial*vector_pista + (2*r_circuito+
r_areasec)*vector_normal, h_circuito];
106 T4_16utm_sec = [cab34_utm(1:2) + (2*r_circuito +
r_areasec)*vector_normal, h_circuito];

108 % plot3(c1_16utm_sec(:,1),c1_16utm_sec(:,2),c1_16utm_sec(:,3),'r:','LineWidth',3); hold
on;
% plot3(c2_16utm_sec(:,1),c2_16utm_sec(:,2),c2_16utm_sec(:,3),'r:','LineWidth',3);
110 % plot3([T1_16utm_sec(1),T2_16utm_sec(1)],[T1_16utm_sec(2),T2_16utm_sec(2)],[T1_16utm_sec
(3),T2_16utm_sec(3)'],'r:','LineWidth',3);

```

```

112 % plot3([T3_16utm_sec(1),T4_16utm_sec(1)],[T3_16utm_sec(2),T4_16utm_sec(2)],[T3_16utm_sec
      (3),T4_16utm_sec(3)],'r:','LineWidth',3);
114 % Conversi3n a ll
114 c1_16ll_sec = [utm211(c1_16utm_sec(:,1),c1_16utm_sec(:,2),28), c1_16utm_sec(:,3)];
116 c2_16ll_sec = [utm211(c2_16utm_sec(:,1),c2_16utm_sec(:,2),28), c2_16utm_sec(:,3)];
118 T1_16ll_sec = [utm211(T1_16utm_sec(:,1),T1_16utm_sec(:,2),28), T1_16utm_sec(:,3)];
120 T2_16ll_sec = [utm211(T2_16utm_sec(:,1),T2_16utm_sec(:,2),28), T2_16utm_sec(:,3)];
122 T3_16ll_sec = [utm211(T3_16utm_sec(:,1),T3_16utm_sec(:,2),28), T3_16utm_sec(:,3)];
124 T4_16ll_sec = [utm211(T4_16utm_sec(:,1),T4_16utm_sec(:,2),28), T4_16utm_sec(:,3)];
126 % plot3(c1_16ll_sec(:,2),c1_16ll_sec(:,1),c1_16ll_sec(:,3),'r:','LineWidth',3); hold on;
128 % plot3(c2_16ll_sec(:,2),c2_16ll_sec(:,1),c2_16ll_sec(:,3),'r:','LineWidth',3);
130 % plot3([T1_16ll_sec(2),T2_16ll_sec(2)],[T1_16ll_sec(1),T2_16ll_sec(1)],[T1_16ll_sec(3),
      T2_16ll_sec(3)],'r:','LineWidth',3);
132 % plot3([T3_16ll_sec(2),T4_16ll_sec(2)],[T3_16ll_sec(1),T4_16ll_sec(1)],[T3_16ll_sec(3),
      T4_16ll_sec(3)],'r:','LineWidth',3);
134 %% Circuito 34
136 c1_34utm = [cab16_utm(1:2) + r_circuito*vector_normal
138 + r_circuito*[cosd(phi1), sind(phi1)], h_circuito*ones(numel(phi1),1)];
140 c2_34utm = [cab34_utm(1:2) + r_circuito*vector_normal + longitud_tramoinicial*
      vector_pista + r_circuito*[cosd(phi2), sind(phi2)], h_circuito*ones(numel(phi1),1)];
142 T1_34utm = [cab16_utm(1:2)
144 , h_circuito];
146 T2_34utm = [cab34_utm(1:2) + longitud_tramoinicial*vector_pista
148 , h_circuito];
150 T3_34utm = [cab16_utm(1:2) + 2*r_circuito*
152 vector_normal, h_circuito];
154 T4_34utm = [cab34_utm(1:2) + longitud_tramoinicial*vector_pista + 2*r_circuito*
      vector_normal, h_circuito];
156 % plot3(c1_34utm(:,1),c1_34utm(:,2),c1_34utm(:,3),'b-.','LineWidth',3); hold on;
158 % plot3(c2_34utm(:,1),c2_34utm(:,2),c2_34utm(:,3),'b-.','LineWidth',3);
160 % plot3([T1_34utm(1),T2_34utm(1)],[T1_34utm(2),T2_34utm(2)],[T1_34utm(3),T2_34utm(3)],'b
      -.','LineWidth',3);
162 % plot3([T3_34utm(1),T4_34utm(1)],[T3_34utm(2),T4_34utm(2)],[T3_34utm(3),T4_34utm(3)],'b
      -.','LineWidth',3);
164 % Conversi3n a ll
166 c1_34ll = [utm211(c1_34utm(:,1),c1_34utm(:,2),28), c1_34utm(:,3)];
168 c2_34ll = [utm211(c2_34utm(:,1),c2_34utm(:,2),28), c2_34utm(:,3)];
170 T1_34ll = [utm211(T1_34utm(:,1),T1_34utm(:,2),28), T1_34utm(:,3)];
172 T2_34ll = [utm211(T2_34utm(:,1),T2_34utm(:,2),28), T2_34utm(:,3)];
174 T3_34ll = [utm211(T3_34utm(:,1),T3_34utm(:,2),28), T3_34utm(:,3)];
176 T4_34ll = [utm211(T4_34utm(:,1),T4_34utm(:,2),28), T4_34utm(:,3)];
178 % plot3(c1_34ll(:,2),c1_34ll(:,1),c1_34ll(:,3),'b-.','LineWidth',3); hold on;
180 % plot3(c2_34ll(:,2),c2_34ll(:,1),c2_34ll(:,3),'b-.','LineWidth',3);
182 % plot3([T1_34ll(2),T2_34ll(2)],[T1_34ll(1),T2_34ll(1)],[T1_34ll(3),T2_34ll(3)],'b-.','
      LineWidth',3);
184 % plot3([T3_34ll(2),T4_34ll(2)],[T3_34ll(1),T4_34ll(1)],[T3_34ll(3),T4_34ll(3)],'b-.','
      LineWidth',3);
186 %% Circuito 34 // SECUNDARIA W
188 c1_34utm_sec = [cab16_utm(1:2) + r_circuito*vector_normal
190 + (r_circuito+r_areasec)*[cosd(phi1), sind(phi1)], h_circuito*ones(numel(phi1),1)
      ];
192 c2_34utm_sec = [cab34_utm(1:2) + r_circuito*vector_normal + longitud_tramoinicial*
      vector_pista + (r_circuito+r_areasec)*[cosd(phi2), sind(phi2)], h_circuito*ones(numel
      (phi1),1)];
194 T1_34utm_sec = [cab16_utm(1:2) - r_areasec*vector_normal
      ,

```

```

    h_circuito];
162 T2_34utm_sec = [cab34_utm(1:2) + longitud_tramoinicial*vector_pista - r_areasec*
    vector_normal , h_circuito];
    T3_34utm_sec = [cab16_utm(1:2) + (2*r_circuito+
    r_areasec)*vector_normal, h_circuito];
164 T4_34utm_sec = [cab34_utm(1:2) + longitud_tramoinicial*vector_pista + (2*r_circuito+
    r_areasec)*vector_normal, h_circuito];

166 % plot3(c1_34utm_sec(:,1),c1_34utm_sec(:,2),c1_34utm_sec(:,3),'b:','LineWidth',3); hold
    on;
    % plot3(c2_34utm_sec(:,1),c2_34utm_sec(:,2),c2_34utm_sec(:,3),'b:','LineWidth',3);
168 % plot3([T1_34utm_sec(1),T2_34utm_sec(1)],[T1_34utm_sec(2),T2_34utm_sec(2)],[T1_34utm_sec
    (3),T2_34utm_sec(3)'],'b:','LineWidth',3);
    % plot3([T3_34utm_sec(1),T4_34utm_sec(1)],[T3_34utm_sec(2),T4_34utm_sec(2)],[T3_34utm_sec
    (3),T4_34utm_sec(3)'],'b:','LineWidth',3);

170
    % Conversión a ll
172 c1_3411_sec = [utm211(c1_34utm_sec(:,1),c1_34utm_sec(:,2),28), c1_34utm_sec(:,3)];
    c2_3411_sec = [utm211(c2_34utm_sec(:,1),c2_34utm_sec(:,2),28), c2_34utm_sec(:,3)];
174
    T1_3411_sec = [utm211(T1_34utm_sec(:,1),T1_34utm_sec(:,2),28), T1_34utm_sec(:,3)];
176 T2_3411_sec = [utm211(T2_34utm_sec(:,1),T2_34utm_sec(:,2),28), T2_34utm_sec(:,3)];
    T3_3411_sec = [utm211(T3_34utm_sec(:,1),T3_34utm_sec(:,2),28), T3_34utm_sec(:,3)];
178 T4_3411_sec = [utm211(T4_34utm_sec(:,1),T4_34utm_sec(:,2),28), T4_34utm_sec(:,3)];

180 % plot3(c1_3411_sec(:,2),c1_3411_sec(:,1),c1_3411_sec(:,3),'b:','LineWidth',3); hold on;
    % plot3(c2_3411_sec(:,2),c2_3411_sec(:,1),c2_3411_sec(:,3),'b:','LineWidth',3);
182 % plot3([T1_3411_sec(2),T2_3411_sec(2)],[T1_3411_sec(1),T2_3411_sec(1)],[T1_3411_sec(3),
    T2_3411_sec(3)'],'b:','LineWidth',3);
    % plot3([T3_3411_sec(2),T4_3411_sec(2)],[T3_3411_sec(1),T4_3411_sec(1)],[T3_3411_sec(3),
    T4_3411_sec(3)'],'b:','LineWidth',3);

184
    %% DATOS TRAMOS RNAV
186
    %%Datos
188 % Anchura Areas
    ini_sanchura = 4630; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (FAF)
190 fru_sanchura = 3704; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (<28 km del ARP)
    mapt_sanchura = 1759; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (MAPt)
192 faf_sanchura = 2685; % Tabla III-1-2-13 (Doc.8168) (FAF)

194 % Pendientes
    pend_inicial_16 = 3; %grados // optimo 5.2%
196 pend_inicial_34 = 4.2; %limitado por vss
    pend_inicial_16 = 2.3; %optimo 4 Por la parte general 8162 vol2 I-4-3-3
198 pend_inicial_34 = 2.3;
    pend_frustrada_int_16 = 1.4; %grados (2.5%)
200 pend_frustrada_int_34 = 1.4;

202 % Longitudes
    final_largo = 9300; %m
204 intermedia_largo = 9300; %m
    inicial_largo = 11100; %m por pag 714.
206 fru_inicial_largo = 9300;

208 % Pendiente
    pend_final_vpt = 3; %grados // optimo 5.2%
210 pend_inicial_vpt = 2.3; %optimo 4 Por la parte general 8162 vol2 I-4-3-3

212

214 % Alturas
    h_mapt = 263; %%PONER AQUI OCA/H DE CIRCUITO VISUAL
216 % x_mapt = (h_mapt)/tand(pend_inicial_vpt);
    h_faf = tand(pend_final_vpt)*final_largo;
218 h_if = h_faf;
    h_iaf = (tand(pend_inicial_vpt)*inicial_largo) + h_if;
220

```

```

222 %separación
x_sep_iaf = 25000; %m
224 x_sep_mapt = 5000; %m

226
%% ----TRAMOS RNP----
228 %% FINAL 34

230 % Vectores
vector_finalvpt_34 = [cosd(angulo_pista+45), sind(angulo_pista+45)];
232 vector_normal_finalvpt_34 = [cosd(angulo_normal+45), sind(angulo_normal+45)];

234
vertices_aprox_final34_vpt = [T2_34utm(1:2) + (x_sep_mapt)
vector_finalvpt_34 + mapt_sanchura/2 * vector_normal_finalvpt_34, h_mapt ;
236 T2_34utm(1:2) + (x_sep_mapt)
vector_finalvpt_34 - mapt_sanchura/2 * vector_normal_finalvpt_34, h_mapt ;
T2_34utm(1:2) + (final_largo + x_sep_mapt) *
238 vector_finalvpt_34 - mapt_sanchura/2 * vector_normal_finalvpt_34, h_faf;
T2_34utm(1:2) + (final_largo + x_sep_mapt) *
vector_finalvpt_34 + mapt_sanchura/2 * vector_normal_finalvpt_34, h_faf];

240
% Secundaria final 1
242 vertices_aprox_final_vpt34_s1 = [vertices_aprox_final34_vpt(4,1:2)
, h_faf;
vertices_aprox_final34_vpt(4,1:2) + mapt_sanchura/2 *
vector_normal_finalvpt_34 , h_faf + moc_final ;
244 vertices_aprox_final34_vpt(1,1:2) + mapt_sanchura/2 *
vector_normal_finalvpt_34 , h_mapt + moc_final;
vertices_aprox_final34_vpt(1,1:2)
, h_mapt ];

246
% Secundaria final 2
248 vertices_aprox_final_vpt34_s2 = [vertices_aprox_final34_vpt(2,1:2)
, h_mapt;
vertices_aprox_final34_vpt(2,1:2) - mapt_sanchura/2 *
vector_normal_finalvpt_34 , h_mapt + moc_final;
250 vertices_aprox_final34_vpt(3,1:2) - mapt_sanchura/2 *
vector_normal_finalvpt_34 , h_faf + moc_final;
vertices_aprox_final34_vpt(3,1:2)
, h_faf];

252
xfaf_34_rnp_point_utm = [(vertices_aprox_final34_vpt(3,1:2)+vertices_aprox_final34_vpt
(4,1:2))/2,h_faf];
254 xfaf_34_rnp_point_ll = [utm211(xfaf_34_rnp_point_utm(1),xfaf_34_rnp_point_utm(2),28),
xfaf_34_rnp_point_utm(3)];

256 xmapt_34_rnp_point_utm = [(vertices_aprox_final34_vpt(2,1:2)+vertices_aprox_final34_vpt
(1,1:2))/2,h_mapt];
xmapt_34_rnp_point_ll = [utm211(xmapt_34_rnp_point_utm(1),xmapt_34_rnp_point_utm(2),28),
xmapt_34_rnp_point_utm(3)];
258

figure;
260 hold on;
scatter3(xfaf_34_rnp_point_ll(2), xfaf_34_rnp_point_ll(1),xfaf_34_rnp_point_ll(3),40,"b
","o","filled")
262 text(xfaf_34_rnp_point_ll(2)+0.005, xfaf_34_rnp_point_ll(1)+0.005,xfaf_34_rnp_point_ll(3)
+300,'FAF34 RNP','Color','b','FontSize',10)
scatter3(xmapt_34_rnp_point_ll(2), xmapt_34_rnp_point_ll(1),xmapt_34_rnp_point_ll(3),40,"
b","o","filled")
264 text(xmapt_34_rnp_point_ll(2)+0.005, xmapt_34_rnp_point_ll(1)+0.005,xmapt_34_rnp_point_ll
(3)+300,'MAPT34 RNP','Color','b','FontSize',10)

266 %% INTERMEDIA 34
viraje_intermedia34 = 0; % 30 grados maximos viraje faf rnp
268 vector_intermediavpt_34 = [cosd(angulo_pista+45+viraje_intermedia34), sind(angulo_pista

```

```

+45+viraje_intermedia34)];
vector_normal_intermediavpt_34 = [cosd(angulo_normal+45+viraje_intermedia34), sind(
270 angulo_normal+45+viraje_intermedia34)];

272 vertices_aprox_intermedia34_vpt = [xfaf_34_rnp_point_utm(1:2) + (intermedia_largo) *
vector_intermediavpt_34 + ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34, h_if;
xfaf_34_rnp_point_utm(1:2) + (1) *
274 vector_intermediavpt_34 + ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34, h_faf ;
xfaf_34_rnp_point_utm(1:2) + (1) *
vector_intermediavpt_34 - ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34, h_faf ;
xfaf_34_rnp_point_utm(1:2) + (intermedia_largo) *
276 vector_intermediavpt_34 - ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34, h_if];

278 % Secundaria intermedia 1
280 vertices_aprox_intermedia_vpt34_s1 = [vertices_aprox_intermedia34_vpt(1,1:2), h_faf;
vertices_aprox_intermedia34_vpt(1,1:2)+
ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34, h_faf + moc_intermedia;
282 vertices_aprox_intermedia34_vpt(2,1:2)+
ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34, h_faf + moc_intermedia;
vertices_aprox_intermedia34_vpt(2,1:2), h_faf ];
284

286 % Secundaria intermedia 2
vertices_aprox_intermedia_vpt34_s2 = [vertices_aprox_intermedia34_vpt(3,1:2), h_faf;
288 vertices_aprox_intermedia34_vpt(3,1:2)-
ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34, h_faf + moc_intermedia;
vertices_aprox_intermedia34_vpt(4,1:2)-
ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34, h_faf + moc_intermedia;
290 vertices_aprox_intermedia34_vpt(4,1:2), h_faf];

292 % IF 34
xif_34_rnp_point_utm = [(vertices_aprox_intermedia34_vpt(4,1:2)+
vertices_aprox_intermedia34_vpt(1,1:2))/2, h_if + moc_intermedia ];
294 xif_34_rnp_point_ll = [utm2ll(xif_34_rnp_point_utm(1),xif_34_rnp_point_utm(2),28),
xif_34_rnp_point_utm(3)];

296 %% TRAMO TRANSICION 34

298 x_inter_trans = (ini_sanchura-faf_sanchura) / tand(30);
x_fin_trans = (faf_sanchura-mapt_sanchura) / tand(30);
300

302 % Superficie 1
pto_A_utm_s1 = [xfaf_34_rnp_point_utm(1:2) - x_fin_trans * vector_intermediavpt_34 +
mapt_sanchura * vector_normal_intermediavpt_34,0];
304 t = (pto_A_utm_s1(1)-vertices_aprox_final_vpt34_s1(3,1)) / (vertices_aprox_final_vpt34_s1
(2,1)-vertices_aprox_final_vpt34_s1(3,1));
h_A = vertices_aprox_final_vpt34_s1(3,3) + t * (vertices_aprox_final_vpt34_s1(2,3) -
vertices_aprox_final_vpt34_s1(3,3));
306 pto_A_utm_s1(3) = h_A;

308 pto_B_utm_s1 = [xfaf_34_rnp_point_utm(1:2) + x_inter_trans * vector_intermediavpt_34 +
ini_sanchura * vector_normal_intermediavpt_34,xfaf_34_rnp_point_utm(3)+moc_intermedia
];
pto_C_utm_s1 = pto_B_utm_s1 - ini_sanchura/2 * [vector_normal_intermediavpt_34,0] -
[0,0,1] .* moc_intermedia;
310

pto_D_utm_s1 = pto_A_utm_s1 - mapt_sanchura/2 * [vector_normal_intermediavpt_34,0];
312 t = (pto_D_utm_s1(1)-vertices_aprox_final34_vpt(1,1)) / (vertices_aprox_final34_vpt(4,1)-
vertices_aprox_final34_vpt(1,1));
h_D = vertices_aprox_final34_vpt(1,3) + t * (vertices_aprox_final34_vpt(4,3) -
vertices_aprox_final34_vpt(1,3));
314 pto_D_utm_s1(3) = h_D;

316 vertices_transicion_final_utm_s1 = [pto_A_utm_s1;

```



```

318         pto_B_utm_s1;
          pto_C_utm_s1;
          pto_D_utm_s1];
320
322 x_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s1(:, 1);
324 y_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s1(:, 2);
326 z_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s1(:, 3);
328
330 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
332 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
334 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
336
338 vertices_transicion_final_ll_s1 = [utm211(x_coords_vpt(:), y_coords_vpt(:), 28),
          z_coords_vpt(:)];
340 lat_transfinal_vpt34_ll_s1 = vertices_transicion_final_ll_s1(:,1);
342 lon_transfinal_vpt34_ll_s1 = vertices_transicion_final_ll_s1(:,2);
344 z_transfinal_vpt34_ll_s1 = vertices_transicion_final_ll_s1(:,3);
346
348 % Superficie 2 (definida a partir de la 1)
350
352 pto_A_utm_s2 = pto_A_utm_s1 - [vector_normal_intermediavpt_34,0] * mapt_sanchura*2;
354 pto_B_utm_s2 = pto_B_utm_s1 - [vector_normal_intermediavpt_34,0] * ini_sanchura*2;
356 pto_C_utm_s2 = pto_C_utm_s1 - [vector_normal_intermediavpt_34,0] * ini_sanchura;
358 pto_D_utm_s2 = pto_D_utm_s1 - [vector_normal_intermediavpt_34,0] * mapt_sanchura;
360
362 vertices_transicion_final_utm_s2 = [pto_A_utm_s2;
          pto_B_utm_s2;
          pto_C_utm_s2;
          pto_D_utm_s2];
364
366 x_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s2(:, 1);
368 y_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s2(:, 2);
370 z_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s2(:, 3);
372
374 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
376 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
378 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
380
382 vertices_transicion_final_ll_s2 = [utm211(x_coords_vpt(:), y_coords_vpt(:), 28),
          z_coords_vpt(:)];
384 lat_transfinal_vpt34_ll_s2 = vertices_transicion_final_ll_s2(:,1);
386 lon_transfinal_vpt34_ll_s2 = vertices_transicion_final_ll_s2(:,2);
388 z_transfinal_vpt34_ll_s2 = vertices_transicion_final_ll_s2(:,3);
390
392 % Primaria
394
396 vertices_transicion_final_utm = [pto_D_utm_s1;
          pto_C_utm_s1;
          pto_C_utm_s2;
          pto_D_utm_s2];
398
400 x_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm(:, 1);
402 y_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm(:, 2);
404 z_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm(:, 3);
406
408 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
410 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
412 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
414
416 vertices_transicion_final_ll = [utm211(x_coords_vpt(:), y_coords_vpt(:), 28), z_coords_vpt
          (:)];
418 lat_transfinal_vpt34 = vertices_transicion_final_ll(:,1);
420 lon_transfinal_vpt34 = vertices_transicion_final_ll(:,2);
422 z_transfinal_vpt34 = vertices_transicion_final_ll(:,3);
424
426 %% Reconstrucción intermedia 34
428 vertices_aprox_intermedia34_vpt = [vertices_aprox_intermedia34_vpt(1,:) - [
          vector_intermediavpt_34,0]*ini_sanchura/2;
430         vertices_aprox_intermedia34_vpt(2,:) + [

```

```

vector_intermediavpt_34,0]*x_inter_trans;
                                vertices_aprox_intermedia34_vpt(3,:) + [
382 vector_intermediavpt_34,0]*x_inter_trans;
                                vertices_aprox_intermedia34_vpt(4,:)
384                                xif_34_rnp_point_utm(1:2)    , h_if];

386 x_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia34_vpt(:, 1);
y_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia34_vpt(:, 2);
388 z_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia34_vpt(:, 3);

390 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
392 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];

394 vertices_ap_intermedia34_vpt = [utm21l(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt
(:)];
lat_apintermedia_vpt34 = vertices_ap_intermedia34_vpt(:,1);
396 lon_apintermedia_vpt34 = vertices_ap_intermedia34_vpt(:,2);
z_apintermedia_vpt34 = vertices_ap_intermedia34_vpt(:,3);
398

400 % Secundaria intermedia 1
vertices_aprox_intermedia_vpt34_s1 = [vertices_aprox_intermedia34_vpt(1,1:2), h_faf;
402                                vertices_aprox_intermedia34_vpt(1,1:2)+
ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34 - vector_intermediavpt_34*
ini_sanchura/2, h_if + moc_inicial;
                                vertices_aprox_intermedia34_vpt(2,1:2)+
404                                ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_34, h_faf + moc_intermedia;
                                vertices_aprox_intermedia34_vpt(2,1:2), h_faf ];

406 x_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt34_s1(:, 1);
y_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt34_s1(:, 2);
408 z_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt34_s1(:, 3);

410 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
412 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];

414 vertices_ap_intermedia_vpt34_s1 = [utm21l(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28),
z_coords_vpt(:)];
lat_apintermedia_vpt34_s1 = vertices_ap_intermedia_vpt34_s1(:,1);
416 lon_apintermedia_vpt34_s1 = vertices_ap_intermedia_vpt34_s1(:,2);
z_apintermedia_vpt34_s1 = vertices_ap_intermedia_vpt34_s1(:,3);
418

420 % Secundaria intermedia 2
vertices_aprox_intermedia_vpt34_s2 = [vertices_aprox_intermedia34_vpt(3,1:2), h_faf;
422                                vertices_aprox_intermedia34_vpt(3,1:2)- ini_sanchura/2 *
vector_normal_intermediavpt_34, h_faf + moc_intermedia;
                                vertices_aprox_intermedia34_vpt(4,1:2)- ini_sanchura/2 *
424                                vector_normal_intermediavpt_34, h_faf + moc_intermedia;
                                vertices_aprox_intermedia34_vpt(4,1:2), h_faf];

426 x_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt34_s2(:, 1);
y_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt34_s2(:, 2);
428 z_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt34_s2(:, 3);

430 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
432 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];

434 vertices_ap_intermedia_vpt34_s2 = [utm21l(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28),
z_coords_vpt(:)];
lat_apintermedia_vpt34_s2 = vertices_ap_intermedia_vpt34_s2(:,1);
436 lon_apintermedia_vpt34_s2 = vertices_ap_intermedia_vpt34_s2(:,2);
z_apintermedia_vpt34_s2 = vertices_ap_intermedia_vpt34_s2(:,3);
438

```

```

440 %% Reconstrucción final 34
440 vertices_aprox_final34_vpt = [vertices_aprox_final34_vpt(1,:);
                                pto_D_utm_s1;
442                                pto_D_utm_s2;
                                vertices_aprox_final34_vpt(2,:)];
444
446 x_coords_vpt = vertices_aprox_final34_vpt(:, 1);
446 y_coords_vpt = vertices_aprox_final34_vpt(:, 2);
448 z_coords_vpt = vertices_aprox_final34_vpt(:, 3);
450 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
450 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
452 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
454 vertices_ap_final34_vpt = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)];
454 lat_apfinal_vpt34 = vertices_ap_final34_vpt(:,1);
456 lon_apfinal_vpt34 = vertices_ap_final34_vpt(:,2);
456 z_apfinal_vpt34 = vertices_ap_final34_vpt(:,3);
458
460 %% Secundaria final 1
460 vertices_aprox_final_vpt34_s1 = [vertices_aprox_final_vpt34_s1(3,:);
462                                pto_A_utm_s1;
464                                pto_D_utm_s1;
                                vertices_aprox_final_vpt34_s1(4,:)];
466 x_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt34_s1(:, 1);
466 y_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt34_s1(:, 2);
468 z_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt34_s1(:, 3);
470 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
470 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
472 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
474 vertices_ap_final_vpt34_s1 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)
                                ];
474 lat_apfinal_vpt34_s1 = vertices_ap_final_vpt34_s1(:,1);
476 lon_apfinal_vpt34_s1 = vertices_ap_final_vpt34_s1(:,2);
476 z_apfinal_vpt34_s1 = vertices_ap_final_vpt34_s1(:,3);
478
480 %% Secundaria final 2
480 vertices_aprox_final_vpt34_s2 = [vertices_aprox_final_vpt34_s2(1,:);
482                                pto_D_utm_s2;
484                                pto_A_utm_s2;
                                vertices_aprox_final_vpt34_s2(2,:)];
486 x_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt34_s2(:, 1);
486 y_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt34_s2(:, 2);
488 z_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt34_s2(:, 3);
490 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
490 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
492 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
494 vertices_ap_final_vpt34_s2 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)
                                ];
494 lat_apfinal_vpt34_s2 = vertices_ap_final_vpt34_s2(:,1);
496 lon_apfinal_vpt34_s2 = vertices_ap_final_vpt34_s2(:,2);
496 z_apfinal_vpt34_s2 = vertices_ap_final_vpt34_s2(:,3);
498
500 %% INICIAL 34
502 viraje_inicial34 = 90; % 90 grados maximos viraje inicial-intermedia rnp
502 vector_inicialvpt_34 = [cosd(angulo_pista+45+viraje_intermedia34+viraje_inicial34), sind(
                                angulo_pista+45+viraje_intermedia34+viraje_inicial34)];

```

```

504 vector_normal_inicialvpt_34 = [cosd(angulo_normal+45+viraje_intermedia34+viraje_inicial34
    ), sind(angulo_normal+45+viraje_intermedia34+viraje_inicial34)];
506 vector_angulollegadas34 = [cosd(angulo_llegadas_tenerife), sind(angulo_llegadas_tenerife)
    ];
    vector_angulollegadas_normal34 = [cosd(angulo_llegadas_tenerife-90), sind(
        angulo_llegadas_tenerife-90)];
508
510 vertices_aprox_inicial34_vpt = [xif_34_rnp_point_utm(1:2) + (inicial_largo ) *
    vector_inicialvpt_34 + ini_sanchura/2 * vector_normal_inicialvpt_34, h_iaf ;
    xif_34_rnp_point_utm(1:2) + (ini_sanchura/2) *
512 vector_inicialvpt_34 + ini_sanchura/2 * vector_normal_inicialvpt_34 , h_if ;
    xif_34_rnp_point_utm(1:2) , h_if ; % punto central (if)
    xif_34_rnp_point_utm(1:2) + (1) * vector_inicialvpt_34 -
514 ini_sanchura/2 * vector_normal_inicialvpt_34, h_if ;
    xif_34_rnp_point_utm(1:2) + (inicial_largo ) *
    vector_inicialvpt_34 - ini_sanchura/2 * vector_normal_inicialvpt_34, h_iaf ];
516
518 x_coords_vpt = vertices_aprox_inicial34_vpt(:, 1);
520 y_coords_vpt = vertices_aprox_inicial34_vpt(:, 2);
522 z_coords_vpt = vertices_aprox_inicial34_vpt(:, 3);
524
526 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
528 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
530 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
532
534 vertices_ap_inicial34_vpt = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)
    ]];
536 lat_apinicial_vpt34 = vertices_ap_inicial34_vpt(:,1);
538 lon_apinicial_vpt34 = vertices_ap_inicial34_vpt(:,2);
540 z_apinicial_vpt34 = vertices_ap_inicial34_vpt(:,3);
542
544 % Secundaria inicial 1
546 vertices_aprox_inicial_vpt34_s1 = [vertices_aprox_inicial34_vpt(1,1:2), h_iaf;
548 vertices_aprox_inicial34_vpt(1,1:2)+ ini_sanchura/2 *
    vector_normal_inicialvpt_34, h_iaf + moc_inicial;
550 vertices_aprox_inicial34_vpt(2,1:2)+ (ini_sanchura/2) *
    vector_inicialvpt_34 + ini_sanchura/2 * vector_normal_inicialvpt_34, h_if +
    moc_inicial;
552 vertices_aprox_inicial34_vpt(2,1:2), h_if ];
554
556 x_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt34_s1(:, 1);
558 y_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt34_s1(:, 2);
560 z_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt34_s1(:, 3);
562
564 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
566 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
568 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
570
572 vertices_ap_inicial_vpt34_s1 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt
    (:)];
574 lat_apinicial_vpt34_s1 = vertices_ap_inicial_vpt34_s1(:,1);
576 lon_apinicial_vpt34_s1 = vertices_ap_inicial_vpt34_s1(:,2);
578 z_apinicial_vpt34_s1 = vertices_ap_inicial_vpt34_s1(:,3);
580
582 % Secundaria inicial 2
584 vertices_aprox_inicial_vpt34_s2 = [vertices_aprox_inicial34_vpt(4,1:2), h_if;
586 vertices_aprox_inicial34_vpt(4,1:2)- ini_sanchura/2 *
    vector_normal_inicialvpt_34, h_if + moc_inicial ;
588 vertices_aprox_inicial34_vpt(5,1:2)- ini_sanchura/2 *
    vector_normal_inicialvpt_34, h_iaf + moc_inicial;
590 vertices_aprox_inicial34_vpt(5,1:2), h_iaf ];
592
594 x_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt34_s2(:, 1);
596 y_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt34_s2(:, 2);
598 z_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt34_s2(:, 3);
600
602 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];

```

```

558 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
560
vertices_ap_inicial_vpt34_s2 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt
(:)];
562 lat_apinicial_vpt34_s2 = vertices_ap_inicial_vpt34_s2(:,1);
lon_apinicial_vpt34_s2 = vertices_ap_inicial_vpt34_s2(:,2);
564 z_apinicial_vpt34_s2 = vertices_ap_inicial_vpt34_s2(:,3);

566 patch(lon_apinicial_vpt34, lat_apinicial_vpt34, z_apinicial_vpt34, 'c', 'FaceAlpha', .7);
patch(lon_apinicial_vpt34_s1, lat_apinicial_vpt34_s1, z_apinicial_vpt34_s1, 'c', '
FaceAlpha', .3);
568 patch(lon_apinicial_vpt34_s2, lat_apinicial_vpt34_s2, z_apinicial_vpt34_s2, 'c', '
FaceAlpha', .3);

570 % IAF 34
xiaf_34_rnp_point_utm = [(vertices_aprox_inicial34_vpt(5,:)+vertices_aprox_inicial34_vpt
(1,:))/2,h_iaf+2*moc_inicial];
572 xiaf_34_rnp_point_ll = [utm211(xiaf_34_rnp_point_utm(1),xiaf_34_rnp_point_utm(2),28),
xiaf_34_rnp_point_utm(3)];

574 %% ----- PISTA 16 -----
%% FINAL 16
576
vector_finalvpt_16 = [cosd(angulo_pista-45+180), sind(angulo_pista-45+180)];
578 vector_normal_finalvpt_16 = [cosd(angulo_normal-45+180), sind(angulo_normal-45+180)];

580
vertices_aprox_final16_vpt = [T1_16utm(1:2) + (final_largo + x_sep_mapt) *
vector_finalvpt_16 + mapt_sanchura/2 * vector_normal_finalvpt_16, h_faf;
582 T1_16utm(1:2) + (x_sep_mapt) * vector_finalvpt_16 + mapt_sanchura
/2 * vector_normal_finalvpt_16, h_mapt ;
T1_16utm(1:2) + (x_sep_mapt) * vector_finalvpt_16 - mapt_sanchura
/2 * vector_normal_finalvpt_16, h_mapt ;
584 T1_16utm(1:2) + (final_largo + x_sep_mapt) * vector_finalvpt_16 -
mapt_sanchura/2 * vector_normal_finalvpt_16, h_faf];

586 x_coords_vpt = vertices_aprox_final16_vpt(:, 1);
y_coords_vpt = vertices_aprox_final16_vpt(:, 2);
588 z_coords_vpt = vertices_aprox_final16_vpt(:, 3);

590 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
592 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];

594 vertices_ap_final16_vpt = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)];
lat_apfinal_vpt16 = vertices_ap_final16_vpt(:,1);
596 lon_apfinal_vpt16 = vertices_ap_final16_vpt(:,2);
z_apfinal_vpt16 = vertices_ap_final16_vpt(:,3);
598

600 % Secundaria final 1
vertices_aprox_final_vpt16_s1 = [vertices_aprox_final16_vpt(1,1:2), h_faf;
602 vertices_aprox_final16_vpt(1,1:2)+ mapt_sanchura/2 *
vector_normal_finalvpt_16, h_faf + moc_final ;
vertices_aprox_final16_vpt(2,1:2)+ mapt_sanchura/2 *
vector_normal_finalvpt_16, h_mapt + moc_final;
604 vertices_aprox_final16_vpt(2,1:2), h_mapt ];

606 x_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s1(:, 1);
y_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s1(:, 2);
608 z_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s1(:, 3);

610 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
612 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];

614 vertices_ap_final_vpt16_s1 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)]

```

```

];
lat_apfinal_vpt16_s1 = vertices_ap_final_vpt16_s1(:,1);
616 lon_apfinal_vpt16_s1 = vertices_ap_final_vpt16_s1(:,2);
z_apfinal_vpt16_s1 = vertices_ap_final_vpt16_s1(:,3);
618
% Secundaria final 2
620 vertices_aprox_final_vpt16_s2 = [vertices_aprox_final16_vpt(3,1:2), h_mapt;
vector_normal_finalvpt_16, h_mapt + moc_final;
622 vertices_aprox_final16_vpt(3,1:2)- mapt_sanchura/2 *
vector_normal_finalvpt_16, h_faf + moc_final;
vertices_aprox_final16_vpt(4,1:2)- mapt_sanchura/2 *
624 vertices_aprox_final16_vpt(4,1:2), h_faf ];
x_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s2(:, 1);
626 y_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s2(:, 2);
z_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s2(:, 3);
628
x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
630 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
632
vertices_ap_final_vpt16_s2 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)
];
634 lat_apfinal_vpt16_s2 = vertices_ap_final_vpt16_s2(:,1);
lon_apfinal_vpt16_s2 = vertices_ap_final_vpt16_s2(:,2);
636 z_apfinal_vpt16_s2 = vertices_ap_final_vpt16_s2(:,3);
638
%% PUNTOS
640 % FAF 16
xfaf_16_rnp_point_utm = [(vertices_aprox_final16_vpt(4,1:2)+vertices_aprox_final16_vpt
(1,1:2))/2,h_faf];
642 xfaf_16_rnp_point_ll = [utm211(xfaf_16_rnp_point_utm(1),xfaf_16_rnp_point_utm(2),28),
xfaf_16_rnp_point_utm(3)];
644 % MAPT 16
xmapt_16_rnp_point_utm = [(vertices_aprox_final16_vpt(2,:)+vertices_aprox_final16_vpt
(3,:))/2,h_mapt];
646 xmapt_16_rnp_point_ll = [utm211(xmapt_16_rnp_point_utm(1),xmapt_16_rnp_point_utm(2),28),
xmapt_16_rnp_point_utm(3)];
648 hold on;
scatter3(xfaf_16_rnp_point_ll(2), xfaf_16_rnp_point_ll(1),xfaf_16_rnp_point_ll(3),40,"b
","o","filled")
650 text(xfaf_16_rnp_point_ll(2)+0.005, xfaf_16_rnp_point_ll(1)+0.005,xfaf_16_rnp_point_ll(3)
+300,'FAF16 RNP','Color','b','FontSize',10)
scatter3(xmapt_16_rnp_point_ll(2), xmapt_16_rnp_point_ll(1),xmapt_16_rnp_point_ll(3),40,"
b","o","filled")
652 text(xmapt_16_rnp_point_ll(2)+0.005, xmapt_16_rnp_point_ll(1)+0.005,xmapt_16_rnp_point_ll
(3)+300,'MAPT16 RNP','Color','b','FontSize',10)
654 scatter3(xfaf_16_rnp_point_utm(1), xfaf_16_rnp_point_utm(2), xfaf_16_rnp_point_utm(3),
40,"b","o","filled")
text(xfaf_16_rnp_point_utm(1)+0.005, xfaf_16_rnp_point_utm(2)+0.005,xfaf_16_rnp_point_utm
(3)+10,'FAF16 RNP','Color','b','FontSize',10)
656 scatter3(xmapt_16_rnp_point_utm(1), xmapt_16_rnp_point_utm(2),xmapt_16_rnp_point_utm(3)
,40,"b","o","filled")
text(xmapt_16_rnp_point_utm(1)+0.005, xmapt_16_rnp_point_utm(2)+0.005,
xmapt_16_rnp_point_utm(3)+10,'MAPT16 RNP','Color','b','FontSize',10)
658 %% INTERMEDIA 16
viraje_intermedia16 =90; % 30 grados maximos viraje faf rnp
660 vector_intermediavpt_16 = [cosd(angulo_pista+45+viraje_intermedia16), sind(angulo_pista
+45+viraje_intermedia16)];
vector_normal_intermediavpt_16 = [cosd(angulo_normal+45+viraje_intermedia16), sind(
angulo_normal+45+viraje_intermedia16)];
662 vector_angulollegadas16 = [cosd(angulo_llegadas_tenerife), sind(angulo_llegadas_tenerife)
];

```

```

664 vector_angulollegadas_normal16 = [cosd(angulo_llegadas_tenerife-90), sind(
    angulo_llegadas_tenerife-90)];
666 vertices_aprox_intermedia16_vpt = [xfaf_16_rnp_point_utm(1:2) + (intermedia_largo) *
    vector_intermediavpt_16 + ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_16, h_if;
    xfaf_16_rnp_point_utm(1:2) + (1) * vector_intermediavpt_16 +
668 ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_16, h_faf ;
    xfaf_16_rnp_point_utm(1:2) + (1) * vector_intermediavpt_16 -
    ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_16, h_faf ;
    xfaf_16_rnp_point_utm(1:2) + (intermedia_largo) *
    vector_intermediavpt_16 - ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_16, h_if];
670
672 x_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia16_vpt(:, 1);
    y_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia16_vpt(:, 2);
    z_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia16_vpt(:, 3);
674
676 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
    y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
    z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
678
680 vertices_ap_intermedia16_vpt = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt
    (:));
682 lat_apintermedia_vpt16 = vertices_ap_intermedia16_vpt(:,1);
    lon_apintermedia_vpt16 = vertices_ap_intermedia16_vpt(:,2);
    z_apintermedia_vpt16 = vertices_ap_intermedia16_vpt(:,3);
684
686 % Secundaria intermedia 1
    vertices_aprox_intermedia_vpt16_s1 = [vertices_aprox_intermedia16_vpt(1,1:2), h_faf;
        vertices_aprox_intermedia16_vpt(1,1:2)+ ini_sanchura/2 *
        vector_normal_intermediavpt_16, h_faf + moc_intermedia;
688 vertices_aprox_intermedia16_vpt(2,1:2)+ ini_sanchura/2 *
        vector_normal_intermediavpt_16, h_faf + moc_intermedia;
        vertices_aprox_intermedia16_vpt(2,1:2), h_faf ];
690
692 x_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s1(:, 1);
    y_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s1(:, 2);
    z_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s1(:, 3);
694
696 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
    y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
    z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
698
700 vertices_ap_intermedia_vpt16_s1 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28),
    z_coords_vpt(:));
    lat_apintermedia_vpt16_s1 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s1(:,1);
    lon_apintermedia_vpt16_s1 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s1(:,2);
702 z_apintermedia_vpt16_s1 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s1(:,3);
704
706 % Secundaria intermedia 2
    vertices_aprox_intermedia_vpt16_s2 = [vertices_aprox_intermedia16_vpt(3,1:2), h_faf;
        vertices_aprox_intermedia16_vpt(3,1:2)- ini_sanchura/2 *
        vector_normal_intermediavpt_16, h_faf + moc_intermedia;
        vertices_aprox_intermedia16_vpt(4,1:2)- ini_sanchura/2 *
708 vector_normal_intermediavpt_16, h_faf + moc_intermedia;
        vertices_aprox_intermedia16_vpt(4,1:2), h_faf];
710
712 x_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s2(:, 1);
    y_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s2(:, 2);
    z_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s2(:, 3);
714
716 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
    y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
    z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
718
720 vertices_ap_intermedia_vpt16_s2 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28),
    z_coords_vpt(:));
    lat_apintermedia_vpt16_s2 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s2(:,1);

```

```

720 lon_apintermedia_vpt16_s2 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s2(:,2);
z_apintermedia_vpt16_s2 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s2(:,3);
722
% IF 16
724 xif_16_rnp_point_utm = [(vertices_aprox_intermedia16_vpt(4,1:2)+
    vertices_aprox_intermedia16_vpt(1,1:2))/2,h_if+ moc_intermedia];
xif_16_rnp_point_ll = [utm2ll(xif_16_rnp_point_utm(1),xif_16_rnp_point_utm(2),28),
    xif_16_rnp_point_utm(3)];
726 %% TRAMO TRANSICION 16

728 x_inter_trans = (ini_sanchura-faf_sanchura) / tand(30);
x_fin_trans = (faf_sanchura-mapt_sanchura) / tand(30);
730
% Superficie 1
732
pto_A_utm_s1 = [xfaf_16_rnp_point_utm(1:2) - x_fin_trans * vector_intermediavpt_16 +
    mapt_sanchura * vector_normal_intermediavpt_16,0];
734 t = (pto_A_utm_s1(1)-vertices_aprox_final_vpt16_s1(3,1)) / (vertices_aprox_final_vpt16_s1
    (2,1)-vertices_aprox_final_vpt16_s1(3,1));
h_A = vertices_aprox_final_vpt16_s1(3,3) + t * (vertices_aprox_final_vpt16_s1(2,3) -
    vertices_aprox_final_vpt16_s1(3,3));
736 pto_A_utm_s1(3) = h_A;

738 pto_B_utm_s1 = [xfaf_16_rnp_point_utm(1:2) + x_inter_trans * vector_intermediavpt_16 +
    ini_sanchura * vector_normal_intermediavpt_16,xfaf_16_rnp_point_utm(3)+moc_intermedia
    ];
pto_C_utm_s1 = pto_B_utm_s1 - ini_sanchura/2 * [vector_normal_intermediavpt_16,0] -
    [0,0,1] .* moc_intermedia;
740
pto_D_utm_s1 = pto_A_utm_s1 - mapt_sanchura/2 * [vector_normal_intermediavpt_16,0];
742 t = (pto_D_utm_s1(1)-vertices_aprox_final16_vpt(2,1)) / (vertices_aprox_final16_vpt(1,1)-
    vertices_aprox_final16_vpt(2,1));
h_D = vertices_aprox_final16_vpt(2,3) + t * (vertices_aprox_final16_vpt(1,3) -
    vertices_aprox_final16_vpt(2,3));
744 pto_D_utm_s1(3) = h_D;

746 vertices_transicion_final_utm_s1 = [pto_A_utm_s1;
    pto_B_utm_s1;
748     pto_C_utm_s1;
    pto_D_utm_s1];
750
x_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s1(:, 1);
752 y_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s1(:, 2);
z_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s1(:, 3);
754
x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
756 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
758
vertices_transicion_final_ll_s1 = [utm2ll(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28),
    z_coords_vpt(:)];
760 lat_transfinal_vpt16_ll_s1 = vertices_transicion_final_ll_s1(:,1);
lon_transfinal_vpt16_ll_s1 = vertices_transicion_final_ll_s1(:,2);
762 z_transfinal_vpt16_ll_s1 = vertices_transicion_final_ll_s1(:,3);

764 % Superficie 2 (definida a partir de la 1)

766 pto_A_utm_s2 = pto_A_utm_s1 - [vector_normal_intermediavpt_16,0] * mapt_sanchura*2;
pto_B_utm_s2 = pto_B_utm_s1 - [vector_normal_intermediavpt_16,0] * ini_sanchura*2;
768 pto_C_utm_s2 = pto_C_utm_s1 - [vector_normal_intermediavpt_16,0] * ini_sanchura;
pto_D_utm_s2 = pto_D_utm_s1 - [vector_normal_intermediavpt_16,0] * mapt_sanchura;
770
vertices_transicion_final_utm_s2 = [pto_A_utm_s2;
772     pto_B_utm_s2;
    pto_C_utm_s2;
774     pto_D_utm_s2];

776 x_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s2(:, 1);

```



```

778 y_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s2(:, 2);
z_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm_s2(:, 3);

780 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
782 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];

784 vertices_transicion_final_ll_s2 = [utm211(x_coords_vpt(:), y_coords_vpt(:), 28),
z_coords_vpt(:)];
lat_transfinal_vpt16_ll_s2 = vertices_transicion_final_ll_s2(:, 1);
786 lon_transfinal_vpt16_ll_s2 = vertices_transicion_final_ll_s2(:, 2);
z_transfinal_vpt16_ll_s2 = vertices_transicion_final_ll_s2(:, 3);
788

790 % Primaria
vertices_transicion_final_utm = [pto_D_utm_s1;
792 pto_C_utm_s1;
pto_C_utm_s2;
794 pto_D_utm_s2];

796 x_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm(:, 1);
y_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm(:, 2);
798 z_coords_vpt = vertices_transicion_final_utm(:, 3);

800 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
802 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];

804 vertices_transicion_final_ll = [utm211(x_coords_vpt(:), y_coords_vpt(:), 28), z_coords_vpt
(:)];
lat_transfinal_vpt16 = vertices_transicion_final_ll(:, 1);
806 lon_transfinal_vpt16 = vertices_transicion_final_ll(:, 2);
z_transfinal_vpt16 = vertices_transicion_final_ll(:, 3);
808

%% Reconstrucción intermedia 16
810 h_tr_giro16 = tand(30)*ini_sanchura/2;
812 vertices_aprox_intermedia16_vpt = [xif_16_rnp_point_utm(1:2), h_if;
vertices_aprox_intermedia16_vpt(1,:) ;
814 vertices_aprox_intermedia16_vpt(2,:) + [
vector_intermediavpt_16, 0]*x_inter_trans;
vertices_aprox_intermedia16_vpt(3,:) + [
vector_intermediavpt_16, 0]*x_inter_trans;
816 vertices_aprox_intermedia16_vpt(4,:) - [
vector_intermediavpt_16, 0]*h_tr_giro16];

818
x_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia16_vpt(:, 1);
820 y_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia16_vpt(:, 2);
z_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia16_vpt(:, 3);
822

x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
824 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
826

vertices_ap_intermedia16_vpt = [utm211(x_coords_vpt(:), y_coords_vpt(:), 28), z_coords_vpt
(:)];
828 lat_apintermedia_vpt16 = vertices_ap_intermedia16_vpt(:, 1);
lon_apintermedia_vpt16 = vertices_ap_intermedia16_vpt(:, 2);
830 z_apintermedia_vpt16 = vertices_ap_intermedia16_vpt(:, 3);

832
% Secundaria intermedia 1
834 vertices_aprox_intermedia_vpt16_s1 = [vertices_aprox_intermedia16_vpt(2,1:2), h_faf;
vertices_aprox_intermedia16_vpt(2,1:2)+
ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_16, h_faf + moc_intermedia;
836 vertices_aprox_intermedia16_vpt(3,1:2)+
ini_sanchura/2 * vector_normal_intermediavpt_16, h_faf + moc_intermedia;

```

```

838                                     vertices_aprox_intermedia16_vpt(3,1:2), h_faf ];
839
840 x_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s1(:, 1);
841 y_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s1(:, 2);
842 z_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s1(:, 3);
843
844 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
845 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
846 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
847
848 vertices_ap_intermedia_vpt16_s1 = [utm211(x_coords_vpt(:), y_coords_vpt(:), 28),
849                                     z_coords_vpt(:)];
850 lat_apintermedia_vpt16_s1 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s1(:,1);
851 lon_apintermedia_vpt16_s1 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s1(:,2);
852 z_apintermedia_vpt16_s1 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s1(:,3);
853
854 % Secundaria intermedia 2
855 vertices_aprox_intermedia_vpt16_s2 = [vertices_aprox_intermedia16_vpt(4,1:2), h_faf;
856                                     vertices_aprox_intermedia16_vpt(4,1:2)- ini_sanchura/2 *
857                                     vector_normal_intermediavpt_16 , h_faf + moc_intermedia;
858                                     vertices_aprox_intermedia16_vpt(5,1:2)- ini_sanchura/2 *
859                                     vector_normal_intermediavpt_16- vector_intermediavpt_16*h_tr_giro16, h_if +
860                                     moc_inicial;
861                                     vertices_aprox_intermedia16_vpt(5,1:2), h_faf];
862
863 x_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s2(:, 1);
864 y_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s2(:, 2);
865 z_coords_vpt = vertices_aprox_intermedia_vpt16_s2(:, 3);
866
867 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
868 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
869 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
870
871 vertices_ap_intermedia_vpt16_s2 = [utm211(x_coords_vpt(:), y_coords_vpt(:), 28),
872                                     z_coords_vpt(:)];
873 lat_apintermedia_vpt16_s2 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s2(:,1);
874 lon_apintermedia_vpt16_s2 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s2(:,2);
875 z_apintermedia_vpt16_s2 = vertices_ap_intermedia_vpt16_s2(:,3);
876
877 %% Reconstrucción final 16
878 vertices_aprox_final16_vpt = [vertices_aprox_final16_vpt(2,:);
879                               pto_D_utm_s1;
880                               pto_D_utm_s2;
881                               vertices_aprox_final16_vpt(3,:)];
882
883 x_coords_vpt = vertices_aprox_final16_vpt(:, 1);
884 y_coords_vpt = vertices_aprox_final16_vpt(:, 2);
885 z_coords_vpt = vertices_aprox_final16_vpt(:, 3);
886
887 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
888 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
889 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
890
891 vertices_ap_final16_vpt = [utm211(x_coords_vpt(:), y_coords_vpt(:), 28), z_coords_vpt(:)];
892 lat_apfinal_vpt16 = vertices_ap_final16_vpt(:,1);
893 lon_apfinal_vpt16 = vertices_ap_final16_vpt(:,2);
894 z_apfinal_vpt16 = vertices_ap_final16_vpt(:,3);
895
896 % Secundaria final 1
897 vertices_aprox_final_vpt16_s1 = [vertices_aprox_final_vpt16_s1(3,:);
898                                 pto_A_utm_s1;
899                                 pto_D_utm_s1;
900                                 vertices_aprox_final_vpt16_s1(4,:)];
901
902 x_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s1(:, 1);
903 y_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s1(:, 2);

```

```

900 z_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s1(:, 3);
902 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
904 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
906 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
908 vertices_ap_final_vpt16_s1 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)
];
910 lat_apfinal_vpt16_s1 = vertices_ap_final_vpt16_s1(:,1);
912 lon_apfinal_vpt16_s1 = vertices_ap_final_vpt16_s1(:,2);
914 z_apfinal_vpt16_s1 = vertices_ap_final_vpt16_s1(:,3);
916 % Secundaria final 2
918 vertices_aprox_final_vpt16_s2 = [vertices_aprox_final_vpt16_s2(1,:);
920 pto_D_utm_s2;
922 pto_A_utm_s2;
924 vertices_aprox_final_vpt16_s2(2,:)];
926 x_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s2(:, 1);
928 y_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s2(:, 2);
930 z_coords_vpt = vertices_aprox_final_vpt16_s2(:, 3);
932 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
934 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
936 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
938 vertices_ap_final_vpt16_s2 = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)
];
940 lat_apfinal_vpt16_s2 = vertices_ap_final_vpt16_s2(:,1);
942 lon_apfinal_vpt16_s2 = vertices_ap_final_vpt16_s2(:,2);
944 z_apfinal_vpt16_s2 = vertices_ap_final_vpt16_s2(:,3);
946 %% INICIAL 16
948 viraje_inicial16 = -60; % 90 grados maximos viraje inicial-intermedia rnp
950 vector_inicialvpt_16_inicial = [cosd(angulo_pista+45+viraje_intermedia16+
952 viraje_inicial16), sind(angulo_pista+45+viraje_intermedia16+viraje_inicial16)];
954 vector_normal_inicialvpt_16 = [cosd(angulo_normal+45+viraje_intermedia16+viraje_inicial16
), sind(angulo_normal+45+viraje_intermedia16+viraje_inicial16)];
956 h_tr_giro16 = tand(30)*ini_sanchura/2;
958
960 vertices_aprox_inicial16_vpt = [xif_16_rnp_point_utm(1:2) + (inicial_largo) *
962 vector_inicialvpt_16_inicial + ini_sanchura/2 * vector_normal_inicialvpt_16, h_iaf ;
964 xif_16_rnp_point_utm(1:2) + (1) * vector_inicialvpt_16_inicial +
966 ini_sanchura/2 * vector_normal_inicialvpt_16, h_if ;
968 xif_16_rnp_point_utm(1:2), h_if;
970 xif_16_rnp_point_utm(1:2) + (h_tr_giro16) *
972 vector_inicialvpt_16_inicial - ini_sanchura/2 * vector_normal_inicialvpt_16, h_if ;
974 xif_16_rnp_point_utm(1:2) + (inicial_largo) *
976 vector_inicialvpt_16_inicial - ini_sanchura/2 * vector_normal_inicialvpt_16, h_iaf ];
978 x_coords_vpt = vertices_aprox_inicial16_vpt(:, 1);
980 y_coords_vpt = vertices_aprox_inicial16_vpt(:, 2);
982 z_coords_vpt = vertices_aprox_inicial16_vpt(:, 3);
984 x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
986 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
988 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
990 vertices_ap_inicial16_vpt = [utm211(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt(:)
];
992 lat_apinicial_vpt16 = vertices_ap_inicial16_vpt(:,1);
994 lon_apinicial_vpt16 = vertices_ap_inicial16_vpt(:,2);
996 z_apinicial_vpt16 = vertices_ap_inicial16_vpt(:,3);
998

```

```

960 % Secundaria inicial 1
vertices_aprox_inicial_vpt16_s1 = [vertices_aprox_inicial16_vpt(1,1:2), h_iaf;
    vertices_aprox_inicial16_vpt(1,1:2)+ ini_sanchura/2 *
    vector_normal_inicialvpt_16, h_iaf + moc_inicial;
962     vertices_aprox_inicial16_vpt(2,1:2)+ ini_sanchura/2 *
    vector_normal_inicialvpt_16, h_if + moc_inicial;
    vertices_aprox_inicial16_vpt(2,1:2), h_if ];
964
x_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt16_s1(:, 1);
966 y_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt16_s1(:, 2);
z_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt16_s1(:, 3);
968
x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
970 y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
972
vertices_ap_inicial_vpt16_s1 = [utm21l(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt
    (:)];
974 lat_apinicial_vpt16_s1 = vertices_ap_inicial_vpt16_s1(:,1);
lon_apinicial_vpt16_s1 = vertices_ap_inicial_vpt16_s1(:,2);
976 z_apinicial_vpt16_s1 = vertices_ap_inicial_vpt16_s1(:,3);
978 % Secundaria inicial 2
vertices_aprox_inicial_vpt16_s2 = [vertices_aprox_inicial16_vpt(4,1:2), h_if;
980     vertices_aprox_inicial16_vpt(4,1:2)- ini_sanchura/2 *
    vector_normal_inicialvpt_16 + h_tr_giro16 * vector_inicialvpt_16_inicial, h_if +
    moc_inicial ;
    vertices_aprox_inicial16_vpt(5,1:2)- ini_sanchura/2 *
982     vector_normal_inicialvpt_16 , h_iaf + moc_inicial;
    vertices_aprox_inicial16_vpt(5,1:2), h_iaf ];
984
x_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt16_s2(:, 1);
y_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt16_s2(:, 2);
986 z_coords_vpt = vertices_aprox_inicial_vpt16_s2(:, 3);
988
x_coords_vpt = [x_coords_vpt; x_coords_vpt(1)];
y_coords_vpt = [y_coords_vpt; y_coords_vpt(1)];
990 z_coords_vpt = [z_coords_vpt; z_coords_vpt(1)];
992
vertices_ap_inicial_vpt16_s2 = [utm21l(x_coords_vpt(:),y_coords_vpt(:),28), z_coords_vpt
    (:)];
lat_apinicial_vpt16_s2 = vertices_ap_inicial_vpt16_s2(:,1);
994 lon_apinicial_vpt16_s2 = vertices_ap_inicial_vpt16_s2(:,2);
z_apinicial_vpt16_s2 = vertices_ap_inicial_vpt16_s2(:,3);
996
% IAF 16
998 xiaf_16_rnp_point_utm = [(vertices_aprox_inicial16_vpt(5,:) + vertices_aprox_inicial16_vpt
    (1,:))/2, h_iaf + 2 * moc_inicial];
xiaf_16_rnp_point_ll = [utm21l(xiaf_16_rnp_point_utm(1), xiaf_16_rnp_point_utm(2), 28),
    xiaf_16_rnp_point_utm(3)];
1000
%% Area circular IF 16
1002 centro_16 = xif_16_rnp_point_utm;
1004
phi = (angulo_pista + 165 : 0.5 : angulo_normal + 135)';
arco_pequeno_16 = centro_16 + [ini_sanchura/2 * [cosd(phi), sind(phi)], -moc_intermedia *
    ones(numel(phi), 1)];
1006 alturas_arco_grande_16 = moc_intermedia + (moc_intermedia - moc_inicial) / (phi(end) - phi(1)) * (
    phi - phi(1));
arco_grande_16 = centro_16 + [ini_sanchura * [cosd(phi), sind(phi)],
    alturas_arco_grande_16];
1008
arco_pequeno_16_ll = [utm21l(arco_pequeno_16(:, 1), arco_pequeno_16(:, 2), 28),
    arco_pequeno_16(:, 3)];
1010 arco_grande_16_ll = [utm21l(arco_grande_16(:, 1), arco_grande_16(:, 2), 28), arco_grande_16
    (:, 3)];
1012 hold on;

```

```

1014 % arco pequeño 16
arco_peqrnp_16 = [xif_16_rnp_point_ll-[0,0,moc_intermedia];arco_pequeno_16_ll;
xif_16_rnp_point_ll-[0,0,moc_intermedia]];
patch(arco_peqrnp_16(:,2), arco_peqrnp_16(:,1), arco_peqrnp_16(:,3), 'c', 'FaceAlpha',
.7);
1016
1018 % arco grande 16
aux = [(1:numel(arco_pequeno_16_ll(:,1)))',arco_pequeno_16_ll];
aux = sortrows(aux,1,'descend');
1020 aux(:,1) = [];
arco_grandernp_16 = [arco_grande_16_ll;aux;arco_grande_16_ll(1,:)];
1022 aux = [arco_grande_16_ll;sortrows(arco_pequeno_16_ll,1,'ascend');arco_grande_16_ll(1,:)];
patch(arco_grandernp_16(:,2), arco_grandernp_16(:,1), arco_grandernp_16(:,3), 'c', '
FaceAlpha', .3);
1024
1026 %% Area circular IF 34
centro_34 = xif_34_rnp_point_utm;
1028
phi = (angulo_pista+225:-0.5:angulo_normal+45)';
1030 arco_pequeno_34 = centro_34 + [-ini_sanchura/2 * [cosd(phi), sind(phi)], -moc_intermedia*
ones(numel(phi),1)];
alturas_arco_grande_34 = moc_intermedia+(moc_intermedia-moc_inicial)/(phi(end)-phi(1))*(
phi-phi(1));
1032 arco_grande_34 = centro_34 + [-ini_sanchura * [cosd(phi), sind(phi)],
alturas_arco_grande_34];
1034 arco_pequeno_34_ll = [utm2ll(arco_pequeno_34(:,1),arco_pequeno_34(:,2),28),
arco_pequeno_34(:,3)];
arco_grande_34_ll = [utm2ll(arco_grande_34(:,1),arco_grande_34(:,2),28),arco_grande_34
(:,3)];
1036
1038 % arco pequeño 34
arco_peqrnp_34 = [xif_34_rnp_point_ll-[0,0,moc_intermedia];arco_pequeno_34_ll;
xif_34_rnp_point_ll-[0,0,moc_intermedia]];
patch(arco_peqrnp_34(:,2), arco_peqrnp_34(:,1), arco_peqrnp_34(:,3), 'c', 'FaceAlpha',
.7);
1040
1042 % arco grande 34
aux = [(1:numel(arco_pequeno_34_ll(:,1)))',arco_pequeno_34_ll];
aux = sortrows(aux,1,'descend');
1044 aux(:,1) = [];
arco_grandernp_34 = [arco_grande_34_ll;aux;arco_grande_34_ll(1,:)];
1046 patch(arco_grandernp_34(:,2), arco_grandernp_34(:,1), arco_grandernp_34(:,3), 'c', '
FaceAlpha', .3);
1048 %% SAVE DATOS
save vpt_datos.mat vertices_ndb_line_ll
1050 save circuito_vpt.mat c1_16ll c2_16ll T1_16ll T2_16ll T3_16ll T4_16ll...
c1_34ll c2_34ll T1_34ll T2_34ll T3_34ll T4_34ll lat_apinicial_vpt34
lon_apinicial_vpt34...
1052 z_apinicial_vpt34 lat_apinicial_vpt34_s1 lon_apinicial_vpt34_s1 z_apinicial_vpt34_s1
...
lat_apinicial_vpt34_s2 lon_apinicial_vpt34_s2 z_apinicial_vpt34_s2...
1054 lat_apinicial_vpt16_s2 lon_apinicial_vpt16_s2 z_apinicial_vpt16_s2...
z_apinicial_vpt16 lat_apinicial_vpt16_s1 lon_apinicial_vpt16_s1 z_apinicial_vpt16_s1
lat_apinicial_vpt16 lon_apinicial_vpt16...
1056 z_apfinal_vpt34 lat_apfinal_vpt34 lon_apfinal_vpt34...
z_apfinal_vpt34_s1 lat_apfinal_vpt34_s1 lon_apfinal_vpt34_s1...
1058 z_apfinal_vpt34_s2 lat_apfinal_vpt34_s2 lon_apfinal_vpt34_s2...
z_apintermedia_vpt34 lat_apintermedia_vpt34 lon_apintermedia_vpt34...
1060 z_apintermedia_vpt34_s1 lat_apintermedia_vpt34_s1 lon_apintermedia_vpt34_s1...
z_apintermedia_vpt34_s2 lat_apintermedia_vpt34_s2 lon_apintermedia_vpt34_s2
xfaf_34_rnp_point_ll...
1062 xif_34_rnp_point_ll xiاف_34_rnp_point_ll xmapt_34_rnp_point_ll...
z_apfinal_vpt16 lat_apfinal_vpt16 lon_apfinal_vpt16...
1064 z_apfinal_vpt16_s1 lat_apfinal_vpt16_s1 lon_apfinal_vpt16_s1...
z_apfinal_vpt16_s2 lat_apfinal_vpt16_s2 lon_apfinal_vpt16_s2...

```

```
1066 z_apintermedia_vpt16 lon_apintermedia_vpt16 lat_apintermedia_vpt16...
1068 z_apintermedia_vpt16_s1 lon_apintermedia_vpt16_s1 lat_apintermedia_vpt16_s1...
1068 z_apintermedia_vpt16_s2 lon_apintermedia_vpt16_s2 lat_apintermedia_vpt16_s2...
1070 z_apinicial_vpt16 lat_apinicial_vpt16 lon_apinicial_vpt16...
1070 z_apinicial_vpt16_s1 lat_apinicial_vpt16_s1 lon_apinicial_vpt16_s1...
1070 z_apinicial_vpt16_s2 lat_apinicial_vpt16_s2 lon_apinicial_vpt16_s2...
1072 xiaf_16_rnp_point_ll xif_16_rnp_point_ll xmapt_16_rnp_point_ll xfaf_16_rnp_point_ll
...
arco_grandernp_34 arco_grandernp_16 arco_peqrnp_16 arco_peqrnp_34...
1074 lon_transfinal_vpt16 lat_transfinal_vpt16 z_transfinal_vpt16...
lon_transfinal_vpt16_ll_s1 lat_transfinal_vpt16_ll_s1 z_transfinal_vpt16_ll_s1...
1076 lon_transfinal_vpt16_ll_s2 lat_transfinal_vpt16_ll_s2 z_transfinal_vpt16_ll_s2...
lon_transfinal_vpt34 lat_transfinal_vpt34 z_transfinal_vpt34...
1078 lat_transfinal_vpt34_ll_s1 lon_transfinal_vpt34_ll_s1 z_transfinal_vpt34_ll_s1...
lat_transfinal_vpt34_ll_s2 lon_transfinal_vpt34_ll_s2 z_transfinal_vpt34_ll_s2...
1080 c1_16ll_sec c2_16ll_sec T1_16ll_sec T2_16ll_sec T3_16ll_sec T4_16ll_sec ...
c1_34ll_sec c2_34ll_sec T1_34ll_sec T2_34ll_sec T3_34ll_sec T4_34ll_sec
```

## Script 7: plot\_general.m

```
1 %% Descripción
2 % Este script carga los datos obtenidos de los diferentes scripts de
3 % cálculo de las distintas aproximaciones: LPV, LNAV y
4 % RNP-VPT. En las distintas secciones se configura el raster,
5 % zooms y se activan las vistas de: pista, área de circuito visual, obstáculos,
6 % vss, tramos y puntos de la aproximación RNP-VPT, tramos aproximación LNAV, OAS APV-I y
7 % los puntos asociados a la aproximación LNAV.
8
9 % Algunas partes del script requieren de activación-desactivación manual
10 % comentando parte del script dependiendo de la visualización deseada
11 % reduciendo también así el tiempo de carga el cual puede ser elevado.
12
13 clear all; clc; close all;
14
15 %% PLOT RASTER Y CONFIGURACION
16 % Se carga la información del raster y se configuran los detalles de la
17 % vista.
18
19 load raster.mat
20
21 figure;
22 set(gcf, 'WindowState', 'maximized');
23 box on; grid minor; hold on;
24 surf(lon_raster,lat_raster,mask,'EdgeColor','none');
25 xlabel("Longitud [deg]");
26 ylabel("Latitud [deg]");
27 zlabel("Elevación [m]");
28 clim([min(min(mask)), max(max(mask))]);
29 view(90,90); % Vista personalizada
30 colormap('turbo');
31 daspect([1,1,0.25e5]) % Equivalencia grado-km en el ecuador 1° aprox 111 km
32
33 %% ZOOMS MANUALES
34 % En esta sección se configura el zoom deseado para la visualización. Se
35 % proponen algunos ejemplos utilizados en la memoria del proyecto.
36
37 %% Zoom VSS
38 % xlim([-17.95, -17.85]);
39 % ylim([27.7, 27.9]);
40 % zlim([5, 2000]);
41
42 %% Zoom VSS
43 % xlim([-17.95, -17.82]);
44 % ylim([27.73, 27.89]);
45 % zlim([5, 2000]);
46
47 %% Zoom AP FINALES y FRUSTRADA
48 % xlim([-18.05, -17.75]);
49 % ylim([27.655, 28.05]);
50 % zlim([5, 2000]);
51
52 %% Zoom APROX COMPLETA 16
53 % xlim([-18.05, -17.75]);
54 % ylim([27.655, 28.05]);
55 % zlim([5, 2000]);
56 %
57 %% Zoom OCAH LNAV 34
58 % xlim([-18, -17.84]);
59 % ylim([27.74, 27.9]);
60 % zlim([5, 2000]);
61
62 %% Zoom OCAH LNAV 16
63 % xlim([-18, -17.84]);
64 % ylim([27.74, 27.9]);
65 % zlim([5, 2000]);
66
67 % Zoom VPT
```

```

69 % xlim([-17.95, -17.8]);
% ylim([27.7, 27.9]);
% zlim([5, 2000]);
71
73 % % Zoom OCAH LNAV 16
% xlim([-18.05, -17.5]);
% ylim([27.65, 28.15]);
75 % zlim([5, 2000]);
77 %% PLOT PISTA
% Esta sección carga el archivo creado en 'pista.m' con la información para
79 % representar la pista sobre el raster.
81 load pista.mat
83 patch(lon_pista, lat_pista, z_pista, 'k');
plot3([cab16_ll(1),cab34_ll(1)],[cab16_ll(2),cab34_ll(2)],[cab16_ll(3),cab34_ll(3)],'w:');
85 ;
%% PLOT CIRCUITO VISUAL
87 % Carga los datos calculados del área de maniobra de circuito visual y
% representa sobre el raster.
89
91 load circuito_visual.mat
93 % scatter3(cab16_ll(1),cab16_ll(2),cab16_ll(3),50,'kx');
% scatter3(cab34_ll(1),cab34_ll(2),cab34_ll(3),50,'kx');
% plot3(c1_ll(:,2),c1_ll(:,1),c1_ll(:,3),'k','LineWidth',2);
95 % plot3(c2_ll(:,2),c2_ll(:,1),c2_ll(:,3),'k','LineWidth',2);
% plot3([T1_ll(2),T2_ll(2)],[T1_ll(1),T2_ll(1)],[T1_ll(3),T2_ll(3)],'k','LineWidth',2);
97 % plot3([T3_ll(2),T4_ll(2)],[T3_ll(1),T4_ll(1)],[T3_ll(3),T4_ll(3)],'k','LineWidth',2);
99 %% PLOT OBSTACULOS
% Carga los datos del struct 'wp' creado con la información de obstáculos de la
101 % tabla de datos del AIP mediante el script 'Raster_Hierro' y los
% visualiza.
103
105 load obstaculos.mat
107 for i=1:numel(wp)
scatter3(wp(i).lon, wp(i).lat, wp(i).alt,'white','filled')
end
109
111 %% PLOT VSS (APV y LNAV)
% Carga los datos obtenidos del calculo de las VSS en 'vss.m' y representa
% las superficies sobre el raster.
113
115 load vss.mat
% VSS
117 patch(lon_vss_noapv_16, lat_vss_noapv_16, z_vss_noapv_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_vss_noapv_34, lat_vss_noapv_34, z_vss_noapv_34, 'r', 'FaceAlpha', .5);
119 % VSS APV
patch(lon_vss_apv_16, lat_vss_apv_16, z_vss_apv_16, 'r', 'FaceAlpha', .4);
121 patch(lon_vss_apv_34, lat_vss_apv_34, z_vss_apv_34, 'r', 'FaceAlpha', .4);
123 %% PLOT TRAMOS RNP-VPT
% Carga de datos y visualización de los tramos de la aproximación RNP-VPT.
125 % Incluye el radial 228 sobre el que se ha trabajado en la memoria así como
% los circuitos de maniobra de derrota prescrita, tramos RNP y ubicación de
127 % los puntos de la aproximación (IAF, IF, FAF, MAPt).
129 load vpt_datos.mat
131 % plot3(vertices_ndb_line_ll(:,2), vertices_ndb_line_ll(:,1), vertices_ndb_line_ll(:,3),
'k-.','LineWidth',3);
133 load circuito_vpt.mat

```



```

135 % Circuito VPT 16
plot3(c1_1611(:,2),c1_1611(:,1),c1_1611(:,3),'r-.','LineWidth',3); hold on;
137 plot3(c2_1611(:,2),c2_1611(:,1),c2_1611(:,3),'r-.','LineWidth',3);
plot3([T1_1611(2),T2_1611(2)],[T1_1611(1),T2_1611(1)],[T1_1611(3),T2_1611(3)],'r-.','
    LineWidth',3);
139 plot3([T3_1611(2),T4_1611(2)],[T3_1611(1),T4_1611(1)],[T3_1611(3),T4_1611(3)],'r-.','
    LineWidth',3);
% Circuito VPT 16 + protección área exterior
141 plot3(c1_1611_sec(:,2),c1_1611_sec(:,1),c1_1611_sec(:,3),'r:','LineWidth',2); hold on;
plot3(c2_1611_sec(:,2),c2_1611_sec(:,1),c2_1611_sec(:,3),'r:','LineWidth',2);
143 plot3([T1_1611_sec(2),T2_1611_sec(2)],[T1_1611_sec(1),T2_1611_sec(1)],[T1_1611_sec(3),
    T2_1611_sec(3)],'r:','LineWidth',2);
plot3([T3_1611_sec(2),T4_1611_sec(2)],[T3_1611_sec(1),T4_1611_sec(1)],[T3_1611_sec(3),
    T4_1611_sec(3)],'r:','LineWidth',2);
145 % Circuito VPT 34
plot3(c1_3411(:,2),c1_3411(:,1),c1_3411(:,3),'b-.','LineWidth',3); hold on;
147 plot3(c2_3411(:,2),c2_3411(:,1),c2_3411(:,3),'b-.','LineWidth',3);
plot3([T1_3411(2),T2_3411(2)],[T1_3411(1),T2_3411(1)],[T1_3411(3),T2_3411(3)],'b-.','
    LineWidth',3);
149 plot3([T3_3411(2),T4_3411(2)],[T3_3411(1),T4_3411(1)],[T3_3411(3),T4_3411(3)],'b-.','
    LineWidth',3);
% Circuito VPT 34 + protección área exterior
151 plot3(c1_3411_sec(:,2),c1_3411_sec(:,1),c1_3411_sec(:,3),'b:','LineWidth',2); hold on;
plot3(c2_3411_sec(:,2),c2_3411_sec(:,1),c2_3411_sec(:,3),'b:','LineWidth',2);
153 plot3([T1_3411_sec(2),T2_3411_sec(2)],[T1_3411_sec(1),T2_3411_sec(1)],[T1_3411_sec(3),
    T2_3411_sec(3)],'b:','LineWidth',2);
plot3([T3_3411_sec(2),T4_3411_sec(2)],[T3_3411_sec(1),T4_3411_sec(1)],[T3_3411_sec(3),
    T4_3411_sec(3)],'b:','LineWidth',2);
155 % PLOT TRAMOS
157 % Inicial 34
159 patch(lon_apinicial_vpt34, lat_apinicial_vpt34, z_apinicial_vpt34, 'r', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apinicial_vpt34_s1, lat_apinicial_vpt34_s1, z_apinicial_vpt34_s1, 'r', '
    FaceAlpha', .3);
161 patch(lon_apinicial_vpt34_s2, lat_apinicial_vpt34_s2, z_apinicial_vpt34_s2, 'r', '
    FaceAlpha', .3);
% Final 34
163 patch(lon_apfinal_vpt34, lat_apfinal_vpt34, z_apfinal_vpt34, 'g', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfinal_vpt34_s1, lat_apfinal_vpt34_s1, z_apfinal_vpt34_s1, 'g', 'FaceAlpha',
    .3);
165 patch(lon_apfinal_vpt34_s2, lat_apfinal_vpt34_s2, z_apfinal_vpt34_s2, 'g', 'FaceAlpha',
    .3);
% Intermedia 34
167 patch(lon_apintermedia_vpt34, lat_apintermedia_vpt34, z_apintermedia_vpt34, 'y', '
    FaceAlpha', .5);
patch(lon_apintermedia_vpt34_s1, lat_apintermedia_vpt34_s1, z_apintermedia_vpt34_s1, 'y',
    'FaceAlpha', .3);
169 patch(lon_apintermedia_vpt34_s2, lat_apintermedia_vpt34_s2, z_apintermedia_vpt34_s2, 'y',
    'FaceAlpha', .3);
% Transicion 34
171 patch(lon_transfinal_vpt34, lat_transfinal_vpt34, z_transfinal_vpt34, 'c', 'FaceAlpha',
    .5);
patch(lon_transfinal_vpt34_ll_s1, lat_transfinal_vpt34_ll_s1, z_transfinal_vpt34_ll_s1, '
    c', 'FaceAlpha', .3);
173 patch(lon_transfinal_vpt34_ll_s2, lat_transfinal_vpt34_ll_s2, z_transfinal_vpt34_ll_s2, '
    c', 'FaceAlpha', .3);
% arco pequeño 34
175 patch(arco_peqrnp_34(:,2), arco_peqrnp_34(:,1), arco_peqrnp_34(:,3), 'y', 'FaceAlpha',
    .5);
% arco grande 34
177 patch(arco_grandernp_34(:,2), arco_grandernp_34(:,1), arco_grandernp_34(:,3), 'y', '
    FaceAlpha', .5);
179 % Inicial 16
patch(lon_apinicial_vpt16, lat_apinicial_vpt16, z_apinicial_vpt16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
181 patch(lon_apinicial_vpt16_s1, lat_apinicial_vpt16_s1, z_apinicial_vpt16_s1, 'r', '

```

```

    FaceAlpha', .3);
patch(lon_apinicial_vpt16_s2, lat_apinicial_vpt16_s2, z_apinicial_vpt16_s2, 'r', '
    FaceAlpha', .3);
183 % Final 16
patch(lon_apfinal_vpt16, lat_apfinal_vpt16, z_apfinal_vpt16, 'g', 'FaceAlpha', .5);
185 patch(lon_apfinal_vpt16_s1, lat_apfinal_vpt16_s1, z_apfinal_vpt16_s1, 'g', 'FaceAlpha',
    .3);
patch(lon_apfinal_vpt16_s2, lat_apfinal_vpt16_s2, z_apfinal_vpt16_s2, 'g', 'FaceAlpha',
    .3);
187 % Intermedia 16
patch(lon_apintermedia_vpt16, lat_apintermedia_vpt16, z_apintermedia_vpt16, 'y', '
    FaceAlpha', .5);
189 patch(lon_apintermedia_vpt16_s1, lat_apintermedia_vpt16_s1, z_apintermedia_vpt16_s1, 'y',
    'FaceAlpha', .3);
patch(lon_apintermedia_vpt16_s2, lat_apintermedia_vpt16_s2, z_apintermedia_vpt16_s2, 'y',
    'FaceAlpha', .3);
191 % Transicion 16
patch(lon_transfinal_vpt16, lat_transfinal_vpt16, z_transfinal_vpt16, 'c', 'FaceAlpha',
    .5);
193 patch(lon_transfinal_vpt16_ll_s1, lat_transfinal_vpt16_ll_s1, z_transfinal_vpt16_ll_s1, '
    c', 'FaceAlpha', .3);
patch(lon_transfinal_vpt16_ll_s2, lat_transfinal_vpt16_ll_s2, z_transfinal_vpt16_ll_s2, '
    c', 'FaceAlpha', .3);
195 % % arco pequeño 16
patch(arco_peqrnp_16(:,2), arco_peqrnp_16(:,1), arco_peqrnp_16(:,3), 'y', 'FaceAlpha',
    .5);
197 % arco grande 16
patch(arco_grandernp_16(:,2), arco_grandernp_16(:,1), arco_grandernp_16(:,3), 'y', '
    FaceAlpha', .5);
199
201 % WAYPOINTS RNP (FAF, IF, ETC)
% FAF 34
203 scatter3(xfaf_34_rnp_point_ll(2), xfaf_34_rnp_point_ll(1), xfaf_34_rnp_point_ll(3), 40, "
    black", "o", "filled")
text(xfaf_34_rnp_point_ll(2)+0.005, xfaf_34_rnp_point_ll(1)+0.005, xfaf_34_rnp_point_ll(3)
+300, 'FAF34 RNP', 'Color', 'red', 'FontSize', 10)
205 % IF 34
scatter3(xif_34_rnp_point_ll(2), xif_34_rnp_point_ll(1), xif_34_rnp_point_ll(3), 40, "black
", "o", "filled")
207 text(xif_34_rnp_point_ll(2)+0.005, xif_34_rnp_point_ll(1)+0.005, xif_34_rnp_point_ll(3)
+300, 'IF34 RNP', 'Color', 'red', 'FontSize', 10)
% IAF 34
209 scatter3(xiaf_34_rnp_point_ll(2), xiaf_34_rnp_point_ll(1), xiaf_34_rnp_point_ll(3), 40, "
    black", "o", "filled")
text(xiaf_34_rnp_point_ll(2)+0.005, xiaf_34_rnp_point_ll(1)+0.005, xiaf_34_rnp_point_ll(3)
+300, 'IAF34 RNP', 'Color', 'red', 'FontSize', 10)
211 % MAPt 34
scatter3(xmapt_34_rnp_point_ll(2), xmapt_34_rnp_point_ll(1), xmapt_34_rnp_point_ll(3), 40, "
    black", "o", "filled")
213 text(xmapt_34_rnp_point_ll(2)+0.005, xmapt_34_rnp_point_ll(1)+0.005, xmapt_34_rnp_point_ll
(3)+300, 'MAPT34 RNP', 'Color', 'red', 'FontSize', 10)
215 % 16
% FAF 16
217 scatter3(xfaf_16_rnp_point_ll(2), xfaf_16_rnp_point_ll(1), xfaf_16_rnp_point_ll(3), 40, "
    black", "o", "filled")
text(xfaf_16_rnp_point_ll(2)+0.005, xfaf_16_rnp_point_ll(1)+0.005, xfaf_16_rnp_point_ll(3)
+300, 'FAF16 RNP', 'Color', 'red', 'FontSize', 10)
219 % IF 16
scatter3(xif_16_rnp_point_ll(2), xif_16_rnp_point_ll(1), xif_16_rnp_point_ll(3), 40, "black
", "o", "filled")
221 text(xif_16_rnp_point_ll(2)+0.005, xif_16_rnp_point_ll(1)+0.005, xif_16_rnp_point_ll(3)
+300, 'IF16 RNP', 'Color', 'red', 'FontSize', 10)
% IAF 16
223 scatter3(xiaf_16_rnp_point_ll(2), xiaf_16_rnp_point_ll(1), xiaf_16_rnp_point_ll(3), 40, "
    black", "o", "filled")
text(xiaf_16_rnp_point_ll(2)+0.005, xiaf_16_rnp_point_ll(1)+0.005, xiaf_16_rnp_point_ll(3)

```

```

+300, 'IAF16 RNP', 'Color', 'red', 'FontSize', 10)
225 % MAPt 16
scatter3(xmapt_16_rnp_point_ll(2), xmapt_16_rnp_point_ll(1), xmapt_16_rnp_point_ll(3), 40, "
black", "o", "filled")
227 text(xmapt_16_rnp_point_ll(2)+0.005, xmapt_16_rnp_point_ll(1)+0.005, xmapt_16_rnp_point_ll
(3)+300, 'MAPT16 RNP', 'Color', 'red', 'FontSize', 10)
%% PLOT TRAMOS LNAV
229 % Se cargan las superficies que forman los distintos tramos de la
% aproximación LNAV. Los arcos pertenecientes al viraje sobre el IF se
231 % importan separados.

233 load tramos.mat

235 % PISTA 16
% Tramo inicial 16
237 patch(lon_apinicial_16, lat_apinicial_16, z_apinicial_16, 'r', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apinicial_16_s1, lat_apinicial_16_s1, z_apinicial_16_s1, 'r', 'FaceAlpha', .3);
239 patch(lon_apinicial_16_s2, lat_apinicial_16_s2, z_apinicial_16_s2, 'r', 'FaceAlpha', .3);
% Tramo intermedia 16
241 patch(lon_apintermedia_16, lat_apintermedia_16, z_apintermedia_16, 'y', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apintermedia_16_s1, lat_apintermedia_16_s1, z_apintermedia_16_s1, 'y', '
FaceAlpha', .3);
243 patch(lon_apintermedia_16_s2, lat_apintermedia_16_s2, z_apintermedia_16_s2, 'y', '
FaceAlpha', .3);
% Tramo frustrada 16
245 patch(lon_apfrustrada_16, lat_apfrustrada_16, z_apfrustrada_16, 'c', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfrustrada_16_s1, lat_apfrustrada_16_s1, z_apfrustrada_16_s1, 'c', 'FaceAlpha'
, .3);
247 patch(lon_apfrustrada_16_s2, lat_apfrustrada_16_s2, z_apfrustrada_16_s2, 'c', 'FaceAlpha'
, .3);
% Tramo frustrada intermedia 16
249 patch(lon_apfrustrada_16_i, lat_apfrustrada_16_i, z_apfrustrada_16_i, 'c', 'FaceAlpha',
.5);
patch(lon_apfrustrada_16_s1_i, lat_apfrustrada_16_s1_i, z_apfrustrada_16_s1_i, 'c', '
FaceAlpha', .3);
251 patch(lon_apfrustrada_16_s2_i, lat_apfrustrada_16_s2_i, z_apfrustrada_16_s2_i, 'c', '
FaceAlpha', .3);
% Tramo final 16
253 patch(lon_apfinal_16, lat_apfinal_16, z_apfinal_16, 'g', 'FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfinal_16_s1, lat_apfinal_16_s1, z_apfinal_16_s1, 'g', 'FaceAlpha', .3);
255 patch(lon_apfinal_16_s2, lat_apfinal_16_s2, z_apfinal_16_s2, 'g', 'FaceAlpha', .3);
% Tramo frustrada final16
257 patch(lon_apfrustrada_16_s2_f, lat_apfrustrada_16_s2_f, z_apfrustrada_16_s2_f, 'k', '
FaceAlpha', .5);
patch(lon_apfrustrada_16_s1_f, lat_apfrustrada_16_s1_f, z_apfrustrada_16_s1_f, 'k', '
FaceAlpha', .5);
259 patch(lon_apfrustrada_16_f, lat_apfrustrada_16_f, z_apfrustrada_16_f, 'k', 'FaceAlpha',
.5);
% arco pequeño 16
261 patch(arco_peq_16(:,2), arco_peq_16(:,1), arco_peq_16(:,3), 'y', 'FaceAlpha', .5);
% arco grande 16
263 patch(arco_grande_16(:,2), arco_grande_16(:,1), arco_grande_16(:,3), 'y', 'FaceAlpha',
.5);

265 % PISTA 34

267 % Tramo frustrada 34
patch(lon_apfrustrada_34, lat_apfrustrada_34, z_apfrustrada_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
269 patch(lon_apfrustrada_34_s1, lat_apfrustrada_34_s1, z_apfrustrada_34_s1, 'c', 'FaceAlpha'
, .3);
patch(lon_apfrustrada_34_s2, lat_apfrustrada_34_s2, z_apfrustrada_34_s2, 'c', 'FaceAlpha'
, .3);
271 % Tramo frustrada intermedia 34
patch(lon_apfrustrada_34_i, lat_apfrustrada_34_i, z_apfrustrada_34_i, 'c', 'FaceAlpha',
.5);
273 patch(lon_apfrustrada_34_s1_i, lat_apfrustrada_34_s1_i, z_apfrustrada_34_s1_i, 'c', '
FaceAlpha', .3);
patch(lon_apfrustrada_34_s2_i, lat_apfrustrada_34_s2_i, z_apfrustrada_34_s2_i, 'c', '

```

```

    FaceAlpha', .3);
275 % Tramo inicial 34
    patch(lon_apinicial_34, lat_apinicial_34, z_apinicial_34, 'r', 'FaceAlpha', .5);
277 patch(lon_apinicial_34_s1, lat_apinicial_34_s1, z_apinicial_34_s1, 'r', 'FaceAlpha', .3);
    patch(lon_apinicial_34_s2, lat_apinicial_34_s2, z_apinicial_34_s2, 'r', 'FaceAlpha', .3);
279 % Tramo intermedia 34
    patch(lon_apintermedia_34, lat_apintermedia_34, z_apintermedia_34, 'y', 'FaceAlpha', .5);
281 patch(lon_apintermedia_34_s1, lat_apintermedia_34_s1, z_apintermedia_34_s1, 'y', '
    FaceAlpha', .3);
    patch(lon_apintermedia_34_s2, lat_apintermedia_34_s2, z_apintermedia_34_s2, 'y', '
    FaceAlpha', .3);
283 % Tramo final 34
    patch(lon_apfinal_34, lat_apfinal_34, z_apfinal_34, 'g', 'FaceAlpha', .5);
285 patch(lon_apfinal_34_s1, lat_apfinal_34_s1, z_apfinal_34_s1, 'g', 'FaceAlpha', .3);
    patch(lon_apfinal_34_s2, lat_apfinal_34_s2, z_apfinal_34_s2, 'g', 'FaceAlpha', .3);
287 % Tramo frustrada final 34
    patch(lon_apfrustrada_34_s2_f, lat_apfrustrada_34_s2_f, z_apfrustrada_34_s2_f, 'k', '
    FaceAlpha', .4);
289 patch(lon_apfrustrada_34_s1_f, lat_apfrustrada_34_s1_f, z_apfrustrada_34_s1_f, 'k', '
    FaceAlpha', .3);
    patch(lon_apfrustrada_34_f, lat_apfrustrada_34_f, z_apfrustrada_34_f, 'k', 'FaceAlpha',
    .3);
291 % arco pequeño 34
    patch(arco_peq_34(:,2), arco_peq_34(:,1), arco_peq_34(:,3), 'y', 'FaceAlpha', .5);
293 % arco grande 34
    patch(arco_grande_34(:,2), arco_grande_34(:,1), arco_grande_34(:,3), 'y', 'FaceAlpha',
    .5);
295
%% PLOT OAS APV I
297 % Se cargan los datos de las superficies OAS para la aproximación LPV para
    % ambas pistas. A continuación se representa sobre el raster.
299
    load tramos_oas_apv.mat
301
    % 34 OAS APV
303 patch(lon_x2_oas_34, lat_x2_oas_34, z_x2_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
    patch(lon_x1_oas_34, lat_x1_oas_34, z_x1_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
305 patch(lon_y2_oas_34, lat_y2_oas_34, z_y2_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
    patch(lon_y1_oas_34, lat_y1_oas_34, z_y1_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
307 patch(lon_w_oas_34, lat_w_oas_34, z_w_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
    patch(lon_wp_oas_34, lat_wp_oas_34, z_wp_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
309 patch(lon_de_oas_34, lat_de_oas_34, z_de_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
    patch(lon_cd_oas_34, lat_cd_oas_34, z_cd_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
311 patch(lon_z_oas_34, lat_z_oas_34, z_z_oas_34, 'c', 'FaceAlpha', .5);
    % % 16 OAS APV
313 patch(lon_x2_oas_16, lat_x2_oas_16, z_x2_oas_16, 'y', 'FaceAlpha', .7);
    patch(lon_x1_oas_16, lat_x1_oas_16, z_x1_oas_16, 'y', 'FaceAlpha', .7);
315 patch(lon_y2_oas_16, lat_y2_oas_16, z_y2_oas_16, 'y', 'FaceAlpha', .7);
    patch(lon_y1_oas_16, lat_y1_oas_16, z_y1_oas_16, 'y', 'FaceAlpha', .7);
317 patch(lon_w_oas_16, lat_w_oas_16, z_w_oas_16, 'y', 'FaceAlpha', .7);
    patch(lon_wp_oas_16, lat_wp_oas_16, z_wp_oas_16, 'y', 'FaceAlpha', .7);
319 patch(lon_de_oas_16, lat_de_oas_16, z_de_oas_16, 'y', 'FaceAlpha', .7);
    patch(lon_cd_oas_16, lat_cd_oas_16, z_cd_oas_16, 'y', 'FaceAlpha', .7);
321 patch(lon_z_oas_16, lat_z_oas_16, z_z_oas_16, 'y', 'FaceAlpha', .7);
323
%% PLOT PUNTOS LNAV
    % Se obtiene la ubicación de los puntos de la aproximación LNAV y se
325 % representan mediante la función scatter sobre el raster.
327
    % Plot MaptS
    scatter3(xmapt_16_lnav_point_ll(2), xmapt_16_lnav_point_ll(1),xmapt_16_lnav_point_ll(3)
    ,40,"black","o","filled")
329 text(xmapt_16_lnav_point_ll(2)+0.005, xmapt_16_lnav_point_ll(1)+0.005,
    xmapt_16_lnav_point_ll(3)+300,'MAPT16','Color','red','FontSize',10)
    scatter3(xmapt_34_lnav_point_ll(2), xmapt_34_lnav_point_ll(1),xmapt_34_lnav_point_ll(3)
    ,40,"black","o","filled")
331 text(xmapt_34_lnav_point_ll(2)+0.005, xmapt_34_lnav_point_ll(1)+0.005,
    xmapt_34_lnav_point_ll(3)+300,'MAPT34','Color','red','FontSize',10)

```

```

333 % Plot SOCs (LNAV)
scatter3(xsoc_16_lnav_point_ll(2), xsoc_16_lnav_point_ll(1),xsoc_16_lnav_point_ll(3),20,"
black","o","filled")
text(xsoc_16_lnav_point_ll(2)+0.005, xsoc_16_lnav_point_ll(1)+0.005,xsoc_16_lnav_point_ll
(3)+300,'SOC16','Color','black','FontSize',10)
335 scatter3(xsoc_34_lnav_point_ll(2), xsoc_34_lnav_point_ll(1),xsoc_34_lnav_point_ll(3),20,"
black","o","filled")
text(xsoc_34_lnav_point_ll(2)+0.005, xsoc_34_lnav_point_ll(1)+0.005,xsoc_34_lnav_point_ll
(3)+300,'SOC34','Color','black','FontSize',10)
337 % Plot FAFs (LNAV)
scatter3(xfaf_16_lnav_point_ll(2), xfaf_16_lnav_point_ll(1),xfaf_16_lnav_point_ll(3),40,"
black","o","filled")
339 text(xfaf_16_lnav_point_ll(2)+0.005, xfaf_16_lnav_point_ll(1)+0.005,xfaf_16_lnav_point_ll
(3)+300,'FAF16','Color','red','FontSize',10)
scatter3(xfaf_34_lnav_point_ll(2), xfaf_34_lnav_point_ll(1),xfaf_34_lnav_point_ll(3),40,"
black","o","filled")
341 text(xfaf_34_lnav_point_ll(2)+0.005, xfaf_34_lnav_point_ll(1)+0.005,xfaf_34_lnav_point_ll
(3)+300,'FAF34','Color','red','FontSize',10)
% Plot IFs (LNAV)
343 scatter3(xif_16_lnav_point_ll(2), xif_16_lnav_point_ll(1),xif_16_lnav_point_ll(3),40,"
black","o","filled")
text(xif_16_lnav_point_ll(2)+0.005, xif_16_lnav_point_ll(1)+0.005,xif_16_lnav_point_ll(3)
+300,'IF16','Color','red','FontSize',10)
345 scatter3(xif_34_lnav_point_ll(2), xif_34_lnav_point_ll(1),xif_34_lnav_point_ll(3),40,"
black","o","filled")
text(xif_34_lnav_point_ll(2)+0.005, xif_34_lnav_point_ll(1)+0.005,xif_34_lnav_point_ll(3)
+300,'IF34','Color','red','FontSize',10)
347 % Plot IAFs (LNAV)
scatter3(xiaf_16_lnav_point_ll(2), xiaf_16_lnav_point_ll(1),xiaf_16_lnav_point_ll(3),40,"
black","o","filled")
349 text(xiaf_16_lnav_point_ll(2)+0.005, xiaf_16_lnav_point_ll(1)+0.005,xiaf_16_lnav_point_ll
(3)+300,'IAF16','Color','red','FontSize',10)
scatter3(xiaf_34_lnav_point_ll(2), xiaf_34_lnav_point_ll(1),xiaf_34_lnav_point_ll(3),40,"
black","o","filled")
351 text(xiaf_34_lnav_point_ll(2)+0.005, xiaf_34_lnav_point_ll(1)+0.005,xiaf_34_lnav_point_ll
(3)+300,'IAF34','Color','red','FontSize',10)

```

# Bibliografía

- [1] ENAIRE: *Servicio de Información Aeronáutica*. Informe técnico, Ministerio de Transportes, Enero 2024.
- [2] *Plan Director del aeropuerto de El Hierro*. Informe técnico, Ministerio de Transportes, 2021.
- [3] Yuste Pérez, Pedro: *Apuntes de la asignatura Gestión del Espacio Aéreo II - ETSID (UPV)*. Universidad Politécnica de Valencia - Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, 2024.
- [4] OACI: *Doc. 8168 OPS/611 Aircraft Operations Volume II - Construction of Visual and Instrument Flight Procedures*. International Civil Aviation Organization, 2014 - Sixth Edition.
- [5] INT, ICAO: *PANS OPS OAS*. <http://www.icao.int/safety/AirNavigation/OPS/Pages/PANS-OPS-OAS-Software.aspx>, Abril 2024.
- [6] IGN: *Instituto Geográfico Nacional*. <https://www.ign.es/web/ign/portal>, Febrero 2024.
- [7] OACI: *Anexo 14. Aeródromos, Volumen 1*. International Civil Aviation Organization, 2016 - Séptima edición.
- [8] Wikipedia: *Aeropuerto El Hierro*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Aeropuerto\\_de\\_El\\_Hierro](https://es.wikipedia.org/wiki/Aeropuerto_de_El_Hierro), Mayo 2024.
- [9] ISTAC: *Instituto Canario de Estadística*. <https://www.gobiernodecanarias.org>, Abril 2024.
- [10] OACI: *Doc. 9613 AN/937 Performance-based Navigation (PBN) Manual*. International Civil Aviation Organization, 2013 - Fourth Edition.

