



# ANÁLISIS DEL IMPACTO DE RUIDO DEL AEROPUERTO DE SAN SEBASTIÁN

---

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE AEROPUERTOS  
Ignacio Bernal Medina



Escuela Técnica Superior de  
INGENIERÍA DE SEVILLA

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis del impacto de ruido en el entorno del Aeropuerto de San Sebastián, así como identificar posibles zonas afectadas de forma puntual o global. Para ello se obtendrán mapas de ruido utilizando el software INM v7.0 de la FAA. Como se verá más adelante, estos mapas incluyen las trayectorias de aproximación y despegue de los cuatro aviones con mayor frecuencia de operación en el aeropuerto.

### **ÍNDICE GENERAL**

1. CONFIGURACIÓN DEL ESTUDIO
2. AVIONES Y TRAYECTORIAS
3. CASOS Y ESCENARIOS
4. MAPAS DE RUIDO
5. CONCLUSIONES
6. BIBLIOGRAFÍA

1. CONFIGURACIÓN DEL ESTUDIO

Para comenzar es necesario crear un nuevo estudio en la ventana *Study Setup* (File>New Study). En esta ventana se elige el aeropuerto sobre el que se va a realizar el estudio. En nuestro caso, el aeropuerto no se encuentra en la base de datos, por lo que introducimos sus coordenadas y elevación manualmente, según los datos obtenidos de AIP. Cabe destacar que es necesario pasar las unidades de las coordenadas a “deg” para que el programa las lea correctamente. Previamente, hemos de haber elegido el sistema métrico para el estudio.

**2. DATOS GEOGRÁFICOS Y DE ADMINISTRACIÓN DEL AERÓDROMO**

ARP: 432123N 0014726W. Ver AD 2-LESO ADC.  
Distancia y dirección desde la ciudad: 22 km NE.  
Elevación: 5 m / 15 ft.  
Ondulación geoide: 48.4 m ± 0.05 m (1).  
Temperatura de referencia: 26°C.  
Temperatura baja media: 7°C.  
Declinación magnética: 0° (2020).  
Cambio anual: 8.3'E.  
Administración AD: Aena.

Study Setup [JNM\_SANSE]

Units: Metric Created: 29-May-23 13:25

Description: Estudio de ruidos del Aeropuerto de San Sebastián

Origin of Coordinates:

Latitude (deg): 43.356390 Airport:

Longitude (deg): -1.790560

Elevation (m): 5.0

El siguiente paso es definir la pista. En la ventana *Runway and Helipad identifiers* identificamos los umbrales de la pista, que en nuestro caso serán 04 y 22, además de su anchura, 45m. A continuación, en la ventana *Runway ends and Helipads* introducimos las coordenadas de los umbrales y sus respectivas elevaciones. Todos estos datos los encontramos en los documentos AIP del aeropuerto. Utilizaremos los valores por defecto de “glide slope”, “crossing height” y “change in headwind”.

RWY	DIRECCIÓN DIRECTION	THR
04	039°	43°21'05.39"N 001°47'46.11"W
22	219°	43°21'41.45"N 001°47'06.41"W

Runway and Helipad Identifiers

04 -22

Airport: LESO

☒ Runway ☐ Helipad

Runway End #1: 04

Runway End #2: 22

Width (m): 45

Runway Ends and Helipads

Runway: 04

Coordinates: ☒ X/Y ☐ Lat/Long

X (km): -0.4400 Y (km): -0.5500

Elevation MSL (m): 3.0

Displaced Thresholds:

Approach (m): 0

Takeoff (m): 0

Glide Slope (deg): 3.0

Thresh. Crossing Height (m): 15.2

Change in Headwind (%): 0.0

2. AVIONES Y TRAYECTORIAS

A continuación añadiremos los cuatro aviones que operan con más frecuencia en el aeropuerto de San Sebastián. Para ello se consultan las estadísticas oficiales de AENA. En la siguiente tabla están reflejados los datos conjuntos de los años 2019 y 2022. Se han excluido para el estudio los años 2020 y 2021 debido a la situación tan inusual provocada por la pandemia, donde el número de operaciones bajó drásticamente, y por ende los datos obtenidos en estos años no son representativos de la actividad habitual del aeropuerto.

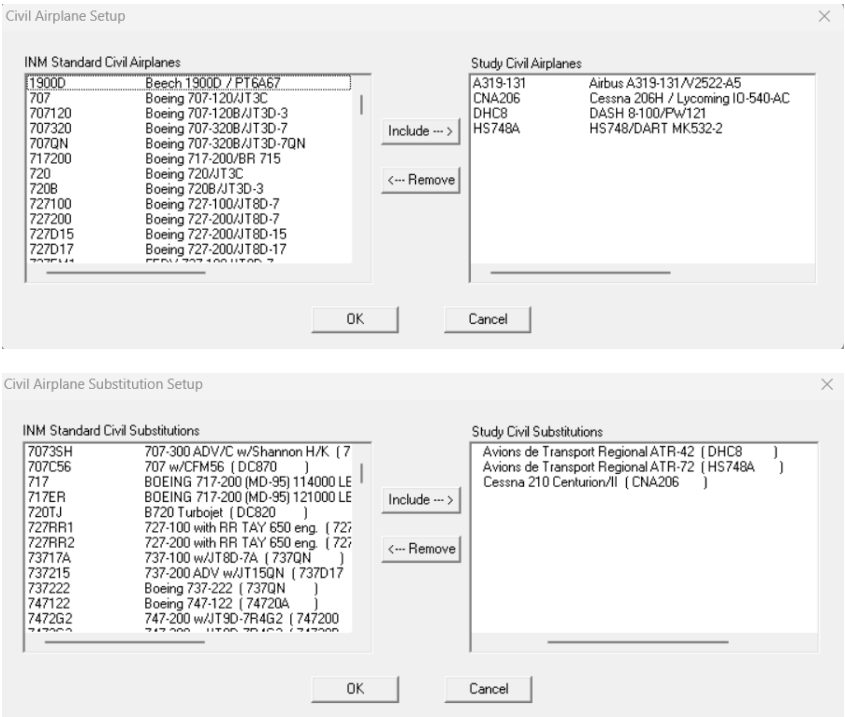
Mes	Aeropuerto Base	Clase
(Todos)	SAN SEBASTIÁN	(Todos)

Movimiento	Tráfico	Servicio	País
(Todos)	(Todos)	(Todos)	(Todos)

Operaciones por Compañía	
Tipo Avión	Operaciones Totales
AIRBUS A319	4.030
AEROSPATIALE ATR-72	3.036
SIN CODIGO IATA	1.118
CESSNA SINGLE PISTON	646
ATR-42-600	450

Como se puede observar el Airbus A319 es el avión que más operaciones realiza en el Aeropuerto de San Sebastián, seguido por el Aerospatiale ATR-72, el Cessna Single Piston y el ATR-42-600. Para el Cessna Single Piston se considerará el Cessna 210 Centurion, ya que es el más característico de esta familia. No se considerarán los aviones sin código IATA, ya que si bien reúnen un número importante de operaciones en el aeropuerto, no existen datos acerca de qué tipo de avión pueden ser.

Para añadir los aviones abrimos la ventana *Civil Airplane Setup*, donde nos aparecerá una amplia lista de aviones a elegir para realizar el estudio. No obstante, de nuestros cuatro aviones, sólo está disponible el A319 en esta lista, así que será el único que elegiremos de momento. Para añadir los otros tres aviones, abrimos la ventana *Civil Airplane Substitution Setup*, donde se encuentran muchos más aviones (entre ellos los 3 que nos faltan) y que al elegirlos, el programa los sustituye automáticamente por otro avión de características similares, que sí esté incluido en la base de datos. De este modo se sustituyen el ATR-42 por el DHC8, el ATR-72 por el HS748A, y el Cessna 210 por el CNA206.

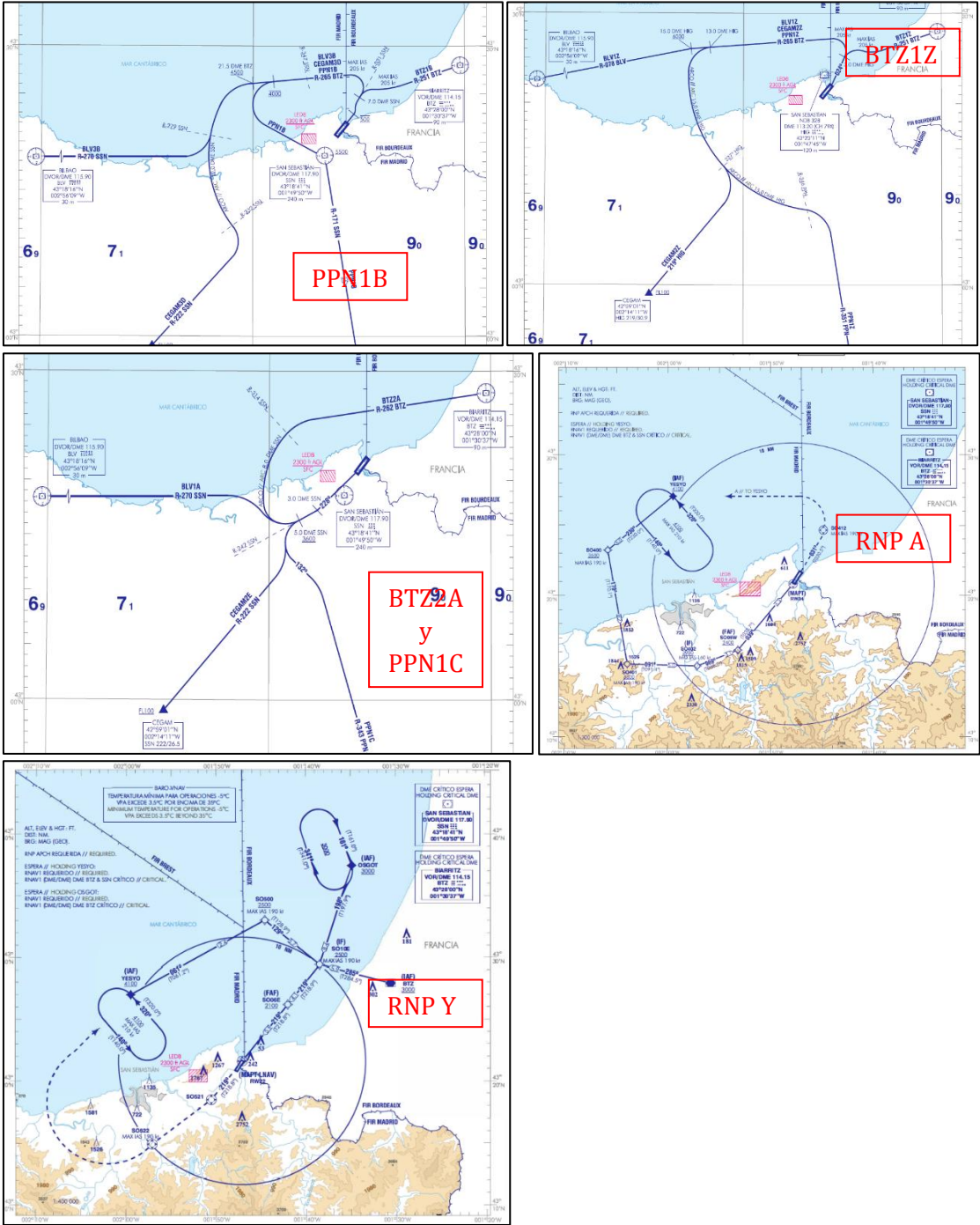




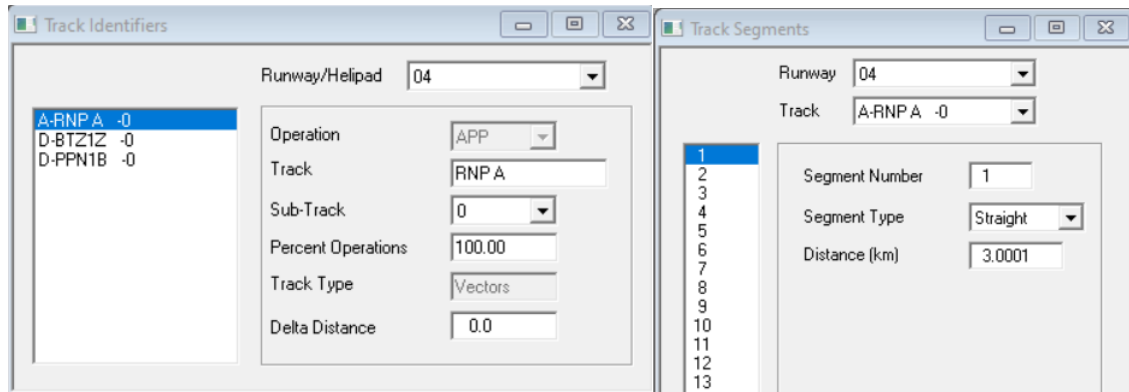
El siguiente paso es introducir las maniobras de aproximación y despegue definidas en las cartas de navegación que se encuentran en los documentos AIP del aeropuerto. Concretamente, las trayectorias a analizar en el estudio son las siguientes:

Ignacio Bernal Medina	San Sebastian	04	--	BTZ1Z
				PPN1B
		22	RNP Y (IAC3)	BTZ2A
			RNP A (IAC6)	PP1NC

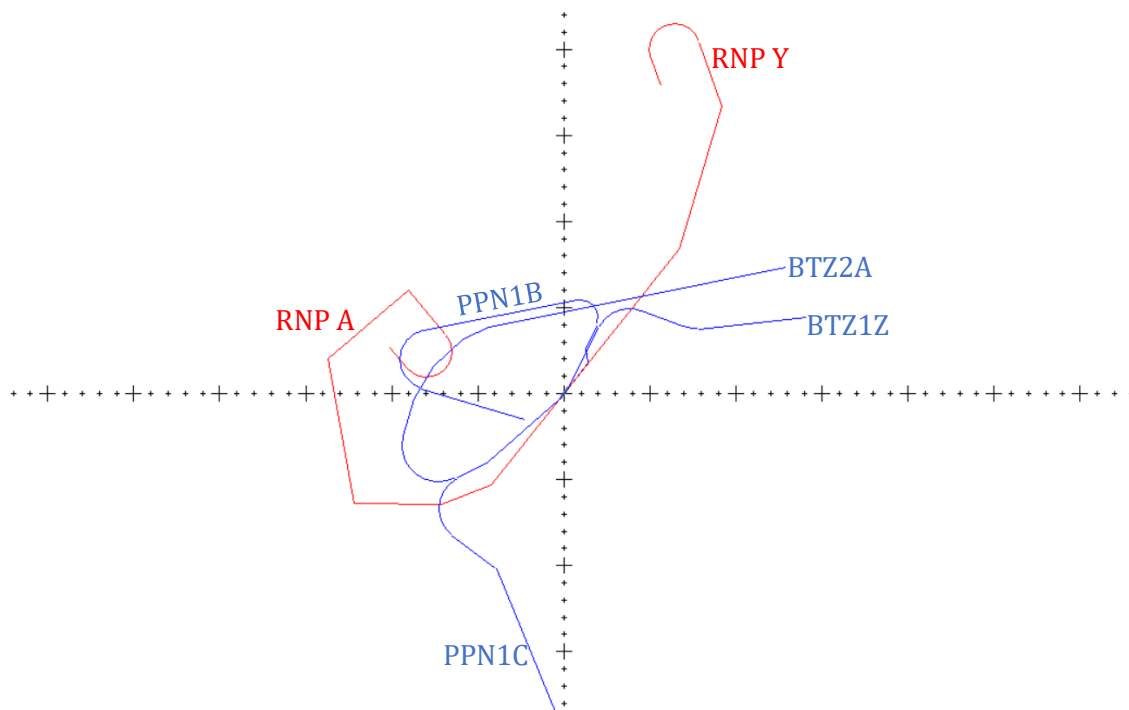
La cuarta columna corresponde a las llegadas, y la quinta a las salidas. A continuación se muestran las distintas maniobras de aproximación y despegue:



Para añadir las trayectorias abrimos la ventana *Track Identifiers* y creamos cada trayectoria en su correspondiente pista (04 o 22). A continuación, abrimos la ventana *Track Segments* para introducir los parámetros de cada maniobra: tramos rectos y giros. En mi caso me he ayudado de la herramienta de rutas de Google Earth para medir las distancias y ángulos con la mayor precisión posible.



Una vez añadidas todas las rutas, en la ventana *Input Graphics* se representan gráficamente. El resultado final es el siguiente:

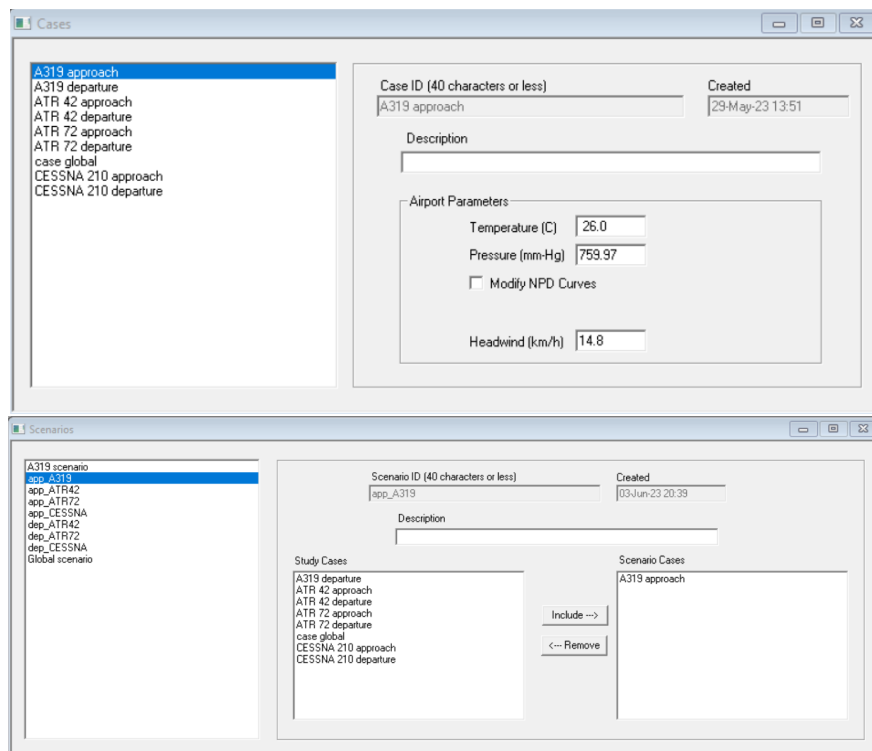


En la siguiente imagen se puede observar la representación real de las distintas maniobras. Como se puede observar hay varias poblaciones cercanas. A continuación estudiaremos si se ven afectadas o no por el ruido de estas maniobras.



### 3. CASOS Y ESCENARIOS

El programa requiere que se creen distintos casos y escenarios según la maniobra que se busque analizar. Concretamente crearemos dos casos por avión, uno para las maniobras de salida, y otro para las de llegada, sumando un conjunto de ocho casos en total. Además, a cada caso le asignaremos un escenario. Finalmente crearemos un último caso (y escenario) para el análisis de ruido global. Todo esto se hace desde las ventanas *Setup Cases* y *Setup Scenarios*. En cada caso fijamos 26°C, que es la temperatura de referencia del aeropuerto (AIP).



A continuación asignamos a cada caso las distintas operaciones con sus correspondientes frecuencias en cada franja horaria, con el fin de crear un registro para las operaciones de los aviones. Para el programa INM las franjas horarias son:

Day	0700 - 1900	(12 hours)
Evening	1900 - 2200	(3 hours)
Night	2200 - 0700	(9 hours)

En el documento AIP de datos del aeródromo se indica que el Aeropuerto de San Sebastián tiene un horario de invierno de 06:30-20:30. Es decir, para este horario, 0.5 horas se considerarán *night* (3.57% de las horas totales operativas), 12 horas serán *day* (85.71%) y 1.5 horas *evening* (10.72%). Los datos de la [Tabla 1](#) son correspondientes a dos años, por lo que para calcular la frecuencia los dividiremos entre dos, de modo que tendremos:

DAY	Avión	Operaciones/año	Operaciones/día	Maniobra concreta/día	Frecuencia
EVENING	A319	2015	5,52	0,92	0,788
NIGHT					0,102
					0,03
	ATR-72	1518	4,16	0,693	0,59
					0,083
					0,02
	CESSNA 210	323	0,88	0,147	0,126
					0,016
					0,005
	ATR-42	225	0,616	0,103	0,088
					0,012
					0,003

Suponemos una distribución uniforme de las operaciones. Es por ello que para calcular el número de veces que se realiza una maniobra concreta al día (RNP A, BTZ1Z...) se divide el número de operaciones al día entre 6, que es el número total de maniobras. Finalmente, para calcular la frecuencia de las maniobras en cada franja horaria, se multiplica por los porcentajes obtenidos anteriormente (day, evening, night). Una vez obtenidos estos resultados se introducen en la ventana *Civil Flight Operations*. En esta ventana sólo hay que añadir las maniobras correspondientes a cada caso. Por ejemplo, para el caso A319 departure añadiremos sólo las maniobras de salida: BTZ1Z, PPN1B, PPN1C; y así para cada caso y avión, como se muestra en la siguiente imagen:



Para ver un resumen de todas las operaciones que se realizan en el aeropuerto se abre la pestaña *View Calculated Flights*, que permite además filtrar las operaciones según distintos criterios (modelo de avión, pista utilizada...). En este caso no utilizaremos filtro ninguno, de modo que el resumen de las operaciones de vuelo para el escenario global es el siguiente:

Filtered Flight Operations - [Global scenario]										
ACFT	OP	PROFILE	S	RWY	TRACK	S	GRP	DAY	EVENING	NIGHT
A319-131	A	STANDARD	1	04	RNP A	0	—	0.788000	0.102000	0.030000
A319-131	A	STANDARD	1	22	RNP Y	0	—	0.788000	0.102000	0.030000
A319-131	D	STANDARD	1	04	BTZ1Z	0	—	0.788000	0.102000	0.030000
A319-131	D	STANDARD	1	04	PPN1B	0	—	0.788000	0.102000	0.030000
A319-131	D	STANDARD	1	22	BTZ2A	0	—	0.788000	0.102000	0.030000
A319-131	D	STANDARD	1	22	PPN1C	0	—	0.788000	0.102000	0.030000
CNA206	A	STANDARD	1	04	RNP A	0	—	0.126000	0.016000	0.005000
CNA206	A	STANDARD	1	22	RNP Y	0	—	0.126000	0.016000	0.005000
CNA206	D	STANDARD	1	04	BTZ1Z	0	—	0.126000	0.016000	0.005000
CNA206	D	STANDARD	1	04	PPN1B	0	—	0.126000	0.016000	0.005000
CNA206	D	STANDARD	1	22	BTZ2A	0	—	0.126000	0.016000	0.005000
CNA206	D	STANDARD	1	22	PPN1C	0	—	0.126000	0.016000	0.005000
DHC8	A	STANDARD	1	04	RNP A	0	—	0.088000	0.012000	0.003000
DHC8	A	STANDARD	1	22	RNP Y	0	—	0.088000	0.012000	0.003000
DHC8	D	STANDARD	1	04	BTZ1Z	0	—	0.088000	0.012000	0.003000
DHC8	D	STANDARD	1	04	PPN1B	0	—	0.088000	0.012000	0.003000
DHC8	D	STANDARD	1	22	BTZ2A	0	—	0.088000	0.012000	0.003000
DHC8	D	STANDARD	1	22	PPN1C	0	—	0.088000	0.012000	0.003000
HS748A	A	STANDARD	1	04	RNP A	0	—	0.590000	0.083000	0.020000
HS748A	A	STANDARD	1	22	RNP Y	0	—	0.590000	0.083000	0.020000
HS748A	D	STANDARD	1	04	BTZ1Z	0	—	0.590000	0.083000	0.020000
HS748A	D	STANDARD	1	04	PPN1B	0	—	0.590000	0.083000	0.020000
HS748A	D	STANDARD	1	22	BTZ2A	0	—	0.590000	0.083000	0.020000
HS748A	D	STANDARD	1	22	PPN1C	0	—	0.590000	0.083000	0.020000

#### 4. MAPAS DE RUIDO

Procedemos ahora a generar los mapas de ruido para los distintos escenarios posibles en el aeropuerto. Es importante destacar que para los mapas de ruido puntuales se utilizará una métrica de ruido SEL, mientras que para el ruido global se utilizará la métrica DNL. Lo primero es definir la rejilla de referencia (*grid*) donde se van a hacer los cálculos de ruido. En la mayoría de los escenarios las opciones por defecto son válidas, pero en otros como la salida del Cessna 210 es necesaria una rejilla más grande. Para modificarlo lo hacemos desde la ventana *Grid Setup*, en la pestaña *Run*.

Grid Points Setup - [Global scenario]

Grid Points Setup - [dep\_CESSNA]

CONTOUR

Grid Type: Contour  
Grid Id: CONTOUR  
Coordinates: ☒ X/Y ☐ Lat/Long  
Grid Origin: X (km): -14.8160 Y (km): -14.8160  
Distance Between Points: I (km): 29.6320 J (km): 29.6320  
Number of Points: I: 2 J: 2  
Grid Rotation Angle (deg): 0.0  
Time Above or Delta Dose Metric: ☒ Fixed Threshold (dB): 85.0 ☐ Relative Threshold  
☐ Do Percent of Time (hr)

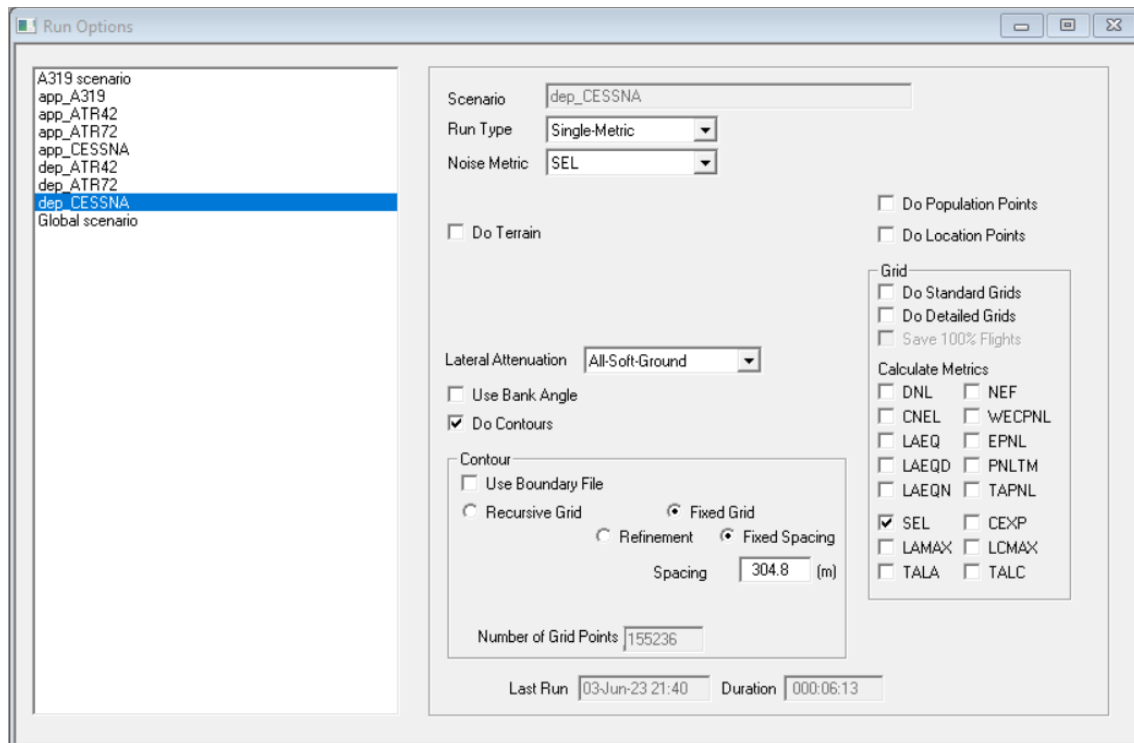
CONTOUR

Grid Type: Contour  
Grid Id: CONTOUR  
Coordinates: ☒ X/Y ☐ Lat/Long  
Grid Origin: X (km): -30.0000 Y (km): -60.0000  
Distance Between Points: I (km): 120.0000 J (km): 120.0000  
Number of Points: I: 2 J: 2  
Grid Rotation Angle (deg): 0.0  
Time Above or Delta Dose Metric: ☒ Fixed Threshold (dB): 85.0 ☐ Relative Threshold  
☐ Do Percent of Time (hr)

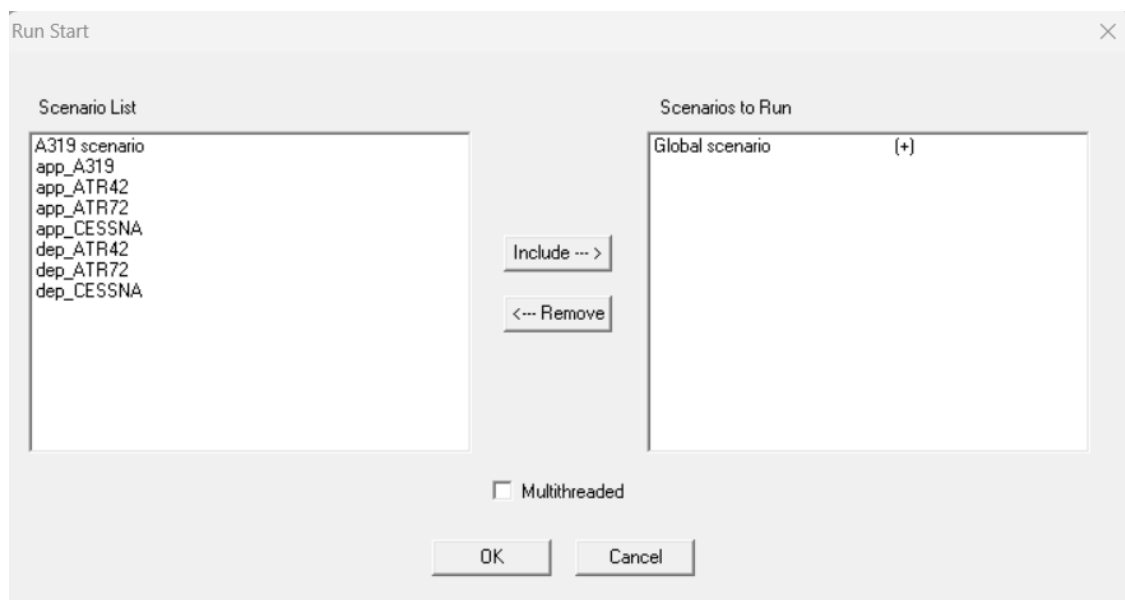
Opciones por defecto

Rejilla modificada

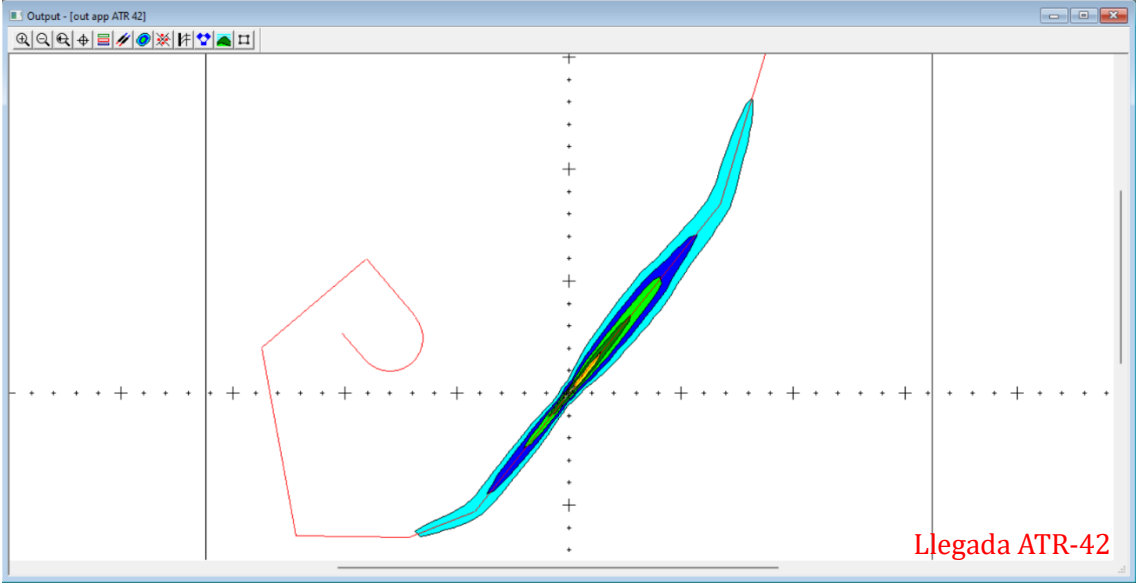
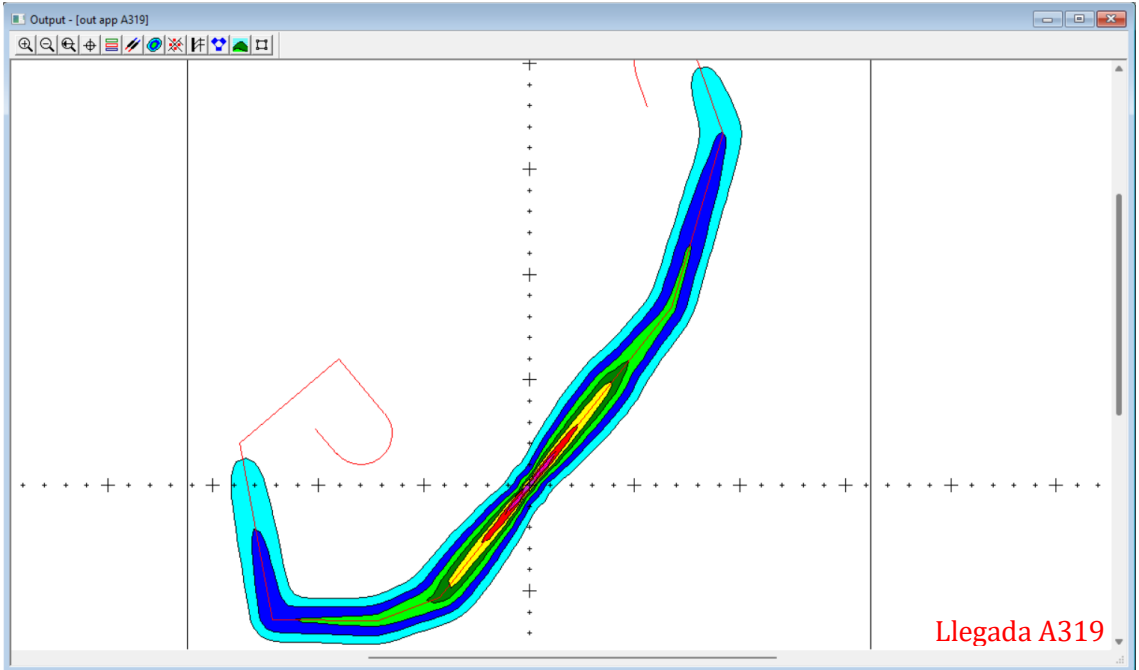
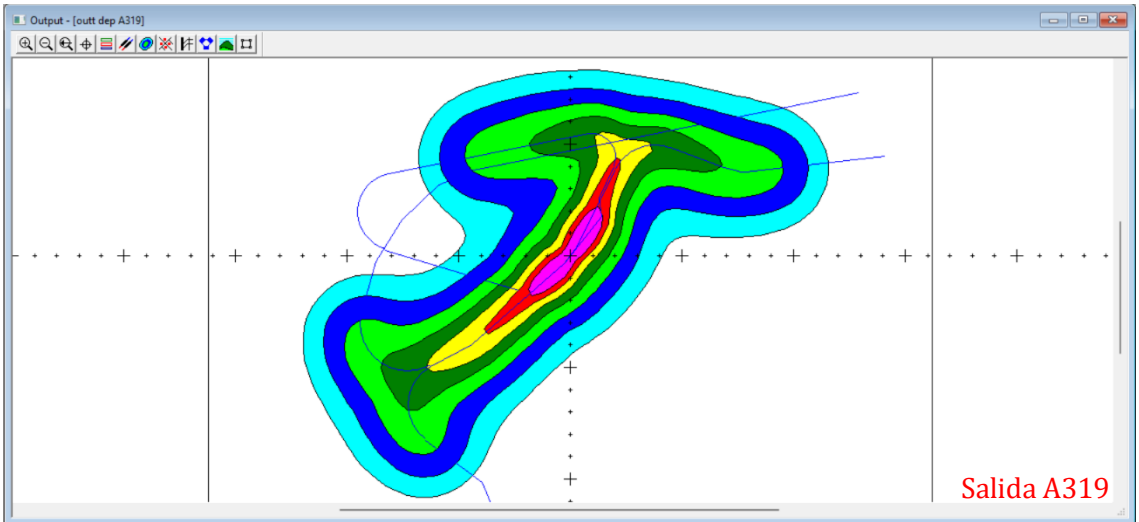
Una vez definido el grid se elige la métrica de ruido para cada maniobra, SEL o DNL, dependiendo si la maniobra es individual o se estudia el ruido global. Esto se hace desde la ventana *Run Options*, dejando las demás opciones como vienen por defecto.

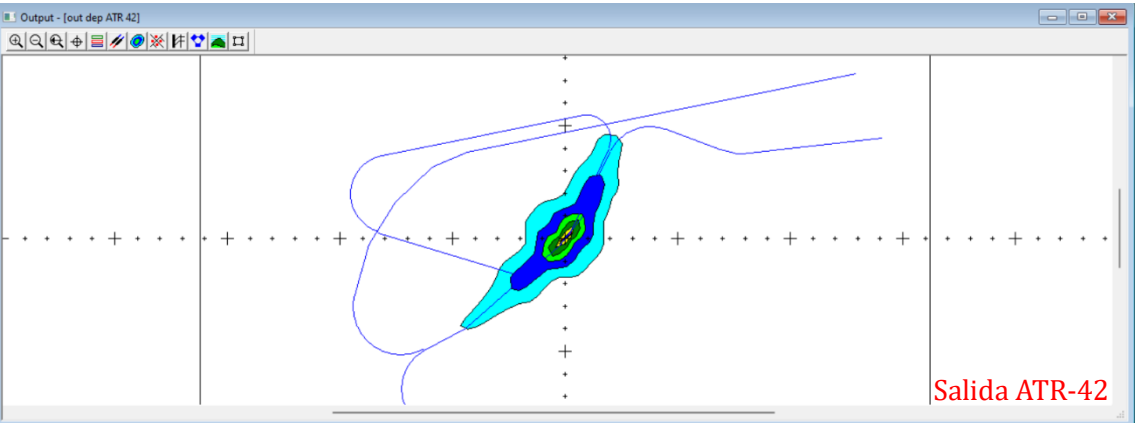
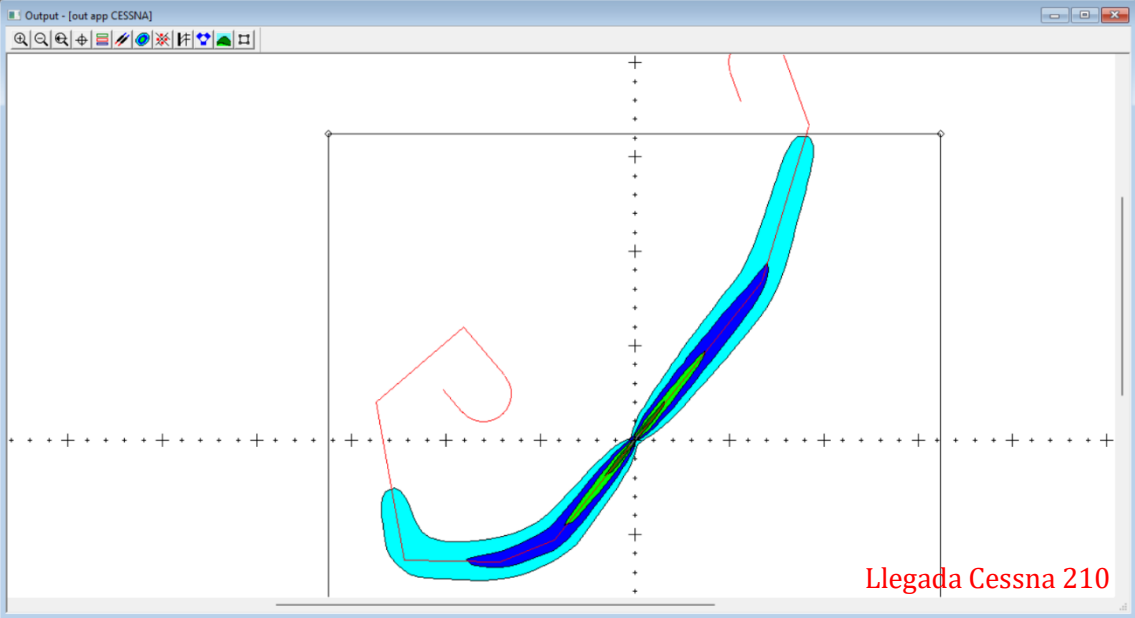
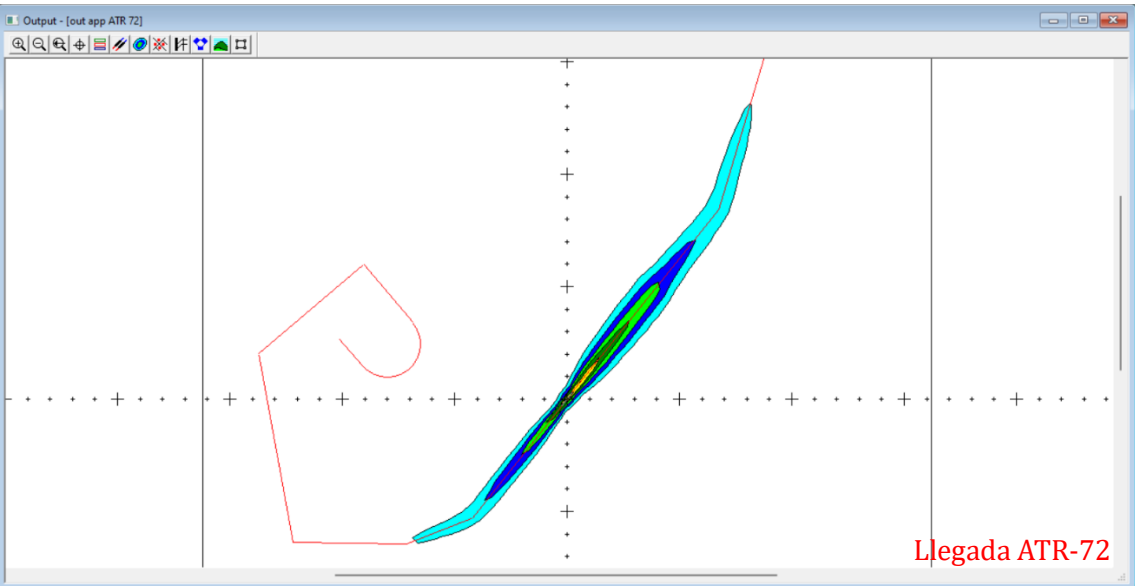


Una vez establecida la configuración es momento de realizar la simulación, en la ventana *Run Start*.

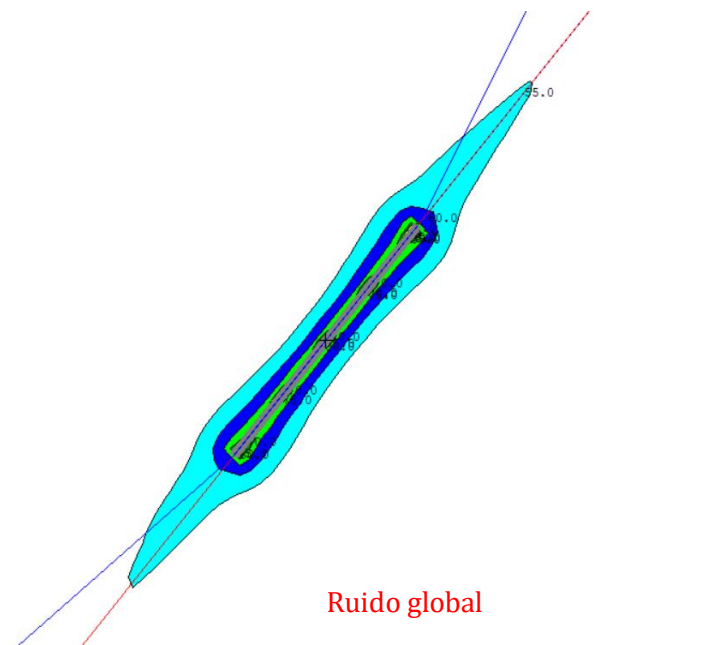
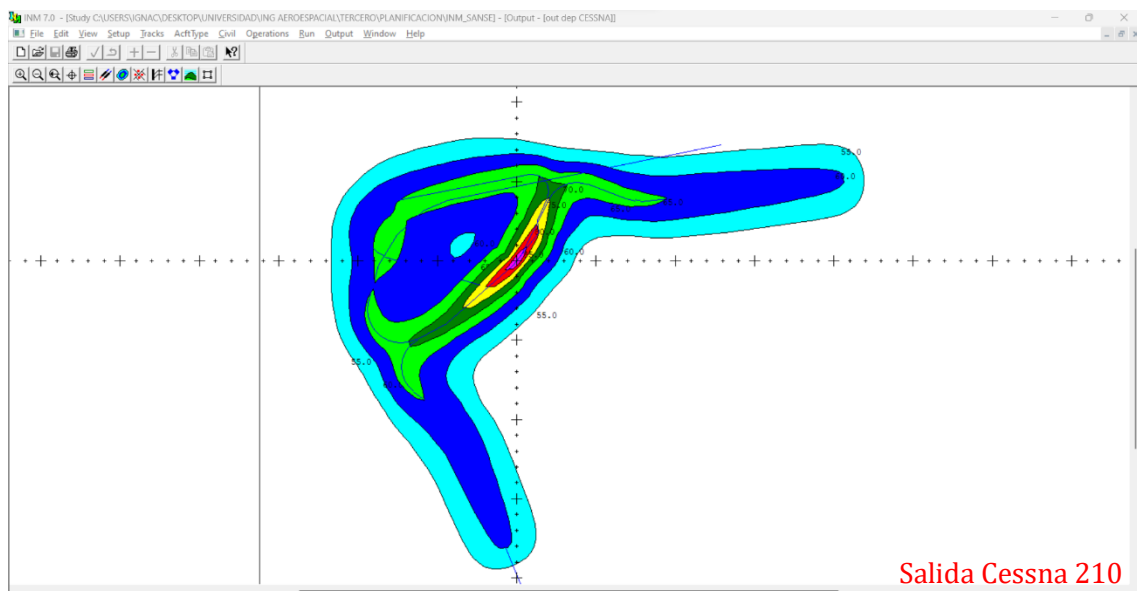
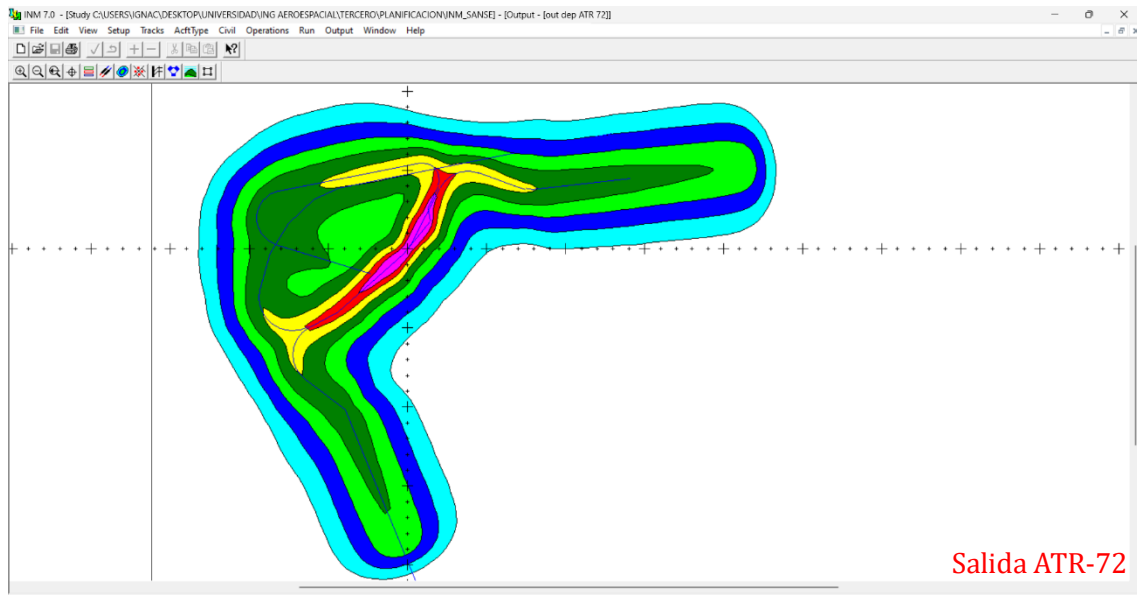


Tras una espera hasta que se complete la simulación, ya es posible generar los mapas de ruido. En la ventana *Output Setup* creamos una salida por cada mapa que queramos generar, estableciendo además métrica del ruido, y límites de dB máximo y mínimo. Posteriormente, seleccionamos *Output Graphics* para visualizar los mapas.









Podemos observar que en las salidas de A319, Cessna 210 y ATR-72 se dan niveles de ruido puntuales muy altos cerca de la pista. Destaca el ATR-72, el cual sobre todo durante las maniobras de salida, produce unos niveles de ruido bastante altos en comparación al resto de aviones que se han estudiado. No obstante, si observamos el mapa de ruido global, apenas se superan los 60 dB cuando nos alejamos un poco de la pista.



## 5. CONCLUSIONES

Si nos vamos al caso más extremo, el de la salida del ATR-72, existen zonas donde los niveles de ruido pueden llegar a más de 85dB. No obstante estas zonas son o bien pleno mar cantábrico, o por el contrario zona de montaña, donde no se encuentra población urbana. Aunque en la zona de Hernani, al sur de San Sebastián (es decir al suroeste del aeropuerto)

sí existen niveles de ruido de hasta 70 dB, estos están dentro de los márgenes para niveles puntuales de ruido.

Por otra parte, tras analizar el mapa de ruido global podemos concluir que sólo dos núcleos urbanos se ven afectados (marcados en amarillo): un polígono industrial en la zona portuaria de la desembocadura del río Bidasoa, y una pequeña urbanización en el sur de la población de Hondarribia. No obstante ambos núcleos se ven afectados por un ruido máximo global de 55 dB, lo cual está dentro de los límites legales.

El análisis de ruidos de un aeropuerto es un factor muy importante durante el diseño del mismo, debido al alto número de restricciones que existen en este tema por los grandes impactos que puede tener el ruido sobre multitud de ámbitos: salud de las personas, animales, estructuras cercanas... No obstante, podemos afirmar tras el estudio que el Aeropuerto de San Sebastián cumple con creces con todas las leyes y especificaciones sobre ruidos, fruto de una buena planificación.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- <https://aip.enaire.es/AIP/>
- <https://www.aena.es/es/estadisticas/inicio.html>
- <https://earth.google.com/web/>
- [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/research/models/inm\\_model/inm7\\_0c/media/INM\\_7.0\\_User\\_Guide.pdf](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/inm_model/inm7_0c/media/INM_7.0_User_Guide.pdf)