

Implementación de herramientas de predicción acústica al Aeropuerto Internacional “Ing. A. Taravella” para la planificación integrada del territorio

Lucas Vanoli¹, Julieta Longo¹, Santiago Flachek¹, Lucía Movsesián^{1,2} y Eugenia Alaniz¹

¹ *CIADE-CdA: Centro de Investigación Aplicada y Desarrollo en Ciencias del Ambiente, Universidad Blas Pascal, Córdoba, Argentina*

² *Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC)*

Fecha de recepción del manuscrito: 01/02/2019

Fecha de aceptación del manuscrito: 28/05/2019

Fecha de publicación: 15/07/2019

Resumen— El Aeropuerto Internacional Córdoba “Ing. Aeronáutico Ambrosio Taravella” es uno de los cuatro aeropuertos considerados de máxima complejidad (junto a Aeroparque, Ezeiza y San Fernando) por la Administración Nacional de Aviación Civil. El crecimiento neto que experimentan sus operaciones (en el año 2017 percibió un 26% más de pasajeros que en 2016) asociado a un crecimiento urbano no planificado, puede desencadenar conflictos sociales vinculados principalmente a las emisiones acústicas. El ruido representa uno de los impactos ambientales agudos y crónicos que más pueden afectar a los ciudadanos que habitan alrededor de los aeropuertos. Desde el punto de vista perceptual, constituye el impacto de mayor conflictividad debido a la molestia directa sobre los vecinos, produciendo un efecto negativo fácilmente perceptible. En este sentido, resulta necesario analizar con precisión las emisiones acústicas del aeropuerto pensando en los potenciales efectos sobre las personas que habitan o que pudieran habitar en sus inmediaciones, de cara al desarrollo urbano imperante. El objetivo de este trabajo es implementar herramientas predictivas para inventariar las emisiones acústicas del Aeropuerto Internacional Córdoba; desarrollar cartografía sonora basada en un escenario futuro y definir su área de influencia, proveyendo así datos confiables al ordenamiento territorial y la planificación urbana de cada municipio afectado.

Palabras clave— contornos acústicos, cartografía sonora, Aeropuerto Córdoba, ordenamiento territorial.

Abstract—Córdoba International Airport “Ing. Aeronáutico Ambrosio Taravella” is one of the four airports considered of maximum complexity (amongst Aeroparque, Ezeiza and San Fernando) by the National Administration of Civil Aviation. The net growth of its operations (there were 26% more passengers in 2017 than in 2016) associated with an unplanned urban growth, could trigger social conflicts related mainly to acoustic emissions. Noise represents one of the most harmful impacts to those living around airports. From a perceptual point of view, it constitutes the most conflicting impact due to the direct annoyance to the neighbors, producing an easily noticeable negative effect. In this sense, it is necessary to analyze precisely the acoustic emissions of the airport keeping in mind the potential effects they may have on the people who inhabit or may inhabit in its vicinity, facing the prevailing urban growth. The aim of this work is to implement predictive tools to estimate the acoustic emissions of Córdoba International Airport; to develop sound cartography based on a future scenario and to define its influence area, providing trustworthy data to the land and urban planning of each affected municipality.

Keywords— acoustic contours, sound cartography, Córdoba Airport, land use planning.

INTRODUCCIÓN

El Aeropuerto Internacional Córdoba “Ing. Aeronáutico Ambrosio Taravella” (FAA: CBA; IATA: COR; OACI: SACO) se ubica en tercer lugar entre las terminales aeroportuarias argentinas con más tráfico de pasajeros, luego de Aeroparque y Ezeiza. En 2016, pudo superar la barrera de los 2 millones de pasajeros, y en 2017 registró un incremento del 23% en la cantidad de usuarios respecto del año anterior (EANA, 2016 y 2017).

Se encuentra emplazado al Norte de la ciudad de Córdoba, teniendo parte de su predio (de 982 hectáreas) fuera del ejido urbano de la ciudad capitalina. Posee dos pistas operativas: la 18-36 ubicada en dirección Norte-Sur de 3200 m por 45 m, y la 05-23 orientada de Noreste a Suroeste, de 2200 m por 45 m.

Posee un subsistema de tres calles de rodaje y dos plataformas de estacionamiento de aeronaves: una plataforma comercial para pasajeros y otra que da servicio a la Dirección General de Aeronáutica de la Provincia de Córdoba. Es de categoría OACI 4E y se encuentra operado por la empresa Aeropuertos Argentina 2000 S.A. Ver Figura 1.

Dirección de contacto:

Lucas Gabriel Vanoli Faustinelli, Rosario de Santa Fe 871 4° ‘C’ Barrio General Paz, Córdoba, CP 5000, Tel: 351-6858619, lucas.vanoli@gmail.com.



Fig. 1: Configuración física del Aeropuerto Internacional Córdoba.

El borde Norte se caracteriza por la presencia de parcelas actualmente destinadas a la actividad rural de cultivos extensivos. Hacia el Este se encuentra un tejido urbano residencial de diversas características urbanas, emplazadas en el ejido de la ciudad de Córdoba y Juárez Celman, sitio ampliamente denominado como Guñazú. Dicha zona se separa del predio por la vía Variante Juárez Celman y marcado también por el recorrido sinuoso del canal Maestro Norte. Hacia el Sur la traza del canal Maestro Norte define la geometría. Encontramos además distintas funciones urbanas y rurales, en donde la residencia no es el principal uso de suelo. Esta área presenta parcelas de explotación rural, establecimientos industriales y talleres, corralones de materiales, y distintas actividades de servicio. Por último, el borde Oeste presenta la forma que impone la traza de la Ruta E53 sobre la cual se instalan algunas funciones industriales y de servicios, invernaderos, el parque de los Niños Urbanos (parque del Norte) y sectores residenciales del tipo barrio cerrado de baja densidad y zonas de equipamiento urbano (Universidad Siglo 21), según fuera descrito en el Plan Maestro Córdoba.

A nivel global, la aviación civil es una actividad en crecimiento. Los aeropuertos principales, nodos de la red global de transporte aéreo, están experimentando un aumento en la concentración de movimientos aéreos (Passchier-Vermeer y Passchier, 2000). Paralelamente, la literatura referida al ruido aeroportuario refleja las continuas y crecientes preocupaciones por los efectos de este en la salud física y mental de la población expuesta.

El Aeropuerto de Ámsterdam-Schiphol (IATA: AMS, ICAO: EHAM), uno de los principales aeropuertos europeos, constituye un ejemplo de este tipo de conflictos. Durante la última década ha experimentado un crecimiento operativo exponencial. Se sitúa en una región densamente poblada y, como consecuencia, las quejas han aumentado de 6 mil anuales en 1990, a aproximadamente 200 mil en el año 2000, motivadas por tres causas principales: molestias por ruido, alteraciones del sueño y preocupaciones por la salud de los reclamantes, en términos de los efectos adversos de las emisiones acústicas y gaseosas (van

Wiechen *et al.*, 2002). Un estudio posterior correlacionó la exposición al ruido de las aeronaves y el uso de medicación para el dormir no recetada o sedantes, y un deterioro general de la calidad de vida de los habitantes de un radio de 25 km alrededor del aeropuerto de Schiphol (Franssen, *et al.*, 2004).

En junio de 2016, un grupo de vecinos de la urbanización madrileña de Ciudad Santo Domingo presentó una querrela contra las autoridades de AENA S.A. (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) por incumplimiento de los pronunciamientos legales que exigían cesar el ruido por el tráfico aéreo del Aeropuerto Madrid-Barajas en la zona. También es conocido el caso del aeropuerto de Barcelona-El Prat, donde la configuración de las rutas aéreas exige que los aviones sobrevuelen varias comunidades como Castelldefels, Gavà, Viladecans, Sant Boi de Llobregat, Begues y Sitges, generando severas molestias a los vecinos, quienes incluso elevaron sus reclamos al Congreso de los Diputados del gobierno español.

El Plan Maestro del Aeropuerto Internacional Córdoba prevé una serie de obras que permitirán la ampliación de la capacidad de este en términos operativos, teniendo como premisa el máximo aprovechamiento del área concesionada, descartando la posibilidad de expropiación de tierras para la ampliación de los predios. La tercera y última etapa, la de Máximo Desarrollo, permitirá admitir a unos 9.8 millones de pasajeros, tres veces más que la cantidad actual. Se contempla la construcción de una calle de rodaje para ambas pistas, así como una nueva calle de salida; la ampliación de la plataforma comercial, de la terminal de pasajeros y del estacionamiento; la construcción de helipuertos; entre otras obras, según el Plan Maestro Córdoba.

Resulta inevitable entonces pensar en los posibles impactos que tal crecimiento del Aeropuerto podría provocar en el Área Metropolitana de Córdoba y sus alrededores, fundamentalmente en términos de ruido aeroportuario. No sólo se proyecta el crecimiento del Aeropuerto sino también de la población ubicada a su alrededor, que constituye continuidades de la mancha urbana del ejido municipal de Córdoba. Un ejemplo de esto es el caso de la localidad de Estación Juárez Celman, cuyo núcleo original se localiza alrededor de 20 km del centro de la ciudad de Córdoba, en dirección Norte. Posee una combinación de suelo urbano y rural, y un conjunto de factores que atraen las demandas de suelo provenientes del Estado y de la inversión privada: accesibilidad, disponibilidad de tierras y el predominio de lo rural (Caporossi y Díaz, 2010). Para el IPLAM (Instituto de Planificación Metropolitana) los terrenos contiguos al predio aeroportuario pertenecen a la categoría "Áreas de Urbanización Prioritaria", dentro de la clasificación definida en las leyes provinciales N° 9.841 y N° 10.004 (Figura 2).

La conflictividad entre el ruido aeroportuario y la comunidad asentada a su alrededor es una problemática previamente estudiada en numerosas investigaciones. Incluso en la ciudad de Córdoba se observan algunas aproximaciones, como la realizada por Sibilla y otros, la cual afirma que la interferencia del sueño es uno de los factores que contribuye a la molestia provocada por el ruido de las aeronaves; en caso de actividad nocturna, el máximo nivel exterior debe ser de 72 dBA, el cual se identifica

como un umbral de interferencia aceptable en condiciones de ventanas cerradas que se traduce en un nivel inferior a 55 dBA (Sibilla et al., 2010). Un uso de suelo incompatible con la actividad aeroportuaria pone en riesgo el potencial crecimiento de las operaciones aéreas, así como el normal desarrollo de la vida cotidiana de los vecinos del entorno aeroportuario. Es precisamente sobre estos aspectos que surge el interés de establecer la huella de afectación sonora sobre el territorio. La "cartografía sonora" combina toda la información disponible, los objetivos de las instituciones, las herramientas informáticas, etc., que se desarrollan en el tiempo, y se van adecuando a todos los avances tecnológicos. Asimismo, estos mapas se deben realizar de manera que puedan compararse en diferentes momentos, permitiendo seguir la evolución y el cumplimiento de los planes de mejoramiento (Cano Álvarez, 2009).

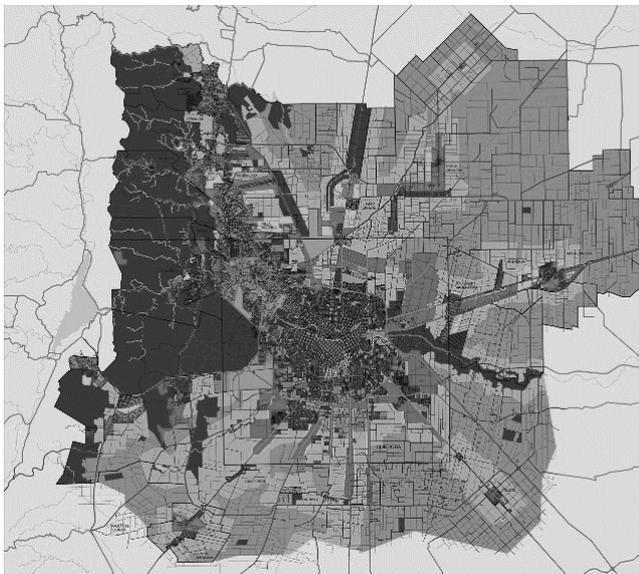


Fig. 2: Mapa uso de suelo, Anexo Gráfico N° 2 Ley Provincial N° 9.841 (IPLAM).

Interesa entonces predecir escenarios futuros utilizando los medios que otorguen los resultados más conservadores. A partir de este punto resulta que mayores precisiones, en iguales circunstancias, serían siempre menos restrictivas a la posibilidad de desarrollar actividades.

Una vez más se demuestra entonces la necesidad de armonizar las posibilidades de uso de suelo en base a predicciones de emisiones acústicas producidas por la operación del Aeropuerto. La predicción demuestra ser una herramienta de interés en la búsqueda de reducir el riesgo de conflictividad social en un marco de crecimiento de las operaciones, extensión de la frontera urbana y mayor concientización de los efectos ambientales de los aeropuertos en la calidad de vida.

HIPÓTESIS Y METODOLOGÍA

A continuación, se detalla el proceso para el diseño del escenario futuro, base sobre la cual se hicieron las predicciones de mezcla de tráfico y operaciones para el Aeropuerto Internacional Córdoba.

- Relevamiento de las características físicas y operacionales del aeropuerto en la actualidad.

- Identificación del “día pico” en términos de cantidad de movimientos, tomando como año base el 2017 (último año completo).
- Definición de la mezcla de tráfico para el día pico.
- Selección de los procedimientos de aterrizaje y despegue más utilizados.
- Estimación del año en que el Aeropuerto Córdoba alcanzará su máxima capacidad operativa (2028), considerando sus objetivos de crecimiento en pasajeros (9.875.000 pasajeros según Plan Maestro) y las obras previstas para sostener dicho número.
- Cálculo de la tasa de crecimiento de las operaciones prevista al año 2028, tomando como base predicciones en el transporte aéreo a nivel internacional (ICAO Air Transport Reporting Form, 2016) y a nivel nacional.
- Estimación del crecimiento del número de operaciones (tomadas del día pico del año base 2017) para el 2028.
- Modelado predictivo del escenario acústico con la Herramienta de Diseño Ambiental para la Aviación (AEDT) de la Federal Administration Aviation, y
- Elaboración de cartografía sonora considerando el crecimiento poblacional del área de influencia del aeropuerto al 2028.

Aeropuerto Ing. Aer. L. V. Taravella Córdoba

El Aeropuerto Internacional Córdoba pertenece al Sistema Nacional de Aeropuertos. Sus coordenadas geográficas son -31°18'36" S y -64°12'30" O, tomadas en el centro geométrico de la pista 18-36. En la actualidad utiliza Cartas de Aproximación Instrumental (IACs), Salidas Normalizadas por Instrumentos (SIDs) y tres Cartas de Aproximación con Tecnología Satelital (RNP), careciendo de Llegadas Normalizadas por Instrumentos (STARs). Se resumen a continuación las características de las pistas de aterrizaje y despegue (Tablas 1 y 2).

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS PISTAS 05 Y 23.

	PISTA 05	PISTA 23
LARGO	2.200 m	2.200 m
ANCHO	45 m	45 m
DECLINACIÓN MAGNETICA	047°	227°
COORDENADAS DE UMBRAL	311923,39 S 0641226,99 W	311832,12 S 0641128,98 W
ELEVACION DEL UMBRAL	465 m (1526 ft)	469 m (1539 ft)
ZONA LIBRE DE OBSTACULOS	NO POSEE	NO POSEE
ZONA DE PARADA RESA	NO POSEE	218 x 45 m NO POSEE
DESPLAZAMIENTO DE UMBRAL	SI	NO
	DISTANCIAS DECLARADAS	
TORA	2.200 m	2.200 m
ASDA	2.200 m	2418 m
TODA	2.200 m	2.200 m
LDA	2.200 m	2.200 m
TIPO DE SUPERFICIE	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO FLEXIBLE
SUPERFICIE DE	PAVIMENTO	PAVIMENTO

CABECERA	FLEXIBLE	FLEXIBLE
RESISENCIA	56 F-C-W-T	56 F-C-W-T
RESISTENCIA CABECERA	56 F-C-W-T	56 F-C-W-T
RADIOAYUDAS ASOCIADAS	VOR/DME	VOR/DME
APROXIMACION	VISUAL / NO PRECISION	VISUAL / NO PRECISION
MARGENES DE PISTA	7.5 m A CADA LADO DE LA PISTA	7.5 m A CADA LADO DE LA PISTA
FRANJA DE PISTA	2538 x 300 m	2538 x 300 m
SEÑALIZACION	SI	SI
ILUMINACION DE PISTA	SI	SI
ILUMINACION DE APROXIMACION	SI	SI
SISTEMA VISUAL INDICADOR DE PENDIENTE DE APROXIMACIÓN	SI	SI
CALLES DE RODAJE ASOCIADAS	ALFA	ALFA

APROXIMACION		
SISTEMA VISUAL INDICADOR DE PENDIENTE DE APROXIMACIÓN	SI	SI
CALLES DE RODAJE ASOCIADAS	ALFA, BRAVO Y CHARLIE	ALFA, BRAVO Y CHARLIE

Selección de los procedimientos de aterrizaje y despegue

Los distintos procedimientos de aproximación y despegue fueron seleccionados del MAPRI¹ y de la base de datos de AEDT.

Aproximaciones seleccionadas:

- RNP RWY 18 (Figura 3).
- RNP RWY 36 (Figura 4).
- Default RWY 23.
- Default RWY 05.

Los despegues fueron configurados para todas las pistas por default.

TABLA 2: CARACTERÍSTICAS PISTAS 18 Y 36.

	PISTA 18	PISTA 36
LARGO	3200 m	3200 m
ANCHO	45m	45 m
DECLINACIÓN MAGNETICA	182 °	002°
COORDENADAS DE UMBRAL	311744,37 S 0641230,86 W	311928,30 S 0641229,15 W
ELEVACION DEL UMBRAL	489 m (1604 ft)	464 m (1522 ft)
ZONA LIBRE DE OBSTACULOS	NO POSEE	NO POSEE
ZONA DE PARADA	NO POSEE	NO POSEE
RESA	NO POSEE	NO POSEE
DESPLAZAMIENTO DE UMBRAL	NO	SI
DISTANCIAS DECLARADAS		
TORA	3200 m	3200 m
ASDA	3200 m	3200 m
TODA	3200 m	3200 m
LDA	3200 m	3200 m
TIPO DE SUPERFICIE	PAVIMENTO RIGIDO	PAVIMENTO RIGIDO
SUPERFICIE DE CABECERA	PAVIMENTO RIGIDO	PAVIMENTO RIGIDO
RESISENCIA	69 R-B-W-T	69 R-B-W-T
RESISTENCIA CABECERA	69 R-B-W-T	69 R-B-W-T
RADIOAYUDAS ASOCIADAS	OM, MM, GP, LOC	VOR / DME
APROXIMACION	VISUAL / PRECISION CAT. I	VISUAL / NO PRECISION
MARGENES DE PISTA	7.5 m A CADA LADO DE LA PISTA	7.5m A CADA LADO DE LA PISTA
FRANJA DE PISTA	3320 x 300 m	3320 x 300 m
SEÑALIZACION	SI	SI
ILUMINACION DE PISTA	SI	SI
ILUMINACION DE	SI	SI

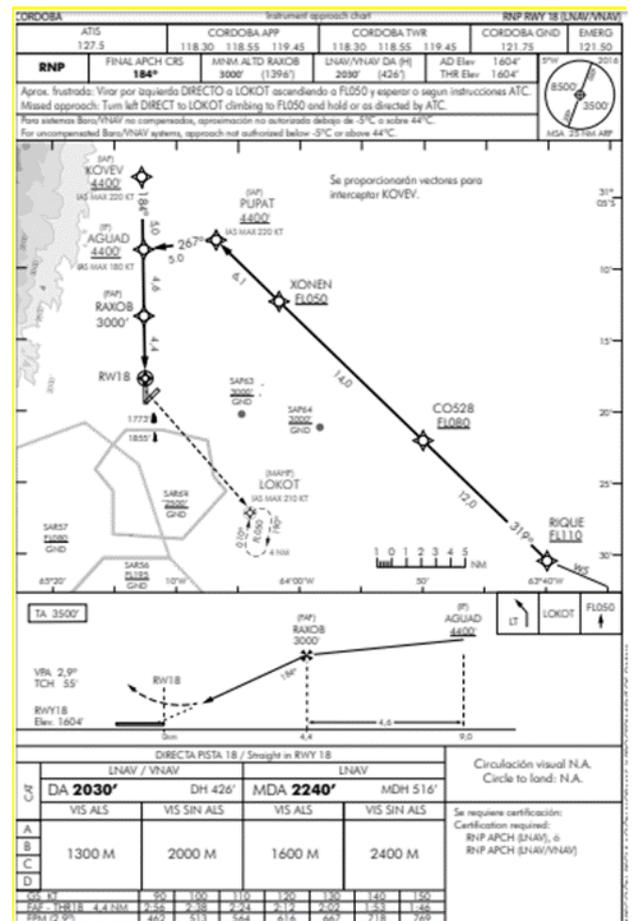


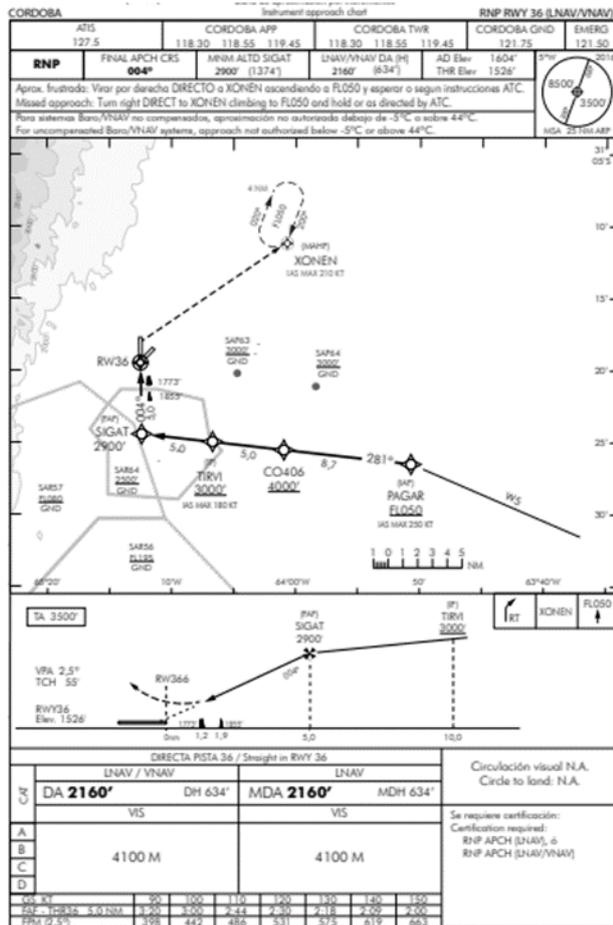
Fig. 3: Carta de aproximación RNP RWY 18.

Simulación de Movimientos y Mezcla de Tráfico para el año 2028

Se realizó la identificación del día base. Para ello se estudió el número de operaciones del año 2017 mes a mes. Del mes pico, se estudiaron la cantidad de operaciones día a

¹ Manual de Procedimientos Instrumentales

día, obteniendo así el día con mayor cantidad de movimientos, que fue el 21 de noviembre de 2017, con un total de 106 operaciones.



A-330	2	CF6-80E1A4	7
AIB A319	2	CFM56-5B5/3	7
AIB A320	2	V2527-A5	7
AIB A320-232	7	V2527E-A5	24
AIB A320-232	1	V2527-A5	3
AIB A321	4	CFM56-5B3/P	14
AT-802-A	11	PT6A-67AG	37
B 737-700	2	CFM56-7B22	7
B 737-76N	2	CFM56-7B22	7
B 737-7BD	5	CFM56-7B24	17
B 737-800	5	CFM56-7B24	17
B 737-800	2	CFM56-7B26	7
B 737-81D	4	CFM56-7B26	14
BEECHCRAFT	4	TIO-540-J2B	14
CESSNA 206	2	TIO-540-J2B2	7
CESSNA 501	1	JT15D-1 series	3
CESSNA 550	2	JT15D-4series	7
CESSNA 560	3	PW530	10
ERJ190100IGW	24	CF34-10E6	82
HAB B-200-GT	1	PT6A-42	3
LJ 31-A	2	TFE731-2-2B	7
LJ 60	3	PW306A	10
PAA PA-A-28-235	2	IO-320-D1AD	7
737-800	2	CFM56-7B24	7
TOTAL	106	-	363

En el proceso de selección de aeronaves se tomaron como referencia las registradas en las operaciones del día pico seleccionado, asociándolas con los aviones correspondientes del BADA (Base of Aircraft Data). Para este proceso, se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Modelo de aeronave.
- Modelo de motor.
- Engine UID: número único de identificación.

La determinación de los movimientos previstos según el máximo desarrollo del aeropuerto se realizó de acuerdo con el porcentaje de crecimiento esperado (3.4%). De acuerdo a que las operaciones son una variable discreta, se termina multiplicando por un factor de 3 (Tabla 3).

TABLA 3: MEZCLA DE TRÁFICO.

AERONAVE	MOV. DEL DÍA PICO 2017	MOTOR	MOV. PREVISTOS SEGÚN EL MÁXIMO DESARROLLO DEL AEROPUERTO
737-800	2	CFM56-7B26	7
737-800	2	CFM56-7B27	7
737-85F	7	CFM56-7B27	24

Cálculo de tasa de crecimiento prevista a 10 años y estimación del crecimiento del número de operaciones del Aeropuerto Córdoba

La tasa de crecimiento del número de pasajeros en los últimos años fue calculada a partir de los anuarios de EANA publicados entre los años 2008 y 2016, obteniendo un crecimiento anual estimado del 11%. A partir de éste, se proyecta que para el año 2028 el aeropuerto Córdoba alcance su máxima capacidad prevista según el Plan Maestro Córdoba. Esta tasa de crecimiento aplicada a las operaciones aproxima a un valor de 363 operaciones en un día pico para el año 2028.

Cálculo de tasa de crecimiento prevista para el año 2028 de la población del entorno aeroportuario inmediato

A los fines de establecer la población futura afectada, se aplicó una tasa de crecimiento homogénea para la provincia de Córdoba, obtenida a partir de los censos 2001 y 2010, según la siguiente ecuación:

$$Pf = Pi \times (1 + i)^n \quad (1)$$

Donde Pf es la población futura; Pi la población inicial; i es la tasa de crecimiento; y n es la cantidad de años de diferencia.

Obteniendo una tasa de crecimiento i (1) de 0.00833998 para los años entre 2001 y 2010. A partir de la misma se estimó la población incluida en cada radio censal, pudiendo arribar a la población afectada para el año 2028.

Herramientas de simulación: software e indicador ambiental

El análisis de ruido se llevó a cabo mediante el uso de un software específico: Aviation Environmental Design Tool AEDT Versión 2d (FAA). Es un software de predicción del impacto acústico que permite modelar dinámicamente los niveles de ruido, emisiones y consumo de combustible generados por la actividad aeronáutica, mediante la siguiente metodología de base (Figura 5).

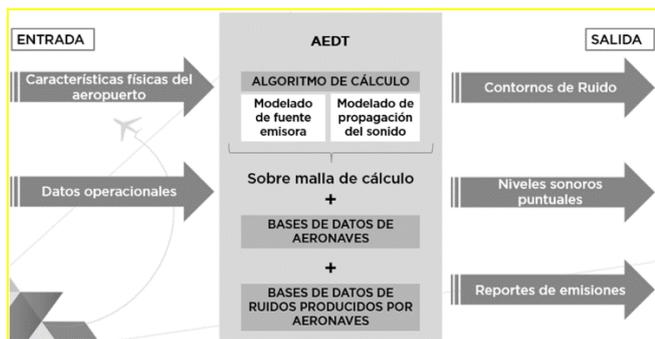


Fig. 5: Metodología de operación AEDT 2d.

Si bien los descriptores de ruido son muchos y variados, el Nivel Día Noche (DNL por sus siglas en inglés) es el descriptor más ampliamente utilizado en la caracterización de ruido de operaciones aeronáuticas. Fue desarrollado para predecir los efectos en la población a la exposición al ruido a largo plazo. Tiene en cuenta la duración y magnitud del mismo, integrado durante un período de 24 horas. Se divide este en 3 etapas: diaria, de 7 a 19; tarde, de 19 a 22; y noche, de 22 a 7. Se le agrega a esta última una corrección al valor obtenido de 10 dB para contemplar la incomodidad adicional que implican en la población las operaciones nocturnas.

RESULTADOS

El modelado de escenarios hipotéticos permite brindar información técnica que forma parte de los inputs para la planificación prospectiva de territorio. Así es que el escenario planteado en este trabajo resulta en una hipótesis futura conservadora, permitiendo observar ciertos límites que pueden definirse como el área de acción acústica del aeropuerto.

Bajo la hipótesis planteada se puede observar que poco más de 45 mil hectáreas podrán estar bajo algún tipo de influencia acústica. Esto significa que el contorno de igual nivel sonoro de 50 dBA (bajo el descriptor DNL) ocupa una superficie de 450 km². Dicho contorno puede establecerse como la máxima distancia de influencia acústica significativa.

Del análisis espacial puede observarse que los tamaños de los contornos acústicos se muestran cada vez a menor distancia a medida que aumenta la proximidad a las pistas. La superficie que encierra cada contorno de igual valor es exponencialmente menor a medida que incrementan los valores considerados de dBA (Figura 6).

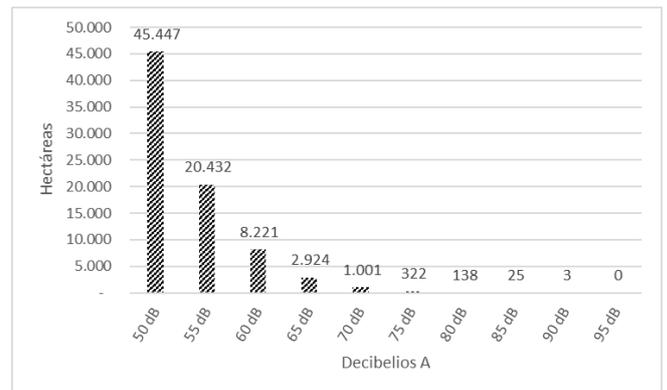


Fig. 6: Superficie comprendida por contorno acústico

Asimismo, resulta muy interesante observar la población afectada. Se observa que la población potencialmente afectada surge del análisis espacial entre los contornos acústicos y los datos de los radios censales. En una primera instancia se observa una baja densidad poblacional alrededor del aeropuerto y una mayor concentración poblacional hacia el Sur, acercándonos al centro de la ciudad de Córdoba.

Así todo, resulta importante destacar cómo la hipótesis analizada muestra que algunos barrios prioritariamente residenciales de la ciudad de Córdoba y Estación Juárez Celman podrían verse afectados por las operaciones del Aeropuerto Internacional Córdoba.

En el contexto del escenario planteado puede esperarse que más de 700 mil personas puedan verse afectadas por ruido aeroportuario para el año 2028. Pese a ello, este valor disminuye cuando se consideran contornos de mayor nivel día-noche. Dentro del contorno de 65 dB, esa población desciende a 30 mil, a 6 mil personas para el contorno de 70 dB y a 3 mil para 75 dB. Cabe destacar que estos valores resultan del conjunto potencialmente afectado, siendo necesario aclarar que los mismos surgen de considerar la suma de las posibilidades de operar todos los movimientos por cada una de las cabeceras, de forma tal que las cuatro huellas obtenidas se integren entre sí, formando una sola huella del Aeropuerto. Si se toman las huellas individuales, puede desagregarse cada una de las influencias y determinar hacia qué dirección se distinguen los mayores inconvenientes para cada uno de los contornos (Figura 7).

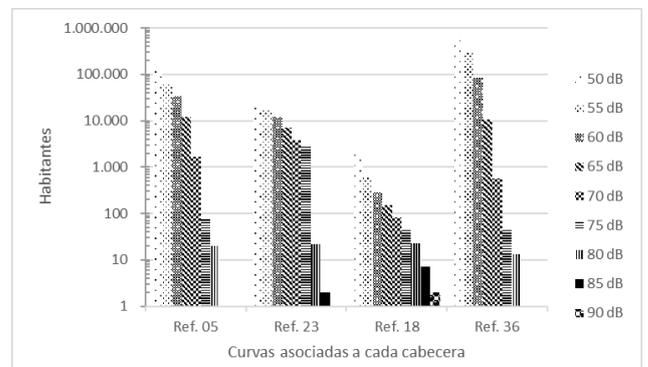


Fig. 7: Población potencialmente afectada para el escenario considerado por contorno acústico y cabecera.

Claramente, las operaciones realizadas hacia el Sur del aeropuerto muestran una tendencia a ser más conflictivas que hacia el Norte. Pese a lo anterior, la topografía parece mostrar cierta ventaja, dado que el terreno desciende hacia

el Sur, resultando en una huella más corta que hacia el Norte.

También se desprende que los contornos de valores más altos afectan en mayor proporción los de operaciones por las cabeceras 23 y 05, lo cual se asocia fundamentalmente a la distancia entre las zonas residenciales y las pistas (Tabla 4).

TABLA 4: POBLACIÓN POTENCIALMENTE AFECTADA PARA EL ESCENARIO CONSIDERADO POR CONTORNO ACÚSTICO Y CABECERA

POBLACIÓN AFECTADA				
Contornos	Cabecera de referencia			
	Ref. 05	Ref. 23	Ref. 18	Ref. 36
50 dB	131.045	23.172	1.949	650.330
55 dB	66.766	17.427	605	287.088

60 dB	34.258	12.202	280	84.083
65 dB	12.309	6.950	150	10.797
70 dB	1.643	3.845	81	565
75 dB	75	2.845	44	44
80 dB	20	22	23	13
85 dB	1	2	7	-
90 dB	-	-	2	-
95 dB	-	-	-	-

A continuación, puede observarse la cartografía sonora resultante, trabajada con Quantum GIS, dando amplitud de posibilidades de análisis y pos proceso (Figura 8).

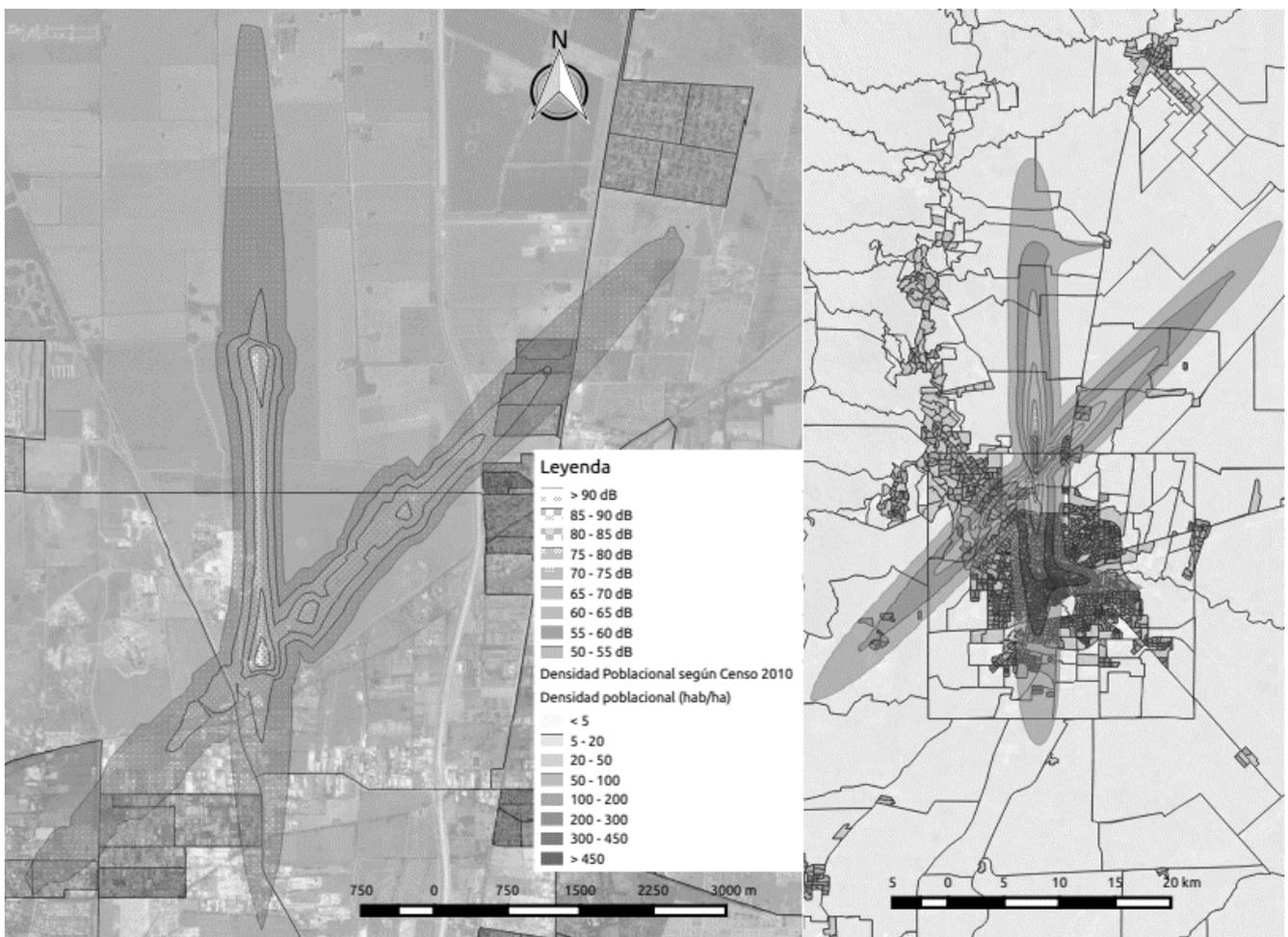


Fig. 8: Mapa de contornos acústicos para el escenario 2028 y densidad poblacional por radios censales.

CONCLUSIONES

El trabajo realizado proporciona una herramienta para la planificación integrada y prospectiva del territorio. Si bien resulta necesario profundizar y continuar trabajando sobre la definición de la huella acústica del Aeropuerto Internacional Córdoba, este estudio permite establecer los límites máximos donde podrían verse afectadas de alguna manera las personas a causa del ruido en un futuro próximo. Así, el escenario conservador permitió establecer con cierto grado de seguridad el área de influencia acústica máxima del Aeropuerto Ing. A. A. Taravella.

De los resultados se observa que el modelado de escenarios es interesante a la hora de predecir situaciones hipotéticas futuras; siendo estas de interés de cara a establecer lineamientos de gestión que permitan mitigar los impactos de la actividad.

Si bien la caracterización del ruido aeroportuario es compleja, la utilización del descriptor DNL permite dar una aproximación aceptable para establecer los impactos de la actividad en la comunidad.

En este sentido, el software AEDT 2d resultó ser una herramienta fundamental en la predicción y modelado de

ruido aeronáutico. La utilización mixta entre los resultados obtenidos en el AEDT con programas informáticos de manejo de datos espaciales como Quantum GIS, ha permitido hacer los primeros análisis geográficos. Se logró obtener una aproximación de la población potencialmente expuesta al ruido aeroportuario en base a proyecciones de crecimiento poblacional y de las operaciones aeronáuticas para el próximo decenio.

Definitivamente el crecimiento en las operaciones aeronáuticas y la expansión de la frontera urbana son un hecho. El estudio de las relaciones cruzadas entre la actividad aeroportuaria y la exposición sonora de los habitantes es el primer paso hacia la compatibilización y armonización en el uso de suelo.

Si bien existen otros tipos de limitaciones asociadas a la actividad aeroportuaria que influyen en su entorno inmediato, el ruido es uno de los factores que más influye en el ruido de aceptación de la comunidad frente a infraestructuras del transporte aéreo.

Sin duda alguna las posibilidades a futuro son numerosas. Destacan algunas líneas de trabajo como la definición del mapa estratégico de ruido del Aeropuerto Córdoba, el análisis de otros escenarios más probables, la realización de análisis espaciales más variados, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ciencia y Tecnología del Gobierno de la Provincia de Córdoba. Proyecto aprobado y financiado a Grupos de Reciente Formación con Tutores (GRFT) del Programa de Generación de Conocimiento (PGC) 2017; bajo Resolución 000109 del 07 de noviembre de 2017, bajo el número 02 del Anexo I de la mencionada Resolución.

REFERENCIAS

- [1] Cano Álvarez, J. A. (2009). "Metodología para el análisis de la dispersión del ruido en Aeropuertos, estudio de caso: Aeropuerto Olaya Herrera de la Ciudad de Medellín". Medellín, Colombia.
- [2] Caporossi, C. y Díaz, F. (2010). "Las lógicas de ocupación en la conformación del territorio metropolitano". Editorial UBA-FADU, Buenos Aires, Argentina.
- [3] EANA (2016 y 2017). Anuarios Estadísticos. Departamento de Estadística.
- [4] Franssen, E. A. M., van Wiechen, C. M. A. G., Nagelkerke, N. J. D. y Lebrecht, E. (2004). "Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use". *Occupational & Environmental Medicine*, 61(5), pp. 405-413.
- [5] Passchier-Vermeer, W. y Passchier, W. F. (2000). "Noise Exposure and Public Health". *Environmental Health Perspectives*, 108(1), pp. 123-131.
- [6] Sibilla, V., Prato, F., Hardy, C., Luna, J., Cabral, P., Romero, C. E. y Sbarato, D. (2010). "Estudios de niveles sonoros por sobrevuelo de aeronaves y de su impacto sobre la salud y bienestar de la población residente en zonas cercanas al Aeropuerto Internacional Córdoba". Córdoba, tomado de: https://gobiernoabierto.cordoba.gob.ar/media/datos/Estudio_de_niveles_sonoros_zona_aeropuerto_Internaciona_C%C3%B3rdoba.pdf (23 de agosto de 2018).
- [7] van Wiechen, C. M. A. G., Franssen, E. A. M., de Jong, R. G. y Lebrecht, E., (2002). "Aircraft noise exposure from Schiphol airport: A relation with complainants". *Noise & Health*, 5(17), pp. 23-34.