

El soroll a l'entorn dels aeroports.

El territori pateix l'impacte acústic de les aeronaus.

Joan Rojas

ENGINYER AERONÀUTIC

El soroll de les aeronaus a l'entorn aeroportuari ha esdevingut un fort impacte per a les comunitats veïnes d'un aeroport, de tal manera que és reconegut com un dels elements que poden constrènyer el desenvolupament de l'aviació comercial, perquè limita la construcció i expansió dels aeroports i el seu accés. Això es fa palès en el fet que avui dia ja no es concep de projectar un nou aeroport, com tampoc d'ordenar-ne el territori que envolta un de ja existent, sense tenir en compte els nivells de soroll que defineixen l'entorn acústic.



Recentment, el Consell de Ministres va aprovar un Decret que limita l'accés als aeroports de l'Estat espanyol de les aeronaus que no compleixin uns determinats requisits sobre emissions sonores. És una mesura molt encertada, però d'abast limitat, ja que els nivells d'exposició sonora a l'entorn aero-

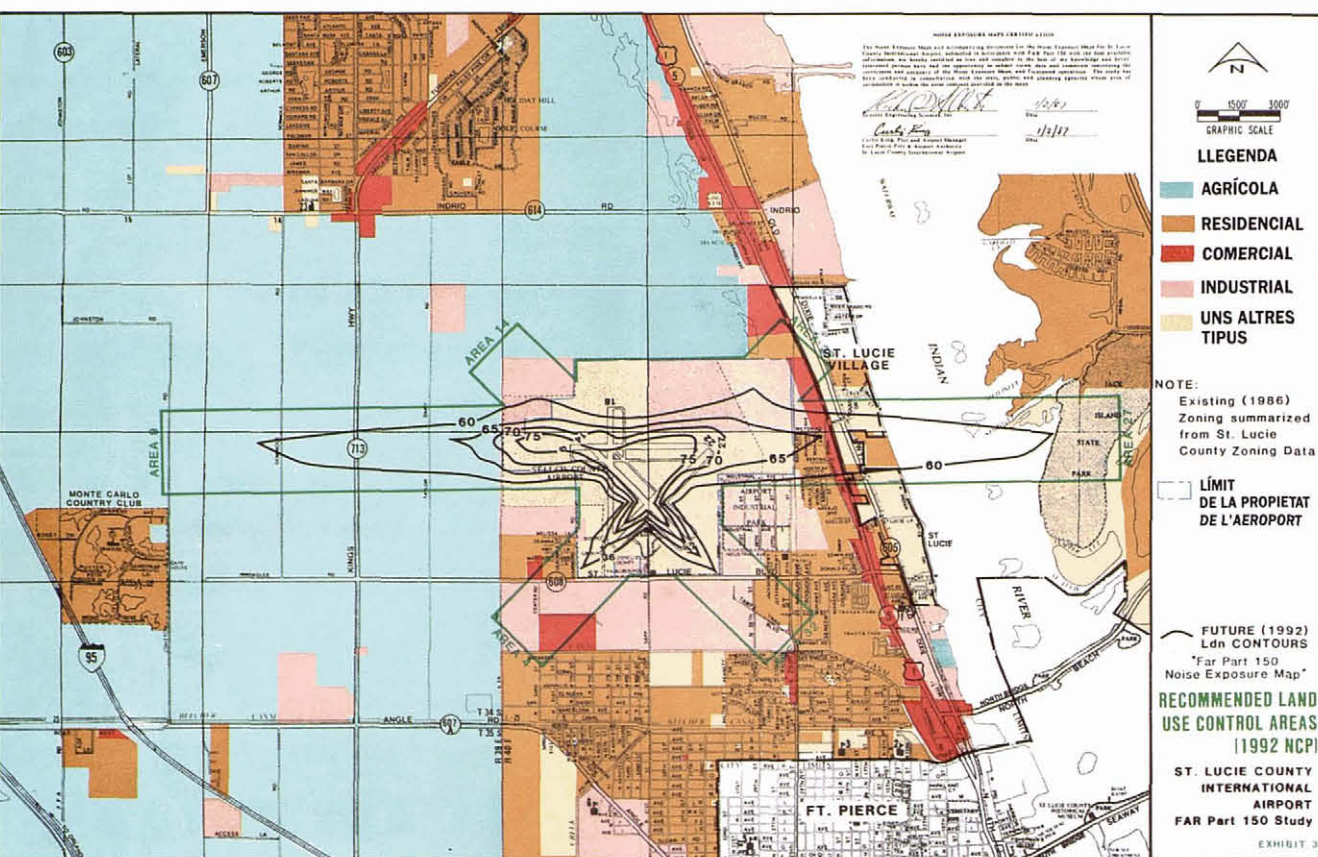
portuari no solament depenen del soroll que emeten les aeronaus, sinó que s'ha de tenir en compte el nombre d'operacions, l'hora del dia en què tenen lloc, els procediments i les estratègies operatives (aspectes que es refereixen a les maniobres de les aeronaus a les proximitats de l'aeroport) i l'ús dels

terrenys que envolten l'aeroport, que determina el grau de sensibilitat al soroll dels seus usuaris.

Quan es tracta de la construcció d'un nou aeroport, el pressupost ha d'incloure la compensació a les comunitats que queden directament afectades per fortes dosis de soroll; des de l'expropiació, en el cas de cases que han de ser deshabitades, a les possibles indemnitzacions o ajudes econòmiques per a insonoritzar-les. Aquest cost a vegades pot ser més elevat que el cost de construcció de les pistes mateix, però en qualsevol cas és conegut a priori i, per tant, és un factor més de ponderació en l'elecció definitiva. Després, una planificació urbanística adient evitarà un agreujament de l'impacte acústic.

Malauradament aquesta situació no acostuma a ser la més freqüent, ja que són molt pocs els aeroports nous. L'apropament del nucli urbà a l'aeroport ha estat, en molts casos, una constant, probablement per una manca de sensibilització cap al problema de la contaminació acústica. Un cop permès el factor causant i no havent sabut arbitrar-hi les mesures de prevenció, resulta molt costós evitar-ne els perjudicis.

No és possible limitar el problema del soroll aeroportuari solament amb mesures de caràcter general com és el cas d'aquest últim Decret. És necessària una avaluació del problema des de l'especificitat de cada aeroport, sense deslligar-hi mai els criteris operacionals i d'expectatives de creixement, de l'impacte ambiental que es produeix al seu entorn. Dit d'una altra manera, una excessiva pressió de l'aeroport sobre les se-



ZONA DE QUALIFICACIÓ D'ÚS DELS TERRENYS SEGONS ELS FUTURS NIVELLS D'EXPOSICIÓ SONORA DE L'AEROPORT INTERNACIONAL DE ST. LUCIE, ALS ESTATS UNITS.

(Segons FAR PART 150 PROGRAM 1992 NOISE COMPATIBILITY PLAN, preparat per FORT PIERCE PORT&AIRPORT AUTHORITY, l'abril d'enguany).

ves comunitats més pròximes pot fer reconsiderar les expectatives que en un inici es poden tenir per a l'aeroport. Les alternatives per al control de la contaminació acústica a l'entorn aeroportuari van des de la qualificació d'ús dels terrenys, fins a definicions de nous procediments operacionals, o d'una nova concepció de desenvolupament de les instal·lacions aeroportuàries.

Cal entendre que el problema del soroll aeroportuari no és solament una qüestió que requereix un tractament tècnic que han de resoldre les autoritats aeroportuàries, ja que el soroll i les possibles alternatives de control afecten molts més aspectes de l'activitat socio-econòmica d'un país. Qualsevol plantejament de resolució implica un compromís de la societat, representada per les seves institucions i organitzacions cíviques, sobre quina és l'opció aeroportuària que es desitja.

Les primeres preocupacions

Durant la dècada dels cinquanta, el problema del soroll a l'entorn aeroportuari fou molt limitat. La introducció, els anys seixanta, dels reactors comercials i l'increment del nombre d'operacions, foren els principals factors desencadenants d'un alarant empitjorament de la qualitat de vida a l'entorn dels aeroports. Es calcula que durant aquesta dècada es va septuplicar als Estats Units l'àrea sotmesa al soroll molest de les aeronaus. El 1976 s'estimava que eren uns set milions de ciutadans americans els afectats pel soroll molest de les aeronaus.

El pas dels avions propulsats per motors alternatius amb hèlix als propulsats per turboreactor va comportar un augment del nivell de soroll, particularment a la rodalia dels aeroports sota les trajectòries d'aproximació i d'envol. D'una banda, el soroll s'intensificà considerablement com a conseqüèn-

cia de la major energia aplicada als turboreactors. De l'altra, el soroll dels motors de reacció resultà ser molt més molest per a les persones, com a conseqüència de la superposició del soroll de banda ampla, característic dels gasos de sortida, amb puntes de banda estreta procedents del compressor i la turbina.

Amb els reactors comercials, la productivitat del transport aeri va créixer espectacularment i, acompanyada d'un important desenvolupament econòmic mundial, es va traduir en unes taxes anuals de creixement del nombre de passatgers transportats del 12%, la qual cosa evidentment va significar un increment important del nombre d'operacions totals i, consegüentment, dels moviments anuals i diaris d'un aeroport.

Els poders públics van començar a prendre consciència del problema a mitjan dècada dels seixanta. L'any 1966 es va celebrar

la primera conferència internacional sobre el soroll produït per les aeronaus, amb l'objectiu de requerir un esforç concertat de tots els països per buscar una solució a través de l'OACI (Organització d'Aviació Civil Internacional). El dia 2 d'abril de 1971, aquesta organització adoptava un conjunt de recomanacions estàndards per a la regulació dels nivells de soroll permissibles a l'Aviació Civil, que es van incloure com a Annex 16 als Acords de la Convenció Internacional d'Aviació Civil, celebrada a Chicago el 1944.

L'aprovació d'aquest Annex obria el camí a un seguit d'actuacions, que tenen l'objectiu de reduir les perturbacions que produeixen les emissions sonores de les aeronaus limitant-ne el nivell.

L'any 1969, als Estats Units es va promulgar la *National Environment Policy Act* (NEPA). Un dels resultats directes d'aquesta llei, fou l'ordre 50.50.4. *Airport Environmental Handbook*, en la qual es recollia de quina manera la legislació americana canviava el procés de la planificació aeroportuària, i en la qual es reflectia l'ordenació territorial com una de les tècniques més eficaces per a un control efectiu de l'impacte acústic a l'entorn aeroportuari.

Paral·lelament a les dues anteriors línies d'actuació, es va començar a posar en marxa un conjunt complementari de mesures d'esmoreïment dels nivells d'exposició al soroll de l'entorn aeroportuari, que consistien bàsicament a evitar el sobreïm damunt les comunitats més properes.

Així, a final de la dècada dels seixanta, ja s'havien establert el que serien les principals directrius d'actuació per a aconseguir una limitació de la contaminació acústica que l'existència d'un aeroport projecta cap al seu entorn: limitar les emissions sonores de les aeronaus, política d'ordenació territorial i mesures de caràcter operatiu.

L'impacte ambiental i el Pla Director d'un aeroport

Tal com ha reflectit la introducció, el tractament del problema de l'im-

pacte ambiental d'un aeroport, implica la reconsideració de tot el procés de la planificació aeroportuària. Si en uns primers anys es tractava de mantenir en operativitat unes infraestructures que estaven fonamentalment al servei de les companyies aèries, en l'actualitat es tracta de condicionar el desenvolupament de l'aeroport a uns objectius que han de ser prèviament fixats per les institucions de l'Estat i les organitzacions civils que estan més directament afectades per l'aeroport. L'objectiu és 1r. definir quin ha de ser el rol de l'aeroport dins el context estatal, regional i local pel que fa a la distribució de tràfic i a la integració amb els altres modes de transport, 2n. realitzar un Pla Director a llarg termini i un programa de necessitats a un horitzó de deu anys, i 3r. tractar d'aconseguir una integració entre l'activitat aeroportuària i les àrees que envolten l'aeroport.

Aquests tres objectius es poden aconseguir mitjançant:

— L'anàlisi de l'actual sistema aeroportuari a escala estatal, regional i local. La fixació dels objectius i l'estratègia general a mig i llarg termini.

— Identificar les necessitats de l'aeroport a mig i llarg termini.

— Identificar els conflictes actuals i els potencials entre l'aeroport i el seu entorn ambiental a causa de les operacions aeroportuàries.

— Resolució de les actuals incompatibilitats mitjançant el desenvolupament d'un programa de control del soroll (sobretot mesures de caire operacional) i resolució de futurs conflictes potencials mitjançant programes de control en els quals la qualificació d'ús dels terrenys que envolten l'aeroport és un element molt important.

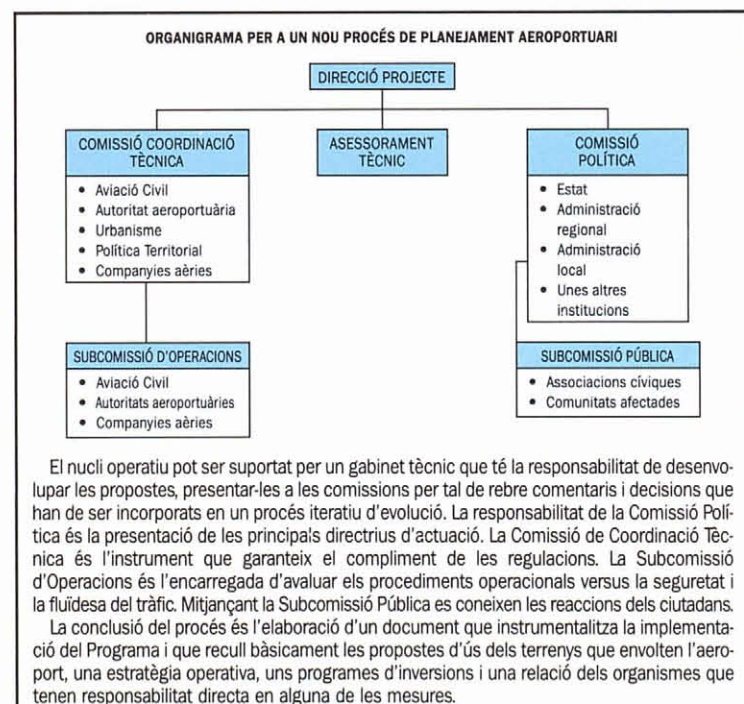
— Involucració activa en el procés de fixació d'objectius generals i d'estratègia de les institucions de l'Estat i organitzacions cíviques.

Una de les conseqüències més immediates d'aquesta metodologia seria que l'avaluació de l'impacte ambiental s'incorpori com una part integral del Pla Director, i no pas com fins ara que els Plans Directors eren redactats amb criteris quasi exclusivament operacionals que deixaven per a una fase posterior l'avaluació de l'impacte ambiental.

Per a la conducció d'aquest tipus de planificació, s'ha d'adoptar la idea d'una coordinació i col·laboració efectives entre els diferents nivells de l'administració, i una participació real de les organitzacions cíviques, tal com queda reflectit a l'organigrama següent.

Alternatives per al control de la contaminació acústica

Per a l'adopció de mesures d'esmoreïment de la contaminació



acústica a l'entorn aeroportuari, no solament ens interessa conèixer els nivells actuals de soroll, sinó que és molt important saber quins són els valors que s'assoliran en el futur.

A partir de les previsions de tràfic i de l'estratègia operativa que històricament se segueix a l'aeroport, es calculen els nivells d'exposició sonora als terrenys que envolten l'aeroport. Aquests nivells

donen una primera aproximació de l'impacte acústic que serà previsible en el futur si no hi ha unes mesures especials de control. És en aquest marc de referència quan s'analitzen quines han de ser les alternatives (vegeu el quadre annex). Aquestes poden ser classificades atenent els organismes que en posseeixen la responsabilitat d'implementació, en tres categories:

— Aquelles que són responsabilitat de l'autoritat aeroportuària.

— Aquelles que entren dins l'àmbit de l'Administració regional i local.

— Les que són responsabilitat de l'autoritat aeronàutica i de l'Estat espanyol.

A continuació és analitzada cadascuna de les grans alternatives de control del soroll aeroportuari.

ALTERNATIVES PER AL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓ ACÚSTICA A L'ENTORN AEROPORTUARI		RESPONSABILITAT DE L'APLICACIÓ
1. DESENVOLUPAMENT AERONÀUTIC	a. Tancar l'aeroport - utilitzar-ne uns altres. b. Tancar l'aeroport - construir-ne un de nou. c. Noves pistes/carrers de rodatge. d. Recol·locació/desplaçament de les capçaleres. e. Nous sistemes d'ajudes radioelèctriques.	Aeroport, Estat, Regional i Local. Aeroport, Estat, Regional i Local. Aeroport i Aviació Civil. Aeroport i Aviació Civil. Aeroport i Aviació Civil.
2. PROCEDIMENTS OPERACIONALS	a. Utilització d'una pista preferencial. b. Utilització d'unes sendes d'aproximació/envol preferencial. c. Rotació de les pistes. d. Reducció de potència en l'envol. e. Alts gradients de pujada.	Aeroport i Aviació Civil. Aeroport i Aviació Civil. Aeroport i Aviació Civil. Aeroport i Aviació Civil. Aeroport i Aviació Civil.
3. RESTRICCIONS D'UTILITZACIÓ	a. Limitació del nombre de moviments anuals/diaris b. Prohibició d'utilització en hores nocturnes. c. Fixació de taxes d'aterratge segons l'hora del dia. d. Fixació de taxes d'aterratge segons les característiques d'emissió de soroll de les aeronaus. e. Prohibició d'operacions a aeronaus que no compleixin determinats requeriments en matèria d'emissió de soroll.	Aeroport i Aviació Civil. Aeroport i Aviació Civil. Aeroport. Aeroport. Aeroport i Aviació Civil.
4. CONTROL DE L'ÚS DELS TERRENYS EN L'ENTORN AEROPORTUARI	a. Zonificació dels terrenys. b. Adquisició de terrenys. c. Programa d'insonorització dels habitatges.	Regional i Local. Aeroport, Estat, Regional i Local. Aeroport, Estat, Regional i Local.
5. MESURES DIVERSES	a. Utilització de barreres de protecció pel soroll. b. Monitors de mesurament dels nivells d'exposició al soroll.	Aeroport. Aeroport i Aviació Civil.

a) Desenvolupament aeroportuari

L'aeroport és considerat el factor causant del soroll a l'entorn aeroportuari. Conseqüentment, de qualsevol alternativa per a limitar-ne la capacitat es deriva una menor pressió acústica a l'entorn. No obstant això, hi ha unes altres iniciatives, com són: construcció de noves pistes, que poden constituir en algunes circumstàncies un element important per a la limitació de la contaminació acústica. Per exemple, avui dia és motiu de polèmica la possible construcció de la tercera pista de l'aeroport del Prat, perquè s'associa automàticament la nova pista amb un augment del nombre d'operacions aeronàutiques. La meua visió del tema no és aquesta. Amb l'actual sistema de pistes, l'aeroport del Prat té capacitat per a oferir un bon nivell de serveis per a volums de tràfic molt superiors a l'actual, sobretot si s'adopten un conjunt ampli de mesures que estan dins l'àm-

bit d'una política de gestió de la demanda i de la millora de l'eficiència de l'espai aeri. Cal veure-la com una oportunitat per a disminuir els nivells d'exposició sonora de la localitat del Prat, en descongestionar la pista 07-25 i desplaçar el centre de gravetat de les operacions cap al mar, més que no pas un increment real de capacitat.

b) Procediments operacionals

La idea central consisteix a evitar el sobrevol d'àrees d'alta densitat poblacional i, quan això és inevitable, a procurar que el sobrevol sigui realitzat a la major altura possible.

Cada vegada més, els avenços tecnològics possibiliten aquests tipus d'actuació. Les aeronaus són més poc sensibles als vents creuats i a les components axials, i per això serà factible que, en la determinació de la utilització d'una pista, el factor eòlic no sigui tant important

com la idoneïtat d'una pista que permet sobrevolar en àrees poc poblades.

En termes de radioajudes, la implantació dels nous i complexos sistemes d'aproximació MLS, possibilitarà la selecció de trajectòries d'aproximació corbes i la reducció de distàncies entre pistes paral·leles.

D'altra banda, hi ha diverses tècniques operatives que també poden ser un factor molt important a tenir en compte però, en la seva aplicació, la seguretat haurà de predominar sobre les restants consideracions.

c) Restriccions d'utilització de l'aeroport

La prohibició d'operació d'aeronaus, basant-se en les característiques de les emissions sonores a l'Estat espanyol, és regulat pel Decret 873/1987, que és l'adaptació

de la legislació espanyola a la Directiva de la CEE de 1983 «Relativa a la limitació de les emissions sonores de les aeronaus subsòniques». Hi ha aeroports en què, de l'aplicació de mesures d'aquest tipus, se'n pot derivar una important davallada del nombre d'operacions. Això passa quan l'aeroport és

operat per companyies que són majoritàriament utilitzadores d'aeronaus que no compleixen els requeriments del Capítol 2n. de l'Annex 16 de l'OACI, com és el cas d'algunes companyies sud-americanes. Així, per exemple, a l'aeroport de Miami (porta dels Estats Units per als països del conti-

nent sud-americà) s'ha fet una excepció en l'aplicació d'una limitació que és generalitzada a la resta dels aeroports americans.

Una pràctica molt comuna és limitar l'accés als aeroports durant les hores nocturnes o bé aplicar-hi unes sobretaxes que serveixen d'element de dissuasió per a la

Aeronaus agrupades segons el compliment de les normes de certificació de l'Annex 16		
No compleixen el Capítol 2n.	Capítol 2n.	Capítol 3r.
• Primeres versions dels B-707 i DC-8 • Convair.	• Boeing 747-100. • Boeing 727 • Boeing 737-200 • Fokker F28 • Mac. Donell Douglas DC-.	• Airbus-300 • Airbus-310 • Boeing 737-300 • Boeing 757-200 • Boeing 767-200 • British Aerospace BA-146 • Lockheed L-1011 • Mc. Donell Douglas DC-10 (excepte els que tenen motors CF6-SOCH, CF6-50CR) • Mc. Donell Douglas MD-80 • Boeing 747-200

seva utilització en aquestes hores nocturnes, o en les puntes horàries, que és quan es produeix una major concentració d'operacions.

d) Control de l'ús dels terrenys de l'entorn aeroportuari

Les tècniques d'ordenació del territori han demostrat ser una de les mesures més efectives per al control de l'impacte acústic a l'entorn aeroportuari. Bàsicament, consisteixen en l'assignació d'ús dels terrenys que envolten l'aeroport d'acord amb uns índexs d'exposició al soroll (vegeu l'Apèndix núm. 2).

Per a cada un dels valors dels índexs hi ha una assignació d'ús del terreny, zonificació que ha estat establerta d'acord amb la resposta subjectiva de les persones que viuen a l'entorn de l'aeroport.

Per a instrumentalitzar millor aquesta zonificació, al voltant dels aeroports s'estableixen de tres a cinc zones acústiques, corresponents cadascuna a una determinada banda d'exposició. Per exemple, als Estats Units, que és el país més avançat en el tractament de la contaminació acústica a l'entorn aeroportuari, hi estableixen quatre zones:

- Zona A: exposició mínima - clarament acceptable

- Zona B: exposició moderada - normalment acceptable
- Zona C: exposició significativa - normalment inacceptable
- Zona D: exposició severa - clarament inacceptable

L'experiència internacional recomana una actualització permanent dels valors d'exposició al soroll a l'entorn d'un aeroport. Tant és així, que en alguns països d'Europa Occidental, Canadà i EUA, es recomana que el càlcul es dugui a terme cada cinc anys, sempre que no hi hagi cap variació substancial en la geometria de l'aeroport, ni cap canvi important en els procediments operatius. Després d'un canvi important a l'aeroport, la dita actualització ha de ser immediata.

e) Més alternatives

Hi destaca el control de la contaminació acústica mitjançant els mesuraments sistemàtics dels nivells de soroll amb monitors, situats en uns punts estratègics, amb els quals es pot fer un seguiment de cada operació (identificada pel número de vol, l'hora...) i realitzar, alhora, un control efectiu del grau d'acompliment dels nivells estàndards que han estat fixats prèviament. Aquest tipus de control obre un conjunt molt ampli d'oportunitats:

- Penar o premiar les operacions que superin o no uns determinats nivells de soroll.
- Fer una anàlisi comparativa entre companyies, i així estimular iniciatives des de les companyies aèries mateixes.
- Control de les previsions.
- La realització de campanyes d'imatges.
- Ésser una dada real, no estimativa que pot ser utilitzada en potencials contenciosos.

Situació al Principat

A l'Estat espanyol en l'esfera de la protecció del medi ambient i en la de regulació de les activitats molestes o insalubres es poden trobar disposicions aplicables al soroll aeroportuari, si bé els casos d'aplicació radiquen més en la bona voluntat de l'Administració de preveure tant com sigui possible conflictes potencials i evitar-los, que no pas en les accions formals dels administrats mateixos. En concret, no existeix com en alguns altres països l'obligació legal de fer un estudi d'impacte de les instal·lacions aeroportuàries. Així, els Plans Directors vigents dels principals aeroports del Principat, que foren redactats a final dels anys setanta, no incorporen d'una manera formal cap programa de control de la contaminació acústica a l'entorn

dels aeroports, si bé que, llegint-los, s'entreveu que els autors van avaluar aspectes de caràcter ambiental en el procés de selecció del pla definitiu de desenvolupament aeroportuari a llarg termini. No obstant això, en el procés d'avaluació no es van incorporar d'una manera formal les altres parts directament afectades. Conseqüència d'això és que ja en l'actualitat hi ha uns plans d'ordenació que afecten els terrenys de l'entorn aeroportuari que en cap moment no han previst una zonificació d'ús dels terrenys a partir dels nivells d'exposició sonora, més que no pas en una primera aproximació intuïtiva.

On la situació és potencialment més perillosa és a l'Aeroport del Prat. Unes quantes dades que hi fan referència: hi ha un Pla Director aprovat per la Direcció General d'Aviació Civil (*Ministerio de Transportes*) que és incompatible amb la darrera Modificació del Pla General Metropolità de Barcelona (10/12/86), el qual es consolida amb la declaració de les Reserves Naturals parcials del Delta del Llobregat de la Ricarda-Ca l'Arana i el Remolar-Filipines (Decret 226/1987, 9 de juny, del Departament de Presidència de la Generalitat). D'això es pot esdevenir un conflicte si hi ha la decisió definitiva de construir la tercera pista per a disminuir la incidència del soroll (solució costat mar, a 400/700 m. de l'actual pista 07-25) sobre el Prat de Llobregat, ja que envairia físicament part de la Reserva, a més a més de provocar uns índexs de soroll més elevats sobre la reserva com a conseqüència de la major proximitat de les operacions aeronàutiques.

Aquesta situació de l'Aeroport del Prat és un exemple de la urgència amb què cal actualitzar-lo i, si fa al cas, cal la revisió dels Plans Directors dels aeroports catalans partint sobretot d'una acció coordinada entre els diferents nivells de l'administració que reconeixi el nou marc d'ordenació política de l'Estat, únic instrument per aconseguir un compromís de totes les parts en un programa de desenvolupament aeroportuari i de control

ZONIFICACIÓ D'ÚS PER LA UNITAT CNR (CAMPOITE NOISE RATINA)

ZONA	CNR OPERACIONS		COMPATIBILITAT D'ÚS								
	OPERACIONS DE VOL	OPERACIONS DE PROVA	Residencial	Comercial	Hotel, Motel	Oficines, Edificis Públics	Escoles, Hospitals Esglésies	Teatres, Auditoris	Amfiteatres a l'aire lliure	Àrees d'Esbarjo sense espectadors	Industrial
I	<90	<70	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	(A)	(A)	Sí	Sí
II	90-100	70-80	Sí	Sí	Sí	Sí	(C)	(C)	No	Sí	Sí
III	110-115	80-95	(B)	Sí	(C)	(C)	No	No	No	Sí	Sí
IV	> 115	> 95	No	(C)	No	No	No	No	No	Sí	(C)

de la contaminació acústica que garanteixi una integració dels aeroports catalans en el seu entorn.

Prospectiva cap al futur

Les expectatives són de doblar, l'any 2000, el nombre de passatgers actualment transportats, circumstància que no es traduirà en una ampliació del nombre de moviment d'aeronaus, ja que és d'esperar que una part d'aquest increment sigui absorbit per la utilització d'aeronaus de major capacitat i per una millora dels coeficients d'ocupació. Tot i així, és d'esperar que la taxa anual de creixement del nombre d'operacions sigui de l'ordre del 4 o 5%. Evidentment, significarà un increment dels nivells d'exposició al soroll sinó és somort per l'evolució d'uns altres paràmetres.

Una fita important durant els anys vinents serà la restricció d'operació en els aeroports europeus de les aeronaus que no compleixen amb el Capítol 2n. de l'Annex 16, cosa que succeirà previsiblement a mitjan dècada vinent.

De les recerques actualment en marxa, sembla deduir-se'n que s'aconseguirà reduir en uns 10 EPNdb el nivell de les emissions sonores de les aeronaus que utilitzen motors de doble flux. No obstant això, no es pot ser tan optimista davant el possible desenvolupament d'aeronaus supersòniques per al transport aeri comer-

cial, encara que aquest «perill» és una cosa llunyana. El mateix s'ha de dir respecte a les aeronaus que seran propulsades pels motors de nova concepció UDF (*Un Ducted Fan*) que són d'un millor rendiment energètic que si bé, no presenten problemes de compliment de l'Annex 16 Capítol 3r. en les operacions als aeroports i les seves proximitats, i sembla que en les condicions de vol de creuar a max 0'85 els nivells de soroll són bastant elevats, encara que no superiors als convencionals DC-9 o B-727.

La major flexibilitat operativa de les aeronaus i dels equips d'aproximació, facilitaran cada vegada més la distribució dels moviments de les aeronaus en les proximitats dels aeroports atenent la incidència de la contaminació acústica.

Però serà en les tècniques d'ordenació del territori on s'obtidran els avenços més importants, perquè és on hi ha la solució definitiva al problema, encara que a llarg termini i a un cost molt elevat.

J.R. □

APÈNDIX núm. 1

Regulacions sobre el control del soroll de les aeronaus comercials.

L'Annex 16 de l'OACI és el document més important de referència, tot i que els annexos al Conveni de Chicago no són d'obligat compliment, ja que han de ser els Estats mateixos els qui redactin l'oportuna legislació d'adaptació.

La primera edició de l'Annex 16, aprovada l'any 1971, ha sofert successives modificacions, que són un reflex de la tendència cada vegada de major rigor en els nivells permissibles de soroll produïts per les aeronaus. La darrera edició, que data de l'any 1978, ha passat a ésser titulada *Protecció del Medi Ambient*, després de la sisena reunió del Comitè de sorolls de l'OACI, que el va dividir en dos volums. El Volum I és el referit al soroll de les aeronaus, mentre que el Volum II és relatiu a les emissions (no sonores) dels motors de les aeronaus.

El Volum I inclou les clàusules tècniques de nivells màxims de soroll per a cinc grans grups d'aeronaus.

- Grup I: aeronaus subsòniques amb certificat d'aeronavegabilitat obtingut abans del 6 d'octubre de 1977 i amb uns motors d'un índex de derivació $\sigma < 2$.
- Grup II: el mateix que el grup I però amb un índex de derivació $\sigma > 2$.
- Grup III: aeronaus subsòniques amb certificat d'aeronavegabilitat obtingut després del 6 d'octubre de 1977.
- Grup IV: aeronaus d'hèlix amb un MTOW $> 5,700$ kg
- Grup V: aeronaus d'hèlix amb un MTOW $> 5,700$ kg

Els grups I i II fan referència al Capítol 2n. de l'Annex, El grup III al Capítol 3r. El Capítol 4t. es reserva per a les aeronaus supersòniques. El Capítol 5è. inclou els grups IV i V.

Els nivells màxims de soroll permesos s'estableixen segons el grup, el pes, i uns punts de mesurament. Per a l'homologació de l'aeronau, l'Annex 16 mateix estableix per a cada grup la definició de les operacions estàndards d'aproximació, envol i sobrevol.

Els avenços tecnològics van aconseguint la concepció d'aeronaus cada vegada més silencioses, la qual cosa plantejarà la possibilitat tècnica que a mig termini s'aprovi una major restricció dels nivells actuals de soroll.

La Comunitat Econòmica Europea, amb l'aprovació de la Directiva del 20 de desembre de 1979 «Relativa a la limitació de les emissions sonores de les aeronaus subsòniques», va donar un pas endavant molt important, ja que les Directives de la Comunitat, a diferència de les Recomanacions de l'OACI, exigeixen de forma obligatòria l'adaptació de la legislació interna dels Estats membres.

Aquesta Directiva va ésser modificada posteriorment per la Directiva del 21 d'abril de 1983. D'acord amb aquesta darrera, des de l'1 de gener de 1987 han d'haver cessat les operacions de les aeronaus que no compleixin el Capítol 2n. de l'Annex 16, que bàsicament són els jets comercials de la primera generació. Aquest termini és extensible a 1989 per a les aeronaus matriculades a Estats que no pertanyen a la CEE.

Previsiblement, el següent pas serà la prohibició de continuar les operacions cap a l'any 1996, de les aeronaus que no compleixin amb el Capítol 3r. de l'Annex 16. Això comportarà la retirada del servei dels models B-727, DC-9 i algunes versions dels B-737 i B-747.

El Decret, recentment aprovat pel Consell de Ministres, significa l'adaptació de l'Estat espanyol a la Directiva de la CEE i omple un buit que hi havia en l'esfera de la reglamentació estatal de l'aviació civil sobre la regulació del soroll aeronàutic.

APÈNDIX núm. 2

Índex d'exposició sonora

Un dels primers reptes dels planificadors aeroportuaris, fou l'elaboració d'uns índexs d'exposició al soroll, que proporcionessin més informació que no pas els obtinguts pel simple mesurament del nivell de soroll de l'operació de l'aeronau més sorollosa. En un aeroport operatiu, són moltes les operacions que hi tenen lloc i, per tant, molts els successos que produeixen soroll. Així, per a una avaluació més efectiva de l'impacte acústic a l'entorn aeroportuari, s'han creat uns índexs que inclouen a més dels valors individuals de soroll de cada aeronau, aspectes com: composició de les flotes que operen a l'aeroport, nombre d'operacions i hora en què aquestes s'esdevenen. Aquesta ponderació es realitza normalment en forma de l'algorisme següent:

$$NEF = 10 \sum_i \sum_j \text{antilog} \frac{1}{10} [EPNL(ij) + 10 \log$$

$$\frac{N_{dij} + N_{nij} - 75}{20 \cdot 1'2}$$

essent NEF: índex d'exposició al soroll *Noise Exposure Forecast* (NEF) en unitats EPNLdB.

EPNL (i, j): nivell de soroll expressat en unitats EPNdB de l'aeronau i en la trajectòria j, mesurat en un punt de l'entorn de l'aeroport. Aquest valor es pot calcular a partir de les dades obtingudes amb uns aparells especials, o estimar a partir dels valors estàndards de sorolls que figuren al certificat de l'aeronau i de la física acústica.

Nd (i, j): nombre d'operacions diürnes per aeronau i en la trajectòria j.

Nn (i, j): nombre d'operacions nocturnes per aeronau i en la trajectòria j.

75: és un terme corrector que equilibra el valor de la ponderació quan el nombre de les operacions és reduït.

La utilització de l'escala logarítmica és perquè està demostrat que la resposta de caràcter subjectiu de les persones als increments dels nivells de soroll correspon a una corba de resposta logarítmica.

L'índex anteriorment expressat va ésser desenvolupat per la FAA americana a final de la dècada dels 60, i és encara avui dia un dels índexs amb més acceptació. Amb posterioritat, la mateixa FAA ha creat un nou índex, l'LDN, basat en el SEL (*Sound Exposure Level*) que és una ponderació en l'escala dB «A», en comptes de la PNLdB que s'utilitza en el NEF. El Regne Unit, França, Alemanya, Sud-àfrica, i Holanda són uns altres països que també han desenvolupat els seus índexs.

L'OACI, en vista de la gran varietat d'índexs pels diferents països, va adoptar una unitat internacional d'exposició al soroll aeronàutic, el WECPNL (*Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level*). La mateixa OACI en la Circular 116 *Noise Assessment for Land Use Planning* de 1974 va establir una comparació entre els diferents índexs perquè els diferents Estats poguessin confrontar els respectius mètodes amb els proposats per l'OACI.