



NOTA TÉCNICA:

SIMULACIÓN BARCELONA 2005 – ALTERNATIVAS DE OPERACIÓN

RESUMEN EJECUTIVO

Esta nota técnica recoge los resultados fundamentales de los estudios estratégicos para la toma de decisiones relacionados con los escenarios de cambio de rol de pistas en el Aeropuerto de Barcelona, tanto en configuración Este como en configuración Oeste.

Todo lo que queda pendiente son estudios de diseño y optimización de los escenarios considerados admisibles, que se espera no afectarán sustancialmente a las conclusiones estratégicas derivadas de esta nota técnica.

- Se recomienda utilizar el Aeropuerto de Barcelona con una configuración de operaciones y rodadura que no incluya cruce de pista de llegadas.
- Las propuestas¹ con by-pass, tanto en configuración Este como Oeste, cumplen con todos los criterios de admisibilidad internacionalmente reconocidos y proporcionan la capacidad necesaria para cubrir la demanda prevista, por lo que son válidas para la operación del Aeropuerto de Barcelona.

INTRODUCCIÓN

Los primeros diseños de operación de pistas y rodadura del futuro aeropuerto de Barcelona tuvieron en cuenta la posibilidad de llegadas por 25R y 07L y salidas por 25L y 07R, pero se descartó esta opción por presentar problemas operativos: cruce de pista de llegadas más problemático que cruce de pista de salidas, by-pass de pista de llegadas más restrictivo que by-pass de pista de salidas, e imposibilidad de uso de 25L/07R para todas las salidas (por limitaciones de peso al despegue). Se seleccionó, por tanto, la opción de salidas por 25R y 07L y llegadas por 25L y 07R.

En los primeros diseños también se abordó la posibilidad de emplear cruces para pasar a las aeronaves desde la nueva pista al área de plataforma actual. Se descartó la opción de cruces frente a by-pass porque los primeros proporcionaban resultados mucho peores, si no inadmisibles, en términos de demoras y operatividad.

En este estudio se retoman diseños ya planteados y descartados en el pasado, con el ánimo de buscar soluciones, entre estos diseños, para abordar los problemas de impacto medioambiental (impacto acústico, fundamentalmente) que pudieran derivarse de la operación del aeropuerto de Barcelona según el diseño final con el que se ha ampliado el aeropuerto.

Esta nota técnica recoge los resultados del estudio de simulación en tiempo acelerado ya presentados en la NOTA TÉCNICA "SIMULACIÓN BARCELONA 2005. ALTERNATIVAS DE OPERACIÓN PARA CONFIGURACIÓN OESTE" (Dir. de Ingeniería y Explotación Técnica) del 02.06.2005, incorporando para configuración ESTE los resultados equivalentes a los ya presentados para configuración OESTE.

OBJETIVO

El objetivo del estudio es analizar varias propuestas alternativas de operación y rodadura para la Configuración ESTE y OESTE del Aeropuerto de Barcelona-El Prat.

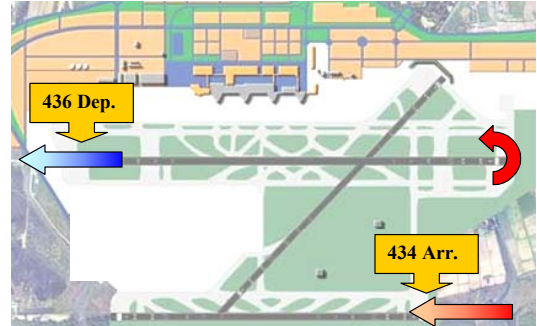
¹ Las distintas propuestas analizadas se detallan en los apartados siguientes.



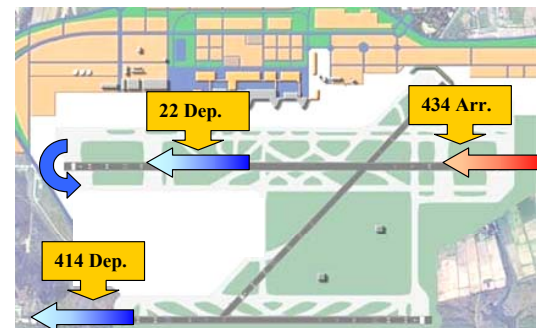
ESCENARIOS OESTE

Las configuraciones operativas analizadas en este estudio son:

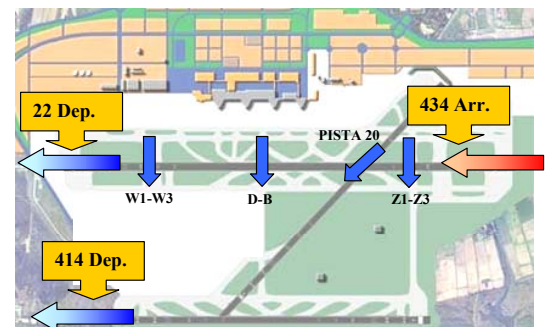
- **ARR-25L REFERENCIA:** Configuración OESTE. Utilización de la pista 25L para llegadas y 25R para salidas. Las aeronaves que llegan por la pista 25L cruzan 25R por by-pass detrás de umbral 25R, fuera de pista. El uso del by-pass no interfiere las salidas por 25R.



- **ARR-25R BY-PASS:** Configuración OESTE. Utilización de la pista 25R mixta preferente para llegadas. Sólo se utiliza 25R para salidas cuando éstas no pueden despegar (por limitación de peso al despegue) en 25L. Uso de la pista 25L exclusivamente para salidas. Las aeronaves que despegan por la pista 25L cruzan 25R por by-pass detrás de antenas del localizador² LOC25R, fuera de pista. El uso del by-pass no interfiere en llegadas por 25R. En cambio, tras los estudios de viabilidad del by-pass³, las salidas desde cabecera 25R afectan el flujo de salidas que utilizan el by-pass para dirigirse hacia la cabecera 25L (By-pass "sucio").



- **ARR-25R CRUCE:** Configuración OESTE. Utilización de la pista 25R mixta preferente para llegadas. Sólo se utiliza 25R para salidas cuando éstas no pueden despegar (por limitación de peso al despegue) en 25L. Uso de la pista 25L exclusivamente para salidas. Las aeronaves que despegan por la pista 25L cruzan 25R por todos los cruces de pista posibles⁴ (W1-W3, D-B, pista 20, Z1-Z3). El uso de cruces se ve interferido por llegadas y salidas por 25R.



² Comprobar la viabilidad de estos planteamientos no es el objetivo de este estudio de simulación. La viabilidad de las hipótesis de este estudio (antenas del LOC25R desplazadas lo suficiente para permitir la construcción del by-pass, y nueva pista 25R resultante válida para llegadas y salidas) han sido analizadas en el documento "Evaluación técnica de cambio de rol de pistas 07-25. Ampliación del Aeropuerto de Barcelona. Análisis previo de cruces y by-pass de la pista 07L-25R".

³ Documento "Evaluación técnica de cambio de rol de pistas 07-25. Ampliación del Aeropuerto de Barcelona. Análisis previo de cruces y by-pass de la pista 07L-25R".

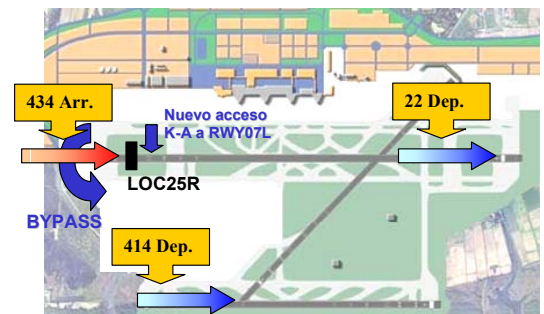
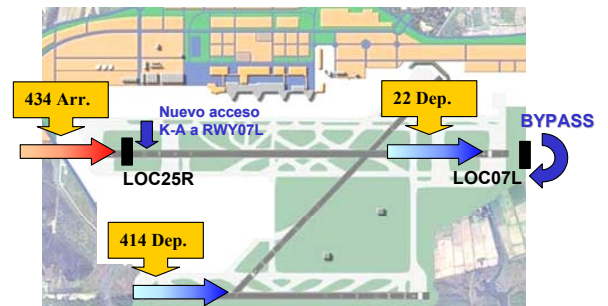
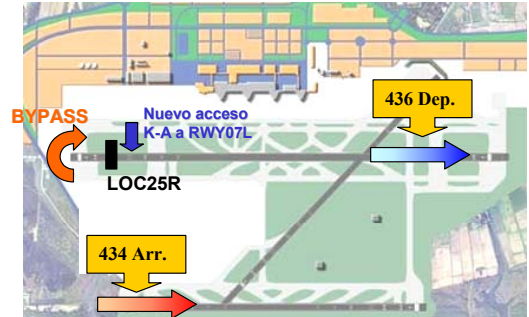
⁴ En las conclusiones preliminares del análisis de viabilidad de los cruces por pista 25R se expone que no es viable el cruce simultáneo por cuatro calles de rodadura. Desde este punto de vista, la hipótesis aplicada en el análisis del escenario de cruces es optimista y, por tanto, los resultados que se obtendrían teniendo en cuenta esta restricción serían aún peores.



ESCENARIOS ESTE

Las configuraciones operativas⁵ analizadas en este estudio son:

- ARR-07R REFERENCIA:** Configuración ESTE. Utilización de la pista 07R para llegadas y 07L para salidas. Las aeronaves que llegan por la pista 07R cruzan 07L por by-pass detrás de umbral 07L, fuera de pista. El uso del by-pass no interfiere las salidas por 07L.
- ARR-07L BYPASS UMBRAL 25R:** Configuración ESTE. Utilización de la pista 07L mixta preferente para llegadas. Sólo se utiliza 07L para salidas cuando éstas no pueden despegar (por limitación de peso al despegue) por 07R. Uso de la pista 07R exclusivamente para salidas. Las aeronaves que despegan por la pista 07R cruzan 07L por by-pass detrás de antenas del localizador⁶ LOC07L, fuera de pista. El uso del by-pass no interfiere en llegadas por 07L. En cambio, tras los estudios de viabilidad del by-pass⁷, las salidas desde cabecera 07L afectan la rodadura de salidas utilizando el by-pass (By-pass “sucio”).
- ARR-07L BYPASS UMBRAL 07L GP07L NO DESPLAZADA:** Configuración ESTE. Utilización de la pista 07L mixta preferente para llegadas. Sólo se utiliza 07L para salidas cuando éstas no pueden despegar (por limitación de peso al despegue) por 07R. Uso de la pista 07R exclusivamente para salidas. Las aeronaves que despegan por la pista 07R cruzan 07L por by-pass detrás de antenas del localizador LOC25R, fuera de pista. El uso del by-pass no interfiere en salidas por 07L. En cambio, tras los estudios de viabilidad del by-pass⁸, las llegadas por 07L afectan la rodadura de salidas utilizando el by-pass, convirtiéndolo en cruce permitido sólo cuando la llegada está a más de 6NM del umbral.



⁵ En todos los escenarios de configuración Este se ha considerado como hipótesis de partida el desplazamiento de las antenas del LOC25R y la existencia de una nueva calle K-A de acceso a inicio de pista 07L para aquellas aeronaves que por razones de peso al despegue requieran una mayor longitud de pista.

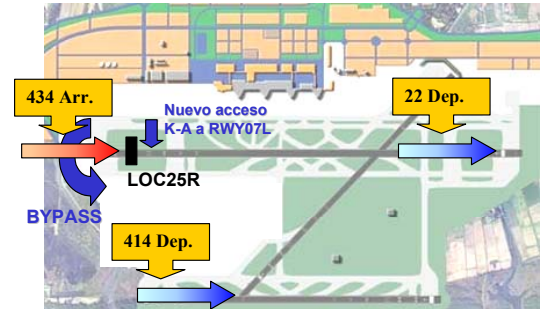
⁶ Comprobar la viabilidad de estos planteamientos no es el objetivo de este estudio de simulación. La viabilidad de las hipótesis de este estudio (antenas del LOC25R desplazadas lo suficiente para permitir la construcción del by-pass, y nueva pista 25R resultante válida para llegadas y salidas) ha sido analizada en el documento “Evaluación técnica de cambio de rol de pistas 07-25. Ampliación del Aeropuerto de Barcelona. Análisis previo de cruces y by-pass de la pista 07L-25R”.

⁷ Documento “Evaluación técnica de cambio de rol de pistas 07-25. Ampliación del Aeropuerto de Barcelona. Análisis previo de cruces y by-pass de la pista 07L-25R”.

⁸ Documento “Evaluación técnica de cambio de rol de pistas 07-25. Ampliación del Aeropuerto de Barcelona. Análisis previo de cruces y by-pass de la pista 07L-25R”.



- ARR-07L BYPASS UMBRAL 07L GP07L DESPLAZADA:** Configuración ESTE. Utilización de la pista 07L mixta preferente para llegadas. Sólo se utiliza 07L para salidas cuando éstas no pueden despegar (por limitación de peso al despegue) por 07R. Uso de la pista 07R exclusivamente para salidas. Las aeronaves que despegan por la pista 07R cruzan 07L por by-pass detrás de antenas del localizador LOC25R, fuera de pista. El uso del by-pass no interfiere en salidas por 07L. Se plantea la posibilidad⁹ de desplazar hacia el Este la senda de la pista 07L con la correspondiente reducción de la LDA: de este modo el by-pass es limpio para las salidas que se dirigen hacia la pista 07R y la secuencia de llegadas no se ve afectada.



⁹ Comprobar la viabilidad de estos planteamientos no es el objetivo de este estudio de simulación.



HIPÓTESIS, PARÁMETROS Y PLANTEAMIENTOS DEL ESTUDIO

Las principales hipótesis, suposiciones, parámetros y planteamientos del estudio son los siguientes:

- Separación mínima entre llegadas: 3NM.

Valor acordado en la reunión del Grupo Técnico de Ruido, el 26/04/2005.

- Separación entre salidas: según carta de acuerdo TWR-APP de Barcelona
- El diseño del área de maniobras del aeropuerto de Barcelona incluye las últimas modificaciones planificadas para estar operativas en junio de 2005.

Plano del área de maniobras proporcionado por la torre de Barcelona en la reunión del 4/05/2005.

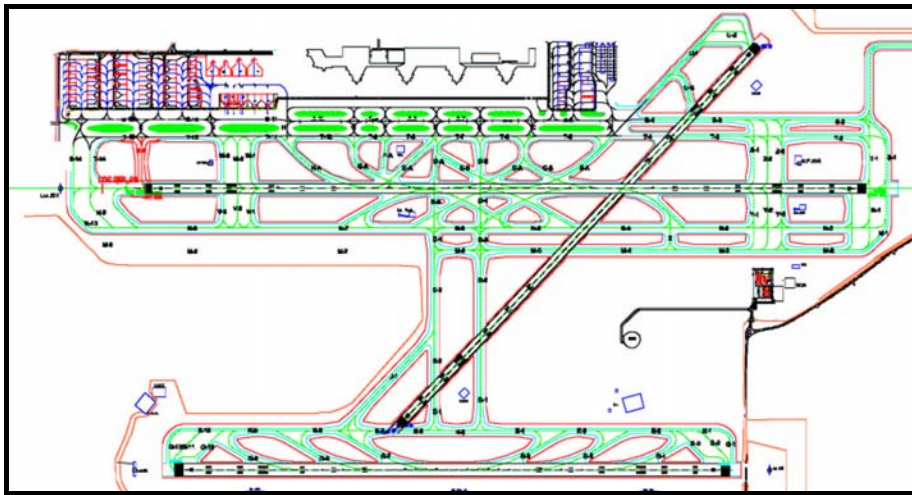


Figura 1.- Área de maniobras del Aeropuerto de Barcelona.

- Rodadura: se han empleado rodaduras unidireccionales y normalizadas (según recomendación 4.5.9. de EAPRI - *European Action Plan for the Prevention of Runway Incursions*), revisadas en las reuniones de trabajo del equipo de simulación, torre de Barcelona y Oficina de Transición, el 4/05/2005 y el 27/05/05:

CONF. OESTE:

- ARR 25L REFERENCIA: calle T (Este) y calle S (Oeste).
- ARR 25R BY-PASS: calle T (Este) y calle S (Oeste).
- ARR 25R CRUCE: calle T (Oeste) y calle S (Este).

CONF. ESTE:

- REFERENCIA ARR-07R: calle T (Oeste) y calle S (Este).
- ARR-07L BYPASS UMBRAL 25R: calle T (Este) y calle S (Oeste).
- ARR-07L BYPASS UMBRAL 07L GP07L NO desplazada: calle T (Oeste) y calle S (Este).



- ARR-07L BYPASS UMBRAL 07L GP07L desplazada: calle T (Este) y calle S (Oeste)¹⁰.

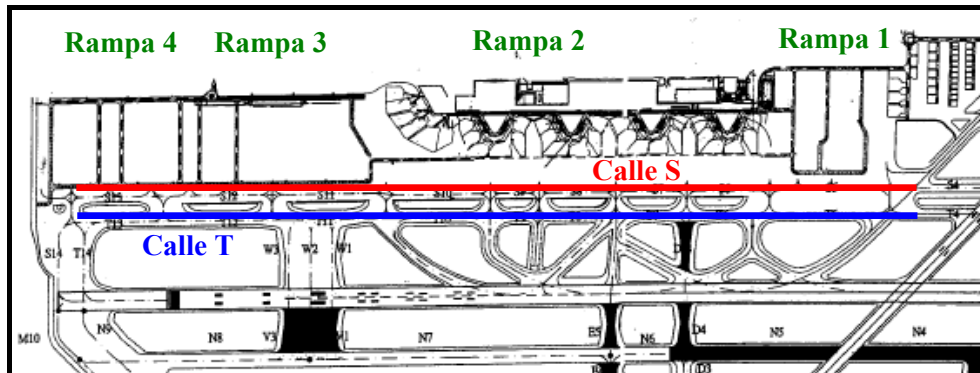


Figura 2.- Calles de rodadura T y S. Rampas de estacionamientos.

- Asignación de estacionamientos:

Originalmente, y para Conf. Oeste, se empleó la asignación de estacionamientos por compañías y tamaño de aeronaves utilizada en estudios anteriores, por coherencia con éstos. Esta hipótesis se acordó en la reunión de trabajo del equipo de simulación, torre de Barcelona y Oficina de Transición, el 4/05/2005, dada la urgencia del estudio. No obstante, y conocida la variación que la asignación de estacionamientos ha experimentado recientemente, se acordó y definió una asignación de estacionamientos actualizada en la reunión del 27/05/2008 (grupo de simulación, torre de Barcelona, Div. de Operaciones del Aeropuerto de Barcelona y Oficina de Transición), que se ha empleado en las simulaciones de Conf. Este y en un análisis de sensibilidad al cambio de asignación de estacionamientos en Conf. Oeste.

- Salidas independientes por 25R y 25L en Conf. Oeste y 07R y 07L en Conf. Este, cuando ambas pistas se empleen para salidas.

Originalmente, se utilizó un esquema básico de los procedimientos de salida por pista (proporcionados por la Oficina de Transición) diseñados para asegurar la independencia de salidas. Las simulaciones finales para configuración Este emplean los procedimientos actualizados de llegada y salida proporcionados por la División Espacio Aéreo (30/05/05).

- Porcentaje de aeronaves que despegan por 25R en Conf. Oeste ó 07L en Conf. Este: 5%¹¹. Se ha realizado, además, un análisis de sensibilidad a variaciones en este parámetro (escenario de By-pass en Conf. Oeste).

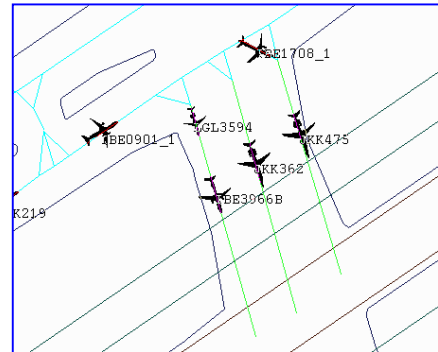
¹⁰ Como consecuencia del desplazamiento de la senda de la pista 07L hacia el Este es necesario un cambio en los sentidos de recorrido de las calles T y S para evitar interferencias en la señal de la senda por las aeronaves que se dirigen al by-pass de la cabecera 07L.

¹¹ En la muestra de tráfico considerada en este estudio el porcentaje de aeronaves pesadas está en torno al 2%. Según las prognosis empleadas por el Plan Barcelona, se estima que el porcentaje de aeronaves que usarán la pista 25R para despegues se situará en torno al 5%. Por otra parte, 5% es el valor utilizado por la muestra de tráfico que se ha empleado en todas las simulaciones recientes de Barcelona, por lo que es aconsejable mantener este valor por coherencia con todos los estudios anteriores. En la reunión del día 4/05/2005 (reunión de trabajo del equipo de simulación, torre de Barcelona y Oficina de Transición) se puso de manifiesto que este valor está creciendo constantemente y que actualmente hay aeronaves no pesadas que también requieren del uso de esta pista.



- Características de los cruces:

- Tiempo de cruce de pista: 30s, supuesto que los controladores de rodadura siempre empleen instrucciones condicionadas para el cruce. El cruce, cuando se realiza utilizando como rodadura la pista 20, emplea 42s-45s, debido a que las aeronaves tienen que recorrer más distancia para liberar la zona de seguridad de la pista (107.5m a ambos lados del eje) al ser un cruce en diagonal.
- Condición de cruce: cruce libre de aeronave usando pista (salida, llegada o aeronave precedente cruzando) y próxima llegada a más de 3NM del umbral de pista. Según información proporcionada por operativos de la torre de Barcelona, el objetivo es que cuando el cruce termine (la cola de la aeronave cruzando libera la línea de 107.5 m del eje de pista), una llegada debe estar a más de 1,5 NM¹². Esto, teniendo en cuenta que la aeronave cruzando emplea de 30s a 45s, requiere asegurar que la llegada esté a más de 3NM cuando la aeronave que cruza inicia el movimiento (supuesto que previamente ha recibido una instrucción condicionada de cruce).
- Cruces de pista 25R realizados por los apartaderos W y Z: se permitirán hasta 3 aeronaves esperando para cruzar y sólo 2 aeronaves (las exteriores) cruzan a la vez¹³.
- Asignación de punto de cruce: se asigna el lugar de cruce según proximidad a zonas de plataforma previamente establecidas¹⁴:
 - Cruce W1-W3: rampas 3 y 4, posiciones F y posiciones E1, E2 y E3.
 - Cruce D-B: posiciones D y E4, E5 y E6.
 - Cruce por pista 20: posiciones A, B y C y rampa 1 excepto aviación general.
 - Cruce Z1-Z3: aviación general.
- By-pass “sucio” alrededor de cabecera 25R o 07L: se entiende que el by-pass se convierte en cruce únicamente cuando se produce simultáneamente un despegue desde cabecera contraria y una aeronave pretende utilizar el by-pass y por tamaño penetra en la superficie de ascenso al despegue.



¹² Según el documento “Evaluación técnica de cambio de rol de pistas 07-25. Ampliación del Aeropuerto de Barcelona. Análisis previo de cruces y by-pass de la pista 07L-25R”, una aeronave en aproximación deberá situarse a 4NM o más del THR con la pista despejada de obstáculos. La hipótesis aplicada en el escenario de Cruces analizado en este estudio es más optimista.

¹³ Se comprobó en los estudios de viabilidad de los cruces por pista, que no es viable el cruce simultáneo por cuatro calles de rodadura. Los resultados obtenidos reflejan una situación más optimista que la que se deriva de aplicar los resultados del estudio de viabilidad de manera estricta.

¹⁴ La asignación de zonas de plataforma y cruces se analizó y acordó en la reunión de trabajo del equipo de simulación, torre de Barcelona y Oficina de Transición, el 4/05/2005. No se descarta que la política de cruce pueda ser optimizada, pero este análisis cae fuera del alcance de este estudio de simulación.



TRÁFICO

El tráfico empleado en las simulaciones es el mismo empleado en [1]. En la siguiente figura se muestra el perfil horario del tráfico simulado.

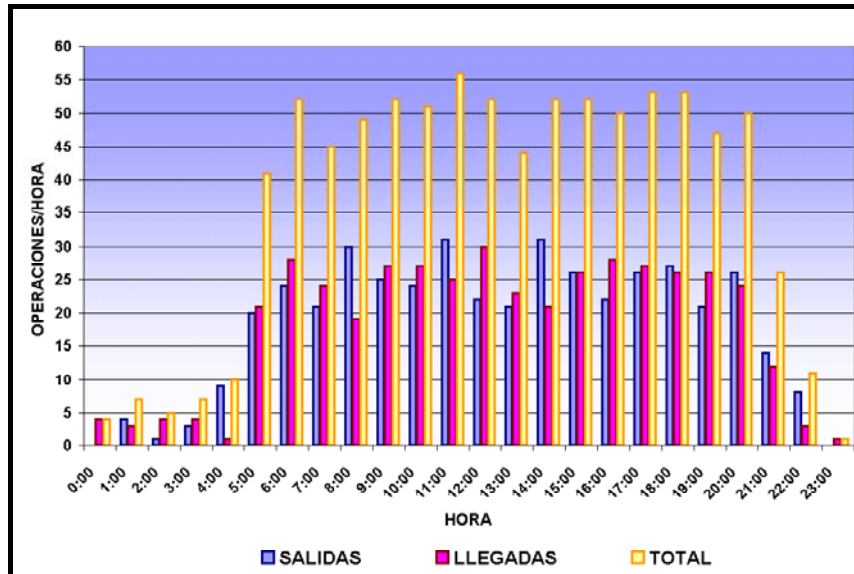


Figura 3.- Perfil de tráfico. Programación del aeropuerto de Barcelona 26-09-2004.

En el tráfico considerado no existen aeronaves tipo E.

El tráfico original tiene un total de 870 ops./día. Se ha analizado, además, un crecimiento del 30%, para llevar al aeropuerto a unas condiciones de demanda futura previsible en próximos años y que se supone realista. Las primeras simulaciones (configuración Oeste) se han realizado con un crecimiento homogéneo del 30%. Para las simulaciones de configuración Este, el crecimiento del 30% se ha adaptado a una prognosis previsible de los distintos tráficos que operan Barcelona, y ha sido consensuada por la Oficina de Transición y el grupo de simulación de la DDSNA. El crecimiento del tráfico se ha hecho en función del tipo de aeronave (A, B, C, D o E) y del origen/destino de los vuelos (nacional, UE Schengen, UE no Schengen, Internacional).

		Incremento tráfico 30%			
		Tipo de tráfico			
Tipo Aeronave	%	Doméstico	No Schengen	Schengen	Internacional
A	31%	13%	2%	7%	9%
B	26%	7%	13%	6%	0%
C	31%	9%	7%	8%	7%
D	27%	5%	6%	9%	7%
E	34%	25%	9%	0%	0%

Tabla 1.- Criterios de crecimiento del tráfico hasta 30%.



METODOLOGÍA

La herramienta de simulación en tiempo acelerado empleada es TAAM¹⁵.

La metodología general de análisis empleada en este estudio, es la desarrollada en el estudio "Simulación del Área de Maniobras del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas" (DDSNA, junio de 1997). Esta metodología ha sido aplicada en multitud de estudios relacionados con aeropuertos como Madrid-Barajas, Barcelona, Málaga, Palma de Mallorca, etc.

De manera global, se trata de un método comparativo en el que se analizan los siguientes parámetros:

- Número de intervenciones ATC¹⁶ en el flujo normal de tráfico en rodadura (I).
- Demora media de las salidas (D): incluye la demora asociada a estacionamientos, rodadura y cabecera de pista.
- Tiempo medio total en el área de maniobras (rodadura y demoras) para las llegadas (L).
- Tiempo medio de rodadura para las salidas (S).

Las vías de estudio son dos:

- a) Valoración de los resultados obtenidos para cada parámetro y en cada escenario, analizando con detalle las causas que originan esos resultados.
- b) Cálculo de la ponderación final o índice relativo de calidad del aeropuerto: se trata de utilizar los parámetros descritos para obtener un valor único con el que comparar los escenarios, para lo que se siguen los siguientes pasos:
 1. Determinar, entre los escenarios de estudio, el mejor valor de cada parámetro por separado. Los parámetros analizados son indicadores negativos de calidad, es decir, cuanto menor es el valor del parámetro, mejor es el escenario.
 2. Obtener índices relativos entre los escenarios para cada parámetro: se divide el valor menor de cada parámetro por el valor obtenido para el escenario, obteniéndose un índice relativo al mejor escenario, cuyo índice relativo es 1 (el resto de escenarios toman valores inferiores a la unidad, menores cuanto peor es el escenario).
 3. Ponderación final: dado que todos los índices están referidos a la unidad, se pueden sumar para obtener un índice global. Esta suma se hace de forma ponderada, de modo que se asigne más importancia a unos parámetros (índices) frente a otros. La ponderación empleada es la siguiente:

$$\text{Ponderación} = (10 \times I) + (7 \times D) + (4 \times L) + (4 \times S)$$

4. Valoración global de escenarios: un escenario es mejor cuanto más alto es su índice de ponderación (el valor máximo es 25).

Además de la metodología comparativa anterior, se realiza una evaluación de admisibilidad basada en criterios internacionalmente reconocidos. Los criterios de admisibilidad utilizados fueron planteados por Robert Horonjeff y Francis X. McKelvey "Planning & Design of Airports". El primer criterio de admisibilidad establece que la demora media diaria debe ser inferior a 10 minutos. El segundo criterio

¹⁵ TAAM (Total Airport and Airspace Modeller) es la herramienta de simulación empleada en los estudios recientes de simulación de Barcelona.

¹⁶ Se entiende por Intervención ATC todo cruce de flujos en rodadura que requiera la intervención táctica de un controlador para gestionar los flujos de rodadura involucrados en el cruce, incorporación, cruce de pista, etc.



recomienda que para que el nivel de servicio no se degrade las demoras medias anuales deben ser inferiores a 4 min. En ambos criterios, y para tener en cuenta la variabilidad de los resultados de simulación, se ha admitido ± 1 minuto de desviación, por lo que los límites de admisibilidad se establecen con un rango de 10 ± 1 minutos de demora diaria y 4 ± 1 minutos de demora media anual.

Para que una propuesta de operación sea admisible, debe cumplir con todos los criterios. Una propuesta es inadmisibles si incumple claramente con alguno de los criterios. Cuando los criterios se incumplen sólo para las llegadas o sólo para las salidas, o sólo en una configuración, dado que se desconoce el balance entre configuraciones y los resultados de la otra configuración, se considera un caso dudoso, aunque la tendencia general es a considerarlo inadmisibles.

RESULTADOS CONF. OESTE

En la tabla 2, se muestran los resultados principales del análisis de la rodadura de las propuestas planteadas para la muestra de tráfico original (870 ops./día) y el resultado de incrementar el tráfico original un 30%.

Los resultados del escenario ARR 25R BY-PASS se han actualizado teniendo en cuenta el hecho de que dicho by-pass se convierte en cruce cuando se produce un despegue desde la cabecera 25R.



Escenario	ESQUEMA	NÚMERO DE INTERVENCIONES ATC (Rodadura + Cruce Pista)	Tiempo de rodadura de las SALIDAS (Minutos)	Demora media de las SALIDAS (Minutos)	Tiempo de las LLEGADAS en el área de maniobras (T. de rodadura + demora media) (Minutos)	FACTOR DE CALIDAD
OESTE ARR-25L REFERENCIA BY-PASS (Tráfico: 870 ops./día)		61	5,31 min.	2,07 min.	12,38 min. (12,32+0,06)	20
OESTE ARR-25R BY-PASS "SUCIO" (Tráfico: 870 ops./día)		88 (82 + 6)	13,00 min.	1,62 min.	3,18 min. (3,12+0,06)	20
OESTE ARR-25R CRUCE (Tráfico: 870 ops./día)		500 (86 + 414)	9,17 min.	6,83 min.	3,27 min. (3,17+0,11)	9
OESTE ARR-25L REFERENCIA BY-PASS (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	111	5,31 min.	3,81 min.	12,39 min. (12,32+0,07)	20
OESTE ARR-25R BY-PASS "SUCIO" (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	140 (128 + 12)	13,00 min.	3,00 min.	3,19 min. (3,12+0,07)	20
OESTE ARR-25R CRUCE (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	727 (191+536)	9,17 min.	48,98 min.	8,18 min. (3,17+5,01)	6

Tabla 2.- Resultados principales Conf. Oeste.



FACTOR DE CALIDAD CONF. OESTE

El escenario de cruces presenta un factor de calidad muy inferior al que presentan los escenarios de Referencia y By-pass para las dos cargas de tráfico analizadas.

INTERVENCIONES ATC CONF. OESTE

En los dos escenarios propuestos (by-pass y cruce) se produce un incremento significativo del número de Intervenciones ATC en las calles T y S respecto del escenario de Referencia:

- En ambos escenarios, las llegadas por la pista 25R acceden directamente, procedentes de la correspondiente calle de salida rápida, a las calles T y S por las que discurren flujos de elevada densidad. En cambio, en el escenario de referencia, las llegadas acceden a la plataforma procedentes de la pista 25L por la calle S y se reduce la interferencia entre flujos.
- En el caso del escenario con cruces se ha incluido en el número de Intervenciones ATC aquellas que se producen por el cruce de la pista 25R. Todas las salidas por la pista 25L (414 aeronaves en el tráfico analizado) deben esperar autorización de torre para cruzar la pista y suponen intervenciones del personal ATC aún más críticas que las que se derivan de la gestión de flujos en rodadura.
- También en el escenario con cruces, surgen nuevos puntos con elevado número de Intervenciones ATC cuando se integran los flujos procedentes de los cruces de pista.

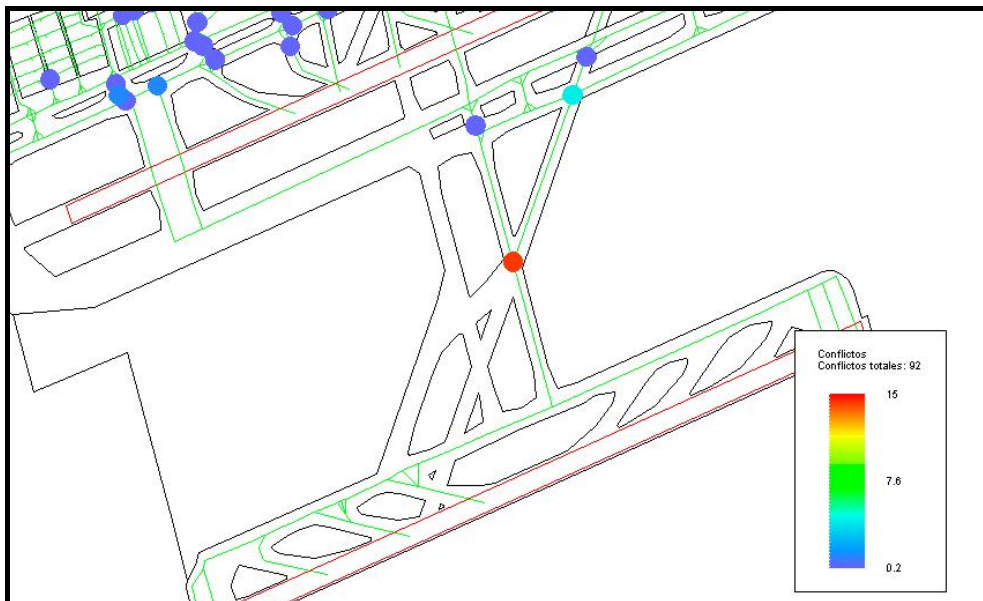


Figura 4.- Nuevas zonas con elevado número de Intervenciones ATC. Escenario de cruces.

TIEMPOS DE RODADURA CONF. OESTE

La utilización de la pista 25R como pista de arribadas disminuye el tiempo de rodadura de las llegadas respecto del escenario de referencia (llegadas por la pista 25L). Como contrapartida, los tiempos de rodadura de las salidas aumentan aproximadamente en la misma medida que disminuyen los tiempos de rodadura de las llegadas.



Para el escenario con cruces, el tiempo de rodadura para las salidas es menor que en el escenario con by-pass, como consecuencia del uso de los cruces de pista 25R. Esta disminución del tiempo de rodadura de las salidas es contrarrestada por el incremento de la demora media que experimentan las salidas mientras esperan autorización de torre para cruzar pista.

DEMORA MEDIA DE SALIDAS CONF. OESTE

El escenario con cruces presenta una demora media de salidas por encima de los límites de admisibilidad incluso con el tráfico original de 870 ops./día. El cruce de la pista 25R supone un momento crítico de la operación ya que la pista 25R no sólo está ocupada por las llegadas sino también por las salidas de aeronaves pesadas desde T1.

- Una demanda continuada de llegadas separadas 3 NM en la milla 4 bloquea prácticamente los cruces de la pista 25R (Figura 5). Hay que tener en cuenta que desde que la aeronave toma tierra hasta que libera los puntos de cruce transcurre un tiempo en el que la llegada siguiente se ha aproximado al umbral lo suficiente como para impedir de nuevo el cruce de pista. Para mejorar el rendimiento de los cruces de pista sería necesario incrementar la separación entre llegadas consecutivas lo que implicaría un incremento de la demora de llegadas en aire y una disminución de la capacidad del aeropuerto.



Figura 5.- Cruce por pista 20. Escenario de Cruces.

- En el escenario de By-pass, se produce una descompensación entre los flujos que circulan por las calles T y S.
- Los tráficos integrados en la calle Sierra en el escenario By-pass son:
 - Todas las salidas que se dirigen a la pista 25L por el By-pass por cabecera 07L.
 - Llegadas que se dirigen a estacionamiento remoto en rampas 3 y 4 (Oeste) o que abandonando pista por las primeras calles de salida rápida estacionan en diques 3, 4 y 5.

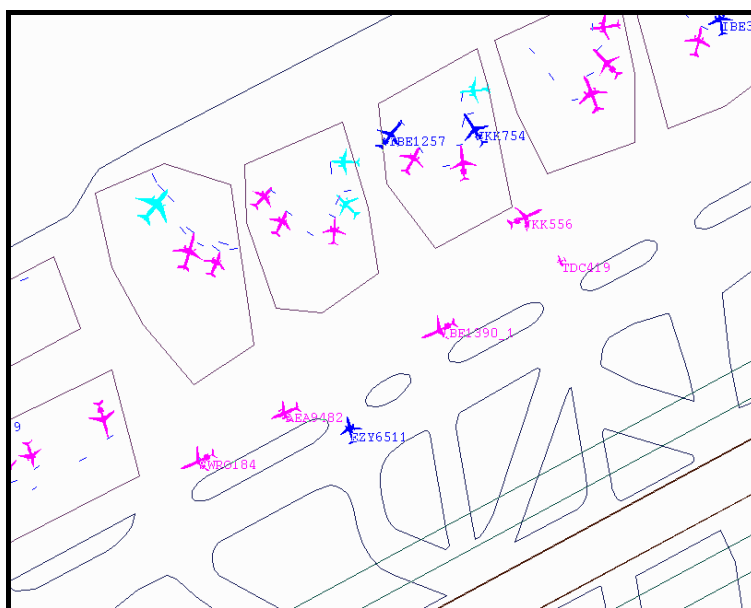


Figura 6.- Tráficos integrados en la calle Sierra. Escenario By-pass.

Por el contrario, la zona Oeste de la calle T prácticamente no se usa durante la mayor parte del día.

En la política de asignación de estacionamientos definida en los escenarios de simulación, se intenta optimizar la ocupación de los diques y de las rampas 1 y 2 en detrimento de la zona de remotos Oeste. Durante las reuniones periódicas de validación de los escenarios, el personal de la Torre de Barcelona puso de manifiesto que en la actualidad el nivel de ocupación de las rampas 3 y 4 (Oeste) es significativamente mayor, lo que redundaría en un mayor desequilibrio de uso de las calles T y S.

La posibilidad de emplear parte de la calle T como bidireccional o no normalizada para equilibrar el uso de las calles T y S podría tener implicaciones sobre el control de la rodadura, haciéndolo mucho más complejo, ya que se incrementaría el número de las comunicaciones entre los controladores que gestionan las dos zonas en que estaría dividida el área de movimientos y aumentaría la probabilidad de que se den situaciones de enfrentamientos entre dos aeronaves en la misma calle de rodadura. Este aspecto no se ha analizado en este estudio.

En la Figura 7 se observa cómo la densidad de flujos entre las calles S y T en el escenario de Referencia es muy similar, mientras que en el caso del escenario de By-Pass por la calle S circula un tráfico mucho más intenso que por la calle T.

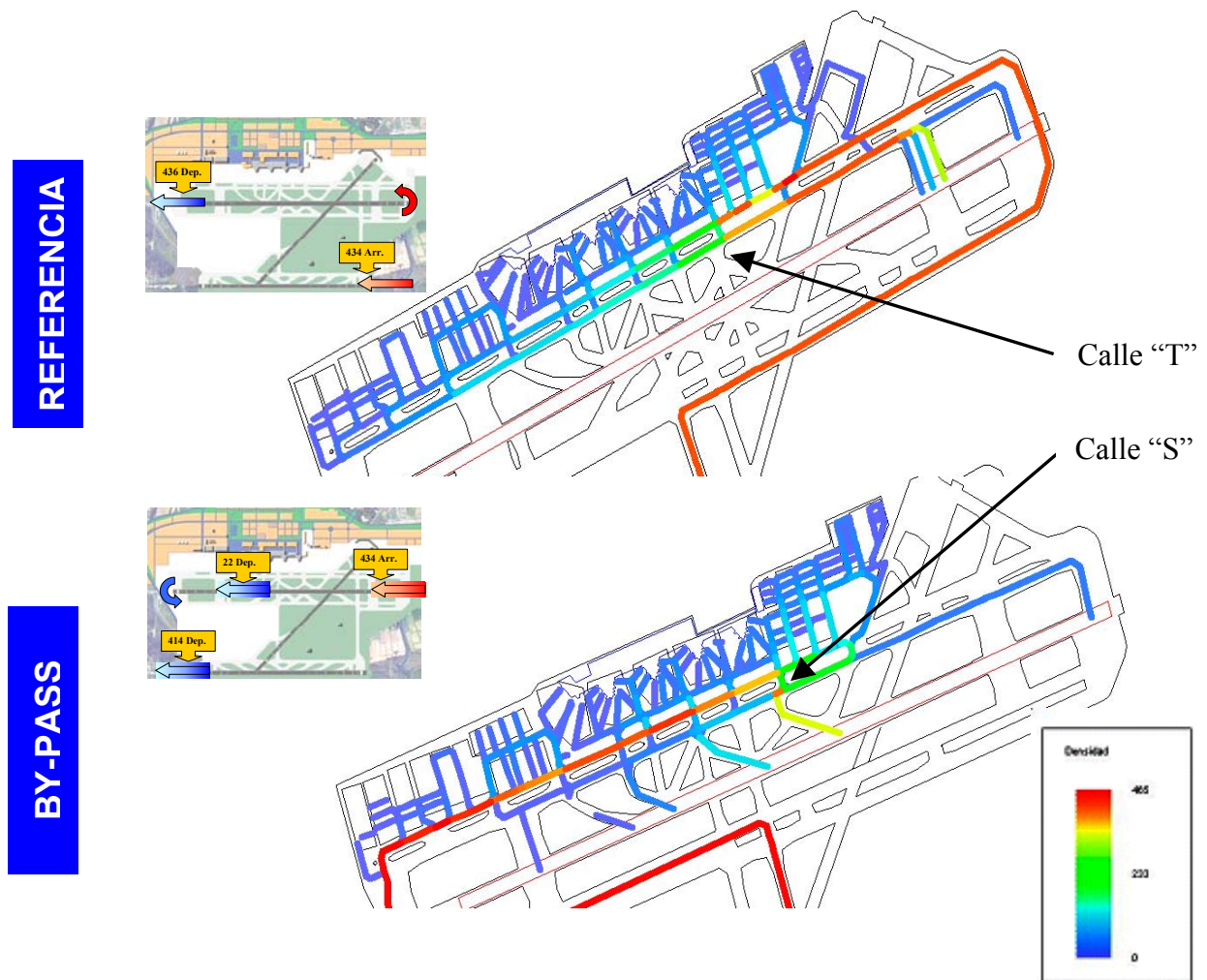


Figura 7.- Mapas de densidad de flujos de rodadura. Referencia vs By-pass.

- Como consecuencia del incremento del flujo que registra la calle S, la demora de las salidas del aeropuerto de Barcelona asociada exclusivamente a la rodadura (sin tener en cuenta la asociada a estacionamiento o pista) aumenta en torno al 9% respecto del escenario de Referencia. Un análisis más detallado de las demoras producidas exclusivamente en la calle S permite determinar que la demora generada en esta calle en particular sufre un significativo incremento del 36% respecto del escenario de Referencia en el que los flujos por las calles T y S están muy equilibrados.

DEMORA MEDIA DE LLEGADAS CONF. OESTE

En el escenario con cruces y para el tráfico incrementado un 30% las salidas que esperan a cruzar pista llegan a bloquear la calle T de forma que las llegadas no son capaces de acceder a puesto de estacionamiento y acumulan demora.

Este efecto podría mejorarse si se optimiza la gestión de asignación de cruces. Aunque este aspecto no ha sido abordado en este estudio de simulación, se considera que los cruces están suficientemente saturados al incrementar el tráfico un 30%, que la optimización de la gestión de cruces no producirá resultados suficientemente admisibles.



ANÁLISIS DE ADMISIBILIDAD CONF. OESTE

En la tabla 3 se ofrecen los resultados fundamentales del análisis de admisibilidad para Conf. Oeste.



Escenario	ESQUEMA	Operaciones horarias máximas atendidas LLEGADAS/SALIDAS/TOTAL	Tiempo de rodadura máximo (min.) LLEGADAS/SALIDAS	Número de SALIDAS demoradas más de 10 minutos	Nº de intervenciones ATC TOTAL	DEMORA MEDIA DEL AEROPUERTO (min.) LLEGADAS/SALIDAS/TOTAL	Admisible (si/no)
OESTE ARR-25L REFERENCIA BY-PASS (Tráfico: 870 ops./día)		29/31/58	15 min / 10 min	5	61	1,11 min. / 2,07 min. / 1,6 min.	SI
OESTE ARR-25R BY-PASS "SUCIO" (Tráfico: 870 ops./día)		28/32/58	5 min / 16 min	5	88 (82 + 6)	1,11 min. / 1,62 min. / 1,4 min.	SI
OESTE ARR-25R CRUCE (Tráfico: 870 ops./día)		28/31/58	5 min / 12 min	105	500 (88 + 412)	1,16 min. / 6,83 min. / 4,0 min.	NO
OESTE ARR-25L REFERENCIA BY-PASS (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	37/35/70	15 min / 10 min	56	112	2,16 min. / 3,81 min. / 3,0 min.	SI
OESTE ARR-25R BY-PASS "SUCIO" (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	37/37/74	5 min / 16 min	36	140 (128 + 12)	2,16 min. / 3,00 min. / 2,6 min.	SI
OESTE ARR-25R CRUCE (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	37/38/65	5 min / 12 min	407	727 (191 + 536)	7,10 min. / 48,98 min. / 28,0 min.	NO

Tabla 3.- Análisis de admisibilidad Conf. Oeste.



RESULTADOS CONF. ESTE

En la tabla 4, se muestran los resultados principales del análisis de la rodadura de las propuestas planteadas para la muestra de tráfico original (870 ops./día) y el resultado de incrementar el tráfico original un 30%.



Escenario	ESQUEMA	NÚMERO DE INTERVENCIONES ATC (Rodadura + Cruce Pista)	Tiempo de rodadura de las SALIDAS (Minutos)	Demora media de las SALIDAS (Minutos)	Tiempo de las LLEGADAS en el área de maniobras (T. de rodadura + demora media) (Minutos)	FACTOR DE CALIDAD
ESTE REFERENCIA ARR-07R BY-PASS (Tráfico: 870 ops./día)		61	3,73 min.	1,63 min.	10,74 min. (10,67+0,07)	23
ESTE ARR-07L BY-PASS "SUCIO" UMBRAL 25R (Tráfico: 870 ops./día)		113 (106 + 7)	15,08 min.	1,78 min.	4,14 min. (4,06+0,08)	17
ESTE ARR-07L CRUCE UMBRAL 07L GP07L NO DESPLAZADA (Tráfico: 870 ops./día)		500 (86 + 414)	12,34 min.	7,73 min.	4,63 min. (4,01+0,62)	7
ESTE ARR-07L CRUCE UMBRAL 07L GP07L DESPLAZADA (Tráfico: 870 ops./día)		69	12,18 min	1,95 min.	5,08 min. (5,01+0,07)	19

Tabla 4.- Resultados principales Conf. Este.



Escenario	ESQUEMA	NÚMERO DE INTERVENCIONES ATC (Rodadura + Cruce Pista)	Tiempo de rodadura de las SALIDAS (Minutos)	Demora media de las SALIDAS (Minutos)	Tiempo de las LLEGADAS en el área de maniobras	FACTOR DE CALIDAD
					(T. de rodadura + demora media) (Minutos)	
ESTE REFERENCIA ARR-07R BY-PASS (Tráf.: 1131 ops./día)	Tráfico clonado 30%	106	3,87 min.	2,96 min.	10,96 min. (10,76+0,20)	23
ESTE ARR-07L BY-PASS "SUCIO" UMBRAL 25R (Tráf.: 1131 ops./día)	Tráfico clonado 30%	182 (172 + 10)	14,96 min.	3,62 min.	4,20 min. (4,00+0,20)	17
ESTE ARR-07L CRUCE UMBRAL 07L GP07L NO DESPLAZADA¹⁷ (Tráf.: 1131 ops./día)	Tráfico clonado 30%	X	X	X	X	X
ESTE ARR-07L CRUCE UMBRAL 07L GP07L DESPLAZADA (Tráf.: 1131 ops./día)	Tráfico clonado 30%	117	11,74 min	4,19 min.	5,30 min. (5,20+0,10)	18

Tabla 4.- Resultados principales Conf. Este.

¹⁷ Los resultados obtenidos por este escenario para el tráfico de 870 ops/día no superan los límites de admisibilidad contemplados en este análisis y por tanto desaconsejan un análisis similar con una carga de tráfico incrementada.



FACTOR DE CALIDAD CONF. ESTE

El escenario de By-pass 07L dejando en su posición actual la senda de la pista 07L presenta un factor de calidad muy inferior al que presentan el resto de los escenarios analizados ya que el by-pass se convierte en un cruce de pista e impone separaciones entre llegadas consecutivas de al menos 6 NM para facilitar el paso de las salidas hacia la pista 07R.

Una vez que la senda se desplaza hacia el Este, el by-pass por cabecera 07L es limpio y no existe interferencia entre la secuencia de llegadas por la pista 07L y el flujo de salidas por el by-pass.

INTERVENCIONES ATC CONF. ESTE

En los tres escenarios propuestos (by-pass 07L con y sin desplazamiento de la senda GP07L y by-pass 25R) se produce un incremento significativo del número de Intervenciones ATC en las calles T y S respecto del escenario de Referencia:

- En todos los escenarios que contemplan un cambio de rol de pistas, las llegadas por la pista 07L acceden directamente a las calles T y S por las que discurren flujos de elevada densidad, procedentes de la correspondiente calle de salida rápida. En cambio, en el escenario de referencia, las llegadas acceden a la plataforma procedentes de la pista 07R por la calle S y se reduce la interferencia entre flujos.
- En el caso del escenario By-pass 07L sin desplazamiento de la senda GP07L, se ha incluido en el número de Intervenciones ATC aquellas que se producen por el cruce de la pista 07L. Todas las salidas por la pista 07R (414 aeronaves en el tráfico analizado¹⁸) deben esperar autorización de torre para cruzar la pista y suponen intervenciones del personal ATC aún más críticas que las que se derivan de la gestión de flujos en rodadura.
- Cuando se desplaza la senda GP07L hacia el Este, los sentidos de recorrido de las calles T y S se invierten respecto del escenario de referencia (tal y como ocurre en el escenario by-pass 25R). El número de Intervenciones ATC aumenta respecto de la Referencia pero no tanto como en el escenario de By-pass 25R porque las llegadas, debido a la reducción de la LDA, utilizan en mayor proporción las calles de salida rápida situadas más hacia el Este para abandonar pista. Se produce una segregación de los flujos de llegadas y salidas.
- El By-pass 25R presenta un incremento muy significativo del número de Intervenciones ATC respecto del escenario de Referencia:
 - El By-pass por la cabecera 25R no es limpio para aeronaves de tamaño superior a los turbohélices porque penetran en la superficie de ascenso en el despegue por la pista 07L. El porcentaje de aeronaves que emplean la pista 07L para despegar por limitación del peso al despegue es del 5% (22 aeronaves para el tráfico de 870 ops./día) y por tanto el número de Intervenciones ATC asociados al uso del by-pass 25R se reduce a 7 Intervenciones ATC/día.
 - Se genera un elevado número de Intervenciones ATC a lo largo de la calle T entre el flujo de salidas que se dirige hacia el by-pass 25R y las llegadas que acceden a la calle S desde la correspondiente calle de salida rápida.

¹⁸ Para el tráfico de 870 ops./día.

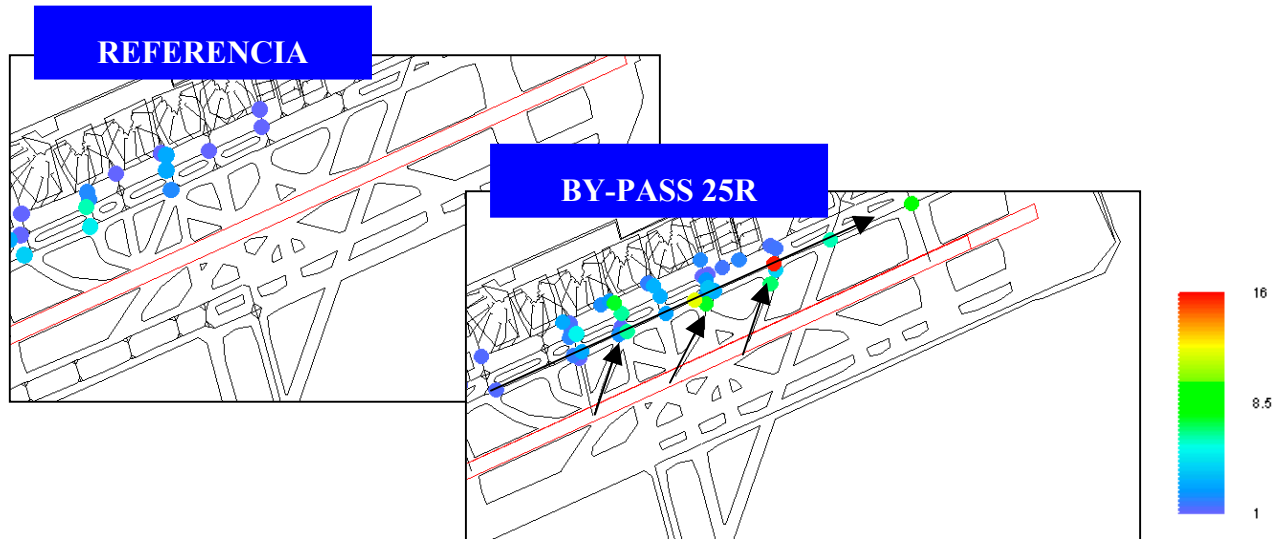


Figura 8.- Incremento de Intervenciones ATC. Escenario Referencia vs. By-pass 25R.

TIEMPOS DE RODADURA CONF. ESTE

La utilización de la pista 07L como pista de arribadas disminuye el tiempo de rodadura de las llegadas respecto del escenario de referencia (llegadas por la pista 07R). Como contrapartida, los tiempos de rodadura de las salidas aumentan aproximadamente en la misma medida que disminuyen los tiempos de rodadura de las llegadas.

En el escenario By-pass 07L con desplazamiento hacia el Este de la senda GP07L aumentan los tiempos de rodadura de las llegadas debido a la reducción de la LDA de la pista 07L: el punto de toma de contacto de las llegadas se desplaza hacia el Este y se utilizan en mayor proporción que en la referencia las calles de salida rápida más alejadas de la plataforma.

El escenario que supone un mayor incremento del tiempo de rodadura de las salidas respecto del escenario de Referencia es, lógicamente, el escenario de By-pass 25R. El by-pass se ha colocado en el escenario de simulación a 222 metros de la calle M1¹⁹.

DEMORA MEDIA DE SALIDAS CONF. ESTE

El escenario con by-pass alrededor de la cabecera 07L y sin tener en cuenta el desplazamiento de la senda GP07L presenta una demora media de salidas por encima de los límites de admisibilidad incluso con el tráfico original de 870 ops./día. Según los estudios de viabilidad del by-pass 07L se establece que si la senda GP07L permanece en su posición actual el by-pass se debe considerar como un cruce de pista. Las salidas que se dirigen a la pista 07R reciben la autorización para cruzar la pista 07L siempre que la primera llegada por la pista 07L se encuentre al menos a 6 NM del umbral.

- Una demanda continuada de llegadas separadas 3 NM en la milla 4 bloquea los cruces de la pista 07L y supone la saturación del aeropuerto de Barcelona.

¹⁹ Según el documento "Análisis de los puntos de espera y by-pass en configuración Este en el Aeropuerto de Barcelona".



- En el escenario analizado, se ha considerado la ampliación táctica de la separación entre llegadas consecutivas hasta 6 NM para abrir huecos suficientes que permitan el cruce de la pista 07L. Este proceso no es automático y se requiere un lapso de tiempo hasta que se logra establecer separaciones de 6 NM por lo que se siguen produciendo colas de espera en la calle T (Figura 9) y el nivel de demora media de salidas sigue siendo inadmisibile.

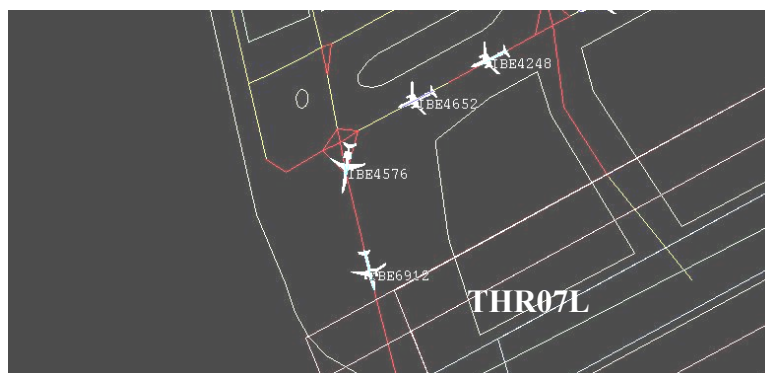


Figura 9.- Cruce de pista 07L por T14. Escenario de By-pass 07L sin desplazamiento GP07L.

Como ocurría en configuración Oeste, los escenarios propuestos suponen, respecto del escenario de Referencia, una descompensación entre los flujos que circulan por las calles T y S²⁰. El grado de descompensación es diferente en función de los escenarios:

- En el escenario de Referencia, la calle S (dirección Este) gestiona las llegadas procedentes de la pista 07R mientras que la calle T (dirección Oeste) gestiona salidas hacia la pista 07L. Los flujos están muy equilibrados (Figura 10).
- En el escenario de By-pass 07L sin desplazamiento de la senda GP07L, la calle S (dirección Este) gestiona parte de las llegadas que salen por las primeras calles de salida rápida y se dirigen a posiciones de estacionamiento situadas en el Este del aeropuerto. La calle T gestiona tanto las salidas como aquellas llegadas que se dirigen hacia la plataforma del Oeste. El escenario de By-pass 07L con desplazamiento de la senda GP07L supone una inversión de los sentidos de rodadura de las calles T (ahora dirección Este) y S (ahora dirección Oeste) pero la descompensación de los flujos es la misma.
- Cuando la senda GP07L es desplazada hacia el Este, el by-pass por la cabecera 07L es limpio y se reduce drásticamente la demora media de salidas respecto del mismo escenario sin desplazar la senda. Sin embargo, debido a la descompensación entre flujos por las calle S y T (utilización prácticamente nula de la calle T), la demora media de salidas es superior al escenario de Referencia y al escenario de by-pass por la cabecera 25R.
- En el escenario de By-pass 25R, la calle T (dirección Este) gestiona todo el flujo de salidas y el flujo de llegadas que se dirigen desde la correspondiente calle de salida rápida hacia la zona Este del aeropuerto. La calle S (dirección Oeste) gestiona el flujo de llegadas hacia la zona Oeste del aeropuerto. El desequilibrio entre flujos por las calles T y S no es tan significativo como en los escenarios que consideran el by-pass por la cabecera 07L.

Como se comentó en el análisis de configuración Oeste, emplear alguna de las dos calles de rodadura como bidireccional o no normalizada para equilibrar el uso de las calles T y S podría tener implicaciones sobre el control de la rodadura, haciéndolo mucho más complejo. Se incrementaría el número de las comunicaciones entre los controladores que gestionan las dos zonas en que estaría dividida el área de

²⁰ En los escenarios de Este ya se ha tenido en cuenta la política de asignación de estacionamientos actualizada en la reunión del 27/05/2008 (grupo de simulación, torre de Barcelona, Div. de Operaciones del Aeropuerto de Barcelona y Oficina de Transición)



movimientos y aumentaría la probabilidad de que se den situaciones de enfrentamientos entre dos aeronaves en la misma calle de rodadura. Ninguno de los aspectos mencionados en este párrafo son objeto de este estudio.

En la Figura 10 se observa cómo la densidad de flujos entre las calles S y T en el escenario de Referencia es muy similar (para el tráfico de 1131 ops/día), mientras que en el resto de los escenarios analizados, especialmente en el escenario de By-pass 07L con senda GP07L desplazada hacia el Este, existe un fuerte desequilibrio entre los flujos por las dos calles analizadas.

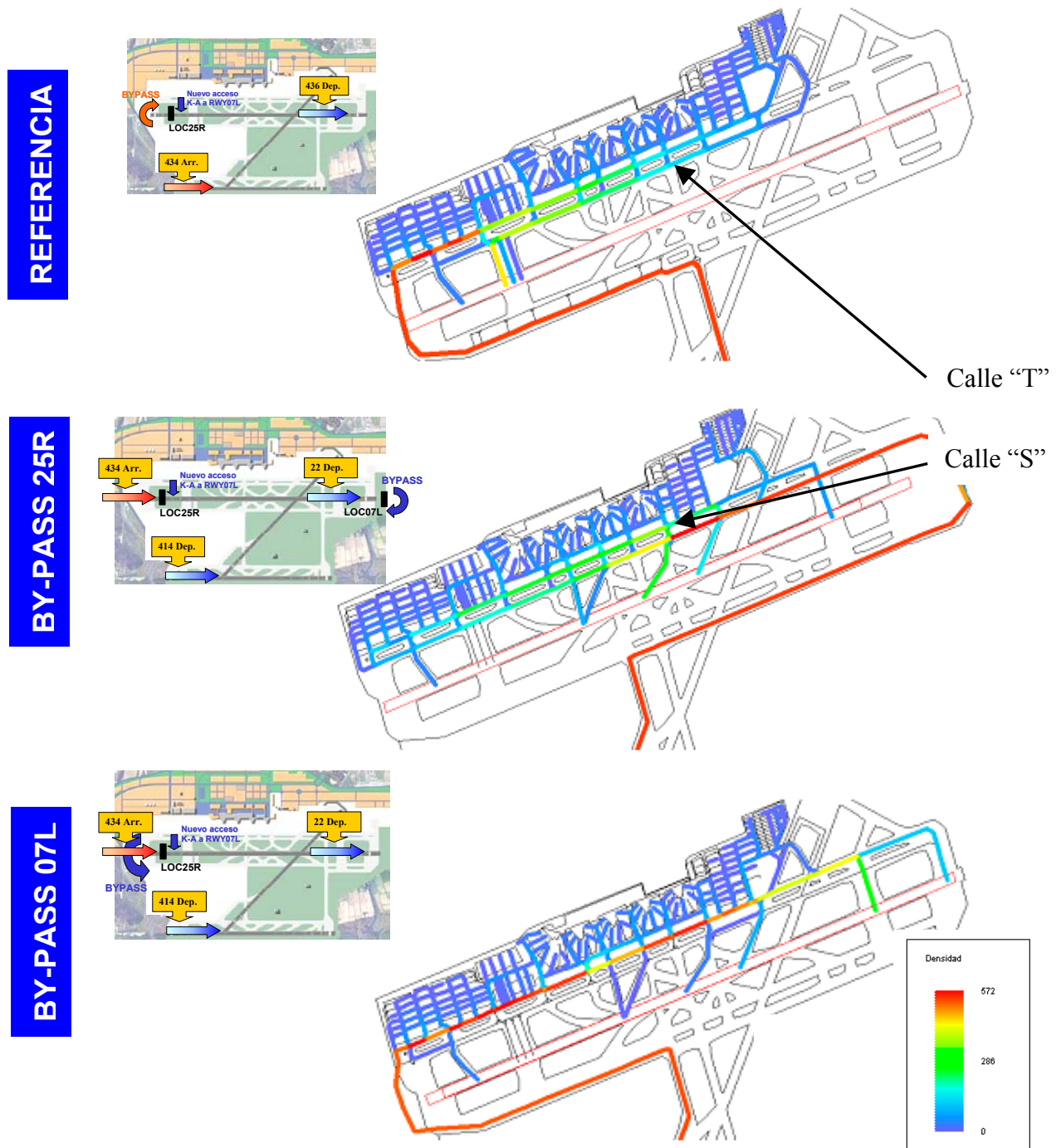


Figura 10.- Mapas de densidad de flujos de rodadura. Referencia vs By-pass 25R vs By-pass 07L (con desplazamiento de la senda GP07L hacia el Este).



- El desplazamiento de la senda GP07L hacia el Este provoca que, en el escenario de by-pass por la cabecera 07L, la calle T prácticamente no se use. Los tráficos integrados en la calle S son:
 - Todas las salidas que se dirigen a la pista 07R por el By-pass por cabecera 07L y las que despegan por la pista 07L.
 - Todas las llegadas que se dirigen a puestos de estacionamiento situados al este de la calle de salida rápida de la pista 07L que han empleado. Debido a la reducción de la LDA como consecuencia del traslado de la senda GP07L son un porcentaje muy elevado ya que se emplean en mayor proporción las calles de salida rápida más alejadas.
- Se ha analizado el incremento de la demora asociada a la calle S entre el escenario de Referencia y el escenario que presenta una mayor descompensación entre flujos por las calles S y T, es decir, el escenario de by-pass 07L con desplazamiento de la senda GP07L hacia el Este.

En este escenario, y como consecuencia del incremento del flujo que registra la calle S, la demora generada en esta calle sufre un incremento muy significativo de aproximadamente el 140%²¹ respecto del escenario de Referencia en el que los flujos por las calles T y S están muy equilibrados. Los resultados obtenidos muestran que aunque el escenario es asumible desde el punto de vista de los criterios de admisibilidad considerados en el estudio, el incremento de la demora asociado a esta calle es suficientemente significativo como para analizar en detalle otras posibles estrategias de rodadura que permitan equilibrar el uso de las calles T y S.

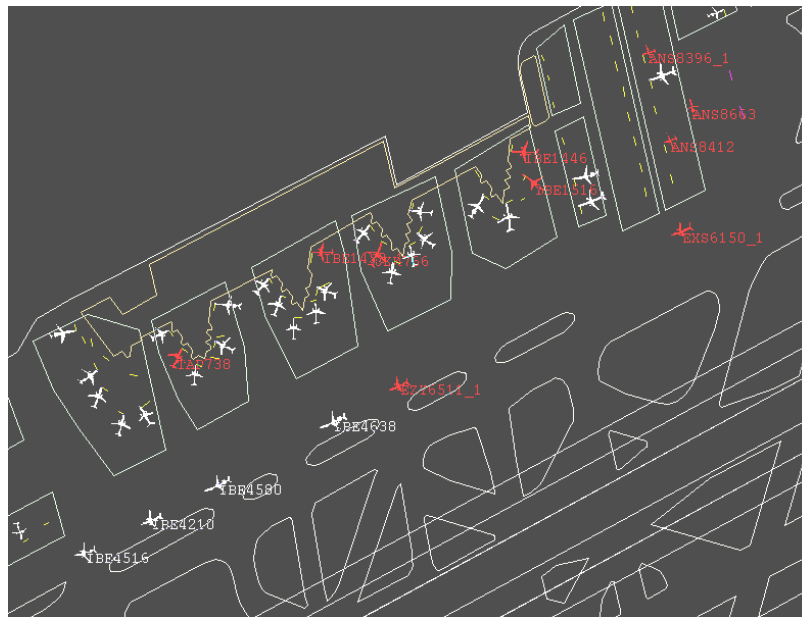


Figura 11.- Tráficos integrados en la calle Sierra. Escenario Este By-pass 07L GP07L desplazada.

²¹ Resultado obtenido con la carga de tráfico de 1131 ops./día.

DEMORA MEDIA DE LLEGADAS CONF. ESTE

En el escenario By-pass 07L sin desplazamiento de la senda GP07L se incrementa de manera significativa la demora de las llegadas en rodadura:

- En estas condiciones, el by-pass 07L se convierte en un cruce y las aeronaves reciben la autorización para cruzar la pista siempre que la primera llegada por la pista 07L se encuentre al menos a 6 NM. Aunque de forma táctica control establezca un incremento de la separación entre llegadas consecutivas de al menos 6 NM para facilitar el cruce de aeronaves por el by-pass 07L, no se consigue evitar en horas punta el bloqueo de la calle T para aquellas llegadas que quieren acceder a posiciones de estacionamiento situadas en la zona Oeste del Aeropuerto de Barcelona (Figura 12).

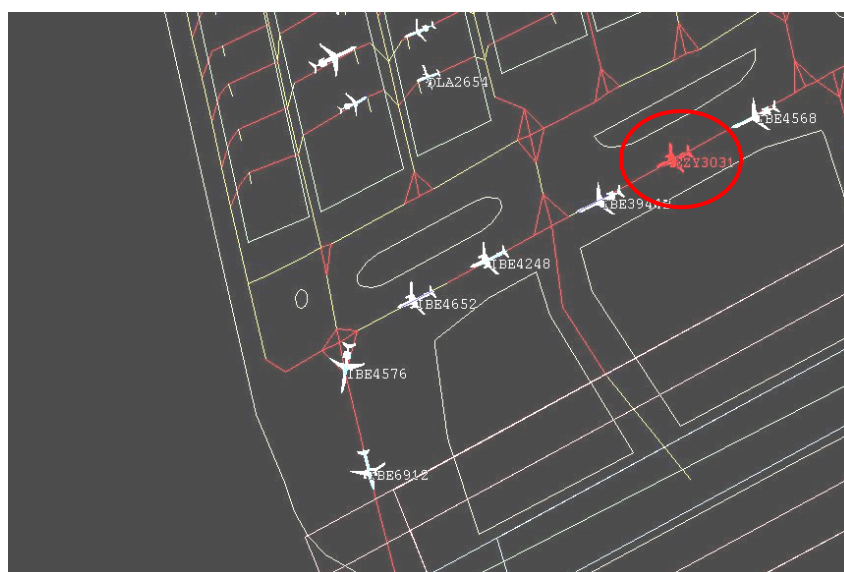


Figura 12.- Llegadas bloqueadas por By-pass 07L sin desplazamiento GP07L.

- Las aeronaves que quieren despegar por la pista 07L accediendo por la nueva calle K-A, deben esperar en la calle T12 para evitar interferencias con la señal de la senda GP 07L. En esta situación, bloquean la calle T tanto para salidas como para llegadas.

El resto de escenarios presentan una demora media de llegadas en rodadura similar y poco significativa.

ANÁLISIS DE ADMISIBILIDAD CONF. ESTE

En la tabla 5 se ofrecen los resultados fundamentales del análisis de admisibilidad para Conf. Este.



Escenario	ESQUEMA	Operaciones horarias máximas atendidas LLEGADAS/SALIDA S/TOTAL	Tiempo de rodadura máximo (min.) LLEGADAS/SALIDAS	Número de SALIDAS demoradas más de 10 minutos	Nº de intervenciones es ATC TOTAL	DEMORA MEDIA DEL AEROPUERTO (min.) LLEGADAS/SALIDA S/TOTAL	Admisible (si/no)
ESTE REFERENCIA ARR-07R BY-PASS (Tráfico: 870 ops./día)		28/31/56	14 min / 7 min	5	61	1,09 min. / 1,63 min. min. / 1,36 min.	SI
ESTE ARR-07L BY-PASS "SUCIO" UMBRAL 25R (Tráfico: 870 ops./día)		28/30/56	8 min / 19 min	7	113	1,09 min. / 1,78 min. min. / 1,44 min.	SI
ESTE ARR-07L CRUCE UMBRAL 07L GP07L NO DESPLAZADA (Tráfico: 870 ops./día)		28/29/51	8 min / 16 min	127	500	5,69 min. / 7,73 min. / 6,71 min.	NO
ESTE ARR-07L CRUCE UMBRAL 07L GP07L DESPLAZADA (Tráfico: 870 ops./día)		28/31/56	9 min / 16 min	5	69	1,09 min. / 1,95 min. min. / 1,52 min.	SI

Tabla 5.- Análisis de admisibilidad Conf. Este.



Escenario	ESQUEMA	Operaciones horarias máximas atendidas LLEGADAS/SALIDAS	Tiempo de rodadura máximo (min.) LLEGADAS/SALIDAS	Número de SALIDAS demoradas más de 10 minutos	Nº de intervenciones ATC TOTAL	DEMORA MEDIA DEL AEROPUERTO (min.) LLEGADAS/SALIDAS/TOTAL	Admisible (si/no)
ESTE REFERENCIA ARR-07R BY-PASS (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	37/36/70	14 min / 7 min	12	106	2,01 min. / 2,96 min. / 2,49 min.	SI
ESTE ARR-07L BY-PASS "SUCIO" UMBRAL 25R (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	38/36/70	8 min / 19 min	26	182	2,01 min. / 3,62 min. / 2,82 min.	SI
ESTE ARR-07L CRUCE UMBRAL 07L GP07L NO DESPLAZADA²² (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	X	X	X	X	X	X
ESTE ARR-07L CRUCE UMBRAL 07L GP07L DESPLAZADA (Tráf.: 1131ops./día)	Tráfico clonado 30%	37/35/70	9 min / 16 min	39	117	1,91 min. / 4,19 min. / 3,05 min.	SI

Tabla 5.- Análisis de admisibilidad Conf. Este.

²² Los resultados obtenidos por este escenario para el tráfico de 870 ops/día no superan los límites de admisibilidad contemplados en este análisis y por tanto desaconsejan un análisis similar con una carga de tráfico incrementada.



ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL % DE DESPEGUES POR PISTA 25R ó 07L

Tal y como se proponía en la versión anterior de esta nota técnica distribuida en el grupo de trabajo el día 17 de mayo de 2005, se ha realizado un análisis de sensibilidad del escenario de by-pass ante el posible incremento del número de aeronaves que soliciten despegar por la pista 25R, En Conf. Oeste. Se han considerado tres porcentajes de aeronaves que despegan desde la pista 25R: 5%, 10% y 15%:

- 5%: 22 aeronaves despegan por pista 25R.
- 10%: 44 aeronaves despegan por pista 25R.
- 15%: 65 aeronaves despegan por pista 25R.

En la tabla 6 se recogen los principales resultados de este análisis de sensibilidad para la carga de tráfico original de 870 ops./día.

En la figura 13 se muestra la evolución del factor de calidad del escenario de By-pass en función del porcentaje de salidas que despegan por la pista 25R. Se han incluido los escenarios de Referencia y el escenario de Cruces a modo orientativo para la valoración de los resultados.

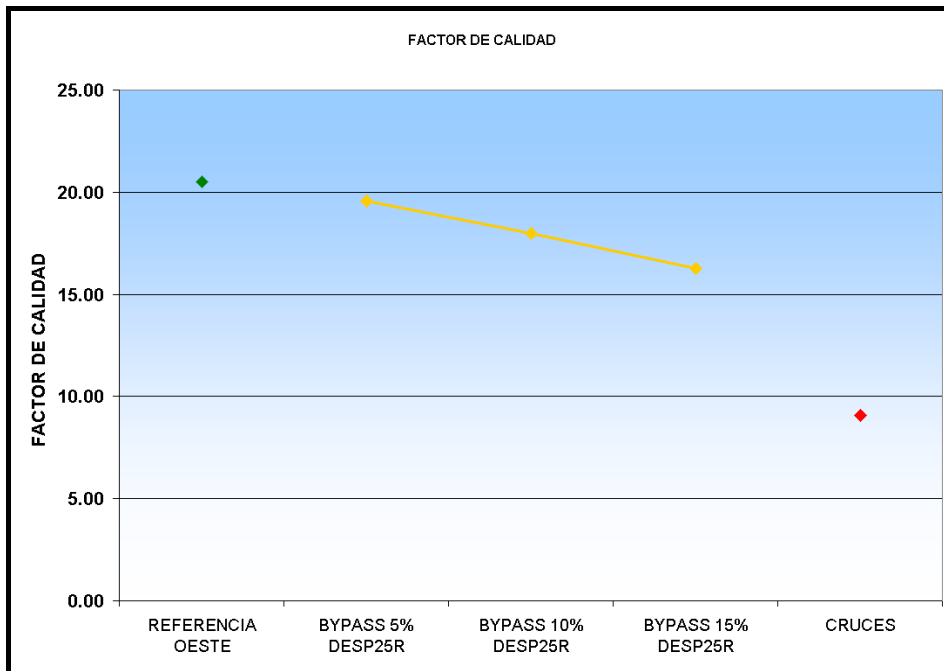


Figura 13.- Factor de calidad escenario By-pass. Análisis de sensibilidad % despegues desde pista 25R.

El factor de calidad del escenario By-pass es inversamente proporcional al porcentaje de aeronaves que despegan desde la pista 25R. Sin embargo, para porcentajes ya significativos (15%), el comportamiento del aeropuerto sigue siendo superior al escenario de cruces y cumple con todos los criterios de admisibilidad internacionalmente reconocidos. Aunque es previsible que un porcentaje de despegues del 15% por 25R y un crecimiento de tráfico del 30% supongan un efecto conjunto adverso que pueda aproximar los parámetros a los límites de admisibilidad, se entiende que ésta no es una situación de operación realista y que se evitaría aplicando los medios oportunos, por lo tanto no se ha simulado la coincidencia de estos dos factores.

En la tabla 6 se recogen los principales resultados de esta análisis de sensibilidad para la carga de tráfico original de 870 ops./día.




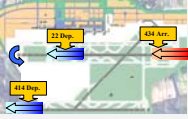
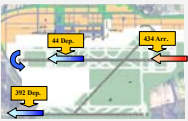
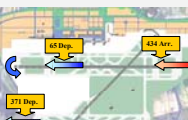
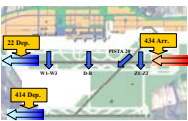
ESCENARIO	ESQUEMA	NÚMERO DE INTERVENCIONES ATC (Rodadura + Cruce por pista)	Tiempo de rodadura de las SALIDAS (Minutos)	Demora media de las SALIDAS (Minutos)	Tiempo de las LLEGADAS en el área de maniobras (T. de rodadura + demora media) (Minutos)	FACTOR DE CALIDAD	admisibilidad
OESTE ARR-25L REFERENCIA By-pass: No cruce pista (Tráfico: 870 ops./día)		61	5,31 min.	2,07 min.	12,38 min. (12,32+0,06)	20	SI
OESTE ARR-25R BY-PASS "SUCIO" By-pass: No cruce pista (5% DEP 25R) (Tráfico: 870 ops./día)		88 (82 + 6)	13,00 min.	1,62 min.	3,18 min. (3,12+0,06)	20	SI
OESTE ARR-25R BY-PASS "SUCIO" By-pass: No cruce pista (10% DEP 25R) (Tráfico: 870 ops./día)		96 (83 + 13)	12,65 min.	1,9 min.	3,18 min. (3,12+0,06)	18	SI
OESTE ARR-25R BY-PASS "SUCIO" By-pass: No cruce pista (15% DEP 25R) (Tráfico: 870 ops./día)		110 (85 + 25)	12,26 min.	2,26 min.	3,18 min. (3,12+0,06)	16	SI
OESTE ARR-25R CRUCE Cruce de pista (Tráfico: 870 ops./día)		500 (88 + 412)	9,17 min.	6,83 min.	3,27 min. (3,17+0,11)	9	NO

Tabla 6.- Resultados principales. Tráfico 870 ops./día. Análisis de sensibilidad % despegues pista 25R.



ANÁLISIS DE ASIGNACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS EN CONFIGURACIÓN OESTE

La asignación de estacionamientos actualizada se ha definido y aplicado a Conf. Este.

Como se ha explicado en el apartado de hipótesis, en Conf. Oeste se utilizó una asignación coherente con todos los estudios anteriores, pero no actualizada, y que podría tener impacto sobre alguno de los resultados de rodadura.

El objetivo de este análisis de sensibilidad es determinar la influencia de la política de asignación de estacionamientos en los parámetros de rodadura. Para ello, se ha vuelto a simular un escenario de Conf. Oeste con la asignación de estacionamientos actualizada, en concreto, el escenario "OESTE ARR-25R BYPASS SUCIO", que presenta un flujo de rodadura concentrado en la calle S, en la zona próxima a las rampas 3 y 4, donde hay mayor ocupación según la asignación de estacionamientos actualizada.

En la tabla 7 se recogen los principales resultados de este análisis de sensibilidad para la carga de tráfico original de 870 ops./día.

La nueva política de asignación de estacionamientos, incrementa tanto el número de Intervenciones ATC como las demora medias de salidas y llegadas. Sin embargo, el escenario sigue cumpliendo con los criterios de admisibilidad considerados en este análisis.



ESCENARIO	ESQUEMA	NÚMERO DE INTERVENCIONES ATC (Rodadura + Cruce por pista)	Tiempo de rodadura de las SALIDAS (Minutos)	Demora media de las SALIDAS (Minutos)	Tiempo de las LLEGADAS en el área de maniobras (T. de rodadura + demora media) (Minutos)	FACTOR DE CALIDAD	admisibilidad
OESTE ARR-25L REFERENCIA BY-PASS (Tráfico: 870 ops./día)		61	5,31 min.	2,07 min.	12,38 min. (12,32+0,06)	20	SI
OESTE ARR-25R BY-PASS "SUCIO" ASIGNACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS ORIGINAL (Tráfico: 870 ops./día)		88 (82 + 6)	13,00 min.	1,62 min.	3,18 min. (3,12+0,06)	20	SI
OESTE ARR-25R BY-PASS "SUCIO" ASIGNACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS ACTUALIZADA (Tráfico: 870 ops./día)		101 (95 + 6)	12,58 min.	1,68 min.	3,26 min. (3,27+0,14)	18	SI

Tabla 7.- Resultados principales. Tráfico 870 ops./día. Análisis de sensibilidad frente a la asignación de estacionamientos.



OBSERVACIONES

Este estudio simula la operación del Aeropuerto de Barcelona partiendo de hipótesis y supuestos cuya viabilidad no siempre está comprobada. No se pretende en ningún caso comprobar ni dar por sentado la viabilidad de dichas hipótesis, simplemente se utilizan para crear los modelos de simulación, y analizar los resultados que producirían, de ser factibles.

En los siguientes puntos se describen algunos de los aspectos más importantes, con mayor impacto en los resultados, y que se han tomado como hipótesis:

- Actuación ATC en los cruces de pista: hasta el momento, y según información proporcionada por la torre de Barcelona, se planteaba utilizar dos controladores de rodadura controlando la rodadura cercana a las plataformas y un tercero controlando los accesos a la nueva pista 25L. Este estudio hace la hipótesis de que los cruces múltiples son posibles, independientemente del número de controladores adicionales que fuesen necesarios (por ejemplo: un nuevo controlador de cruces, reasignación de áreas de rodadura, reasignación de funciones para el cruce, coordinaciones necesarias, etc.), si este es el caso, y de los medios (por ejemplo: espacio físico en torre para nuevas posiciones, transferencia de fichas, frecuencias, líneas de teléfono, visibilidad, mecanismos del tipo S-MAN (surface manager), que permitan anticipar la posibilidad de cruces múltiples, proporcionando información, antes de cada llegada o salida por 25R de quién tiene ventana para cruzar y quién no, etc.). En el estudio de simulación se supone que todos los recursos, humanos y físicos están disponibles.
- Se ha supuesto también que todos los cruces se realizan mediante instrucciones condicionadas; si esto no fuese posible, el tiempo de ocupación de pista de los cruces sería mayor.
- Se ha permitido el cruce de 25R por la pista 20, utilizando ésta como rodadura. Si la pista 20 se utiliza como rodadura puede quedar inhabilitada como pista, por lo que no se podrá utilizar en horario nocturno para mitigar el impacto acústico.
- Aunque las recomendaciones de EAPRI (*European Action Plan for the Prevention of Runway Incursions*) no hacen mención a los cruces oblicuos de pista, sí que prohíben los alineamientos oblicuos por falta de visibilidad del piloto. Cabe la duda de que el ángulo de cruce usando la pista 20 para cruzar la 25R, haga este cruce poco recomendable, ya que el piloto no tiene ángulo de visión para ver a la aeronave que aterriza o despega por la pista que va a cruzar.
- Los escenarios de simulación contemplan condiciones óptimas de visibilidad. Los cruces de pista en condiciones de baja visibilidad serían aún más críticos. Por otro lado, el establecimiento de unos nuevos sentidos de rodadura por la utilización de cruces o de by-pass podrían implicar un rediseño de los procedimientos de rodadura para baja visibilidad compatibles con los primeros.



VALORACIONES GENERALES

La urgencia en la entrega de resultados ha requerido que muchas partes de los modelos se hayan simplificado en cierta medida. Los resultados son válidos, pero como ocurre con todo estudio de simulación/modelización de aeropuertos, deben interpretarse siempre teniendo en cuenta las hipótesis y recomendaciones expresadas en esta nota técnica.

Las principales valoraciones que se derivan de los resultados presentados anteriormente son:

CONFIGURACIÓN OESTE:

- Las propuestas ARR-25L-REFERENCIA y ARR-25R-BYPASS proporcionan valores aceptables en todos los indicadores y soportan los valores de demanda esperados. Esto es así, entre otros motivos, porque el By-pass es limpio, exceptuando en aquellas situaciones en las que se produce una salida desde la cabecera 25R.
- El escenario ARR-25R-BYPASS disminuye su calidad operativa ante incrementos en el porcentaje de despegue desde la cabecera 25R. Sin embargo, para los porcentajes analizados (hasta un 15% de despegues por la cabecera 25R), el escenario cumple con todos los criterios de admisibilidad internacionalmente aceptados.
- La propuesta ARR-25R-CRUCÉ analizada en este estudio **NO ES ADMISIBLE** por el aeropuerto de Barcelona en ningún caso, sin implicar **niveles de demora inadmisibles** (según *“Planning and Design of Airports”*, Robert Horonjeff, Francis X. McKelvey), **situaciones inaceptables** como la imposibilidad de cruce de pista o la saturación de la plataforma y/o **niveles de aceptación de la demanda excesivamente bajos** (muy por debajo de la demanda esperada y las capacidades declaradas).

CONFIGURACIÓN ESTE:

- Las propuestas ARR-07R-REFERENCIA y ARR-07L-BYPASS 25R proporcionan valores aceptables en todos los indicadores y soportan los valores de demanda esperados. Esto es debido a que el By-pass es limpio, excepto cuando una aeronave de tamaño superior a un turbohélice pretende utilizar el by-pass al mismo tiempo que se produce una salida desde la cabecera 07L.
- La propuesta ARR-07R-BYPASS 07L sin desplazar la senda GP07L **NO ES ADMISIBLE** por el aeropuerto de Barcelona en ningún caso, sin implicar **niveles de demora inadmisibles** (según *“Planning and Design of Airports”*, Robert Horonjeff, Francis X. McKelvey), **situaciones inaceptables** como la imposibilidad de cruce de pista o la saturación de la plataforma y/o **niveles de aceptación de la demanda excesivamente bajos** (muy por debajo de la demanda esperada y las capacidades declaradas).
- Desplazando la senda GP07L hacia el Este, la propuesta ARR-07R-BYPASS 07L SI es admisible según la metodología aplicada ya que el by-pass es ahora limpio. Sin embargo, es importante destacar que esta propuesta supone la práctica inutilización de la calle T reduciendo la rodadura del aeropuerto de Barcelona a la calle S que gestiona prácticamente la totalidad del flujo de llegadas y de salidas.



SUGERENCIAS

En vista de los resultados obtenidos, y en concordancia con lo planteado en estudios anteriores, se recomienda utilizar el aeropuerto con una configuración de operaciones y rodadura que no incluya cruce de pista de llegadas.

Las propuestas con by-pass cumplen con todos los criterios de admisibilidad internacionalmente reconocidos y proporcionan la capacidad necesaria para cubrir la demanda prevista, por lo que son válidas para la operación del aeropuerto de Barcelona, aunque implican mayores tiempos de rodadura que los escenarios con cruce.

Para aquellos escenarios que aún siendo admisibles suponen la descompensación del uso de las calles T y S se recomienda realizar análisis más profundos para optimizar los sentidos de rodadura y minimizar su impacto en la carga de trabajo de los controladores de torre.