

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN AERONÁUTICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: SEMINARIO
DEBERAN PRESENTAR: LOS CC. PASANTE:
HERNÁNDEZ DÍAZ HEBER
ROBLES ARENAS GERARDO

“CAPACIDAD Y DEMORA DEL SISTEMA DE PISTAS Y RODAJES DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO”

CAPÍTULO I
CAPÍTULO II
CAPÍTULO III
CAPITULO IV
CAPITULO V

INTRODUCCIÓN
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN
MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL
METODOLOGÍA
DESARROLLO DEL CÁLCULO DE CAPACIDAD Y DEMORA A TRAVES DEL
DIAGRAMA ESPACIO-TIEMPO
ANÁLISIS Y RESULTADOS
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFÍA
GLOSARIO DE ABREVIATURAS

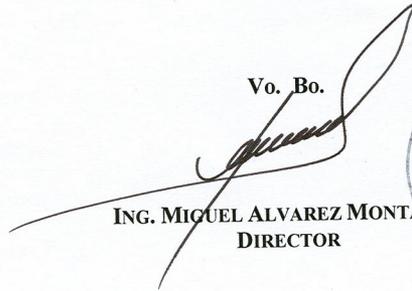
México, DF., a 31 de Octubre de 2008.

A S E S O R E S


M. EM C. MARIO ALFREDO BATA FONSECA


ING. LUIS CALDERON NAVARRO

Vo. Bo.


ING. MIGUEL ALVAREZ MONTALVO
DIRECTOR



I. P. N.
ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN
DIRECCIÓN

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I	PLANTAMIENTO DE LA INVESTIGACION	1
1.1	Antecedentes, Evolución y Situación Actual del “Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México “	1
1.2	Objetivo General	12
1.3	Objetivos Específicos	13
1.4	Justificación	13
1.5	Alcance	14
CAPITULO II	MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL	15
2.1	Marco Legal y Normativo	15
2.1.1	Legislación Nacional	15
2.1.2	Normas y Recomendaciones OACI	16
2.2	Métodos para el calculo de la Capacidad y Demora	17
2.2.1	Factores a considerar en la Capacidad	17
2.2.2	Federal Aviation Administration (FAA)	21
2.2.3	International Air Transport Association (IATA)	33
2.2.4	Capacidad y Demora del lado Aire	46
2.2.5	Capacidad del Campo Aéreo	62
2.3	Metodología para el calculo de la Capacidad y Demora	74
2.3.1	Formulación de la Capacidad de Pista a través de la Teoría de Colas	74
2.3.2	Método Matemático de la Demora	76
2.3.3	Determinación de la Capacidad a través del concepto Espacio-Tiempo (Observación)	80
CAPITULO III	METODOLOGIA	87
CAPITULO IV	DESARROLLO DEL CÁLCULO DE CAPACIDAD Y DEMORA ATRAVÉS DEL DIAGRAMA ESPACIO-TIEMPO	90
4.1	Tiempos de aterrizaje y despegue	91
4.2	Distribución de tablas y gráficas de operación	103
4.3	Elaboración de cálculos	129
4.4	Elaboración de Gráficas de Capacidad y Demora	135
CAPITULO V	ANALISIS Y RESULTADOS	138

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
BIBLIOGRAFÍA	144
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	145

RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA FOTOGRAFÍA	PÁGINA
1.	Terminal 1 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México	7
2.	Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México	8
3.	Terminal 2 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México	11

RELACIÓN DE FIGURAS

Nº	DESCRIPCIÓN DE FIGURAS	PÁGINA
1.	PLATAFORMA DE LA TERMINAL 2	10
2.	Plano de diseño del campo aéreo del Aeropuerto Internacional O'Hare (Laundrum and Brown Aviation Consultants and Department of Aviation, City of Chicago).	52
3.	Plano de diseño del campo aéreo del Aeropuerto Metropolitano de Detroit (Laundrum and Brown Aviation Consultants and Wayne County Department of Aviation).	53
4.	Variación del promedio de demora diaria de aeronaves en el Aeropuerto Internacional O'Hare (Laundrum and Brown Aviation Consultants)	55
5.	Relación entre la demora relativa y la última capacidad	58
6.	Componentes del sistema del campo aéreo (Federal Aviation Administration).	60
7.	Conceptos del diagrama espacio-tiempo para mezcla de aeronaves en el sistema de pista.	80
8.	Diagrama espacio-tiempo para llegadas programadas en el Problema Ejemplo 1	83
9.	Diagrama espacio-tiempo para la programación de mezcla de operaciones del Problema Ejemplo 1	85

RELACIÓN DE GRÁFICAS

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA GRÁFICAS	PÁGINA
1.	Comportamiento de las Operaciones Comerciales Atendidas en el Periodo 1995-2005.	1
2.	Promedio de demora de aeronave por planeación de largo plazo	33
3.	Operaciones por pista 05L/23R a las 09:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008.	104
4.	Operaciones por pista 05R/23L a las 09:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008	106
5.	Operaciones por pista 05L/23R a las 19:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008.	108
6.	Operaciones por pista 05R/23L a las 19:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008.	110
7.	Operaciones por pista 05L/23R a las 09:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008.	112
8.	Operaciones por pista 05R/23L a las 09:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008.	115
9.	Operaciones por pista 23L/05R a las 20:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008.	118
10.	Operaciones por pista 23R/05L a las 20:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008.	120
11.	Operaciones por pista 23L/05R a las 18:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008.	122
12.	Operaciones por pista 23R/05L a las 18:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008.	124
13.	Operaciones por pista 05L/23R a las 20:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008.	126
14.	Operaciones por pista 05R/23L a las 20:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008.	128
15.	Capacidad correspondiente al día 22 de febrero.	135
16.	Demora correspondiente al día 22 de febrero.	135
17.	Capacidad correspondiente al día 14 de Marzo.	136
18.	Demora correspondiente al día 14 de Marzo.	136
19.	Capacidad correspondiente al día 30 de Marzo.	136
20.	Capacidad correspondiente al día 30 de Marzo.	137
21.	Demora correspondiente al día 30 de Marzo.	137
22.	Capacidad del Sistema de Pistas del AICM.	139
23.	Demora del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM.	140
24.	Demora al Aterrizaje y Despegue del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM	141

RELACIÓN DE TABLAS

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA TABLA	PÁGINA
1.	Comportamiento de las operaciones atendidas en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, operaciones desagregadas nacionales, internacionales y totales	2
2.	Operaciones Horarias	3
3.	Longitudes y anchos de cada uno de los rodajes del Aeropuerto de la ciudad de México.	5
4.	Las plataformas existentes en el AICM	6
5.	Clasificación de Aeronaves AC	24
6.	Posibles configuraciones de pista que en lista esta AC	29
7.	Porcentaje de Distribución de las Causas de Demoras de Vuelo Mayor a 15 minutos, 1985 y 1990.	54
8.	Datos correspondientes a despegues del día 22 de Febrero del 2008 a las 09:00 hrs.	91
9.	Datos correspondientes a aterrizajes del día 22 de Febrero del 2008 a las 09:00 hrs.	92
10.	Datos correspondientes a despegues del día 22 de Febrero del 2008 a las 19:00 hrs.	93
11.	Datos correspondientes a aterrizajes del día 22 de Febrero del 2008 a las 19:00 hrs.	94
12.	Datos correspondientes a despegues del día 14 de Marzo del 2008 a las 09:00 hrs.	95
13.	Datos correspondientes a aterrizajes del día 14 de Marzo del 2008 a las 09:00 hrs.	96
14.	Datos correspondientes a despegues del día 14 de Marzo del 2008 a las 20:00 hrs.	97
15.	Datos correspondientes a aterrizajes del día 14 de Marzo del 2008 a las 20:00 hrs.	98
16.	Datos correspondientes a despegues del día 30 de Marzo del 2008 a las 18:00 hrs.	99
17.	Datos correspondientes a aterrizajes del día 30 de Marzo del 2008 a las 18:00 hrs.	100
18.	Datos correspondientes a despegues del día 30 de Marzo del 2008 a las 20:00 hrs.	101
19.	Datos correspondientes a aterrizajes del día 30 de Marzo del 2008 a las 20:00 hrs.	102
20.	Operaciones por pista 05L/23R a las 09:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008.	103
21.	Operaciones por pista 05R/23L a las 09:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008.	105
22.	Operaciones por pista 05L/23R a las 19:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008.	107
23.	Operaciones por pista 05R/23L a las 19:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008.	109

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA TABLA	PÁGINA
24.	Operaciones por pista 05L/23R a las 09:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008.	112
25.	Operaciones por pista 05R/23L a las 09:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008.	114
26.	Operaciones por pista 23L/05R a las 20:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008.	117
27.	Operaciones por pista 23R/05L a las 20:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008.	120
28.	Operaciones por pista 23L/05R a las 18:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008.	122
29.	Operaciones por pista 23R/05L a las 18:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008.	124
30.	Operaciones por pista 05L/23R a las 20:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008.	126
31.	Operaciones por pista 05R/23L a las 20:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008.	128
32	Capacidad del día 22 de febrero	130
33	Demora del día 22 de febrero	131
34	Demora del día 22 de febrero para el Sistema de Pistas y Rodajes	131
35	Capacidad del día 14 de marzo	132
36	Demora del día 14 de marzo	133
37	Demora del día 14 de marzo para el Sistema de Pistas y Rodajes	133
38	Capacidad del día 30 de marzo	134
39	Demora del día 30 de marzo	135
40	Demora del día 30 de marzo para el Sistema de Pistas y Rodajes	136
41	Capacidad, Actual, Real y Calculada del Sistema de Pistas del AICM.	139
42	Capacidad del Sistema de Pistas del AICM	140
43.	Demora del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM.	140
44	Demora al Aterrizaje y Despegue del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM	141
45	Demora del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM	142

INTRODUCCIÓN

Con objeto de optimizar la infraestructura de los aeropuertos, los operadores de éstos requieren evaluar con frecuencia la capacidad de los principales elementos como pistas, calles de rodaje, plataformas y edificio de pasajeros, de tal manera que se lleve un seguimiento en el comportamiento de la demanda y comparar ésta con la capacidad de cada uno de los elementos antes citado.

Debido a lo anterior, se considera necesario evaluar la capacidad aeroportuaria así como la demora de las aeronaves, a fin de determinar e identificar las restricciones del aeropuerto e implantar nuevos proyectos.

El estudio que se presenta a continuación está basado en el Diagrama Espacio-Tiempo o también llamado observación directa, el cual analiza y determina la capacidad aeroportuaria en el componente pista. Asimismo, con este método se estima la demora de aeronaves por hora, además de apoyar la planificación y ejecución de las tareas de distribución de operación en un aeropuerto.

Estos cálculos de capacidad en pista tienen variaciones según su uso y la configuración con que cuente cada aeropuerto y las reglas de control de tráfico aéreo, entre otros factores.

El presente análisis se llevó a cabo para determinar la capacidad operacional del componente en pista del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, basado en la información real disponible y observada.

Este método trata la recopilación de datos reales de las operaciones que se generan en el Aeropuerto para poder calcular la capacidad de su componente que forma parte de este aeropuerto.

La metodología general consistió en recopilar la bibliografía existente y toma de tiempos, posteriormente se realizó la clasificación y

el análisis. Todo ello arrojó las directrices para el desarrollo del presente trabajo, en el que se realizaron los cálculos y se aplicaron criterios para determinar la capacidad del Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México.

En el primer capítulo, “Planteamiento de la Investigación” se menciona el objetivo general del cálculo así como los particulares, la justificación y el alcance del mismo.

En el capítulo dos, “Marco Teórico y Referencial” se menciona las leyes, normas y condiciones para alcanzar una mayor capacidad y reducción de la demora desde el punto de vista nacional e internacional, tomando como referencia a los principales organismos rectores de la aviación tal es el caso de la OACI, FAA y de la IATA. Además se toma en consideración la metodología expuesta en libros especializados los cuales son la base para la obtención del cálculo de capacidad y demora.

En el tercer capítulo, “Metodología” se explica de una manera sintetizada la forma de obtener la capacidad y la demora a través de la recopilación de datos reales de la operación diaria del Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México.

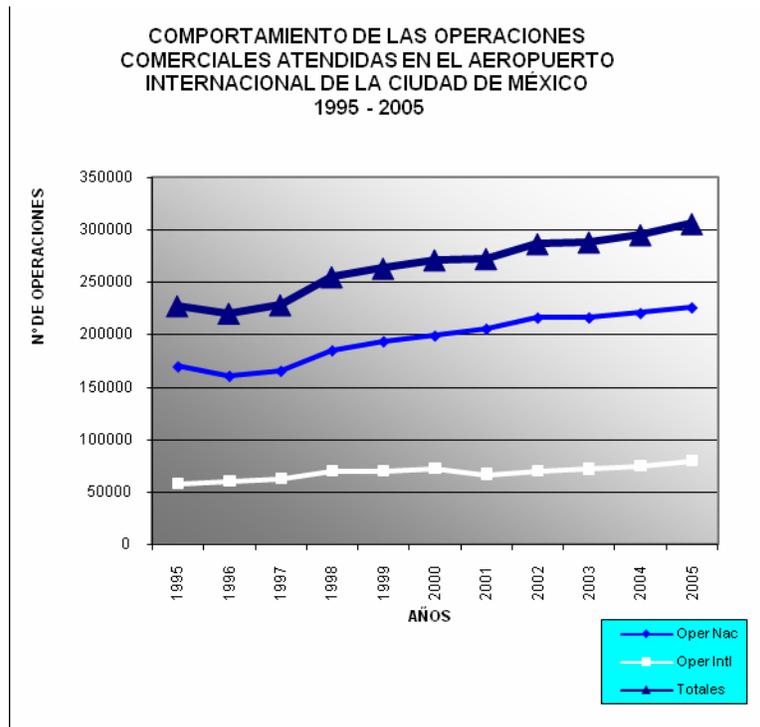
En el cuarto capítulo, “Desarrollo del cálculo de capacidad y demora, a través del diagrama espacio-tiempo” se muestra el desarrollo matemático, así como las tablas y graficas por las horas que presentaron una mayor actividad en cuanto a operaciones por hora y los resultados de la capacidad y demora por hora en esta Terminal Aérea.

Finalmente se describen las conclusiones generales del estudio y algunas recomendaciones.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

1.1. Antecedentes, evolución y situación actual del “Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México”

La dinámica de la demanda comercial de pasaje y carga en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), quien se encuentra presionando su capacidad de servicio, así durante el período 1995 - 2005 presentó un crecimiento constante, no obstante, que el mismo año 1996 experimentó una caída de -3.12%, respecto al año de 1995 cuando el número de operaciones comerciales fue de 227,706, por lo que la Tasa Media Anual de Crecimiento fue de 3.0%. Comportamiento que puede ser observado en la siguiente gráfica:



Gráfica 1. Comportamiento de las Operaciones Comerciales Atendidas en el Período 1995-2005.

Así los datos estadísticos muestran que durante el período de referencia, el comportamiento de la demanda atendida de las líneas aéreas

nacionales e internacionales, reacciona de manera diferente, ya que en 1996 el número de operaciones nacionales cayó a -5.4%, mientras que en el año 2001 las operaciones internacionales cayeron -7.3%, así mismo las operaciones nacionales mantuvieron su tendencia de crecimiento, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 1 Comportamiento de las operaciones atendidas en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, operaciones desagregadas nacionales, internacionales y totales

Operaciones Comerciales				Variación %		
Año	Operaciones Nacionales	Operaciones Internacionales	Totales	Nacionales	Internacionales	Total
1995	169,516	58,190	227,706	-	-	-
1996	160,413	60,185	220,598	-5.4%	3.4%	-3.1%
1997	165,211	63,409	228,620	3.0%	5.4%	3.6%
1998	184,809	70,544	255,353	11.9%	11.3%	11.7%
1999	193,482	70,110	263,592	4.7%	-0.6%	3.2%
2000	198,888	72,521	271,409	2.8%	3.4%	3.0%
2001	205,553	67,206	272,759	3.4%	-7.3%	0.5%
2002	216,169	70,660	286,829	5.2%	5.1%	5.2%
2003	216,233	72,203	288,436	0.0%	2.2%	0.6%
2004	220,502	74,957	295,459	2.0%	3.8%	2.4%
2005	225,862	80,070	305,932	2.4%	6.8%	3.5%
Promedio	73.94%	26.06%				

Cabe señalar que el componente activo para la evaluación de la demanda que atiende el AICM está dada por aquella representada principalmente por la aviación civil comercial nacional al representar el 74% de las operaciones, así como las horas en que se realiza el mayor número de operaciones y por tanto evaluar en qué momento es necesario buscar y plantear soluciones con las cuales evitar los congestionamientos horarios, así por ejemplo, las operaciones horarias atendidas por el AICM durante el año 2005, indican que aunque el aeropuerto se encuentre en servicio las 24 horas del día, no todas sus horas son demandadas de manera homogénea, observando que las horas que los transportistas aéreos solicitan al aeropuerto para sus operaciones, inician desde las 06:00 hrs. hasta las

22:00 hrs. y que durante el año 2005 representaron el 94.28% de las operaciones comerciales totales.

Tabla N°2. Operaciones Horarias

Hora	Salidas	Llegadas	Total	Participación %
0	614	1,972	2,586	0.85%
1	616	982	1,598	0.52%
2	331	1,015	1,346	0.44%
3	1,106	470	1,576	0.52%
4	1,144	529	1,673	0.55%
5	744	2,400	3,144	1.03%
6	6,236	1,599	7,835	2.56%
7	12,187	3,572	15,759	5.15%
8	6,721	8,162	14,883	4.86%
9	10,991	9,761	20,752	6.78%
10	10,596	7,688	18,284	5.98%
11	7,963	6,903	14,866	4.86%
12	6,568	10,237	16,805	5.49%
13	8,312	10,177	18,489	6.04%
14	10,676	7,902	18,578	6.07%
15	9,803	6,981	16,874	5.52%
16	8,230	9,226	17,456	5.71%
17	9,112	8,694	17,806	5.82%
18	8,567	9,212	17,779	5.81%
19	7,643	10,971	18,614	6.08%
20	8,321	12,115	20,436	6.68%
21	12,112	8,441	20,553	6.72%
22	2,923	9,755	12,678	4.14%
23	1,072	4,490	5,562	1.82%
	152,588	153,254	305,932	100.00%

Infraestructura del Aeropuerto Internacional de La Ciudad de México (antes de la terminal 2)

Una vez que ha sido determinada la demanda que se presenta en el aeropuerto y sus tendencias al futuro, se debe comparar con la capacidad de sus principales elementos integrantes, para definir sus posibilidades de vida de servicio, dentro de niveles adecuados. A continuación se efectúa una evaluación de esta naturaleza:

Espacios aéreos y procedimientos.

En este aspecto, el aeropuerto dispone de capacidad muy superior a la que se tiene en la parte del sistema de pistas, por lo que no se prevé ninguna posibilidad de congestión.

Pistas. El sistema de pistas del aeropuerto, consistente de dos paralelas cercanas separadas a 305 metros entre sus ejes, tiene actualmente una capacidad de 54 operaciones por hora y unas 320 mil anuales, de acuerdo a las estimaciones efectuadas por las autoridades de Servicios a la Navegación del Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM).

Comparando estos datos de capacidad con la demanda que se ha visto anteriormente, se puede decir que aun le queda a este sistema un pequeño remanente, para llegar a su máxima capacidad.

Las dimensiones de las pistas se mencionan en el apéndice A.

Conforme a lo mencionado previamente, conviene reiterar que la capacidad máxima del aeropuerto estará determinada por el sistema de pistas, con la cifra inicial mencionada de 320 mil operaciones anuales comerciales.

Calles de rodaje. Este sistema ha quedado considerado por las autoridades en la materia en cuanto a su capacidad, en el orden de las 300 mil anuales.

El AICM cuenta con un extenso sistema de rodajes con la ubicación y nomenclatura. Todos los rodajes son de 23 m de ancho, a excepción del rodaje H que es de 25 m, construidos con concreto asfáltico, de distintas estructuras de pavimento.

Tabla 3., Longitudes y anchos de cada uno de los rodajes.

Rodaje	Longitud (m)	Ancho (m)
Alfa	1,408	23
Alfa 1	356	23
Alfa 2	380	23
Alfa 3	239	23
Alfa 4	361	23
Doble Alfa	214	23
Bravo	4,268	23
Bravo 1	115	23
Bravo 2	359	23
Bravo 3	1,566	23
Bravo 4	866	23
Bravo 5	91	23
Bravo 6	611	23
Bravo 7	728	23
Bravo 8	180	23
Bravo 9	91	23
Coca	1,583	23
Coca 1	59	23
Coca 2	59	23

Coca 3	59	23
Delta	1,824	23
Eco	2,795	23
Eco 1	382	23
Eco 2	692	23
Fox	391	23
Golfo	216	23
Hotel	426	25

Plataformas. En la siguiente tabla 4 se indican las plataformas existentes en el AICM. Para cada una de las cinco plataformas, se señala su denominación, el área en m² de que dispone, el tipo de pavimento, así como el número de posiciones de contacto y remotas utilizables en cada plataforma.

Plataforma	Área (m ²)	Tipo de Pavimento	Posiciones simultáneas utilizables		
			contacto	Remotas	Total
Central	169,473	Hidráulico a excepción de posiciones 1 a 4 y 20	25		25
Módulo 11	33,444	Hidráulico	8		8
Remota Sur	50,436	Asfáltico		8	8
Remota Norte	27,815	Hidráulico		4	4
Aduana *	49,299	Asfáltico		7	7
Terminal 2	110,835	Asfáltico		17	17
Oriente	19,682	Asfáltico		4	4
Total	460,984		25	40	73

*Se tienen 7 posiciones simultáneas (3 de cabina ancha y 4 de cabina angosta) ó 5 posiciones simultáneas de cabina ancha.

Conforme a la demanda que ha sido estimada, solo por el componente de plataforma el AICM tienen capacidad remanente para los próximos tres a cinco años.

Área Terminal. Compuesta por el propio edificio Terminal, sus accesos, vialidades internas y su infraestructura de apoyo.



Fotografía 1. Terminal 1 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

Edificio Terminal. El edificio Terminal del aeropuerto puede ser clasificado conceptualmente, como un desarrollo a nivel, con un muelle lineal para el acomodo de las aeronaves, para el ascenso y descenso de pasajeros, mediante el uso de aeropuentes, que conectan los aviones con el edificio, dos áreas para la operación de las plataformas remotas con salas móviles y aerocares.

Esta dividido en dos partes principales; la parte norte para el servicio internacional y la sur para la nacional, la superficie total interior para el servicio y proceso de pasajeros es de 105,500 m² aproximadamente.

La superficie de la parte internacional y Nacional es de 42,000 m². y 63,000 m² respectivamente.



Fotografía 2. Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

Nueva Terminal 2

Debido a el congestionamiento en que se encuentra el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), diseño un programa de acción el cual consiste en la construcción de una nueva Terminal aérea la cual se estima albergara el 45% de las operaciones totales con las que cuenta actualmente este aeropuerto.

Estos trabajos implican la colocación de casi mil 300 pilares de cimentación de entre 30 y 60 metros de profundidad; 928 pilotes de

fricción y 370 pilas, en las que se utilizarán 45 mil 600 metros cúbicos de concreto, técnica similar a la utilizada en la edificación de la Torre Mayor. La inversión estimada es de 375 millones de pesos.

La Nueva Terminal 2 del AICM contará con una superficie construida de 229 mil metros cuadrados, que incluye la construcción de cinco edificios —Salas de Última Espera Norte y Sur, Edificio Terminal, Patio-Hotel y el Estacionamiento Cubierto— y 140 mil metros cuadrados de superficie exterior entre jardineras, plazas comerciales y vialidades internas de la Terminal 2.

El Edificio Terminal incorporará los más modernos sistemas de seguridad de acuerdo a la normatividad internacional. Entre ellos, un sistema de separación de flujos de pasajeros, que permitirá la llegada por la planta baja y la salida por la planta alta, con ello se ampliará a 22 metros cuadrados por pasajero el espacio dentro del edificio Terminal.

Asimismo, la Nueva Terminal 2 estará equipada con la tecnología más avanzada en sistemas para el manejo de equipaje. Contará con 21 bandas transportadoras: 10 tipo T, siete tipo carrusel y dos tipo Y, con lo que se tendrá un kilómetro lineal de bandas con capacidad para procesar 10 mil 600 maletas por hora.

Los acabados, instalaciones y equipamiento de los edificios de la Nueva Terminal 2 tendrán un costo aproximado de mil 940 millones de pesos y consisten en mobiliario, instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, así como sistemas informáticos.

Cabe mencionar que para facilitar el traslado de pasajeros en tránsito, conexión y código compartido, así como trabajadores del AICM, se invertirán 683 millones de pesos en la construcción de un sistema de transporte para la interconexión de la Terminal 1 y la Nueva Terminal 2,

a través de un tren automatizado. En menos de 6 minutos más 6 mil 800 pasajeros podrán sortear los 3 kilómetros entre ambas terminales.

Lado aire de la Terminal 2

El nuevo edificio Terminal denominado T2 contara con 11 posiciones de contacto (Posiciones 1, 2, 3, 4, 4A, 5, 5A, 6, 7, 8 y 9) en el Área Internacional, 12 posiciones de contacto (Posiciones 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21) en el área Nacional y 7 posiciones remotas al sur de esta Terminal aérea.



Figura 1. La distribución del tipo de Aeronave en cada puerta de estacionamiento en su configuración crítica se describe en las siguientes tablas:

Área Internacional.

Equipos	Posiciones
A320	1, 2, 8 y 9
A380	4 y 5
B757	6 y 7
B747	3

Área Nacional.

Equipos	Posiciones
MD80	10,11 y 12
B767	4, 5, 6, 7, 8 y 9
B757	1, 2 y 3

Área de Posiciones rémoras.

Equipos	Posiciones
ATR	En sus 7 Posiciones

De igual manera se dio la necesidad de construir 11 calles de rodaje nuevas y se ampliaron 2 de las calles de rodaje ya existentes esto con el afán de poder minimizar los tiempos de desfogue de las aeronaves en los dos sentidos de las terminales.



Fotografía 3. Se muestra en imagen lo que será el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, cuando esté operando la Nueva Terminal 2

Considerando los problemas anteriormente descritos, así como los retos a los que se enfrenta el AICM en cuanto a capacidad de su infraestructura y particularmente al sistema de pistas y rodajes, el objetivo de este trabajo de investigación es:

1.2. Objetivo general

Determinar la capacidad y la demora del sistema de pistas y rodajes del Aeropuerto Internacional “Benito Juárez” de la Ciudad de México, en base a la demanda actual y futura respecto al número de operaciones así como a la apertura de la nueva Terminal 2 y la ampliación y creación de los rodajes para la misma.

1.3. Objetivos específicos

- Determinar el aumento de la capacidad en el Sistema de Pista y Rodajes del AICM.

- Determinar la reducción de la demora derivado de la construcción de nuevos rodajes y plataforma de la T2.

1.4. Justificación

El flujo de tránsito aéreo en el mundo esta directamente relacionado con la demanda de éste en áreas específicas, presentándose en cada una de ellas diferentes escenarios de capacidad operacional. Debido a la demanda que se presenta al día de hoy en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, una de las posibles soluciones fue la inversión en nueva infraestructura, al construirse la Terminal 2 y sus plataformas, así como diversas calles de rodajes.

Es por ello que este estudio presenta la factibilidad de dicha inversión, principalmente en el movimiento operacional (capacidad y demora), realizándose este estudio con información real, así como una comparativa entre la capacidad y la demora antes y después de la construcción de la Terminal 2, sus plataformas y rodajes.

Teniendo en cuenta que hay estudios previos de capacidad y demora realizados por ASA pero los cuales están basados en datos estadísticos más no en la operación real, por lo cual este estudio permitiría ver los alcances de dicho estudio previo.

Por lo antes mencionado, los resultados de este estudio serán de gran utilidad para la operación del AICM, ya que es importante conocer el

comportamiento en cuestión de capacidad y demora para brindar un mejor servicio a las aerolíneas así mismo al pasajero que es el cliente que se debe de cuidar.

1.5. Alcance

Brindar los servicios aeroportuarios conforme a las Normas Básicas de Seguridad de conformidad con los criterios de seguridad y eficiencia de acuerdo a la capacidad de las aeronaves, los cuales están contemplados en el Reglamento de la Ley de Aeropuertos en su artículo 94.

II. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

Para integrar el Marco Teórico que sirva como guía para orientar la realización de este estudio y fundamentar los resultados que se obtengan, en los siguientes puntos se describen los principales aspectos normativos, metodológicos y operacionales que tienen relación directa con la capacidad del sistema de pistas y rodajes de un aeropuerto.

2.1. Marco Legal y Normativo

2.1.1 Legislación Nacional

Reglamento de la Ley de Aeropuertos

Artículo 94. En cada aeródromo la Secretaría determinará, conforme a las normas básicas de seguridad que emita, el número de aterrizajes y despegues que pueden ser atendidos en cada hora, para lo cual considerará la capacidad de operación del aeródromo, criterios de seguridad y eficiencia de acuerdo con la capacidad de las aeronaves y su programación de vuelos, así como las recomendaciones del comité de operación y horarios. En todo momento se deberán respetar las limitaciones del espacio aéreo que determine el prestador de los servicios a la navegación aérea.

La información relativa al número de aterrizajes y despegues que pueden ser atendidos en cada hora y la motivación correspondiente, así como los horarios asignados en los términos

de este capítulo deberá estar a disposición del público en las oficinas del administrador aeroportuario.

La capacidad de operación de un aeródromo se medirá con base en el número máximo de operaciones por hora que puede atender en sus instalaciones en campo aéreo, esto es, pistas, calles de rodaje y plataformas, así como, con base en el número máximo de pasajeros por hora que pueden ser atendidos en el edificio terminal. Lo anterior de conformidad con los estándares de servicio que la Secretaría determine en la concesión o permiso respectivo.

2.1.2 Normas y Recomendaciones OACI

Entre los documentos a través de los cuales la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) establece las normas y recomendaciones en materia de Diseño y Operaciones de Aeródromos se encuentra el Anexo 14 volumen I, el cual contiene normas y métodos recomendados en los que se prescriben las características físicas, las superficies limitadoras de obstáculos y las ayudas visuales que deben proporcionarse en los aeródromos, así como ciertas instalaciones y servicios técnicos normalmente proporcionados en un aeródromo.

Aunque este documento define una serie de normas y métodos recomendados en cuanto a la infraestructura de los aeropuertos, no proporciona métodos específicos por medio de los cuales sea posible calcular la capacidad y demora del sistema de pistas de un aeropuerto.

2.2. Métodos para el cálculo de la capacidad y demora

Existen diferentes métodos para determinar la capacidad y la demora de un Aeropuerto, siendo uno de éstos entre los principales se encuentran los establecidos por la Federal Aviation Administration (FAA) y el método del diagrama espacio-tiempo (el cual su base es la teoría de colas). Estos métodos pueden ser aplicados indistintamente, siempre tomando en cuenta las principales características y restricciones del aeropuerto que se analice.

Nota: de los dos métodos antes mencionados, hacer referencia a los autores o documentos correspondientes en cada caso.

2.2.1. Factores a considerar en la capacidad

¿Por qué hablar de Capacidad?

Una utilización más eficiente de la capacidad del espacio aéreo y del aeropuerto puede ser alcanzada solamente si los elementos más importantes de los sistemas de tránsito aéreo son considerados durante la fase de planeación, aplicando un sistema de aproximación.

El flujo del tráfico es difícil debido a los cuellos de botella que se presentan en el sistema como una limitación en cualquier parte del sistema lo cual contribuirá a una limitación de la capacidad.

Ni el sistema del aeropuerto y de navegación aérea podrán ser considerados por separados para mejorar los sistemas de planeación.

¿Qué es la Capacidad y como se mide?

Aeropuerto	Capacidad Efectiva
Terminal	Capacidad Promedio

En ruta	Capacidad Futura
Sistema	Capacidad Previsible

Capacidad por Fase de Vuelo

- Aeropuerto – Razón de aterrizajes
- Terminal – Número máximo de vuelos en TMA
- En ruta – Número máximo de vuelos en sector/FIR
- Sistema – Número máximo de vuelos los cuales pueden ser manejados desde una puerta a puerta

Medidas de Capacidad

- Capacidad Efectiva del Aeropuerto
 - Modelo estimado que calcula el número de aterrizajes que pueden ser manejados en un nivel fijo de demora por uno o varios aeropuertos.
 - Reúne los cálculos de demanda y rendimiento
- Capacidad Promedio Diaria del Aeropuerto
 - Una medida actual que calcula la cantidad de capacidad que puede estar disponible en el sistema a través del uso de registros de la razón de aterrizajes y despegues.
 - Puede ser registrada diariamente, mensualmente, anualmente.
 - Es una medida aceptable para seguir el rendimiento en la FAA.
- Capacidad Futura del Aeropuerto
 - Mismo modelo de la capacidad efectiva, con la adición de las habilidades futuras del ATS.
 - Reúne los cálculos de demanda y rendimiento.

→ Capacidad Previsible

- Captura la variación de días “buenos” y “malos”.
- Mide el rendimiento de las condiciones históricas en los aeropuertos, en ruta (Wx) y demanda.
- La capacidad puede ser calculada por la elección de un nivel aceptable de la demora posteriormente ajustando los niveles de demanda (incrementándola o disminuyéndola) hasta que el criterio sea satisfactorio.
- La demanda y el rendimiento pueden ser relacionados.

Bases de la Capacidad

→ Determinar el número máximo de vuelos que pueden ser manejados en:

- Aeropuerto
- Terminal Aérea
- Ruta
- Sistemas grandes

Métodos para incrementar la Capacidad del Aeropuerto

→ Evaluar el tiempo por cada segmento de la operación

- Umbral al aterrizaje (toque del tren principal).
- Aterrizaje al desfogue.
- Carreteo, etc.

→ Los tiempos pueden ser reducidos debido a la adición de:

- Salidas de alta velocidad.
- Salidas adicionales.
- Calles de rodaje adicionales.

Métodos para incrementar la Capacidad de la Terminal

- Evaluar el flujo de las rutas por segmento
 - Separación estándar por tipo de aeronave.
 - Vigilancia de la capacidad.
- Las rutas pueden ser más eficientes
 - Procedimientos RNAV.
 - Procedimientos RNP SAAAR.
- Infraestructura adicional es necesaria
 - ILS.
 - Radar.

Métodos para incrementar la Capacidad en Ruta

- Evaluar el número y ubicación de las rutas.
- Evaluar el número de vuelos que el ATC pueden manejar.
 - Número necesario de comunicaciones/autorizaciones.
 - Número de intervenciones para establecer/mantener la separación.
 - Número de funciones adicionales del ATC.
- Pueden establecerse rutas paralelas.
- Pueden rutas variables/directas ser usadas.
- Pueden las comunicaciones de rutina ser reducidas.
- Pueden las funciones ATC ser combinadas (herramientas automáticas).

Métodos para incrementar la Capacidad del Sistema

- Evaluar el impacto del Aeropuerto en la Terminal Aérea.
- Evaluar el impacto de la Terminal en los sectores de la ruta.
- Están definidos periodos pico.

- El clima es factor.
- La Autoridad Aeroportuaria, el proveedor de ATS y los operadores discuten UNIDOS soluciones potenciales.
 - Mejoras al Aeropuerto.
 - Mejoras al ATC.
 - Cambios en los horarios.
 - Nuevas rutas.

2.2.2. Federal Aviation Administration (FAA) AC 150/5060-5- Capacidad aeroportuaria y demoras

Derivado de los cambios en la composición de la flota aérea en los países, aunado al mejoramiento del control de tráfico aéreo (ATC), la Federal Aviation Administration (FAA), emitió el 8 de Julio de 1968 la Advisory Circular AC-150/5060-1 A, relativa a los criterios usados en la capacidad aeroportuaria en la preparación del plan de aeropuerto nacional, la cual es una guía para poder determinar la Capacidad y Demora de un Aeropuerto. Dicha circular ha sufrido dos modificaciones, teniendo como fecha el 23 de Septiembre de 1983 su último cambio dando como resultado la AC 150/5060-5 la cual contiene los cambios 1 y 2 a la misma.

En esta emisión se redefine el concepto de capacidad y demora, los cuales fueron elaborados y aprobados por la FAA, con el fin de actualizarlos de acuerdo a las condiciones actuales de la Industria, quedando de la siguiente forma:

CAPACIDAD es el rango de rendimiento, por ejemplo, el número máximo de operaciones que pueden tomar lugar en una hora.

DEMORA es la diferencia en tiempo entre una obligación y una no obligación de la operación de la aeronave. Esta definición se toma del informe de que la demora ocurre cuando se presenta una demanda simultánea de las instalaciones. Un nivel aceptable de demora puede variar entre aeropuertos.

A su vez, menciona que es importante el cálculo de capacidad por hora para poder determinar el promedio de la demora, debido a que son datos necesarios en el diseño y evaluación del desarrollo y proyectos de mejora del aeropuerto.

Ya que la capacidad de la componente aeroportuaria por hora cambia durante el día derivado de las variaciones en el uso de las pistas, la mezcla de aeronaves, las reglas de ATC, etc.

Esta AC esta dividida de la siguiente manera:

- a) Capitulo 1 Capacidad y Demora Aeroportuaria, proporciona un panorama general de la capacidad aeroportuaria y el análisis de la demora de aeronaves.
- b) Capitulo 2 Procedimientos Preeliminarios, contiene el cálculo por computadora para la capacidad aeroportuaria, el volumen de servicio anual (ASV), y la demora de aeronaves para la evaluación a largo plazo.
- c) Capitulo 3 Cálculos de Capacidad Aeroportuaria y Demora de Aeronaves, comprende más a detalles los cálculos apropiados para el diseño del aeropuerto y las aplicaciones planificadoras.
- d) Capitulo 4 Aplicaciones Especiales, abarca los cálculos especiales de capacidad relativa a:
 - Periodos de baja visibilidad y condiciones de techo.

- Aeropuertos que no cuentan con una cobertura de radar y/o un sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS).
 - Aeropuertos con pistas paralelas cuando una pista es limitada a ser usada por aeronaves pequeñas.
- e) Capitulo 5 Programas por Computadora para la Capacidad Aeroportuaria y la Demora de Aeronaves, identifica los modelos computacionales los cuales pueden utilizarse para refinar la capacidad de pistas y el análisis de aeronaves.
- f) Los apéndices contienen ejemplos aplicando los capítulos 2, 3 y cálculos del 4.

Las unidades de medida empleadas en esta circular para el espacio de las aeronaves al despegue y aterrizaje están en unidades habituales (pies, nudos, etc.), esto es conveniente para el rendimiento de la capacidad y el cálculo de demora en las mismas unidades.

Las principales componentes del aeropuerto que se menciona en esta AC son:

- a) **Pista:** Incluye la superficie de aterrizaje, además de aquellas porciones en las rutas de aproximación y despegue usadas en común por las aeronaves.
- b) **Calle de Rodaje:** El termino calle de rodaje incluye las calles de rodaje paralelas, calles de rodaje de entrada/salida, cruces de calles de rodaje, reconociendo que la condición limitadora de capacidad puede existir cuando en un arribo o salida una riada de aeronaves deba cruzar una pista activa.

- c) **Grupo de Puerta:** El termino grupo de puerta identifica el número de puertas localizadas en el complejo de la Terminal los cuales son usadas por las aerolíneas, o compartidas por dos o mas aerolíneas, u otras aeronaves operando en el aeropuerto en base a un horario regular. En la mayoría de los casos las puertas de la Terminal no son usadas por la aviación general.

Algunos términos de capacidad empleados por esta AC son:

- a) **Mezcla de Aeronaves:** Porcentaje relativo del comportamiento de las aeronaves por cada una de las cuatro clases de aeronaves (A, B, C y D). La tabla de abajo identifica los aspectos físicos de las cuatro clases de aeronaves y la relación de términos usados en los estándares de la estela de turbulencia.

Tabla 5 Clasificación de Aeronaves

Clase de Aeronave	Peso Máximo Certificado al Despegue (lbs).	Número de Motores	Clasificación de la Estela de Turbulencia
A	12,500 o menor	Sencillo	Pequeña (S)
B		Mult.	
C	12,500 – 300,000	Mult.	Grande (L)
D	Arriba de 300,000	Mult.	Pesada (H)

- b) **Volumen de Servicio Anual (AVS):** El AVS es un estimado razonable de la capacidad anual del aeropuerto. Describe el uso de pistas, mezcla de aeronaves, condiciones climáticas, etc., las cuales pueden presentarse durante el tiempo de un año.
- c) **Capacidad:** Capacidad (rendimiento de la capacidad) es una medida del número máximo de operaciones de aeronaves las cuales podrán ser efectuadas en el aeropuerto o en la

componente del aeropuerto en una hora. En capacidad, una componente aeroportuaria es independiente de la capacidad de otras componentes aeroportuarias, esta puede ser calculada separadamente.

d) **Techo y Visibilidad:** Para propósitos de esta AC, los términos VFR, IFR, y PVC son usados como medidas relacionadas para los siguientes techo y visibilidad:

1) Reglas de vuelo visual (VFR) condición que sucede siempre que las nubes del cielo estén cuando menos a 1,000 pies sobre el nivel de tierra y la visibilidad sea cuando menos de tres millas estatutas.

2) Reglas de vuelo por instrumentos (IFR) condición que sucede siempre que se reporten nubes en el cielo cuando están al menos a 500 pies pero menor a 1,000 pies y/o la visibilidad esta al menos a una milla pero menor que tres millas estatutas.

3) Pobre visibilidad y techo (PVC) condición que sucede siempre que las nubes del cielo esta a menos de 500 pies y/o la visibilidad es menor a una milla estatuta.

e) **Demora:** Diferencia entre lo obligado y lo no obligado en una operación a tiempo.

f) **Demanda:** Magnitud de las operaciones de aeronaves para **ser efectuadas en un periodo específico.**

g) **Puerta:** Una puerta es la posición de estacionamiento de una aeronave usada por la misma para un embarque y desembarque de pasajeros, correo, carga, etc. Una posición de estacionamiento la cual es regularmente usada por dos aeronaves al mismo tiempo es dos puertas para cálculos de capacidad.

1) Tipo de puerta, es el tamaño de la puerta. Una puerta tipo 1 es capaz de acomodar todos los tipos de

aeronaves, incluyendo fuselajes anchos como los del A-300, B-747, B-767, DC-10, L-1011. Una puerta tipo 2 podrá acomodar solamente fuselajes delgados.

2) Mezcla de puertas, es el porcentaje de aeronaves con fuselajes delgados que puedan ser acomodadas por el grupo de puertas.

3) El tiempo de ocupación de puertas, es la longitud de tiempo requerido para el ciclo de una aeronave a través de la puerta.

h) **Índice de mezcla:** El índice de mezcla es una expresión matemática. Este es el porcentaje de aeronaves Clase C más 3 veces el porcentaje de aeronaves Clase D, y es escrito: $\%(C+3D)$.

i) **Porcentaje de Arribos (PA):** El porcentaje de arribos es la razón de los arribos para el total de operaciones y es calculado de la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de arribos} = \frac{A + \frac{1}{2} (T\&G)}{A + DA + (T\&G)} \times 100$$

Donde:

A = número de arribos de aeronaves en la hora

DA = número de salidas por aeronave en la hora

T&G = número de Touch & Goes (toques e idas) en la hora

j) **Porcentaje de Touch & Goes:** Es la tasa de aterrizajes con un despegue inmediato del total de las operaciones y es calculado de la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de Touch \& Goes} = \frac{(T\&G)}{A + DA + (T\&G)} \times 100$$

Donde:

A = número de arribos de aeronave en la hora

DA = número de salidas de aeronaves en la hora

T&G = número de Touch & Goes en la hora

Las operaciones de Touch & Goes están normalmente asociadas al entrenamiento de vuelo. El número de estas operaciones usualmente decrece como el número de operadores aéreos se incrementa, como la demanda para el servicio de aproximación de la capacidad de pista, o como las condiciones del clima se deterioren.

- k) Configuración del Uso de Pista: Es el número, ubicación, y orientación de la(s) pista(s), el tipo y dirección de las operaciones, y las reglas de vuelo en efecto en un tiempo en particular.

Capacidad, demanda y relación de demora

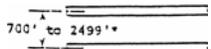
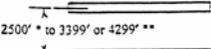
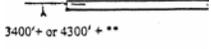
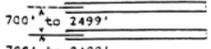
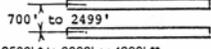
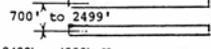
Cuando la demanda se aproxima a la capacidad, la demora por aeronave se incrementa. Sucesivamente la demanda por hora excede la capacidad por hora resultando en una demora inaceptable. Cuando la demanda por hora es menor que la capacidad por hora, la demora podrá ocurrir si la demanda dentro de una porción del intervalo de tiempo excede la capacidad durante este intervalo. Porque la magnitud y el horario del usuario demanda es relativamente no obligatorio, reducciones en la demora pueden ser alcanzados a través de mejoras al aeropuerto los cuales incrementaran su capacidad.

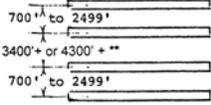
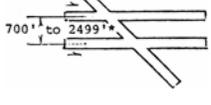
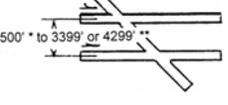
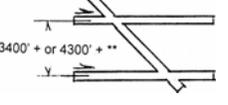
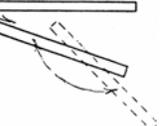
Los valores por hora de VFR e IFR que se muestran en la siguiente figura están basados en la utilización de pistas, las cuales

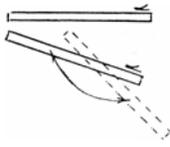
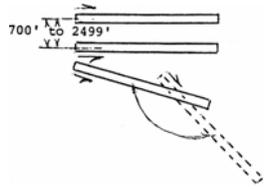
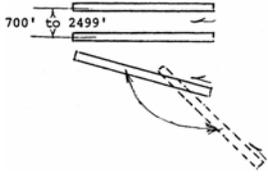
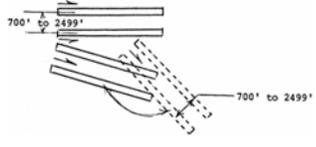
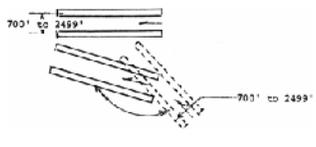
producen una elevada capacidad sostenible con las actuales reglas y practicas del ATC. Estos valores son representativos de un típico aeropuerto de los Estados Unidos teniendo configuraciones de uso de pistas similares. Las capacidades aeroportuarias por hora en VFR e IFR están basadas en las siguientes suposiciones:

- a) **Configuración del uso de pista:** El diseño de cualquier pista puede ser aproximadamente por una de las 19 descritas en las configuraciones de uso de pista. Bloques de múltiples arribos son solamente para configuraciones de pista en paralelo.
- b) **Porcentaje de arribos:** Arribos igual a salidas.
- c) **Porcentajes de Touch & Goes:** El porcentaje de toques e idas esta en relación a los rangos de la tabla.
- d) **Calle de Rodajes:** Longitud total de las calles de rodaje en paralelo, amplitud de los rodajes de entrada/salida a pista, y ningún problema con cruces de calles de rodaje.
- e) **Limitaciones de Espacio Aéreo:** Aquí no hay limitaciones de espacio Aéreo las cuales podrían impactar a las operaciones en vuelo o de otro modo restringir a la aeronave la cual puede operar en el aeropuerto. Fallar en la protección de la aproximación es asegurar que todas las operaciones converjan en condiciones de clima IFR.
- f) **Instrumentos en pista:** El aeropuerto debe tener al menos una pista equipada con ILS y tener las instalaciones necesarias para ATC y los servicios para realizar operaciones con un radar de ambiente. Para operaciones independientes, con 3,400 pies de separación se requiere de Precision Runway Monitor (PRM) equipado con un gran radar actualizado. Si el equipo PRM no esta disponible, las operaciones independientes requerirán 4,300 pies de separación.

Tabla 6. Posibles configuraciones de pista que en lista esta AC:

No.	Configuración de uso de pista	Índice de Mezcla % (C+3D)	Capacidad por hora OPS/HR		Volumen de Servicio Anual OPS/Año
			VFR	IFR	
1.		0 a 20	98	59	230,000
		21 a 50	74	57	195,000
		51 a 80	63	56	205,000
		81 a 120	55	53	210,000
		121 a 180	51	50	240,000
2.		0 a 20	197	59	355,000
		21 a 50	145	57	275,000
		51 a 80	121	56	260,000
		81 a 120	105	59	285,000
		121 a 180	94	60	340,000
3.		0 a 20	197	62	355,000
		21 a 50	149	63	285,000
		51 a 80	126	65	275,000
		81 a 120	111	70	300,003
		121 a 180	103	75	365,000
4.		0 a 20	197	119	370,000
		21 a 50	149	113	320,000
		51 a 80	126	111	305,000
		81 a 120	111	105	315,000
		121 a 180	103	99	370,000
5.		0 a 20	295	62	385,000
		21 a 50	213	63	305,000
		51 a 80	171	65	285,000
		81 a 120	149	70	310,000
		121 a 180	129	75	375,000
6.		0 a 20	295	62	385,000
		21 a 50	219	63	310,000
		51 a 80	184	65	290,000
		81 a 120	161	70	315,000
		121 a 180	146	75	385,000
7.		0 a 20	295	119	625,000
		21 a 50	219	114	475,000
		51 a 80	184	111	455,000
		81 a 120	161	117	510,000
		121 a 180	146	120	645,000

No.	Configuración de uso de pista	Índice de Mezcla % (C+3D)	Capacidad por hora OPS/HR		Volumen de Servicio Anual OPS/Año
			VFR	IFR	
8.		0 a 20	394	119	715,000
		21 a 50	290	114	550,000
		51 a 80	242	111	515,000
		81 a 120	210	117	565,000
		121 a 180	189	120	675,000
9.		0 a 20	98	59	230,000
		21 a 50	77	57	200,000
		51 a 80	77	56	215,000
		81 a 120	76	59	225,000
		121 a 180	72	60	265,000
10.		0 a 20	197	59	355,000
		21 a 50	145	57	275,000
		51 a 80	121	56	260,000
		81 a 120	105	59	285,000
		121 a 180	94	60	340,000
11.		0 a 20	197	62	355,000
		21 a 50	149	63	285,000
		51 a 80	126	65	275,000
		81 a 120	111	70	300,000
		121 a 180	103	75	365,000
12.		0 a 20	197	119	370,000
		21 a 50	149	114	320,000
		51 a 80	126	111	305,000
		81 a 120	111	105	315,000
		121 a 180	103	99	370,000
13.		0 a 20	197	59	355,000
		21 a 50	147	57	275,000
		51 a 80	145	56	270,000
		81 a 120	138	59	295,000
		121 a 180	125	60	350,000
14.		0 a 20	150	59	270,000
		21 a 50	108	57	225,000
		51 a 80	85	56	220,000
		81 a 120	77	59	225,000
		121 a 180	73	60	265,000

No.	Configuración de uso de pista	Índice de Mezcla % (C+3D)	Capacidad por hora OPS/HR		Volumen de Servicio Anual OPS/Año
			VFR	IFR	
15.		0 a 20	132	59	260,000
		21 a 50	99	57	220,000
		51 a 80	82	56	215,000
		81 a 120	77	59	225,000
		121 a 180	73	60	265,000
16.		0 a 20	295	59	385,000
		21 a 50	210	57	305,000
		51 a 80	164	56	275,000
		81 a 120	146	59	300,000
		121 a 180	129	60	355,000
17.		0 a 20	197	59	355,000
		21 a 50	145	57	275,000
		51 a 80	121	56	260,000
		81 a 120	105	59	285,000
		121 a 180	94	60	340,000
18.		0 a 20	301	59	385,000
		21 a 50	210	57	305,000
		51 a 80	164	56	275,000
		81 a 120	146	59	300,000
		121 a 180	129	60	355,000
19.		0 a 20	264	59	375,000
		21 a 50	193	57	295,000
		51 a 80	158	56	275,000
		81 a 120	146	59	300,000
		121 a 180	129	30	355,000

Los valores de ASV de la tabla están basados en las siguientes suposiciones:

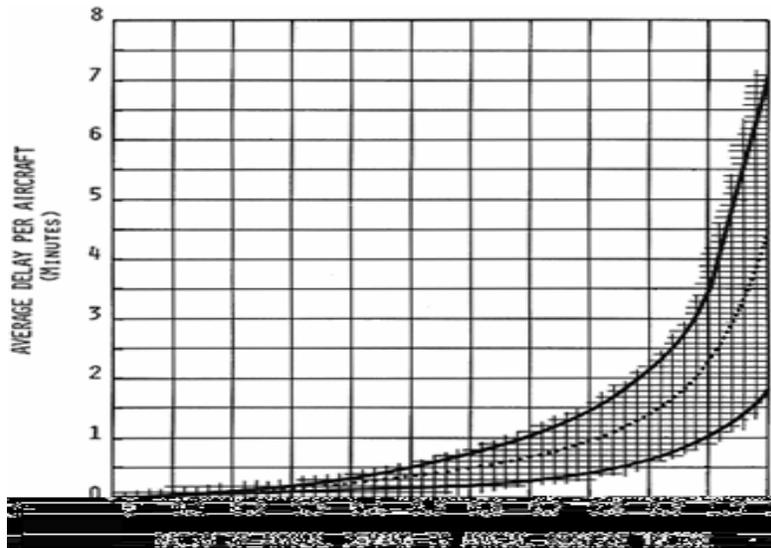
- a) Clima, Condiciones de clima IFR ocurren duramente en un 10% del tiempo.

- b) Configuración de uso de pista. Rigurosamente el 80% del tiempo el aeropuerto esta operando con el la configuración del uso de pista el cual esta produciendo la mayor capacidad por hora.

Demora de aeronaves

Calcular la demora de la siguiente forma:

- a) Estimar la demanda anual usando la información presente e histórica o proyecciones a futuro del tráfico.
- b) Calcular la tasa de demanda anual para ASV.
- c) Obtener el promedio de demora por aeronave de la grafica 2. La parte superior de la porción de la banda aplica a aeropuertos donde dominan las operaciones de operadores aéreos. La anchura total de la banda aplica a aeropuertos donde domina las operaciones de aviación general. Demora de 5 a 10 minutos puede ser experimentada por una sola aeronave.
- d) Calcular la demora total anual de las aeronaves como el porcentaje de demora multiplicado por la demanda anual.



Grafica N°2 Promedio de demora de aeronave por planeación de largo plazo

2.2.3. International Air Transport Association (IATA) Airport Development Reference Manual

La IATA a través del *Airport Development Reference Manual* establece que, la medición de la capacidad varía de un subsistema a otro. El término capacidad tiene diferentes definiciones pero la más general se refiere a un límite, cuando es alcanzado o excedido, el cual afecta las operaciones del aeropuerto y el nivel de servicio.

La capacidad describe la medición del rendimiento de un sistema o subsistema específico del aeropuerto o de la habilidad del sistema para acomodar un nivel de demanda proyectado. La capacidad está basada en cinco medidas fundamentales, las cuales se describen en los siguientes párrafos.

Capacidad Dinámica

La Capacidad Dinámica se refiere al proceso máximo o razón del flujo de pasajeros (por ejemplo, ocupantes) a través de un subsistema por unidad de tiempo. La unidad de tiempo actual seleccionada como el índice de medida (minutos, horas, etc.) depende de la naturaleza de la operación.

Capacidad Estática

La Capacidad Estática es usada para describir el almacenamiento potencial de una instalación o área, y esta usualmente expresada como el número de ocupantes los cuales pueden ser acomodados en un área en cualquier momento. Es una función del espacio total disponible y del nivel de servicio el cual será provisto; por ejemplo, la cantidad de espacio la cual ocupara cada ocupante. Los estándares de capacidad estática están establecidos en metros cuadrados por ocupante ($m^2/occ.$) para cada nivel de servicio.

Capacidad Sostenida

La Capacidad Sostenida es usada para describir la capacidad total de un subsistema para acomodar la demanda del tráfico, sobre un periodo sostenido dentro del espacio y tiempo estándar de un nivel de servicio en particular. Esta es una medida para combinar la capacidad dinámica y la estática de los procesadores, reservas y vínculos. IATA recomienda usar el nivel de servicio C para determinar la capacidad sostenible.

Capacidad Máxima

La Capacidad Máxima se refiere al flujo máximo de tráfico, el cual puede ser alcanzado solamente para la unidad de tiempo elegida pero no mantenida por un periodo largo, de acuerdo a los requisitos de seguridad y de demora o del nivel de servicio.

Capacidad Declarada

La Capacidad Declarada se refiere a las limitaciones específicas de las capacidades, en términos numéricos, de instalaciones individuales y recursos. Estas capacidades son dirigidas a las autoridades apropiadas para usarlas en la preparación de horarios de vuelo.

Nivel de Servicio

El nivel de servicio puede ser considerado como un rango de valores o asignación de la habilidad de suplir la demanda conocida. Para evitar la comparación entre varios sistemas y subsistemas de un aeropuerto y para reflejar la naturaleza dinámica de la demanda hacia la demanda, una razón del nivel de servicio que mide de A hasta F puede ser usada. El criterio de evaluación y los estándares actuales para cada subsistema esta desarrollado por separado.

Marco de trabajo del Nivel de Servicio

- Un excelente nivel de servicio. Condiciones del flujo libre no demoras y excelente nivel de confort.
- Un alto nivel de servicio. Condiciones de flujo estable, muy pocas demoras y altos niveles de confort.
- Un buen nivel de servicio. Condiciones de flujo estable, demora aceptable y buenos niveles de confort.
- Adecuado nivel de servicio. Condiciones de flujo inestable, demora aceptable por demora por periodos cortos de tiempo y niveles adecuados de confort.
- Inadecuado nivel de servicio. Condiciones de flujo inestable, demoras inaceptables y niveles inadecuados de confort.
- Inaceptable nivel de servicio. Condiciones de cruce de flujos, sistemas de ruptura y demora inaceptable; un nivel inaceptable del nivel de confort.

Ya que la demanda del tráfico en cada aeropuerto es dinámica y varia con factores tales como los horarios, sector de vuelo y tipo de aeronaves y factor de carga, las medidas del nivel de servicio deben reflejar estos aspectos dinámicos.

El nivel de servicio C es recomendado como el objetivo mínimo de diseño, denota un buen servicio a razonable costo. El nivel de servicio A es visto como no tener limites.

Visión General de los Sistemas del Aeropuerto

Un aeropuerto es más que una gran área pavimentada, un concepto arquitectónico o unos planos. Un aeropuerto debe ser visto y planeado como un sistema dinámico que maneje el flujo de peatones, vehículos, aeronaves, equipaje, carga y correo.

Instalaciones del Aeropuerto/Sistemas

Las instalaciones del aeropuerto deben ser planeadas de acuerdo a los siguientes principios:

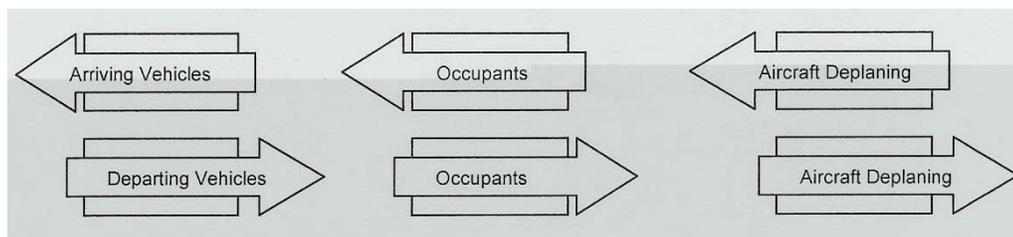
- Los aeropuertos deben ser desarrollados para operar de un modo eficiente, tomando en cuenta la seguridad de los usuarios y clientes.
- El flujo de aeronaves debe ser diseñado para operar dentro de la eficiencia máxima cruzando los subsistemas del lado aire; por ejemplo, puertas, plataforma, calles de rodaje, pistas y espacio aéreo.
- El flujo de pasajeros debe ser diseñado para minimizar los inconvenientes y la confusión, como pasajeros que provienen de la red de los subsistemas de la Terminal.
- El sistema de equipaje debe ser diseñado para proveer una eficiente, rápida, fiable y costos-efectivos del flujo del manejo de equipaje desde la documentación hasta la aeronave, de aeronave a aeronave, y de la aeronave al reclamo de equipaje.
- El edificio de la Terminal de pasajeros deberá ser diseñado para ofrecer un eficiente y perfecto flujo entre los elementos del lado tierra y lado aire.

- Los aeropuertos deben estar diseñados para ofrecer un balance en el flujo a través de puntos de la interfase del sistema.
- Cada sistema debe ser lo suficientemente flexible para acomodar los requisitos del futuro para mantener un balance general en todos los sistemas del aeropuerto.

Un aeropuerto puede ser subdividido de varios modos, sistemas interrelacionados. La red del lado aire cuenta con un gran espacio, mientras que el edificio Terminal representa la porción de la transferencia del sistema total a través del cual los pasajeros se mueven del acceso en tierra a la plataforma y viceversa o alternativamente entre vuelos.

El punto de transición del acceso en tierra/edificio Terminal esta en el borde de la acera, mientras el punto de transición entre la plataforma/edificio Terminal ocurre en el puente/puerta. Estos puntos de transición o de interfase entre los sistema marcan los puntos donde cambia la naturaleza del flujo. En el proceso de desembarque de pasajeros, por ejemplo, el flujo de aeronaves se vuelve flujo de peatones, el cual se vuelve flujo de vehículos. Es en estos puntos de la interfase donde los índices de medida de estos flujos deben ser convertidos a la unidad apropiada, por ejemplo, aeronaves por hora y vehículos por hora a personas por hora.

Esta relación es mostrada en el siguiente diagrama esquemático:



Balance de la Capacidad

El objetivo primario del proceso de planeación es encontrar el correcto balance de la capacidad y del nivel de servicio entre las instalaciones, operaciones, reglas y procedimientos e itinerarios de las aerolíneas. Balancear la capacidad es un requisito primordial para evitar el desplazamiento de los cuellos de botella a otra instalación crítica. El medio continuo es asegurar la Terminal, puerta y sistemas de plataforma para no limitar el rendimiento de la pista. El estudio de los principales sistemas se considera cuando la capacidad esta balanceada y determina el rendimiento fiable del aeropuerto. Estos comienzan:

Terminal del espacio aéreo

El estudio de la Terminal del espacio aéreo es tomado para determinar cuando la capacidad existente y los factores limitantes requieren mejora previa para considerar la inversión en nuevas instalaciones

Calles de Rodaje/Pistas

El estudio de la capacidad de la pista es tomado para determinar la capacidad de pista existente y máxima. El sistema de pista es una componente crítica del sistema total y la capacidad esencial de la pista determina la capacidad máxima del aeropuerto. Cada esfuerzo debe hacerse para asegurar que las instalaciones del aeropuerto no limiten el rendimiento y eficacia de la pista.

Plataforma

La simulación es necesaria para asegurar que los actos de la plataforma (como un efectivo vínculo entre la puerta y el sistema de pista) no se conviertan en un cuello de botella.

Puerta

El número de posiciones y posiciones de estacionamiento para las aeronaves utilizadas de diferente tipo/tamaño, es calculado para conocer los requisitos actuales y futuros de la última capacidad de pista. Esta información es esencial para el desarrollo de conceptos realistas y costos-efectivos de los aeropuertos.

Terminal de pasajeros

El número de mostradores, un edificio de reserva, niveles de servicio y requisitos por instalación o área son calculados para el flujo de pasajeros y acompañantes de la Terminal de pasajeros.

Los pasajeros que abordan deben pasar a través de alguno o todos los subsistemas, mientras los que desembarcan deben pasar por alguno o todos los subsistemas separados. En algunos casos, los mismos subsistemas son usados para ambos flujos. Adicionalmente la conexión de pasajeros debe ser considerada, ya que ellos utilizan algunos de los subsistemas de ambos flujos de pasajeros. En el caso de los aeropuertos “hub”, el volumen de conexión de pasajeros puede ser muy significativo.

Visión general de la planeación de horarios

Determinar la capacidad y los requisitos de un aeropuerto depende grandemente de predecir el impacto de los horarios de las aerolíneas proyectados en varias instalaciones del aeropuerto. Requisitos, capacidad y niveles de servicio están basados no solamente en condiciones y reglas de operación, sino también sobre los perfiles de demanda creados por la mezcla de vuelos y sectores de vuelo para un día saturado.

Planeación de horarios en sitio-especifico

La planeación detallada, el concepto de validación, asignación del nivel de servicio, optimización de las instalaciones y el diseño deberán ser basados en la planeación de horarios en sitio-específicos reflejando las características del tráfico como una clave en el ingreso.

La planeación de horarios debe reflejar las características del tráfico. Los requisitos para el ingreso de horarios incluye:

- Vuelo de la aerolínea.
- Tipo de aeronave.
- ID de la aeronave.
- Tiempo de salida y llegada.
- Origen/destino del volumen de pasajeros, volumen de pasajeros en conexión, volumen de transito.
- Sector de tráfico (internacional, nacional, Schengen, etc.).
- Asignación de puerta.

Visión del sistema de pistas

La principal restricción de la capacidad de cualquier aeropuerto se encuentra en el sistema de pistas. La capacidad de la pista es un límite natural en la expansión de cualquier aeropuerto y es una consideración la cual identifica y elimina los factores que afectan el flujo máximo de aeronaves que pueden utilizar las pistas. Todas las tentativas deben ser hechas para asegurar que otro sistema crítico, tal como las puertas y las terminales son las últimas en el balance junto con el rendimiento máximo de pista. Un desbalance entre la capacidad de pista y la capacidad de puertas resulta en demoras significativas y reduce la capacidad sostenida del aeropuerto. Las demoras y el rendimiento, son los principales indicadores del rendimiento de pista.

Capacidad de Pista

La capacidad de pista se define como la razón de operación de aeronaves por hora (salidas, llegadas, o ambas), las cuales pueden ser servidas en una pista o en una combinación.

TMA y la capacidad de pista dependen en gran manera de la velocidad, el tiempo de ocupación de pista, la aproximación y el espacio entre aeronaves sucesivas y el diseño del espacio aéreo. El modo de operación es otra variable importante. Las demoras (donde y por que ocurren) determinadas por el flujo de aeronaves es un indicador primario del nivel de servicio y demuestra que la capacidad ha sido alcanzada o excedida por un sistema dado, para un sistema basado en horarios.

Factores que afectan la capacidad por hora

La capacidad máxima esta basada en condiciones y reglas de operación, pero también dependen particularmente de los perfiles de la demanda creada por la mezcla de vuelos y el sector de vuelo para un día saturado. Los factores que afectan la capacidad por hora de un aeropuerto incluyen:

- A. Diseño de pistas.
- B. Sistema de calle de rodajes
- C. Área de plataforma, puertas
- D. Tiempo de ocupación de pista
- E. Mezcla de aeronaves
- F. Condiciones climáticas
- G. Razón de llegadas/salidas
- H. Separación en la aproximación final
- I. Disponibilidad de SIDs & STARs
- J. Instalaciones y procedimientos ATC
- K. Procedimientos de abatimiento de ruido

La demora en llegadas y salidas deben ser analizadas por separado.

Cálculo de capacidad

Se recomienda contar con el mayor número de salidas en el sistema de pistas existente para mejorar las operaciones, antes de considerar la inversión en nuevas instalaciones. La capacidad máxima de la pista debe ser determinada con las instalaciones y el equipo apropiado, buenas condiciones de clima (IFR VMC) y con la mezcla de aeronaves de un día saturado. Los cálculos de la

capacidad de pista requieren observar cuidadosamente el horario de tráfico actual, especialmente durante periodos pico.

Tiempo de ocupación de pista

Una aeronave sucesiva no puede aterrizar hasta que la aeronave precedente despeje la pista. Una buena ubicación de las salidas de las calles de rodaje, asegura que el tiempo que una aeronave utiliza en la pista sea mantenido al mínimo. Un tiempo mínimo de ocupación de pista de 50-55 segundos es encontrado después. Si el espacio entre aeronaves sucesivas es incrementado y la capacidad de pista decrece, el objetivo de 50-segundos no puede ser alcanzado.

Procedimientos y equipo ATC

El rendimiento del equipo de radar y las limitaciones ATC algunas veces imponen una separación mayor. Estas limitaciones deben ser tratadas con prioridad para considerar la inversión en nuevas pistas.

Mezcla de aeronaves

La mezcla sucesiva de aeronaves operando tiene el impacto en la separación total y la capacidad de pista. Por ejemplo, un aeropuerto operando con la mayoría de aeronaves medianas tiene un promedio de separación de llegada de 3 MN. El mismo aeropuerto sirviendo una mezcla de aeronaves pequeñas, medianas y pesadas

tiene una separación de 3 a 6 MN, dependiendo de la secuencia de llegadas se tendrá una significativa reducción en la capacidad de pista.

Mezcla de llegadas y salidas

Un aeropuerto es parte de una red y tiene una mezcla de llegadas y salidas durante el día. Las aeronaves que aterrizan en el aeropuerto eventualmente despegarán. La distribución de llegadas y de salidas tiene un impacto en la capacidad de pista. El ATC no solo necesita considerar la separación entre llegadas y salidas sucesivas, sino también los huecos entre llegadas precedidas o seguidas de una salida.

Mezcla o modo segregado

Los aeropuertos con una o más pistas, algunas veces dedican pistas para salidas y otra para llegadas. Sin embargo, los picos de llegadas y salidas raramente coinciden y la separación entre llegadas y salidas sucesivas es diferente. Esto resulta en huecos en una pista cuando la otra está a su capacidad; en este caso la mezcla de llegadas y salidas si operaran en una sola pista puede incrementar la capacidad.

Configuración de pista

Las pistas paralelas con separación adecuada (1035 m o más) pueden servir llegadas independientes. La interacción entre pistas es

una restricción que limita la capacidad cuando la distancia entre pistas no cuenta con la mínima separación requerida o intersección de pistas.

El diseño de un aeropuerto y la configuración de pista es otro factor que tiene un impacto en la demora y la capacidad del aeropuerto. Un aeropuerto que requiere un cruce significativo en una pista activa puede experimentar desde la puerta más demora que un aeropuerto que minimiza un cruce de pista.

Calles de rodaje

Las calles de rodaje es el vínculo necesario entre varias partes del aeropuerto, incluyendo las puertas/plataforma, el sistema de pista. Como tal, los elementos individuales constituyen una red de acceso al servicio y funciones de movimientos de aeronaves.

La siguiente figura muestra esquemáticamente la base de las funciones. Las calles de rodaje deben ser diseñadas (dimensiones) de acuerdo a los requisitos del Anexo 14 de ICAO para la futura aeronave crítica a operar en el aeropuerto.

2.2.4. Otros métodos recomendados por expertos: Capacidad y Demora del Lado Aire¹

La efectividad de un sistema de transporte es comúnmente medida en términos de de su habilidad para mejorar el sistema de la unidad de transporte. Desde la ejecución del sistema es dependiente

¹ Planning and Desing of Airports

de los componentes individuales de ese sistema, este es usualmente necesario para evaluar estos componentes para determinar el conjunto de las habilidades de sistema. En casos donde el uso del sistema requiera la utilización de la secuencia de un grupo de procesadores, la eficiencia total del sistema es usualmente limitada por las características de la mínima eficiencia del componente.

En el transporte aéreo, el referente particular es centrado sobre el movimiento de aeronaves, pasajeros, acceso de vehículos en tierra, y carga a través del aeropuerto y el sistema de aviación. La experiencia del viajero del aire ha crecido acostumbrado a demoras de vuelos, a reservas de más, pérdida de las conexiones, congestión en tierra, escasez de lugares para estacionarse, y largas filas en el edificio terminal durante periodos de viaje pico. Para varios viajes de transportación aérea, el consejo relativo a la característica de velocidad de las aeronaves es considerablemente reducida por el acceso en tierra, el sistema de terminal, y demoras en el lado aire.

En un sentido más general, el crecimiento sin precedente en la demanda del servicio de transporte aéreo sobre los pasados 30 años, tiene en varias situaciones, fuera de ritmo la disponibilidad de proveer las instalaciones para adecuar el acomodo de este crecimiento. En mayor medida, los elementos del sistema de transporte aéreo están siendo mencionados más allá de sus habilidades de diseño, resultando en un servicio significativamente deteriorado en los principales aeropuertos en este país. Esto es comprensivo, después, que el énfasis considerable ha sido colocado encima del desarrollo para analizar el nivel y causas de la deficiencia de la capacidad. Es ahora posible determinar con precisión las habilidades del aeropuerto y las componentes del sistema de aviación para el proceso de demanda y señalar las causas de las

deficiencias en estos sistemas. Este conocimiento permite a uno proponer la solución a los problemas identificados.

La información de la capacidad y demora del aeropuerto es importante para el planeador del aeropuerto. Aquí hay una fuerte creencia dentro de la comunidad de la aviación que significa beneficios en la eficiencia del transporte aéreo que puede ser realizado a través de una comprensión de los factores que causan la demora y por la aplicación de las innovaciones tecnológicas para aminorar la demora.

Los planeadores pueden comparar la capacidad con la demanda existente y pronosticada y establecer si las mejoras para incrementar la capacidad serán necesitadas. Comparando la capacidad de diferentes configuraciones en los campos aéreos necesitan determinar cual es la más eficiente. Una capacidad inadecuada conduce a incrementar demoras en los aeropuertos. La demora es un factor importante en el análisis costo-beneficio. Si un valor económico puede ser colocado en la demora, los ahorros en la reducción de la demora resultando de una mejora se convertirán en beneficios, los cuales pueden ser usados para justificar el costo de esa mejora.

Capacidad y demora

El término de capacidad significa el procesamiento de habilidades de una instalación de servicio sobre algunos periodos. Sin embargo, para una instalación de servicio para realizar su capacidad máxima o la última, debe de haber una continua demanda del servicio. En la aviación, esto es virtualmente imposible de mantener una demanda continúa a través del periodo de operación

del sistema. Incluso si una demanda continua fuera artificialmente creada por causa de un trabajo atrasado de las instalaciones de servicio por periodos limites de operación o por la reducción del equipo de operación, las demoras de estas instalaciones podrían resultar en un deterioro tal en la calidad del servicio convirtiéndose esto en una situación indeseable. Por tanto, el diseño de las instalaciones es enfrentada con el problema de proveer la suficiente capacidad para acomodar la fluctuación de la demanda con un nivel aceptable o calidad de servicio. Típicamente, las especificaciones de diseño de un aeropuerto requieren que la capacidad suficiente sea provista en un relativamente alto porcentaje de la demanda la cual será sujeta a una mínima cantidad de demora.

Esta discusión conduce a una conciencia de la relación entre la capacidad y demora. Para proveer una suficiente capacidad para servir a una variación de la demanda sin demora normalmente requerirá instalaciones que son difícilmente de justificar económicamente. Por tanto, un diseño de un nivel de demora aceptable desde la perspectiva del usuario y el operador es usualmente establecido, y el sistema de componentes de la capacidad suficiente es escogido para asegurar que estos criterios de demora son conocidos.

Capacidad y demora en la planeación del campo aéreo

Aunque la capacidad es una importante medida de la efectividad de un aeropuerto, esta podría no usarse como un criterio exclusivo. En la planeación preliminar, diferentes configuraciones del campo aéreo alternativas son usualmente considerables. La estimación de la capacidad es útil para la proyección inicial de las alternativas y para la selección de estas alternativas la cual será

tema de análisis futuro. Cuando la demanda se aproxima a la capacidad, la demora a las aeronaves se acumula rápidamente. La congestión es comúnmente asociada con el incremento de la demora, especialmente cuando la demanda se aproxima a la capacidad por más que con periodos muy cortos. Porque los factores económicos estimando la magnitud de las demoras continuamente son más importantes para la justificación y establecimiento de los requerimientos de las mejoras del campo aéreo que determinan la capacidad.

Un objetivo primario de los estudios de la capacidad y la demora es para determinar un medio efectivo y eficiente para incrementar la capacidad y reducir la demora en los aeropuertos. En la práctica, los análisis son conducidos a examinar las implicaciones en los cambios en la naturaleza de la demanda, la explotación de las configuraciones del campo aéreo y el impacto de las modificaciones en las instalaciones en la calidad del servicio que proporcionan a esta demanda. Algunas de las aplicaciones típicas de estos análisis pueden incluir:

- 1) El efecto de la ubicación y geometría de salidas de pistas alternativas en la capacidad del sistema de pistas existente.
- 2) El impacto en las limitaciones del campo aéreo debido a los procedimientos de abatimiento de ruido, límite de la capacidad de pistas, o ayudas a la navegación inadecuadas en el aeropuerto en el índice de aeronaves procesadas.
- 3) Las consecuencias de introducir aeronaves pesadas dentro de la mezcla de aeronaves de un aeropuerto y examinar los mecanismos alternativos de revisión de la mezcla.

- 4) La investigación de configuraciones de pistas alternas en la capacidad del proceso de aeronaves.
- 5) La generación de alternativas de la construcción de nuevas pistas y calles de rodaje para facilitar el proceso de aeronaves.
- 6) Las ganancias las cuales pueden ser realizadas en la capacidad del sistema o en la reducción de la demora por el desvío de las aeronaves de aviación general para liberar las instalaciones del congestionamiento en grandes áreas hub del tráfico aéreo.

Como se muestra en la figura 2, el plano del diseño del campo aéreo del Aeropuerto Internacional O'Hare consiste de tres escenarios de pistas paralelas y pistas cortas las cuales pueden ser usadas para salida de pequeñas aeronaves. En la figura 3, el plano del diseño del Aeropuerto Metropolitano de Detroit consiste de tres pistas paralelas y una pista de viento cruzado. La estrategia de pista empleada en estos aeropuertos en cualquier punto es grandemente funcional de la magnitud y la naturaleza de la demanda de aeronaves, patrón del viento y condiciones de clima, y las reglas de operación de tráfico aéreo. Sin embargo, cada estrategia de uso de pista tiene una capacidad por hora específica y diferentes resultados en los niveles de demora.

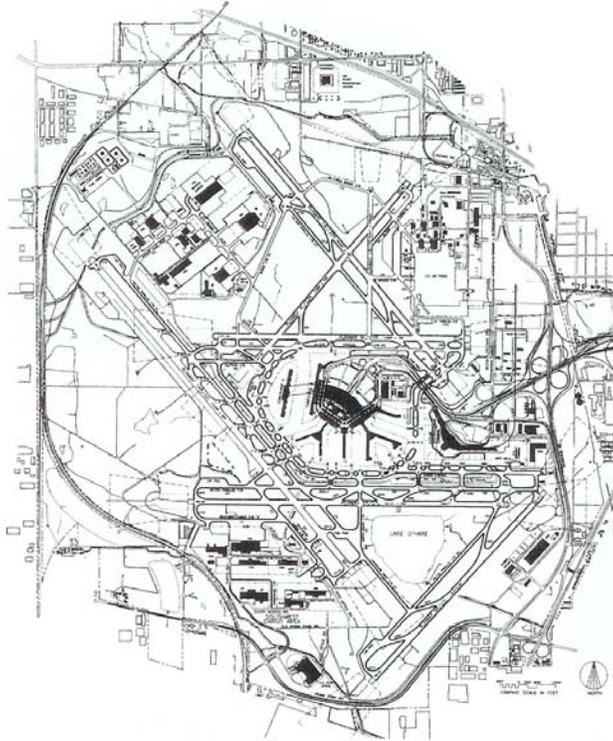


Figura 2. Plano de diseño del campo aéreo del Aeropuerto Internacional O'Hare (Laundrum and Brown Aviation Consultants and Department of Aviation, City of Chicago).

LA FAA ha indicado que en 1990 donde estaban 23 aeropuertos de servicios comerciales en los Estados Unidos los cuales tuvieron una demora anual total en exceso de 20,000 h. Este pronóstico esta sin las mejores en la capacidad del lado aire hay aquí probablemente 40 aeropuertos con servicios comerciales en los Estados Unidos los cuales experimentaron un nivel de demora anual en el año 2000. Aunque las estimaciones exactas de los costos de demora son difíciles de determinar, basados en estimaciones de 1989 de los costos de operación de aeronaves, una demora anual de 20,000 h los costos exceden de \$20 millones en un aeropuerto con servicios comerciales.

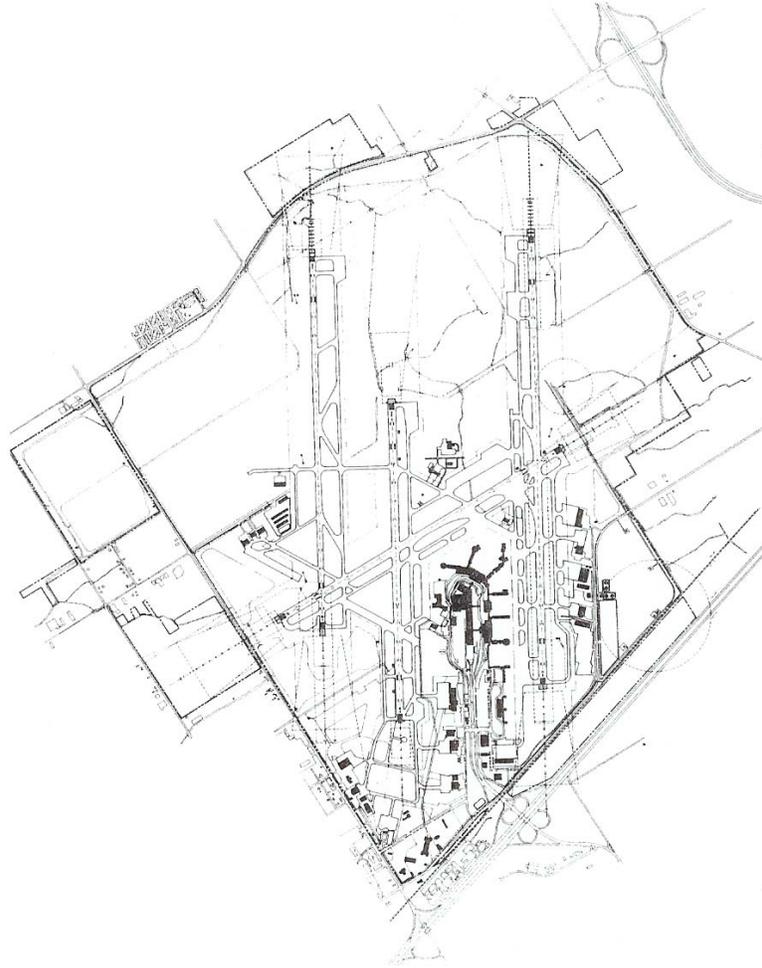


Figura 3. Plano de diseño del campo aéreo del Aeropuerto Metropolitano de Detroit (Laundrum and Brown Aviation Consultants and Wayne County Department of Aviation).

La distribución de las causas de demora más grandes de 15 minutos esta dada en la Tabla 7 para los años 1985 y 1990. Observe que el clima causa más de la mitad de las demoras, pero el porcentaje de vuelos demorados debido al clima disminuye. EL segundo factor más importante causante de la demora es el volumen de tráfico en la terminal y este factor ha aumentado dramáticamente como una causa de demora de 1985 a 1990. En 1990, más del 10 por ciento de todos los vuelos de los U.S. estuvieron demorados por 15 minutos o más.

Tabla °7 Porcentaje de Distribución de las Causas de Demoras de Vuelo Mayor a 15 minutos, 1985 y 1990.

Causa	1985	1990
Clima	68	53
Volumen de la terminal	12	36
Volumen central	11	2
Cierre de pistas-calles de rodaje	6	4
Equipo del sistema del espacio aéreo nacional	2	2
Otro	1	3
Total de operaciones demoradas	334,000	404,000

Fuente: Federal Aviation Administratio

Promedio de Demora de Aeronaves por Fase de Vuelo, 1987 a 1990.

Promedio de demora por vuelo, minutos.				
Fase de vuelo	1987	1988	1989	1990
En puerta	1.0	1.0	1.0	1.0
Saliendo por calle de rodaje	6.6	6.8	7.0	7.2
En vuelo	3.9	4.0	4.3	4.3
Entrando por calle de rodaje	2.1	2.1	2.2	2.3
Total	13.7	14.0	14.6	14.9

Fuente: Federal Aviation Administration

El promedio de demora por fase de cada vuelo de 1987 hasta 1990 esta dada por la tabla 8. Como se puede observar, el componte más significativo de demora es en el rodaje de salida de la parte del vuelo, y esto es debido a la falta de disponibilidad de pistas para el despegue, comúnmente causada por la congestión en el espacio de salidas. La demora en vuelo es la segunda componente más significativa de la demora de aeronaves debido principalmente a la congestión de tráfico por arribos en la terminal.

Las implicaciones operacionales y económicas de la demora de aeronaves se incrementan dictando que el análisis de la demora es incluido en los estudios de planeación del campo aéreo y estos análisis son conducidos mejor antes de la demanda esperada para alcanzar los niveles de capacidad. Como una ilustración de la magnitud de los impactos de la demora en el espacio aéreo, una referencia es hecha ala estudio de la demora dirigido por el Aeropuerto Internacional O'Hare. La variación calculada del

promedio de demora en condiciones VFR e IFR con la variación de la demandad en hora pico de este aeropuerto es trazada en la Figura 4.

Enfoque al análisis de la Capacidad y la Demora

En este capitulo, el análisis de la capacidad y la demora es reducida al campo aéreo, o al área de operaciones de aeronaves, la cual esta compuesta de las pistas, calles de rodaje y área de plataforma. La capacidad y la demora han sido evaluadas por modelos analíticos y simulaciones por computadora. El primer enfoque de un modelo analítico, continuamente se refiere a modelos matemáticos.

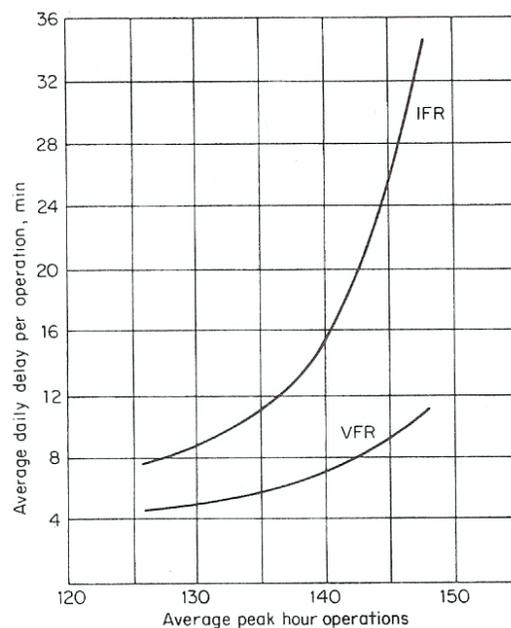


Figura 4. Variación del promedio de demora diaria de aeronaves en el Aeropuerto Internacional O'Hare (Laundrum and Brown Aviation Consultants).

Los modelos matemáticos de operaciones del aeropuerto son herramientas que comprenden la importancia de los parámetros que influyen en la operación de los sistemas y para la investigación de interacciones específicas en sistemas de interés particular.

Dependiendo de la complejidad del sistema, un gran número de condiciones pueden ser estudiadas, tal vez más baratas y más rápidas que otros métodos. Para hacer las matemáticas tratables para un sistema complejo, se pueden simplificar las suposiciones hechas, las cuales pueden dar resultados irreales. En tal caso, uno puede recurrir a un modelo de simulación por computadora o alguna otra técnica. Si así fuera necesario, cuando uno contempla la formulación y aplicación de un modelo matemático, para examinar la gravedad correspondiente entre un estudio real y abstracto del mundo del modelo y determinar el efecto entre las diferencias de las decisiones hechas.

Los modelos de simulación por computadora son extremadamente útiles para el estudio de sistemas complejos los cuales no pueden ser representados por ecuaciones. Estas deben ser usadas con éxito para resolver varios problemas en el transporte aéreo incluyendo la planeación del aeropuerto. Un punto importante para recordar es que la principal justificación del uso de simulaciones por computadora es el de reducir las diferencias entre el mundo real y el abstracto del modelo. Si la entrada de datos requerida por el modelo no son muy detallados o exactos los resultados pueden no ser muy buenos como los resultados obtenidos de un modelo analítico de menor complejidad.

Definiciones de Capacidad

Para planeación de aeropuertos, la capacidad del campo aéreo ha ido definida en dos definiciones. Una definición ha sido usada ampliamente en el pasado por los Estados Unidos: *Capacidad* es el número de operaciones de aeronaves durante un periodo específico de tiempo correspondiente a un nivel tolerable del

promedio de demora. Así es mostrado en la figura 5 y se refiere como una *capacidad practica*. Otra definición es ganancia a favor: *Capacidad* es el número máximo de operaciones de aeronaves que pueden ser acomodados en el campo aéreo durante un tiempo específico cuando hay una demanda continua del servicio. La demanda continua del servicio es el medio que indica que siempre hay aeronaves listas para despegar o aterrizar. Esta definición hace referencia a diferentes caminos, a saber, como *la ultima capacidad, capacidad de saturación y máxima tasa de rendimiento*, y también es ilustra en la figura 5.

Una diferencia importante de estas dos medidas de capacidad es que una es definidas en términos de demora y la otra no. Hay varias razones para considerar las dos definiciones de capacidad. Hay una escasez general de acuerdo a la especificación de niveles aceptables de demora aplicable a todos los aeropuertos y sus componentes. Porque las políticas, expectativas y restricciones difieren entre aeropuertos, la cantidad de nivel aceptable de demora difiere entre aeropuertos. La definición de la última capacidad no incluye la demora y refleja la habilidad del campo aéreo para acomodar las aeronaves durante periodos de actividad pico. Sin embargo, para esta definición no se tiene una explicación de la medida de la magnitud de la congestión y la demora. La magnitud de la demora es ampliamente influenciada por el patrón de la demanda. Como un ejemplo, cuando diferentes aeronaves desean usar el campo aéreo al mismo tiempo, la demora naturalmente será grande al ser estas aeronaves espaciadas por intervalos de tiempo. Desde la fluctuación de la demanda dentro de cualquier hora puede variar grandemente, puede haber grandes variaciones en el promedio de las demoras para el mismo nivel de la demanda por hora de aeronaves. La forma de la curva en la figura 5 es por tanto influenciada por el patrón de la demanda.

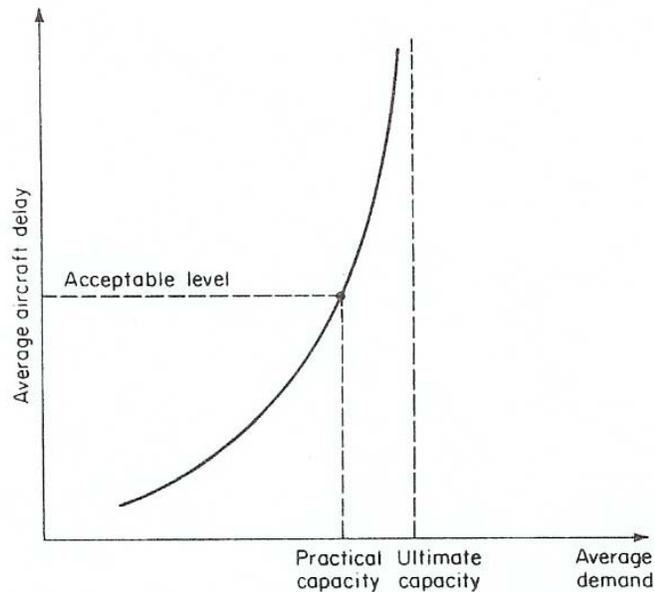


Figura 5 Relación entre la demora relativa y la última capacidad.

La experiencia ha mostrado que la definición relacionada a la última capacidad da valores que son ligeramente grandes a aquellos de la definición que incluye a la demora, pero la diferencia no es muy grande. Matemáticamente, el análisis de la última capacidad es menos complejo que a la capacidad práctica desde la determinación de la capacidad práctica implica una determinación del nivel aceptable de demora.

El campo aéreo y sus componentes

El *campo aéreo* es un sistema de componentes sobre el cual operan las aeronaves. Un diagrama simplificado del campo aéreo y su relación al espacio aéreo adyacente es mostrado en la Figura N°6. Los procedimientos de control de tráfico aéreo, incluyendo aquellos que reflejan los efectos de los vértices de estela, son los mayores

factores que pueden influir en la componente de capacidad y demora de pista. Por tanto, la componente de pista también rodea la común aproximación y ruta de salida de y hacia la pista. La capacidad de la componente de calle de rodaje comúnmente es más grande que la capacidad de pista o de la componente de puertas en la plataforma. La principal excepción ocurre cuando las calles de rodaje cruzan pistas activas. Las aeronaves de aviación general no pueden operar en horarios fijos, y por tanto el tiempo gastado por estas aeronaves en las áreas de plataforma de aviación general en aeropuertos fluctúan ampliamente. Las técnicas que analizan la demora en el área de plataforma generalmente solo consideran la capacidad y la demora en la aeronave se estaciona en la plataforma o la rampa. Para determinar la capacidad y la demora, las operaciones en la pista, calles de rodaje y puertas en varios aeropuertos pueden ser consideradas independientes de cada una y pueden analizadas separadamente. Para propósitos de planeación, es suficientemente exacto asumir que la capacidad de pistas no es afectada por las operaciones en cualquiera de las puertas o las calles de rodaje. Porque las operaciones en una componente del campo aéreo generalmente no afectan la capacidad de otra componente, la capacidad del campo aéreo completo es gobernada por la capacidad de cada componente la cual no es restrictiva. Adicionalmente, porque las operaciones en una componente tienen una pequeña influencia en la demora para aeronaves en otra componente, el total de la demora en el campo aéreo completo puede ser estimada por adición de la demora para aeronaves en cada componente del campo aéreo.

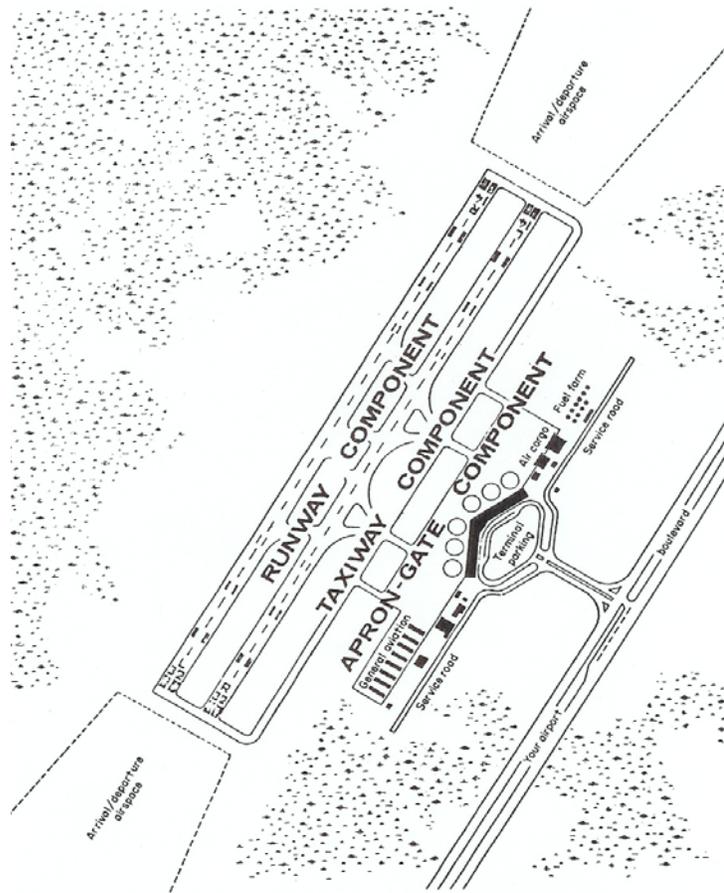


Figura 6 Componentes del sistema del campo aéreo (Federal Aviation Administration).

Factores que afectan la capacidad por hora

Varios factores influyen en la capacidad del campo aéreo y algunos son más significativos que otros. En general, la capacidad depende de la configuración del campo aéreo, el ambiente en el cual las aeronaves operan, la disponibilidad y complejidad de las ayudas a la navegación, y las instalaciones y procedimientos del control de tráfico aéreo. Los factores más importantes son:

- 1) La configuración, número, espacio y orientación del sistema de pistas.
- 2) La configuración, número y ubicación de las calles de rodaje y las salidas de pista.

- 3) El arreglo, tamaño y número de puertas en el área de plataforma.
- 4) El tiempo de ocupación de pista para arribos y salidas.
- 5) El tamaño y mezcla de aeronaves que usan las instalaciones.
- 6) Clima, particularmente visibilidad y techo.
- 7) Condiciones de viento el cual puede descartar el uso de todas las pistas disponibles para las aeronaves.
- 8) Procedimientos de abatimiento de ruido los cuales pueden limitar el tipo y tiempo de las operaciones en las pistas disponibles.
- 9) Dentro de las restricciones de viento y abatimiento de ruido, la estrategia la cual los controladores escogen para operar en el sistema de pistas.
- 10) El número de arribos relativo al número de salidas.
- 11) El número y la frecuencia de las operaciones de toque e ida por las aeronaves de aviación general.
- 12) La existencia y la frecuencia de los vértices de estela los cuales requieren grandes separaciones cuando un aeronave ligera sigue a una aeronave pesada como cuando una pesada sigue a una ligera.
- 13) La existencia y naturaleza de las ayudas a la navegación.
- 14) La disponibilidad y estructura del espacio aéreo para establecer rutas de arribo y salidas.
- 15) La naturaleza y extensión de las instalaciones del control de tráfico aéreo.

El factor más significativo el cual afecta la capacidad de una pista es el espacio entre aeronaves sucesivas. Este espacio depende las apropiadas reglas de tráfico, las cuales son grandes funciones extendidas de las condiciones de clima y la mezcla y tamaño de aeronaves.

2.2.5. Capacidad del campo aéreo²

Este capítulo revisa el tema de la capacidad del campo aéreo. El énfasis de la capacidad del sistema de pistas de los mayores aeropuertos comerciales. Esto es un tópico fundamental para la planeación y diseño de un aeropuerto moderno, porque esta es la capacidad del campo aéreo y especialmente del sistema de pistas que comúnmente determinan la última capacidad de un aeropuerto. El complejo de pistas es usualmente el principal “cuello de botella” del sistema de administración de tráfico aéreo porque, muy simple, es en la pista y es inmediatamente seguido de la transición del tráfico aéreo del flujo en las tres dimensiones del espacio aéreo para el régimen de “archivo sencillo” que debe ser seguido por las operaciones en pista. Además, esto es extremadamente difícil y consume tiempo para incrementar substancialmente la capacidad del sistema de pista de un aeropuerto principal. Nuevas pistas, a lo largo con asociación de zonas protegidas, espacio de amortiguación de ruido, etc., comúnmente requiere la adquisición de una gran cantidad adicional de tierra de aterrizaje. De igual importancia, también tiene cuestiones ambientales e otros impactos externos los cuales exigen una gran y complicada revisión y la aprobación de procesos con resultados inciertos. Por contraste, la capacidad de las instalaciones del lado tierra (pasajeros y terminales de carga, caminos de acceso,

² Airport Systems

etc.) y de otras instalaciones (calles de rodaje, plataforma de posiciones) pueden ser incrementadas, en un camino u otro, para igualar o exceder la capacidad del sistema de pista.

El tema de la capacidad del aeropuerto y la demora han recibido una gran atención, no solo por los profesionales de aeropuertos pero también por un gran público, como la demora de tráfico aéreo se ha incrementado y geográficamente una expansión. El problema es muy visible en Norteamérica, Europa Occidental, y la Cuenca del Pacífico. Varias aerolíneas ejecutivas y oficiales de aviación creen que la principal amenaza a largo plazo en el futuro del sistema de transporte aéreo mundial es la aparente inhabilidad de disponibilidad de la capacidad de pista para continuar con el crecimiento de la demanda de tráfico aéreo en los aeropuertos más importantes del mundo.

Mediciones de capacidad de pista

Diferentes alternativas de medición de la capacidad de pista están en uso, todas ellas intentan proveer una estimación de cuantos movimientos (arribos y/o salidas) pueden ser realizadas en el sistema de pista de un aeropuerto durante una unidad específica de tiempo. Para utilizarlas apropiadamente y para evitar confusión, uno debe comprender con más precisión las definiciones de estas medidas alternativas.

Esto es esencial para un comienzo, desde una perspectiva a largo plazo, la *capacidad de pista* es una cantidad probabilística, una variable al azar, la cual puede tomar diferentes valores en diferentes tiempos, dependiendo de las circunstancias que lo envuelvan. Por ejemplo, note que el número de arribos y salidas que pueden ser

realizadas por una pista durante cualquier hora en particular en un aeropuerto saturado dependerá de la “mezcla” de aeronaves que usaran la pista durante una hora. Si, por ejemplo, la mezcla sucediera para incluir un elevado porcentaje de aeronaves anchas (B747, MD-11, A340, etc.), la capacidad generalmente será baja en tiempos cuando la mezcla consista, de la mayor parte, de pequeñas aeronaves (jets regionales, turbopropulsores, B737, etc.). La razón es que aeroplanos grandes generan vórtices de estela que pueden suponer una amenaza para las aeronaves en vuelo inmediatamente después de ellos. Para asegurar la seguridad, proveedores de la administración de servicios de tráfico aéreo (ATM) (por ejemplo, la Federal Aviation Administration, FAA, en los Estados Unidos) requieren grandes separaciones (en términos de distancia y tiempo) entre pares de aeronaves sucesivas siempre que la primera aeronave en el par sea una pesada. Igualando con el número de mezcla de aeronaves, el número de movimientos que pueden ser realizados pueden variar dependiendo del viento, visibilidad, la habilidad de los controladores de tráfico aéreo trabajando en cualquier momento, y otros factores. Así, los números que son citados para la capacidad por sistema de pista de cualquier aeropuerto, comúnmente referidos al “número promedio” o, más formalmente, el *número esperado* de movimientos que puede haber en una unidad de tiempo.

La capacidad máxima de rendimiento (o capacidad de saturación) es definida como el número esperado de movimientos que pueden ser realizados en una hora en un sistema de pista sin la violación de la reglas de ATM, asumiendo una demanda continua de aeronaves.

Hay dos puntos que deben ser notados de esta definición. Primero, en orden de calcular la máxima capacidad de rendimiento,

uno necesita saber las condiciones específicas bajo las cuales las operaciones de pista se están realizando. Esta manera, especifica los requisitos de separación del ATM, la mezcla de aeronaves, la mezcla de movimientos (arribos y salidas), la asignación de movimientos entre pistas (si el sistema de pistas consiste en más de una pista).

Segundo, la definición de capacidad máxima de rendimiento no hace referencia a cualquier requerimiento del nivel de servicio (LOS - level of service). En otras palabras, se trata de saber cuantos movimientos de aeronaves pueden ser procesados en promedio por hora, si el sistema de pista es utilizado para su máximo potencial en la presencia de “demanda continua de aeronaves”. Sea que estos recursos de demora por movimiento de unos pocos minutos o diferentes horas son inmateriales.

La ausencia de cualquier referencia para el LOS, es la que ha motivado el uso ocasional en la práctica de otras tres medidas de capacidad por hora. La característica común de estas tres, es que ellas definen la capacidad indirectamente, a través de la especificación explícita o implícita de un aceptable umbral de LOS o del volumen de trabajo del controlador de tráfico aéreo. Las tres medidas son prácticamente la capacidad por hora, la capacidad sostenida, y la capacidad declarada.

La *capacidad por hora practica* (PHCAP) es la más vieja de estas medidas, siendo originalmente propuesta por la FAA a principios de 1960. Esta definida como el número esperado de movimientos que pueden ser realizados en 1 hora en un sistema de pista con un promedio de demora por movimiento de 4 minutos.

Note que esta definición especifica el umbral de valor aceptable para el LOS (“promedio de demora de 4 min. por

movimiento”) y los estados del sistema de pistas “alcanzando su capacidad” cuando el umbral esta excedido. Como una regla del pulgar, el PHCAP de un sistema de pista es aproximadamente igual a 80-90 por ciento de su máxima capacidad de rendimiento, dependiendo de las condiciones específicas de la mano. Note que el promedio de demora por día por movimiento es considerablemente mayor a 4 minutos prácticamente en cada aeropuerto principal, especialmente durante las horas pico del tráfico. Esto no invalida la idea de una capacidad “práctica” por hora vinculada para un umbral aceptable de LOS³. Mientras, esta simplemente indica la falla de la capacidad de pista para continuar manteniendo la demanda creciente en varios aeropuertos, esto ha forzado a estos aeropuertos a operar rutinariamente en un LOS mucho más bajo que el que fue aceptado como considerable en 1960. De hecho, la selección particular del valor del umbral de 4 minutos no es irrazonable, como esta es basada en una sólida racionalidad de dibujos en una teoría de cantidad, la teoría matemática de líneas en espera.

La *capacidad sostenida* de un sistema de pista es una medida definida, como el número de movimientos por hora que pueden ser realizados razonablemente en un periodo de diferentes horas. “Realizados razonablemente” se refiere primeramente a la carga de trabajo de un sistema ATM y de los controladores de tráfico aéreo. El fundamento es que, para alcanzar la máxima capacidad de rendimiento, el sistema ATM debe trabajar a potencia máxima todo el tiempo. Sin embargo, las operaciones a tal nivel de completa eficiencia y el rendimiento máximo continuamente no pueden ser alcanzadas en la práctica por periodos de más de una o dos horas

³ Para varios aeropuertos las instalaciones y servicios, la idea de asociar la capacidad con algún otro LOS aceptable es un gran merito. Este es un concepto clave cuando se va a definir la capacidad de la terminal de pasajeros del aeropuerto. Mientras, en principio, por ejemplo, una situación de cuatro personas en un área de 1 m² (cerca de 2.5 ft² por persona), ninguno se atrevería a reclamar que la capacidad de un lobby de 2000 m² en una terminal es de 8000 pasajeros, como amontonarse podría ser intolerable bajo tales condiciones. La capacidad, en este caso, podría no dudarse teniendo que determinar con referencia a un nivel aceptable de comodidad del personal

consecutivas. Es decir, una podría definir un objetivo más realista como “capacidad máxima de rendimiento” cuando el llega a operar sobre un periodo de varias horas o un día entero de actividad de tráfico aéreo.

Un buen ejemplo de la aplicación de la noción de la capacidad sostenida es la instalación de objetivos de rendimiento⁴, en varios aeropuertos importantes en los Estados Unidos. Estos objetivos, son determinados después de las discusiones entre especialistas de la FAA y los equipos locales de control de tráfico aéreo y especificar los niveles deseables de capacidad del sistema de pista a ser alcanzado por cada aeropuerto participante sobre periodos de varias horas. Por ejemplo, la capacidad sostenida del Boston/Logan en condiciones de clima optimas y operaciones al noreste fueron ubicadas en el 2000 a aproximadamente 110 movimientos por hora. Esta capacidad es adicionalmente subdividida en capacidad sostenida de arribos, en la cual el Aeropuerto Acepta la Razón (AAR, Airport Acceptance Rate), y capacidad sostenida de despegues, la Razón de Despegues del Aeropuerto (ADR, Airport Departure Rate). Comúnmente, la capacidad sostenida es colocada aproximadamente a un 90 por ciento de la capacidad máxima de rendimiento cuando las configuraciones de pista con capacidad máxima de rendimiento, es la más elevada estando en uso (por ejemplo, en buenas condiciones de clima) y casi un 100 por ciento de la capacidad máxima sostenida con configuraciones de pista con capacidad máxima de rendimiento menor. La razón es que con condiciones de capacidad menor, usualmente asociado con clima pobre, prevalece solo por unas pocas horas consecutivas y es critico operar tan cerca como sea posible de la capacidad máxima disponible durante estos periodos.

⁴ Estos objetivos de rendimiento son llamados “estándares de rendimiento de ingeniería”(EPS) cuando fueron usados primero.

La capacidad declarada es otra medida basada en la misma noción general como capacidad sostenida. Esta se define, como el número de movimientos de aeronaves por hora los cuales puede acomodar un aeropuerto en LOS aceptables. La demora es usada como el principal indicador de LOS. La capacidad declarada es ampliamente usada en el exterior de los Estados Unidos, especialmente en conexión con “los coordinadores de horarios” y la asignación de “slots” en aeropuertos congestionados. Bajo esta práctica, cada aeropuerto que experimente congestión “declarada” en capacidad, la cual es usada para colocar un límite en el número de movimientos por hora que pueden ser programadas en este aeropuerto. Por ejemplo, en el verano de 1998, la capacidad declarada del London/Heatrow era cerca de 80 movimientos por hora en promedio, un promedio de 78.8 movimientos por hora fueron destinados ese año entre las aerolíneas que operaban en el London/Heatrow en un periodo más activo de 17 horas (06:00-23:00) en un día típico entre semana de verano.

Desafortunadamente, esta definición de capacidad declarada no es aceptada y una metodología no estándar. Esto esencialmente deja a los aeropuertos locales o nacionales y organizaciones de aviación civil, en cooperación con otros grupos interesados, en calcular y colocar la capacidad declarada. Las aproximaciones usadas para este propósito varían de país a país e igual de un aeropuerto a otro aeropuerto. De hecho, estos ejemplos de aeropuertos donde la capacidad declarada es dictada por la capacidad de la terminal de pasajeros o por la aproximación del área, la cuales creyendo será más una obligación que la capacidad del sistema de pista. Sin embargo, la capacidad declarada a colocar es cerca de un 85-90 por ciento de la capacidad máxima de rendimiento de un sistema de pista. Como en este caso de capacidad sostenida, la razón es la de escoger la medida fiable de las operaciones del

aeropuerto sobre periodos extendidos de día, como bien sean LOS razonables.

Las ventajas y desventajas de las medidas de capacidad de pista son: la capacidad máxima de rendimiento es claramente la más fundamental y la menos subjetiva, la cual provee una estimación de cuantas operaciones pueden ser realizadas por unidad de tiempo, en promedio, cuando el sistema de pista es puesto al límite. Ciertamente, este es posible para obtener una estimación más amplia de la capacidad máxima de rendimiento por recopilación de datos de campo. Todos necesitan observar las pistas y contar el número de movimientos que toman lugar durante un periodo continuo de saturación, por ejemplo, cuando todos los movimientos experimenten alguna demora. Note que estos recursos son más fáciles para medir la máxima capacidad de rendimiento en un aeropuerto muy congestionado que uno de media saturación. Además, los datos deberán ser recolectados durante las horas pico de tráfico mejor que los no picos. Igualmente importante, la máxima capacidad de rendimiento puede ser calculada con bastante exactitud a través del número existente de modelos analíticos y simulaciones. Estos modelos hacen posible la estimación de capacidad bajo condiciones hipotéticas futuras, en adición a los ya existentes.

La principal desventaja de la capacidad máxima de rendimiento es la de no considerar LOS de ninguna forma. De hecho, demoras extremadamente largas serán experimentadas siempre que el promedio de número de movimientos programados en un aeropuerto sea muy compacta para el sistema de pista de capacidad máxima de rendimiento para varias horas. Por contraste, cuando la demanda permanece compacta, en promedio, para la capacidad por

hora practica o para la capacidad sostenida^{5,*}, los LOS, como medida por la cantidad de demora por vuelo, usualmente permanecerá en niveles aceptables. Así, medidas tales como PHCAP, capacidad sostenida, y, en la mayoría de los casos, la capacidad declarada son buenos indicadores cuanta demanda puede ser acomodada por un razonable LOS. PHCAP, capacidad sostenida, y capacidad declarada son también medidas para propósitos de planeación. Cuando la demanda promedio por hora, sobre un periodo de diferentes horas de un día, crece sobre los años a un nivel más cercano para el PHCAP o de la capacidad sostenida o la capacidad declarada, esta es una clara señal de que el incremento de la capacidad de los aeropuertos es altamente deseable. Igual, incrementos relativamente pequeños en la demanda más allá de un nivel crítico probablemente llevara a demoras inaceptables y congestión en el campo aéreo.

En conclusión, PHCAP, capacidad sostenida, y capacidad declarada son medidas subjetivas de la capacidad que pueden ser altamente usadas en algunos momentos. Estas son también medidas “derivadas”, en este sentido que uno necesita calcular la capacidad máxima de rendimiento antes de que uno pueda estimar otras medidas de capacidad.

El termino *capacidad de pista* será usado para referirse a *capacidad máxima de rendimiento* de un sistema de pista. Siempre que la referencia este hecha a alguna otra medida de capacidad (por ejemplo, la “capacidad declarada”).

“La capacidad de un Aeropuerto A es X movimientos por hora”, comúnmente hace la implícita suposición que X consiste

⁵ *Esto también es verdad, en la mayoría de los casos, por capacidad declarada. Sin embargo, aquí existen unos pocos ejemplos de aeropuertos que tienen una capacidad “declarada” que es igual a su capacidad máxima de rendimiento; si el número de movimientos programados es aproximadamente igual a la capacidad declarada, demoras muy largas serán padecidas cotidianamente en estos aeropuertos.

aproximadamente de 50 por ciento de arribos y 50 por ciento de salidas. Cuando este no sea el caso, la declaración es usualmente más detallada (por ejemplo, “La capacidad de arribos de una pista es Y ”, o “Cuando las dos pistas son usadas para arribos y una para salidas, la capacidad de arribo es Z y la capacidad de salida es W ”).

Finalmente, note que todas las definiciones de capacidad mencionadas hasta el momento usan la hora como su unidad de tiempo. Otra medida natural de gran interés práctico es la capacidad *anual* del campo aéreo. Este es un número que puede ser comparado fácilmente con la demanda pronosticada por el aeropuerto que es comúnmente dada en términos de estimación anual (“500,000 movimientos de aeronaves esperados para el 2010”). De hecho, la FAA ha estado usando por algunos años la medida de *capacidad práctica anual* (PANCAP) para este propósito. La PANCAP y otras estimaciones similares de capacidad anual puede ser derivada de una medida fundamental de máxima capacidad de rendimiento (por hora). Estas medidas anuales de capacidad deben necesariamente ser ligada a un LOS y deberán ser tomadas en consideración para el modelo de demanda diaria y de temporada en el aeropuerto.

Factores que afectan la capacidad de un sistema de pista

La dependencia de la capacidad de cualquier sistema de pista en varios factores fue enfatizado en la sección previa. Esta sección provee un panorama general de lo más importante de estos factores y de las formas en las cuales cada uno afecta la capacidad de pista. Estos son:

→ Número y diseño geométrico de las pistas.

- Requerimientos de separación entre aeronaves impuesta por el sistema ATM.
- Visibilidad, nubes en el cielo, y precipitación.
- Dirección y fuerza del viento.
- Mezcla de aeronaves usando el aeropuerto.
- Mezcla de movimientos en cada pista (solamente arribos, solamente salidas, o mezcla) y secuencia de movimientos.
- Tipo y ubicación de salidas de calles de rodaje de la pista(s).
- Estado y rendimiento del sistema ATM.
- Relación de ruido y otras consideraciones ambientales y restricciones.

Número y diseño geométrico de las pistas

El factor más importante que influencia la capacidad del sistema de pista, es el número de pistas en el aeropuerto y su diseño geométrico. Desde el punto de vista práctico, seguramente el camino para alcanzar un “incremento cuantitativo” en la capacidad de un aeropuerto es por construirlo en una buena ubicación (relativo a otras pistas existentes) y buen diseño de pistas⁶. Desafortunadamente, como se nota al principio de este capítulo, agregar una nueva pista es una tarea para hoy en la razón de “muy difícil” a “cercanamente imposible” en los más saturados y más congestionados aeropuertos

⁶ * El significado de “buena ubicación” y “buen diseño” en este contexto es discutido en diferentes partes de este libro, incluyendo un número relativo de puntos después en esta sección.

* Una quinta pista fue aprobada para el Atlanta, paralela y el sur del existente complejo de cuatro pistas.

del mundo. Las siguientes son algunas observaciones introductorias de cómo el número y diseño geométrico de las pistas afecta la capacidad.

Primero, es importante distinguir entre el número de pistas en un aeropuerto y el número que están activas en cualquier tiempo. Por ejemplo, Boston/Logan y Ámsterdam/Schiphol tiene cinco pistas cada uno, pero no más de tres de estas pistas están siempre simultáneamente activas, debido al diseño geométrico del sistema de pistas y las restricciones de ruido. Por contraste, Atlanta/Hartsfield tiene cuatro pistas* y usa las cuatro simultáneamente durante la mayoría de las horas saturadas del día. Similarmente, Dallas/Fort Worth tiene siete pistas y comúnmente usa seis o siete durante las horas saturadas. El número de pistas con actividad simultáneamente es un factor primario en la determinación de la capacidad del campo aéreo.

Segundo, el número e identidad de pistas en uso a cualquier tiempo, es tan bueno como la ubicación de tipos de aeronaves y movimientos de ellas, pueden cambiar en diferentes tiempos en un día en varios aeropuertos. La selección de una colocación específica de pistas para ser operada de cualquier momento depende de diferentes valores que serán discutidos en el futuro de esta sección: demanda (por ejemplo, durante periodos de baja demanda en un aeropuerto puede ser acomodado todo este tráfico en una pista sencilla, igual a través de más de una pista puede actualmente están disponible); condiciones de clima, incluyendo visibilidad, precipitación, y velocidad y dirección del viento; mezcla de movimientos (por ejemplo, durante periodos pico por arriba de vuelos, una o más pistas pueden ser dedicadas para servir a los

arribos exclusivamente-y a la inversa para periodos pico de salida); y restricciones de ruido, los cuales, por ejemplo, pueden prohibir o desproteger el uso de ciertas pistas durante la noche o durante ciertas partes del año. Para un aeropuerto con diferentes pistas, puede haber un gran número de combinaciones de actividad de pistas simultáneamente, condiciones de clima, y asignación de tipos de aeronaves y movimientos (arribos y/o salidas) para la pista activa. Cada una de estas combinaciones es llamada configuración de pista. Por ejemplo, Boston/Logan, con cinco pistas, ¡puede operar con cerca de 40 diferentes configuraciones!

Tercero, el diseño geométrico preciso de cualquier ubicación de pistas es extremadamente importante, como determinar el grado de dependencia entre ellos.

2.3 Metodología para el Cálculo de la Capacidad y Demora

En este punto vamos a ver la metodología que tomamos como referencia principalmente para el cálculo que realizamos para la capacidad y demora del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

2.3.1. Formulación de la Capacidad de Pista a través de la Teoría de Colas

En 1960 la FAA contrato con el Airborne Instruments Laboratory para desarrollar un modelo matemático para estimar la capacidad de pista. Este modelo contaba con un estado estable de la

teoría de colas. Esencialmente había dos modelos, uno para pistas sirviendo a cualquier arribo o salida y el otro a pistas sirviendo a operaciones mezcladas. Para pistas usadas exclusivamente para arribos o salidas, el modelo era una simple ecuación de Poisson con un primer ingreso, una disciplina de primer servicio servido. El proceso de demanda para arribos y salidas es caracterizada como una distribución de Poisson con un específico significado valor de arribos y salidas. El proceso de servir a una pista es un servicio general de distribución específica por la implicación del tiempo servido y la desviación estándar de la implicación del tiempo servido. Para mezcla de operaciones, cuando las pistas son usadas para aterrizajes y despegues, el proceso es más complicado y un modelo preventivo de espaciamiento entre arribos fue desarrollado. En este modelo los arribos tienen prioridad sobre las salidas para el uso de pista. El despegue demanda el modelo asumido para seguir a una distribución de Poisson; sin embargo, el proceso de aterrizaje encuentra al final de la pista no es Poisson, pero es más como sistema de colas de salida en vuelo.

Se debe reconocer las condiciones de estado estables son raramente alcanzadas en aeropuertos; sin embargo, se tiene que discutir las soluciones dependiendo el tiempo, aunque sea posible, donde un complejo tranquilo esta fuera de la pregunta de un gran número de situaciones que se requieren para la preparación de un manual de capacidad de pista a ser usado para la planeación y diseño de un aeropuerto por profesionales. Soporte adicional para el uso de soluciones de estado estable provienen de observaciones las cuales serán mostradas como el promedio del tiempo de demora producido por los modelos donde generalmente acuerdan con demoras medidas bajo una amplia variedad de condiciones de operación.

2.3.2. Método Matemático de la Demora

La demora por pista usada exclusivamente para llegadas es formulada de la siguiente forma:

$$W_a = \frac{\lambda_a \left(\sigma_a^2 + \frac{1}{\mu_a^2} \right)}{2 \left(1 - \frac{\lambda_a}{\mu_a} \right)} \quad (1)$$

Donde W_a = demora por llegada de aeronave

λ_a = índice de llegada de aeronave

μ_a = índice de servicio de llegadas o recíproco de tiempo de servicio de salida

σ_a = desviación estándar de tiempo de servicio o llegada de aeronave

El tiempo de servicio puede ser el lapso de ocupación de la pista o el tiempo de separación en el aire inmediatamente continuo al umbral de pista (tiempo de separación de una aeronave en el aire en relación a una pista en despegues), cualquier valor que sea mayor:

El modelo para salidas es idéntico que para llegadas excepto por el cambio por el cambio en el subíndice. La siguiente ecuación es usada para demora en salida:

$$W_d = \frac{\lambda_d \left(\sigma_d^2 + \frac{1}{\mu_d^2} \right)}{2 \left(1 - \frac{\lambda_d}{\mu_d} \right)} \quad (2)$$

Donde W_d = demora por salida de aeronave

λ_d = índice de salida de aeronaves

μ_d = índice de servicio de salida o recíproco de tiempo de servicio de salida

σ_d = desviación estándar de tiempo de servicio de salida de una aeronave

Para mezcla de operaciones, en aeronaves de llegada normalmente se da prioridad y la demora para estas aeronaves es dado por la fórmula de llegadas, ecuación [1]. Sin embargo, el promedio de demora para salidas en esta situación puede ser calculada por la siguiente fórmula:

$$W_d = \frac{\lambda_d(\sigma_j^2 + j^2)}{2(1 - \lambda_d j)} + \frac{g(\sigma_f^2 + f^2)}{2(1 - \lambda_d f)} \quad (3)$$

Donde: W_d = demora de salida por aeronave

λ_a = índice de llegada de aeronaves

λ_d = índice de salida de aeronaves

j = lapso entre dos salidas sucesivas

σ_j = desviación estándar del lapso entre dos salidas sucesivas

g = índice de separación que ocurre entre llegadas sucesivas

f = valor del espacio de tiempo en el cual no puede ser realizada una salida

σ_f = desviación estándar del espacio de tiempo en el cual no puede ser realizada la salida

Durante periodos de ocupación el segundo termino de la ecuación [3] es esperado a ser cero si se asume que la aeronave esta en la cola en el fin de la pista y esta lista para salir cuando es otorgado el permiso. Se debe enfatizar que las ecuaciones de arriba son validas solo cuando la razón de llegada o salida es menor que la razón de servicio, de esta condición estas ecuaciones fueron derivadas. El uso de este modelo en el caso de solamente arribos es mostrado en Ejemplo 1.

Ejemplo 1 Es necesario calcular el promedio de la demora de llegada en un sistema de pista el cual da servicio solamente de llegada si el tiempo de servicio es de 60 segundos por aeronave con una desviación estándar en el tiempo de servicio de 12 segundos y una razón del promedio de llegadas de 45 aeronaves por hora.

El significado de índice de servicio μ_a es reciproco del tiempo de servicio, resulta de 1 aeronave por minuto o 60 aeronaves por hora.

$$W_a = \frac{45 \left[\left(\frac{12}{3600} \right)^2 + \frac{1}{60^2} \right]}{2 \left(1 - \frac{45}{60} \right)} = 0.026h = 1.6 \text{ min}$$

Por lo tanto, la demora promedio es de alrededor de 1.6 minutos por arribo.

La relación entre demora y capacidad puede ser mostrada por el cálculo del indicador de servicio de pista, el cual corresponde a una demora de 4 minutos por uso, sobre la ecuación. Suponiendo que la desviación estándar del tiempo de servicio es igual a:

$$\frac{4}{60} = \frac{45 \left[\left(\frac{12}{3600} \right)^2 + \frac{1}{\mu_a^2} \right]}{2 \left(1 - \frac{45}{\mu_a} \right)}$$

O μ_a es igual a 52 llegadas por hora. Si el criterio de demora fuera que la demora de llegada no pudiera exceder 4 minutos, entonces el índice de la capacidad de pista por demora será de 52 llegadas por hora.

Se observa que un 15 por ciento de incremento de la capacidad de 52 a 60 llegadas por hora resulta en un 60% de reducción de demora de 2.4 minutos. Esto es normal para aeropuertos cercanos a la saturación. Pequeños incrementos en la capacidad pueden resultar en una disminución significativa de la demora.

2.3.3. Determinación de la Capacidad a través del concepto Espacio-Tiempo (Observación).

El diagrama de espacio-tiempo es un mecanismo el cual permite comprender la secuencia de la operación de aeronaves en el sistema de pistas y en el espacio aéreo adyacente a estas. La figura 7 muestra tres arribos y llegadas al ser servidas. La regla básica usada para servir a estas aeronaves es la siguiente:

Dos aeronaves no pueden iniciar operaciones en la pista al mismo tiempo.

La llegada de las aeronaves tienen prioridad en el uso de la pista sobre las salidas de las aeronaves.

Las salidas pueden ser realizadas si la pista esta libre y la secuencia de llegada es dada por una pequeña distancia desde el umbral de pista.

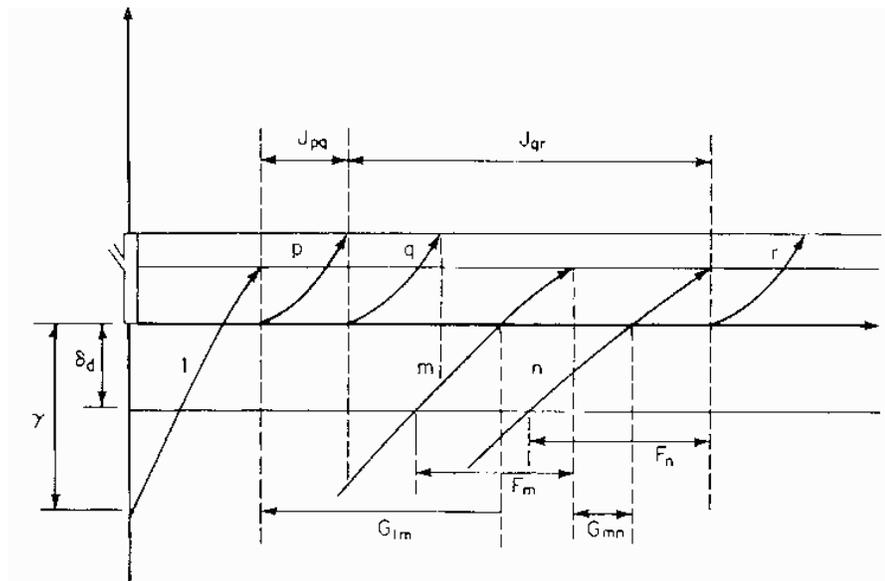


Figura 7. Conceptos del diagrama espacio-tiempo para mezcla de aeronaves en el sistema de pista.

Analizando el diagrama espacio-tiempo de la Figura 7 se observa que el intervalo de salida J es el promedio del intervalo de tiempo de salidas sucesivas J_{pq} y J_{qr} . También simboliza el intervalo de tiempo entre llegadas-el lapso entre llegadas I_g durante la cual existe la posibilidad de efectuar g salidas-es el promedio de las cantidades G_{lm} y G_{mn} . Finalmente, el valor del lapso de tiempo en el cual la salida no puede ser efectuada f es igual al promedio de las cantidades F_m y F_n .

Algunas otras observaciones pueden efectuarse por la secuencia de operaciones del diagrama espacio-tiempo. La primera salida p puede ser realizada, si estuviera lista, antes de la primera llegada l alcanza la distancia δ_d desde el umbral de pista, ya que la pista estuviera libre. La segunda salida q fue realizada cuando previo a la salida p libero la pista ya que la siguiente salida m fue más que la distancia δ_d desde el umbral en aquel tiempo. Sin embargo, la tercera salida r no se realizo cuando la salida libero la pista, porque la aproximación de la aeronave m no termino en la distancia δ_d desde el umbral en el tiempo. Por esta razón, esta salida no fue realizada hasta después que la última llegada n libero la pista. En esta figura, entonces, las demoras de las aeronaves estarían provocadas debido a la separación requerida entre los diferentes tipos de secuencias operacionales.

El uso de las reglas de tráfico aéreo en el acomodo de una serie de arribos y salidas, se comprende mejor a través del concepto de intervalo de tiempos, para el proceso de aeronaves en el sistema de pista.

Ejemplo 2 Una pista es para servir llegadas y salidas. La fase normal de aproximación es 7 millas de espacio a lo largo para todas las aeronaves. Durante un intervalo específico de tiempo están en servicio solamente dos tipos de aeronaves: tipo A con una velocidad de aproximación de 120 mi/h y una aeronave tipo B con una velocidad de aproximación de 90 mi/h. Cada arribo de las aeronaves será en la pista cada 40 segundos después de que abandone la pista. Las reglas de separación del tráfico se muestran en la siguiente tabla.

Secuencia Operacional	Reglas de Tráfico Aéreo			
Arribo-Salida	Pista liberada			
Salida-Arribo	Arribo de al menos 2 mi del umbral de pista			
Salida-Salida	120 s			
Arribo-Arribo	Millas:		Principal	
		A		B
	Siguiente	A 4		3
		B 5		3

Durante el periodo a analizar, cinco aeronaves en una secuencia de aeronaves de salida B, A, A, B, A se aproximan a la pista. En una secuencia de salidas de aeronaves están en espera de la orden libre para el despegue.

Un diagrama espacio-tiempo para servir a estas aeronaves s dibujado para asumir que el primer arribo esta en el punto de fijo plaza en el tiempo 0 y que los arribos tiene prioridad sobre las salidas.

El diagrama de espacio-tiempo para arribos se dibuja primero, donde estas aeronaves normalmente tienen prioridad sobre las salidas. La figura 8- muestra esto. Las líneas punteadas indican los

puntos donde las reglas de separación entre arribos se imponen para asegurar que el espacio mínimo entre arribos es mantenido. Los números en los paréntesis indican el tiempo que cada aeronave esta en el punto indicado.

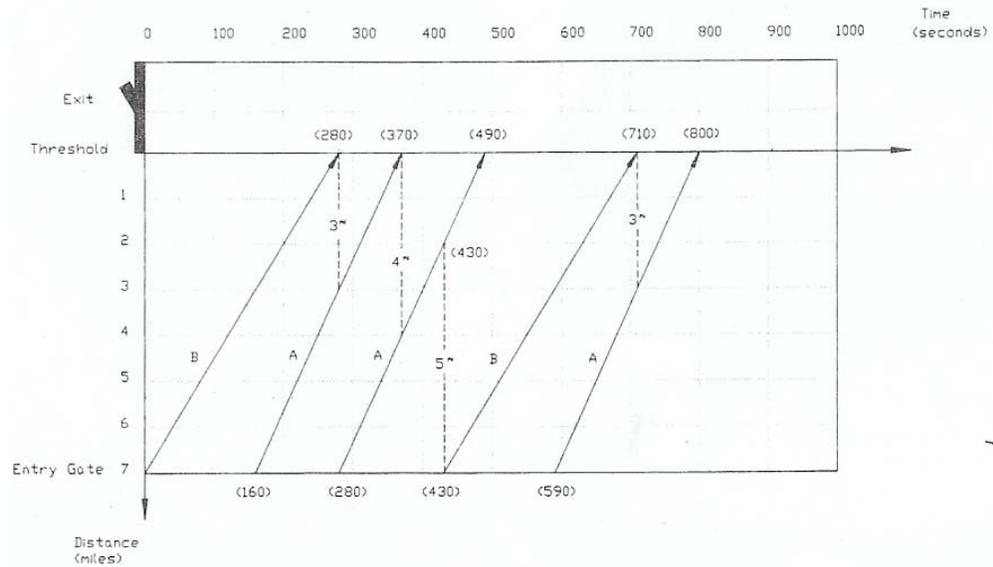


Figura 8. Diagrama espacio-tiempo para llegadas programadas en el Problema Ejemplo 1

Ya que la primera aeronave, una aeronave tipo B, esta entrando al marcado (punto fijo) de aproximación en un tiempo 0 y le toma 280 segundos hacer su aproximación desde el fijo de entrada al umbral de pista, esta aeronave pasa sobre el umbral en un tiempo de 280 segundos. Inmediatamente detrás de esta aeronave se encuentra una tipo A, que esta se aproxima a la pista a una velocidad de 120 mi/h. En este caso, el vuelo de la aeronave A es más rápido que la primera aeronave B, y también esta es la más cercana a la primera aeronave.

Estas dos aeronaves están juntas cuando la primera pasa sobre el umbral o al tiempo de 280 segundos. En este momento la aeronave siguiente puede ser programada a no menos de 3 millas antes de la primera aeronave, o la siguiente aeronave esta

programada a pasar al punto de 3 millas a los 280 segundos. Ya que esta aeronave se aproxima a la pista en una relación de 30 millas/segundo, esta llega al umbral en 90 segundos después de un tiempo de 370 segundos. Las mismas pasan sobre el punto fijo a los 210 segundos o a los 160 segundos.

Este proceso continua con todas las aeronaves que han sido programadas. Observe que cuando una aeronave tipo E es seguida de un tipo A, considerando que la tipo B es más lenta que la tipo A, estas dos aeronaves están muy juntas cuando la fila de aeronaves pasa sobre el punto fijo de entrada (punto fijo de aproximación) y se requiere se mantenga la separación en ese punto.

Ya que todas las aeronaves están programadas, como se muestra en la figura 8, esta determina que tomara 800 segundos al servicio de llegada de estas 5 aeronaves. El espacio en el que las 5 llegadas fueron efectuadas es de $800 - 280 = 520$ segundos. En este lapso hay cuatro pares de llegadas. Entonces, el promedio de tiempo entre llegadas en el intervalo de tiempo, es $520/4 = 130$ segundos por arribo. La capacidad de pista para el servicio de llegadas se muestra a continuación:

$$C_a = \frac{3600}{130} = 28 \text{ Operaciones por hora}$$

El diagrama de lapso de tiempo en la figura 8 está mostrado en la figura 7 y es usada para determinar si una salida puede ser efectuada en el lapso entre llegadas. Cada llegada tendrá prioridad de 40 segundos en la pista para salir de la pista. Entonces, el lapso cuando cada llegada de aeronaves sale de la pista está primero determinada. Los resultados están mostrados en la figura 9. En cualquier lapso, si la pista está libre una salida puede efectuarse para despegar, si:

El ingreso de llegada esta a menos de 2 millas a la llegada del umbral, y ha sido menos de 120 segundos, ya que la última salida fue efectuada para despegar.

En la figura 9, la principal línea indica los puntos donde las reglas de separación son aplicadas y los números en el paréntesis indican el tiempo de cada aeronave. Sin embargo, estas comparaciones son hechas para asegurar que los espacios, salida-salida, llegada-salida y salida-llegada, son cada una conservadora.

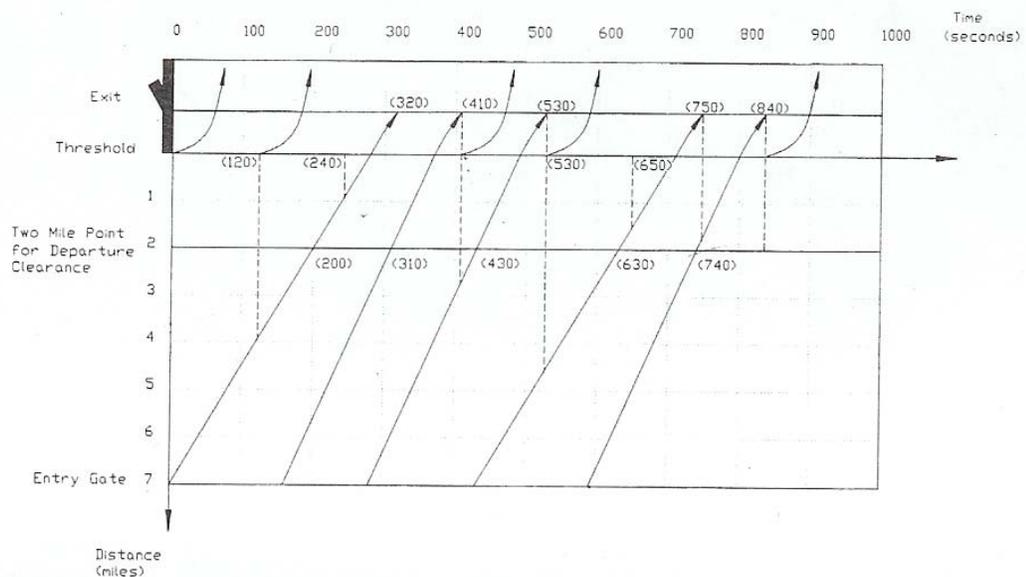


Figura 9 Diagrama espacio-tiempo para la programación de mezcla de operaciones del Problema Ejemplo 1

Se tomara 840 segundos, medida en el umbral de la pista para todos los servicios de llegada y salida. También se observa que las salidas pueden intercalarse entre un par de llegadas, solamente dos aeronaves. Entonces la probabilidad de ingresar una salida entre 4 llegadas, es 2 después de 4 o 0.50. La capacidad de la mezcla de servicio en la operación se muestra a continuación:

$$C_m = \frac{3600}{130} \cdot (1.0 + 0.50) = 42 \text{ Aeronaves por hora}$$

Donde el 1.0 representa la probabilidad de una llegada en el umbral cada 130 segundos y 0.50 representa la probabilidad de ingreso una salida en un intervalo de tiempo de 130 segundos.

La capacidad de la pista para servicio de salida solamente:

$$C_m = \frac{3600}{130} = 30 \text{ Operaciones por hora}$$

III. METODOLOGIA

Este método tiene como principal característica que está basado en datos reales, debido a que son tomados en el momento que se efectúa la operación. A continuación se describe de forma breve, los pasos a seguir para el cálculo de la capacidad y demora de un sistema de pista y rodajes.

Los datos que se requieren para iniciar con este cálculo son los siguientes:

En el caso de los aterrizajes:

- Tiempo en punto plaza (a 5 MN del umbral).
- Tiempo sobre el umbral.
- Tiempo al momento del desfogue.
- Tiempo de entrada a posición.

En el caso de los despegues:

- Tiempo de salida de posición.
- Tiempo al inicio de la carrera de despegue.
- Tiempo al momento que cruza el rodaje E2.
- Tiempo sobre el umbral de la cabecera opuesta.

Estos tiempos son tomados del radar que es espejo de SENEAM y que se encuentra ubicado en el Centro de Control Operativo de esta Terminal Aérea; y están dados en horario UTC. Estos tiempos posteriormente deberán ser convertidos a segundos, para facilitar el cálculo.

Otros datos considerar son:

- Compañía
- Tipo de aeronave
- Número de vuelo
- Pista empleada
- Terminal de origen o destino según sea el caso
- Rodaje de desfogue
- Rodaje de ingreso a pista

Una vez recopilados los datos, se acomodan en una tabla separándolos por despegues o aterrizajes, con la finalidad de llevar un control más exacto del tipo de operación efectuada.

Los tiempos son transformados a segundos, ya que esto permitirá ubicar de forma más exacta la franja horaria a la cual pertenecen. El tiempo que se emplea como referencia es cuando la aeronave se encuentra sobre el umbral o cuando inicia su carrera de despegue.

Efectuado esto, se realiza otra tabla en la cual se muestra el intercalado de las operaciones; es decir, como se efectuaron de forma real las operaciones por cada pista. Por ejemplo, aterrizaje, despegue, despegue, aterrizaje, aterrizaje, etc. Las distancias mostradas en estas tablas, son representativas, ya que son empleadas para la realización de las graficas, las cuales muestran de una manera ilustrativa el tipo de operación efectuada.

Las distancias empleadas para este estudio son:

- -5 para ejemplificar el punto plaza (par el caso de las cabeceras 05 es donde se encuentra la Secretaria de

Comunicaciones y Transportes; y para las cabeceras 23 el punto imaginario vasos)

- 0 es el umbral
- 1 es la distancia que se hay del umbral al primer rodaje de salida mayormente usado (en el caso del AICM es el rodaje E")
- 2 es la distancia que hay hasta el umbral de la cabecera opuesta donde se efectuó el despegue

Los datos usados para realizar las graficas son los tres tiempos que se obtuvieron del radar y las distancias promedio antes mencionadas.

Aquí se obtiene el tiempo de ocupación de la pista y de la calle de rodaje, los cuales son parámetros importantes para la obtención de la capacidad y la demora.

Posteriormente se realizan los cálculos de la capacidad y demora, en base a las formulas mostradas en el capitulo 2.2.4 Capacidad del Campo Aéreo.

Una vez obtenidos los datos finales de capacidad y demora se grafican estos datos, para visualizar el comportamiento de las operaciones así como de la demora estimada por tipo de operación o la demora que se presente en esa franja horaria.

IV. DESARROLLO DEL CÁLCULO DE CAPACIDAD Y DEMORA ATRAVÉS DEL DIAGRAMA ESPACIO-TIEMPO

4.1 Tiempos de aterrizaje y despegue

Las tablas que se muestran a continuación están divididas por día, hora y tipo de operación (aterrizaje o despegue).

Las tablas en el caso de despegues están divididas en:

- Compañía Aérea
- Tipo de aeronave empleada en la operación
- Número de vuelo
- Terminal de origen (T1 o T2)
- Rodaje de ingreso a pista
- Pista empleada para el despegue
- Tiempos:
 - Salida de posición
 - Inicio de carrera de despegue
 - Cuando se encuentra a la altura del rodaje E2
 - Cuando se encuentra en el umbral de la cabecera opuesta

Las tablas en el caso de aterrizajes están divididas en:

- Compañía Aérea
- Tipo de aeronave empleada en la operación
- Número de vuelo
- Terminal de destino (T1 o T2)
- Rodaje de desfogue de pista
- Pista empleada para el aterrizaje
- Tiempos:
 - Marcador plaza
 - Cuando se encuentra sobre el umbral
 - Cuando se desaloja la pista
 - Cuando ingresa a la posición asignada

Tabla 8. Datos correspondientes a despegues del día 22 de Febrero del 2008 a las 09:00 hrs.

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE ORIGEN	RODAJE DE INGRESO	PISTA	TIEMPOS			
						SALIDA DE POSICION	CARRERA	RODAJE E2	UMBRAL
AMX	MD80	120	T2	A1	05R	14:46:45	15:01:33	15:02:00	15:02:24
SER	DC9	206	T1	A1	05R	14:54:47	15:02:37	15:03:13	15:03:38
SLI	E145	2440	T2	A1	05R	14:53:50	15:03:40	15:04:10	15:04:30
AMX	B737	310	T2	A1	05R	14:55:10	15:04:33	15:05:12	15:05:39
MXA	A320	800	T1	A	05L	15:03:33	15:04:38	15:06:40	15:07:10
AMX	B737	686	T2	A1	05R	14:55:26	15:05:40	15:06:14	15:06:42
SLI	E145	2410	T2	A1	05R	15:00:18	15:06:47	15:07:19	15:07:17
OF	B737	1515	T2	A1	05R	15:01:31	15:07:18	15:08:20	15:08:40
CBE	F100	7703	T1	A	05L	14:56:15	15:09:12	15:09:43	15:09:58
MXA	A319	990	T1	A	05L	14:56:53	15:10:13	15:10:52	16:11:18
CHP	B737	284	T1	A	05L	15:03:15	15:12:04	15:12:48	15:13:06
SER	DC9	346	T1	A	05L	15:04:12	15:13:23	15:13:50	15:14:10
CBE	F100	7780	T1	A1	05R	15:09:30	15:15:09	15:15:38	15:16:10
AMX	B737	138	T2	A1	05R	15:05:20	15:17:45	15:18:35	15:18:57
SLI	E190	2428	T2	A1	05R	15:12:47	15:18:59	15:19:40	15:20:06
MXA	B767	1695	T1	A1	05R	15:09:03	15:20:27	15:20:59	15:21:34
SLI	E190	472	T2	A1	05R	15:12:57	15:22:35	15:23:15	15:23:40
FAA	B727	3507	T2	A1	05R	15:15:40	15:23:46	15:24:25	15:24:47
FAA	BEECHCRAFT	3909	T2	B4	05R	15:17:58	15:24:48	15:25:27	15:25:50
TAO	AT42	774	T2	A1	05R	15:14:59	15:26:02	15:26:27	15:26:54
TAO	AT42	332	T2	B4	05R	15:21:46	15:27:30	15:27:43	15:28:10
AMX	B737	1811	T2	A1	05R	15:18:33	15:29:23	15:29:57	15:30:20
AMX	B737	412	T2	A1	05R	15:21:27	15:30:26	15:31:06	15:31:30
CHP	EA19	239	T1	A1	05R	15:24:37	15:31:52	15:32:38	15:33:15
AMX	B737	14	T2	A1	05R	15:27:47	15:32:46	15:33:26	15:33:59
AMX	B737	932	T2	A1	05R	15:37:21	15:38:16	15:38:35	15:39:22
AMX	B737	632	T2	A1	05R	15:33:43	15:38:43	15:39:27	15:39:55
MXA	A318	353	T1	A	05L	15:35:26	15:41:08	15:41:58	15:42:19
AMX	B737	636	T2	A1	05R	15:36:57	15:42:12	15:42:57	15:38:23
TAO	AT42	366	T2	B4	05R	15:37:21	15:44:23	15:44:59	15:45:30
MXA	EA19	830	T1	A	05L	15:42:37	15:47:16	15:47:40	15:48:17
CBE	F100	7613	T1	A	05L	15:42:02	15:49:14	15:49:58	15:50:10
CBE	F100	192	T1	A	05L	15:45:24	15:50:08	15:50:30	15:51:02
MXA	EA19	856	T1	A	05L	15:42:20	15:50:30	15:51:49	15:52:10
UAL	A320	822	T1	A	05L	15:48:20	15:52:02	15:52:31	15:53:10
AMX	B737	272	T2	A1	05R	15:44:24	15:52:47	15:53:27	15:53:58
AMX	B737	587	T2	A1	05R	15:47:40	15:53:59	15:54:37	15:55:35
AMX	MD80	914	T2	A1	05R	15:51:23	15:54:54	15:55:37	15:56:10
TAO	AT42	628	T2	B4	05R	15:51:45	15:56:20	15:56:40	15:57:05
FAA	B737	95	T2	A1	05R	15:53:49	15:59:59	16:00:38	16:01:03

Tabla 9. Datos correspondientes a aterrizajes del día 22 de Febrero del 2008 a las 09:00 hrs.

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE DESTINO	RODAJE DE DESFOGUE	PISTA	TIEMPOS			
						PLAZA	UMBRAL	DESFOGUE	POSICION
CHP	B737	312	T1	E	05R	15:02:06	15:03:50	15:04:39	15:12:27
CHP	B737	218	T1	F	05R	15:03:05	15:05:01	15:05:50	15:12:57
CHP	B737	482	T2	E	05R	15:04:50	15:06:56	15:07:41	15:13:00
GMT	B737	301	T1	B	05R	15:06:16	15:08:12	15:09:11	15:18:43
CHP	B737	242	T1	E	05R	15:08:36	15:09:53	15:10:38	15:14:50
AMX	MD80	245	T2	E	05R	15:09:40	15:12:02	15:12:46	15:14:50
AMX	MD80	380	T2	G	05R	15:12:30	15:13:19	15:14:15	15:34:07
MXA	A320	302	T1	B8	05L	15:13:05	15:14:45	15:17:18	15:35:11
MXA	A318	411	T1	E2	05L	15:17:16	15:19:19	15:20:10	15:29:30
CHP	B737	209	T1	B8	05L	15:19:04	15:21:00	15:21:21	15:27:35
CHP	B737	336	T1	B8	05R	15:20:13	15:22:21	15:22:54	15:28:11
AMX	B737	701	T2	G	05R	15:22:15	15:24:01	15:24:46	15:30:00
TAO	AT42	130	T2	E	05R	15:24:20	15:25:28	15:26:20	15:30:39
AMX	B737	169	T2	G	05R	15:25:25	15:27:07	15:28:04	15:38:11
CBE	F100	7227	T1	F	05R	15:26:44	15:28:36	15:29:29	15:33:31
CBE	F100	7700	T1	B	05R	15:28:04	15:29:48	15:30:51	15:37:36
MXA	A319	429	T1	B8	05L	15:30:05	15:31:28	15:32:32	15:36:09
CBE	F100	7922	T1	B8	05L	15:33:02	15:34:46	15:35:51	15:40:41
TAO	AT42	650	T2	E2	05L	15:36:05	15:37:53	15:38:53	15:44:27
MXA	A319	561	T1	C2	05L	15:37:27	15:39:21	15:40:27	15:43:42
MXA	A320	386	T1	B8	05L	15:39:44	15:41:10	15:42:09	15:45:27
SER	DC9	810	T1	C2	05L	15:43:25	15:45:06	15:46:06	15:51:30
AAL	MD80	2199	T1	E	05R	15:47:20	15:49:09	15:49:52	15:59:57
AMX	B737	293	T2	G	05R	15:49:20	15:50:49	15:51:47	16:05:01
CHP	B737	351	T1	C2	05L	15:51:26	15:52:14	15:53:35	15:58:07
SLI	E145	2041	T2	H	05R	15:52:10	15:54:08	15:55:19	16:05:12
AMX	MD80	225	T2	E	05L	15:53:50	15:55:29	15:56:53	16:07:35

Tabla 10. Datos correspondientes a despegues del día 22 de Febrero del 2008 a las 19:00 hrs.

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE ORIGEN	CALLE	PISTA	TIEMPOS			
						SALIDA DE POSICION	CARRERA	E2	UMBRAL
AMX	MD80	120	T2	A1	05R	14:46:45	15:01:33	15:02:00	15:02:24
SER	DC9	206	T1	A1	05R	14:54:47	15:02:37	15:03:13	15:03:38
SLI	E145	2440	T2	A1	05R	14:53:50	15:03:40	15:04:10	15:04:30
AMX	B737	310	T2	A1	05R	14:55:10	15:04:33	15:05:12	15:05:39
MXA	A320	800	T1	A	05L	15:03:33	15:04:38	15:06:40	15:07:10
AMX	B737	686	T2	A1	05R	14:55:26	15:05:40	15:06:14	15:06:42
SLI	E145	2410	T2	A1	05R	15:00:18	15:06:47	15:07:19	15:07:17
OF	B737	1515	T2	A1	05R	15:01:31	15:07:18	15:08:20	15:08:40
CBE	F100	7703	T1	A	05L	14:56:15	15:09:12	15:09:43	15:09:58
MXA	A319	990	T1	A	05L	14:56:53	15:10:13	15:10:52	16:11:18
CHP	B737	284	T1	A	05L	15:03:15	15:12:04	15:12:48	15:13:06
SER	DC9	346	T1	A	05L	15:04:12	15:13:23	15:13:50	15:14:10
TAO	AT42	560	T2	B4	05R	00:55:17	01:00:15	01:00:42	01:01:10
TAO	AT42	316	T2	B4	05R	00:57:26	01:01:57	01:02:43	01:03:12
CBE	F100	7929	T1	B	05L	01:00:28	01:03:48	01:04:35	01:04:47
MXA	A320	550	T1	B	05L	00:54:23	01:04:53	01:05:41	01:05:58
MXA	A318	19	T1	B	05L	00:52:53	01:07:43	01:08:20	01:08:34
CHP	B737	288	T1	A1	05R	01:00:09	01:10:10	01:10:38	01:11:06
DAL	B757	278	T2	A1	05R	00:52:38	01:11:22	01:12:07	01:12:54
MXA	A318	832	T1	B	05L	01:05:20	01:13:54	01:14:30	01:14:43
SER	DC9	355	T1	B	05L	01:07:30	01:16:00	01:16:32	01:16:45
AMX	B737	458	T1	B	05L	00:59:17	01:17:00	01:17:42	01:18:00
AMX	B737	459	T2	A1	05L	01:04:25	01:19:20	01:19:46	01:20:00
MXA	A319	972	T1	B	05L	01:03:41	01:20:10	01:20:51	01:21:06
TAO	AT42	6139	T2	B4	05L	01:10:28	01:21:17	01:21:51	01:22:05
COA	E145	2073	T1	B	05R	01:05:59	01:22:52	01:23:41	01:24:05
AMX	B737	936	T2	A1	05R	01:03:25	01:27:48	01:28:23	01:28:37
TAO	AT42	334	T2	B4	05R	01:20:47	01:30:55	01:31:33	01:31:59
TAO	AT42	624	T2	B4	05R	01:28:41	01:31:33	01:32:42	01:33:05
AMX	B737	505	T2	A1	05R	01:20:46	01:35:10	01:35:42	01:36:04
AMX	B737	670	T2	A1	05R	01:14:28	01:36:04	01:36:35	01:36:53
AMX	B737	644	T2	A1	05R	01:24:47	01:36:53	01:37:10	01:37:50
MXA	A319	908	T1	B	05L	01:20:42	01:38:40	01:39:19	01:39:48
MXA	EA18	908	T1	B	05L	01:36:12	01:40:32	01:40:53	01:41:08
MXA	A320	303	T1	B	05L	01:20:50	01:41:15	01:41:55	01:42:02
SLI	E145	2088	T2	A1	05R	01:25:05	01:42:32	01:43:12	01:43:42
TAO	AT42	133	T2	B3	05R	01:38:15	01:44:31	01:45:03	01:45:24
MXA	A320	586	T1	B	05L	01:37:12	01:47:31	01:48:10	01:48:22
UPS	B757	321	T1	B	05L	01:42:10	01:48:33	01:49:15	01:49:30
AMX	B737	148	T2	A1	05R	01:39:06	01:50:22	01:50:58	01:51:20
CHP	B737	114	T1	B	05L	01:47:30	01:52:00	01:53:03	01:53:23
MXA	A320	906	T1	B	05L	01:46:58	01:55:50	01:56:38	01:56:53
GMT	B737	305	T1	B	05L	01:55:10	01:57:13	01:57:52	01:58:08

Tabla 11. Datos correspondientes a aterrizajes del día 22 de Febrero del 2008 a las 19:00 hrs.

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL	RODAJE DE DESFOGUE	PISTA	TIEMPOS			
						PLAZA	UMBRAL	DESFOGUE	POSICION
MXA	A320	405	T1	B	05R	1:00:45	1:02:05	1:03:08	1:14:53
CBE	F100	7218	T1	F	05R	1:02:30	1:03:46	1:04:47	1:12:23
MXA	A320	626	T1	F	05R	1:03:26	1:05:16	1:06:40	1:15:23
LAN	B767	622	T2	H	05R	1:05:23	1:06:51	1:08:20	1:25:40
AMX	B737	510	T2	G	05R	1:07:01	1:08:34	1:09:32	1:20:18
AMX	B737	409	T1	B8	05L	1:08:45	1:10:18	1:11:15	1:34:43
CHP	B737	255	T1	B9	05L	1:10:15	1:11:33	1:12:35	1:29:48
MXA	A320	320	T1	F	05R	1:11:20	1:12:53	1:13:49	1:22:14
DLH	B747	498	T1	F	05R	1:13:13	1:14:35	1:15:30	1:22:45
AMX	B737	437	T2	G	05R	1:14:17	1:16:10	1:17:14	1:26:45
AMX	B737	310	T2	NO APLICA	05R	1:15:59	1:17:08	0	0
MXA	A320	354	T1	F	05R	1:17:00	1:18:33	1:19:24	1:35:26
MXA	A320	522	T1	F	05R	1:18:20	1:20:04	1:21:07	1:34:26
CHP	B737	323	T1	B	05R	1:19:54	1:21:35	1:22:42	1:34:26
CHP	B737	160	T1	B8	05L	1:21:20	1:22:56	1:23:58	1:35:10
OF	BEECHCRA FT	XCPFT	T2	G	05R	1:22:49	1:24:17	1:25:25	1:32:14
SER	DC9	421	T1	E	05R	1:24:08	1:25:30	1:26:33	1:37:52
AMX	MD80	275	T2	E	05R	1:25:10	1:26:49	1:27:36	1:35:47
SLI	E145	2417	T2	B8	05L	1:26:45	1:27:58	1:28:58	1:39:04
AMX	MD80	944	T2	H	05R	1:27:50	1:29:27	1:30:41	1:43:52
AMX	B737	310	T2	E	05L	1:29:11	1:30:41	1:32:01	1:46:47
MXA	A318	745	T1	B	05L	1:30:36	1:32:09	1:33:25	1:42:23
CHP	B737	338	T1	F	05R	1:32:00	1:33:18	1:34:20	1:54:17
AMX	B737	935	T2	E	05L	1:33:13	1:34:45	1:36:10	1:55:17
CBE	F100	7706	T2	B9	05L	1:34:45	1:36:19	1:37:26	1:44:15
TAO	AT42	343	T1	E2	05R	1:36:10	1:37:54	1:38:45	1:44:49
SER	DC9	711	T1	F	05R	1:37:35	1:39:17	1:40:15	1:52:12
AMX	B777	2	T2	H	05R	1:39:03	1:40:33	1:41:51	1:52:17
AAL	B737	481	T1	C2	05L	1:40:38	1:42:16	1:43:26	2:00:10
AMX	B737	217	T2	E	05L	1:42:05	1:43:38	1:45:17	2:02:53
SLI	E190	2601	T2	G	05R	1:44:21	1:46:07	1:46:59	2:02:23
AMX	MD80	281	T2	H	05R	1:46:30	1:48:02	1:49:22	2:05:24
COA	B737	1824	T2	G	05R	1:49:50	1:51:17	1:52:23	2:06:45
MXA	A318	425	T1	F	05R	1:51:41	1:53:21	1:54:37	2:02:51
MXA	A320	190	T1	B8	05L	1:52:30	1:54:10	1:55:19	2:00:00
MXA	A319	390	T1	F	05R	1:54:10	1:55:24	1:56:28	2:03:42
SER	DC9	405	T1	E	05R	1:55:40	1:57:12	1:58:03	2:10:30
MXA	A320	573	T1	F	05R	1:56:38	1:58:00	1:59:02	2:09:15
AMX	B737	165	T2	G	05R	1:58:10	1:59:40	2:00:40	2:24:43
SLI	E145	2443	T2	E	05R	1:59:24	2:01:05	2:02:03	2:13:26

Tabla 12. Datos correspondientes a despegues del día 14 de Marzo del 2008 a las 09:00 hrs.

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE ORIGEN	RODAJE DE INGRESO	PISTA	TIEMPOS			
						RODAJE	CARRERA	RODAJE E2	UMBRAL
CBE	F100	7703	T1	A	05L	14:59:11	15:02:30	15:03:06	15:03:23
SER	MD80	304	T1	A	05L	15:00:37	15:04:50	15:05:31	15:06:10
OF	BEECHCRAFT	202	T2	A1	05L	14:54:18	15:07:22	15:07:59	15:08:14
MXA	A318	564	T1	A	05L	15:01:06	15:08:27	15:09:05	15:09:27
TACA	A319	822	T1	A	05L	15:03:56	15:10:35	15:11:20	15:11:57
AMX	MD80	910	T2	A1	05R	15:05:10	15:12:08	15:12:58	15:13:11
AAL	MD80	2272	T1	A	05L	15:07:10	15:13:21	15:14:05	15:14:20
AMX	B737	402	T2	A1	05R	15:07:56	15:14:40	15:15:22	15:15:42
SER	MD80	206	T1	A	05L	15:10:11	15:15:48	15:16:31	15:17:08
MXA	A319	842	T1	A	05L	15:16:59	15:17:01	15:17:20	15:17:37
CBE	F100	7780	T1	A	05L	15:16:59	15:17:44	15:17:50	15:18:05
OF	BEECHCRAFT	TAM028	T2	A1	05L	15:09:58	15:17:58	15:18:47	15:19:13
SLI	E145	2440	T2	A1	05R	15:11:57	15:20:42	15:21:36	15:21:54
AMX	B737	577	T2	A1	05R	15:16:20	15:25:20	15:25:58	15:26:19
MXA	A319	990	T1	A	05L	15:28:37	15:28:37	15:29:31	15:29:52
OF	B727	FAM507	T2	A1	05R	15:18:10	15:29:54	15:30:29	15:30:53
OF	BEECHCRAFT	MT204	T2	B3	05L	15:29:18	15:31:33	15:32:09	15:32:31
AMX	MD80	138	T2	A1	05R	15:19:53	15:32:53	15:33:40	15:34:03
MXA	A319	5852	T1	A1	05R	15:23:26	15:34:25	15:35:00	15:35:18
AMX	B737	686	T2	A1	05R	15:25:06	15:36:52	15:37:27	15:37:47
TAO	AT42	774	T2	B4	05R	15:25:08	15:37:57	15:38:23	15:38:40
OF	B737	XCAA46	T2	B4	05R	15:29:13	15:38:52	15:39:25	15:39:45
MXA	A319	1695	T1	A	05L	15:28:47	15:41:16	15:41:58	15:42:14
AMX	B737	184	T2	A1	05R	15:32:47	15:44:00	15:44:38	15:45:05
MXA	A319	800	T1	A1	05R	15:30:05	15:46:40	15:47:22	15:47:38
AMX	B737	587	T2	A1	05R	15:34:47	15:47:59	15:48:44	15:49:00
SLI	E190	472	T2	A1	05R	15:38:02	15:48:57	15:49:35	15:49:58
MXA	A319	391	T1	A	05L	15:42:20	15:50:04	15:50:48	15:51:04
AMX	B737	19	T2	A1	05R	15:41:03	15:51:05	15:51:44	15:52:03
OF	BEECHCRAFT	TAM909	T2	A1	05R	15:46:51	15:52:23	15:53:00	15:53:20
BTA	E145	2945	T2	B2	05L	15:49:10	15:53:21	15:53:55	15:54:12
CHP	B737	239	T1	A1	05R	15:48:43	15:55:22	15:56:20	15:56:32
CBE	F100	7613	T1	A	05L	15:53:16	15:57:35	15:57:52	15:58:03
AMX	B737		T2	A1	05R	15:44:11	15:58:34	15:59:14	15:59:32

Tabla 13. Datos correspondientes a aterrizajes del día 14 de Marzo del 2008 a las 09:00 hrs.

COMPAÑIA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE DESTINO	PISTA	RODAJE DE DESFOGUE	TIEMPOS			
						PLAZA	UMBRAL	DESFOGUE	POSICION
CHP	B737	329	T1	05R	F	15:00:49	15:02:01	15:02:52	15:11:12
CBE	F100	7441	T1	05R	F	15:02:16	15:03:20	15:04:12	15:12:10
MXA	A320	388	T1	05R	F	15:03:06	15:04:49	15:05:40	15:12:20
CHP	B737	218	T1	05R	E2	15:04:35	15:06:00	15:06:38	15:12:28
MXA	A320	80	T1	05R	F	15:06:36	15:08:01	15:08:49	15:17:21
MXA	A320	411	T1	05R	F	15:07:43	15:09:28	15:10:29	15:17:27
AAL	B737	2199	T1	05R	F	15:09:42	15:10:53	15:11:38	15:17:10
VOI	B737	750	T2	05L	G	15:11:58	15:12:35	15:13:20	15:22:48
GMT	B737	301	T1	05L	B8	15:13:52	15:14:30	15:15:26	15:25:00
AMX	MD80	245	T2	05R	E	15:15:29	15:16:56	15:17:58	15:27:45
TAO	AT42	341	T2	05R	E	15:16:21	15:18:18	15:19:05	15:23:29
MXA	A320	741	T1	05L	F	15:18:30	15:19:43	15:20:36	15:34:46
CHP	B737	482	T1	05L	E2	15:20:10	15:21:02	15:21:47	15:27:11
CHP	B737	336	T1	05L	B8	15:21:30	15:22:25	15:23:17	15:34:21
AMX	MD80	909	T2	05L	G	15:22:55	15:24:08	15:24:48	15:39:00
CBE	F100	7227	T1	05L	C2	15:24:01	15:25:08	15:26:03	15:30:44
CHP	B737	209	T1	05R	F	15:25:36	15:26:36	15:27:23	15:35:06
AMX	B737	429	T2	05R	G	15:27:22	15:28:43	15:29:33	15:47:13
MXA	A320	302	T2	05L	B8	15:29:16	15:30:25	15:31:14	15:37:26
AMX	B737	169	T2	05R	G	15:30:40	15:31:46	15:32:37	15:49:34
SLI	E145	2069	T2	05L	E2	15:32:15	15:33:07	15:33:49	15:47:51
AMX	B737	701	T2	05R	G	15:33:01	15:34:25	15:35:11	15:49:51
CBE	F100	7700	T1	05L	B	15:34:29	15:35:43	15:37:01	15:40:20
MXA	A320	429	T1	05L	C2	15:36:13	15:37:27	15:38:27	15:45:42
SER	DC9	356	T1	05L	B8	15:37:55	15:38:51	15:39:51	15:44:46
MXA	A320	214	T1	05R	F	15:38:45	15:40:23	15:41:18	15:46:00
SLI	E145	2041	T2	05R	G	15:40:50	15:42:13	15:42:57	15:53:25
TAO	AT42	130	T2	05L	E2	15:42:40	15:44:05	15:44:58	15:50:46
AMX	MD80	293	T2	05R	H	15:44:11	15:45:12	15:45:50	16:06:07
CHP	B737	351	T1	05L	B8	15:45:57	15:47:18	15:48:17	15:56:26
CBE	F100	7922	T1	05L	B8	15:47:35	15:48:24	15:49:09	15:50:43
SER	DC9	810	T1	05L	C2	15:50:42	15:51:46	15:52:49	16:05:26
SLI	E145	2497	T2	05R	G	15:52:18	15:53:58	15:54:43	16:02:55
TAO	AT42	650	T2	05L	E2	15:54:23	15:55:24	15:56:14	16:04:32
MXA	A320	90	T1	05R	F	15:55:30	15:57:19	15:58:20	16:04:32
TAO	AT42	141	T2	05L	E2	15:57:45	15:59:03	15:59:51	16:05:10
MXA	A320	386	T2	05R	F	15:59:36	16:00:35	16:01:18	16:06:26

Tabla 14. Datos correspondientes a despegues del día 14 de Marzo del 2008 a las 20:00 hrs.

COMPAÑIA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE ORIGEN	RODAJE DE INGRESO	PISTA	TIEMPOS			
						RODAJE	CARRERA	RODAJE E2	UMBRAL
MXA		428	T1	B	23R	1:49:04	2:00:04	2:00:26	2:00:40
TAO	AT42	334	T2	B	23R	1:48:14	2:01:00	2:01:28	2:01:38
TAO	AT42	133	T2	B	23R	1:48:53	2:02:30	2:03:06	2:03:16
AMX		114	T2	D	23L	1:41:37	2:05:36	2:06:12	2:06:30
AMX		936	T2	D	23L	1:54:59	2:06:50	2:07:12	2:07:33
SLI	E145	2088	T2	D	23L	1:45:21	2:07:44	2:08:19	2:08:33
TAO	AT42	624	T2	E	23L	1:53:18	2:08:00	2:08:47	2:09:00
MXA		552	T1	H1	23R	1:58:10	2:10:40	2:11:18	2:11:27
MXA		586	T1	B	23R	2:07:20	2:13:04	2:13:37	2:13:45
AMX		505	T2	D	23L	1:54:41	2:14:36	2:15:36	2:15:42
MXA		908	T1	D	23L	2:05:38	2:15:54	2:16:29	2:16:38
CBE	F100	7448	T1	H1	23R	2:05:27	2:18:20	2:19:02	2:19:10
CHP	B737	114	T1	B	23R	2:05:56	2:19:24	2:19:46	2:19:58
CHP	B737	326	T1	B	23R	2:04:10	2:22:50	2:23:32	2:23:42
MXA		303	T1	H1	23R	2:13:37	2:24:00	2:24:29	2:24:38
MXA		906	T1	B	23R	2:16:48	2:25:06	2:25:43	2:25:53
SER	MD80	600	T1	B	23R	2:13:26	2:26:32	2:27:06	2:27:17
CBE	F100	7228	T1	H1	23R	2:16:19	2:28:00	2:28:39	2:28:46
SER	MD80	640	T1	B	23R	2:15:12	2:29:03	2:29:22	2:29:41
AMX		136	T2	D	23L	2:05:06	2:30:00	2:30:28	2:30:47
AMX		244	T2	D	23L	2:05:07	2:31:02	2:31:24	2:31:45
CHP	B737	111	T1	B	23R	1:55:23	2:33:00	2:33:33	2:33:43
KLM	B747	686	T1	D	23L	2:24:32	2:36:50	2:37:26	2:37:46
AMX	B737	940	T2	D	23L	2:23:57	2:42:34	2:43:10	2:43:26
CBE	F100	7711	T1	B	23R	2:39:36	2:44:50	2:45:28	2:45:43
CHP	B737	477	T1	D	23R	2:38:52	2:48:50	2:49:38	2:49:55
DHL	DC8	951	T1	B	23R	2:40:21	2:51:48	2:52:26	2:52:38
SER	MD80	680	T1	B	23R	2:54:48	2:54:55	2:55:14	2:55:39
CHP	B737	256	T1	H	23R	2:47:06	2:55:56	2:56:23	2:56:40
AMX	B737	938	T2	D	23L	2:34:17	2:57:10	2:57:51	2:58:09
CHP	B737	315	T1	D	23L	2:37:45	2:58:36	2:59:05	2:59:22

Tabla 15. Datos correspondientes a aterrizajes del día 14 de Marzo del 2008 a las 20:00 hrs.

COMPAÑIA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE DESTINO	PISTA	RODAJE DE DESFOGUE	TIEMPOS			
						PLAZA	UMBRAL	DESFOGUE	POSICION
CBE	F100	7706	T1	23R	B3	2:02:10	2:03:53	2:05:03	2:15:48
AMX		217		23L	A5	2:03:58	2:05:20	2:06:25	2:19:11
OF		XCFTPA		23L	B4	2:06:27	2:07:45	2:09:10	2:17:10
CBE	F100	7686	T1	23L	B4	2:07:58	2:09:11	2:10:17	2:28:50
SER	DC9	711		23R	B3	2:09:57	2:11:04	2:12:25	2:23:22
SLI	E145	2417		23R	B3	2:10:52	2:12:30	2:13:45	2:24:44
AMX		281		23L	A5	2:12:03	2:13:30	2:14:40	2:22:23
MXA		425	T1	23L	B6	2:13:42	2:15:09	2:16:25	2:31:27
AMX		181		23L	E1	2:15:02	2:16:31	2:17:37	2:30:55
SLI	E145	2483		23L	E1	2:17:00	2:18:35	2:19:35	2:27:33
AMX		147		23L	B4	2:17:43	2:19:55	2:21:22	2:32:42
SER	DC9	305		23L	B6	2:20:33	2:21:43	2:22:55	2:37:23
AMX		165		23L	A5	2:21:07	2:23:13	2:24:17	2:34:55
MXA		390	T1	23L	B6	2:23:04	2:24:34	2:25:37	2:38:54
SER	DC9	809		23R	B3	2:25:02	2:26:09	2:27:34	2:38:47
SLI	E190	167		23L	E1	2:26:32	2:27:40	2:28:45	2:38:33
TAO	AT42	343	T2	23L	E2	2:27:02	2:28:56	2:29:57	2:35:13
CHP	B737	338		23L	B4	2:29:34	2:30:31	2:31:59	2:47:23
UAL	A319	823		23R	B6	2:31:03	2:32:12	2:33:11	2:46:09
MXA		190	T1	23R	B3	2:31:58	2:33:13	2:34:59	2:45:46
MXA		378	T1	23L	B4	2:33:42	2:35:00	2:36:16	2:54:18
SLI	E145	2443		23L	E1	2:35:42	2:36:59	2:37:57	2:53:30
CHP	B737	401		23R	B3	2:37:01	2:38:11	2:39:20	2:50:05
CBE	F100	7606	T1	23L	B6	2:38:20	2:40:12	2:41:22	2:54:59
AMX		937		23L	A5	2:39:35	2:41:43	2:43:07	2:53:15
AMX		267		23L	A5	2:41:09	2:43:25	2:44:21	2:58:34
SER	DC9	205		23R	B3	2:44:14	2:45:27	2:46:39	2:58:12
CHP	B737	479		23L	B4	2:44:31	2:45:57	2:47:14	2:59:42
AMX		582		23L	B4	2:45:22	2:47:17	2:48:27	3:00:28
SLI	E145	2073		23L	E2	2:47:12	2:48:37	2:49:27	3:03:19
AMX		403		23L	A5	2:47:35	2:49:59	2:50:56	3:02:52
MXA		360	T1	23L	B6	2:49:58	2:51:33	2:52:45	3:10:31
CBE	F100	7787	T1	23R	B3	2:51:52	2:53:25	2:54:39	3:08:23
TAO	AT42	6136	T2	23R	B7	2:53:58	2:55:13	2:56:22	3:01:23
TAO	AT42	460		23L	E1	2:55:40	2:57:05	2:58:15	3:02:04
CHP	B737	214		23L	B4	2:57:45	2:59:07	3:00:15	3:09:22

Tabla 16. Datos correspondientes a despegues del día 30 de Marzo del 2008 a las 18:00 hrs.

COMPAÑIA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE ORIGEN	RODAJE DE INGRESO	PISTA	TIEMPOS			
						SALIDA DE POSICION	CARRERA	RODAJE E2	UMBRAL
PMO	B737	234	T1	H	23R	0:00:00	0:00:14	0:00:50	0:01:09
CBE	F100	7247	T1	B	23R	0:01:20	0:01:30	0:01:55	0:02:16
AMX	MD80	266	T2	L	23L	0:02:00	0:02:47	0:03:26	0:03:43
PMO	B737	308	T1	B	23R	0:04:00	0:05:23	0:05:48	0:06:09
TAO	AT42	463	T2	E	23R	0:06:13	0:07:00	0:07:38	0:08:03
UAL	A320	816	T1	D1	23L	0:08:40	0:09:40	0:10:13	0:10:27
SLI	E190	2066	T2	L	23L	0:10:27	0:10:37	0:10:58	0:11:14
CHP	B737	264	T1	B	23R	0:11:50	0:12:05	0:12:30	0:12:50
TNO	A300	300	T1	B	23R	0:13:45	0:13:52	0:14:27	0:14:47
CBE	F100	7786	T1	H	23R	0:15:40	0:16:44	0:17:18	0:17:37
AMX	B737	696	T2	L	23L	0:18:37	0:19:52	0:20:30	0:20:47
AMX	B737	154	T2	L	23L	0:20:47	0:20:55	0:21:25	0:21:42
COA	E145	2073	T2	L	23L	0:21:25	0:21:52	0:22:27	0:22:44
SLI	E190	2460	T2	L	23L	0:22:25	0:22:53	0:23:20	0:23:37
COA	B737	1525	T2	L	23L	0:23:40	0:23:38	0:24:17	0:24:31
CBE	F100	7856	T1	B	23R	0:14:05	0:26:50	0:26:56	0:27:17
CHP	B737	443	T1	B	23R	0:27:20	0:27:35	0:27:58	0:28:17
SLI	E190	2082	T2	L	23L	0:29:07	0:29:17	0:29:47	0:30:07
AMX	B737	932	T2	L	23L	0:30:00	0:30:08	0:30:52	0:31:07
MXA	A320	910	T1	L	23L	0:31:07	0:31:34	0:32:10	0:32:29
ONE	B767	8501	T1	L	23L	0:32:29	0:32:43	0:33:18	0:33:37
MXA	A320	18	T1	B	23R	0:34:00	0:35	0:35:40	0:36:00
MXA	B767	2	T1	H	23R	0:36:00	0:36:27	0:36:58	0:37:17
TAO	AT42	142	T2	E	23R	0:36:58	0:37:27	0:37:57	0:38:20
TAO	AT42	659	T2	E	23R	0:38:05	0:38:59	0:39:18	0:39:44
AMX	B737	278	T2	E	23L	0:41:12	0:42:34	0:43:22	0:43:38
CBE	F100	7322	T1	B	23R	0:43:38	0:44:16	0:44:40	0:44:59
AMX	B737	XCFAP	T2	E	23R	0:47	0:47:06	0:47:26	0:47:42
MXA	A319	574	T1	B	23R	0:47:42	0:48:10	0:48:46	0:49:06
CBE	F100	7804	T1	B	23R	0:50	0:50:22	0:50:52	0:51:18
CBE	F100	7211	T1	B	23R	0:51:18	0:51:32	0:52:04	0:52:19
MXA	A319	645	T1	B	23R	0:52:19	0:52:42	0:52:56	0:53:16
AMX	MD80	210	T2	E	23L	0:54:20	0:55:00	0:55:08	0:55:20
SLI	E145	458	T2	E	23L	0:55:20	0:56:04	0:56:28	0:56:50
CBE	F100	7458	T1	E	23R	0:56:50	0:57:40	0:57:54	0:58:00
MXA	A319	982	T1	E	23L	0:58:00	0:58:12	0:58:39	0:59:32

Tabla 17. Datos correspondientes a aterrizajes del día 30 de Marzo del 2008 a las 18:00 hrs.

COMPAÑIA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE DESTINO	PISTA	RODAJE DE DESFOGUE	TIEMPOS			
						PLAZA	UMBRAL	DESFOGUE	POSICION
CHP	B737	246	T1	23R	B6	0:01:20	0:03:16	0:04:25	0:05:10
UAL	A320	817	T1	23L	B6	0:03:50	0:05:19	0:06:21	0:08:30
TAO	AT42	331	T2	23L	E1	0:06:20	0:08:14	0:09:15	0:13:37
AMX	B737	433	T2	23R	B3	0:08:56	0:10:32	0:11:59	0:17:08
MXA	A319	384	T1	23L	B6	0:10:25	0:11:41	0:13:38	0:18:50
TAO	AT42	567	T2	23L	E1	0:11:45	0:13:40	0:14:50	0:17:33
AMX	B737	687	T2	23L	A5	0:13:13	0:14:45	0:15:48	0:18:30
SLI	E145	2447	T2	23L	B3	0:14:50	0:16:35	0:18:01	0:31:48
AMX	B737	409	T2	23L	A5	0:16:30	0:17:54	0:18:55	0:23:20
AMX	MD80	933	T2	23R	B3	0:18:15	0:19:57	0:21:07	0:31:10
CHP	B737	476	T1	23R	B3	0:19:50	0:21:25	0:22:33	0:23:44
MXA	B767	1692	T1	23L	B5	0:22:45	0:24:17	0:25:40	0:29:14
SLI	E145	2459	T2	23L	A5	0:24:10	0:25:35	0:26:55	0:35:40
MXA	A320	222	T1	23L	E2	0:26:40	0:27:57	0:29:11	0:36:08
MXA	A320	346	T1	23R	B5	0:28:36	0:30:15	0:31:30	0:32:19
SER	DC9	605	T1	23R	B3	0:30:54	0:32:38	0:33:54	0:35:25
MXA	A319	889	T2	23L	E2	0:35:45	0:37:37	0:38:36	0:42:17
SLI	E145	2045	T2	23L	E1	0:37:30	0:38:55	0:39:59	0:44:54
SER	DC9	305	T1	23L	B6	0:39:43	0:41:12	0:42:46	0:50:30
MXA	A320	801	T1	23L	B3	0:41:05	0:42:27	0:43:55	0:49:04
SER	DC9	355	T1	23L	B6	0:42:35	0:44:20	0:45:16	0:52:26
MXA	A320	851	T1	23L	B6	0:44:15	0:45:37	0:46:38	0:50:01
CHP	B737	413	T1	23L	B4	0:46:16	0:48:23	0:49:38	0:52:10
TAO	AT42	654	T2	23R	E1	0:49:40	0:50:50	0:52:11	0:55:26
OF		FAM361	T2	23L	E1	0:51:20	0:53:10	0:54:05	0:58:38
TAO	AT42	614	T2	23R	B6	0:53:25	0:55:26	0:56:10	1:01:45
AMX	B737	139	T2	23L	E1	0:55:30	0:56:45	0:57:53	1:07:05
MXA	A318	571	T1	23R	B2	0:57:10	0:58:48	1:00:28	1:02:04
CBE	F100	7928	T1	23R	B2	0:59:10	1:00:38	1:02:05	1:10:07

Tabla 18. Datos correspondientes a despegues del día 30 de Marzo del 2008 a las 20:00 hrs.

COMPañIA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE ORIGEN	RODAJE DE INGRESO	PISTA	TIEMPOS			
						SALIDA DE POSICION	CARRERA	RODAJE E2	UMBRAL
MXA	EA32	19	T1	A	05L	2:03:28	2:03:41	2:04:23	2:04:37
SER	DC9	600	T1	A	05L	2:04:37	2:05:10	2:05:36	2:05:48
CHP	B737	114	T1	A	05L	2:05:48	2:06:24	2:06:42	2:06:52
CHP	B737	326	T1	A	05L	2:06:52	2:07:10	2:07:39	2:07:48
MXA	EA19	908	T1	A1	05R	2:08:44	2:08:52	2:09:36	2:09:50
SER	DC9	640	T1	A	05L	2:09:50	2:10:12	2:10:42	2:11:00
AMX	B737	136	T2	A1	05R	2:12:08	2:12:19	2:12:52	2:13:10
DLH	B747	499	T1	A	05R	2:13:10	2:13:19	2:14:06	2:14:22
SLI	E145	160	T2	A1	05L	2:17:30	2:18:07	2:18:15	2:18:31
MXA	EA19	972	T1	A	05L	2:19:30	2:19:45	2:20:30	2:20:42
MXA	EA32	586	T1	A	05L	2:25:50	2:26	2:27:25	2:27:42
MXA	EA19	387	T1	A	05L	2:28:00	2:30:00	2:30:45	2:31:00
CHP	B737	477	T1	A	05L	2:31:00	2:31:15	2:31:53	2:32:04
AMX	B737	940	T2	A1	05R	2:32:04	2:32:35	2:32:56	2:33:15
SER	DC9	205	T1	A	05L	2:33:50	2:34:01	2:34:14	2:34:27
CHP	B737	256	T1	A	05L	2:35:00	2:35:04	2:35:44	2:35:54
AMX	B737	244	T2	A1	05L	2:36:45	2:36:52	2:37:35	2:37:47
TAO	AT42	467	T2	B4	05L	2:38:06	2:38:12	2:38:45	2:39:00
TNO	EA30	1401	T1	A	05L	2:39:00	2:40:22	2:41:17	2:41:26
AMX	B737	469	T2	A1	05R	2:42:20	2:42:50	2:43:40	2:43:55
CHP	B737	315	T1	A	05L	2:44:30	2:44:54	2:45:52	2:46:02
CHP	B737	235	T1	A	05L	2:46:02	2:46:15	2:46:46	2:46:59
SER	DC9	809	T1	A	05L	2:46:59	2:48:00	2:48:40	2:48:54
CHP	B737	217	T1	A	05L	2:49:40	2:50:00	2:50:37	2:50:49
AMX	B737	168	T1	A	05L	2:50:49	2:50:55	2:51:35	2:51:49
FAM	B737	361	T1	A	05L	2:54:06	2:53:48	2:54:36	2:54:49
TAO	AT42	773	T2	A	05L	2:55:50	2:57:10	2:57:48	2:58:07

Tabla 19. Datos correspondientes a aterrizajes del día 30 de Marzo del 2008 a las 20:00 hrs.

COMPAÑIA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL DE DESTINO	PISTA	RODAJE DE DESFOGUE	TIEMPOS			
						PLAZA	UMBRAL	DESFOGUE	POSICION
MXA	A320	354	T1	05L	B	2:00:00	2:02:15	2:03:44	2:07:02
CHP	B737	338	T1	05R	F	2:02:26	2:03:46	2:04:39	2:14:52
AMX	B737	175	T2	05R	G	2:04:05	2:05:04	2:06:15	2:38:45
AMX	MD80	281	T2	05R	H	2:05:06	2:06:27	2:07:51	2:18:15
AMX	MD80	181	T2	05L	G	2:06:03	2:07:47	2:08:42	2:20:03
CBE	F100	7218	T1	05R	B8	2:07:39	2:08:59	2:10:53	2:23:43
AMX	MD80	165	T2	05R	G	2:08:30	2:10:20	2:11:23	2:22:47
COA	B737	1737	T2	05R	E2	2:10:02	2:11:20	2:12:12	2:22:34
AMX	MD80	147	T2	05L	E	2:11:02	2:13:02	2:14:25	2:28:59
CBE	F100	7246	T1	05L	E2	2:12:40	2:14:13	2:15:07	2:26:31
SLI	E190	167	T2	05R	G	2:14:01	2:15:52	2:16:47	2:27:23
CBE	F100	7686	T1	05L	C2	2:15:40	2:17:33	2:18:52	2:36:48
AMX	MD80	937	T2	05R	G	2:17:00	2:18:42	2:19:46	2:40:32
UAL	A319	823	T1	05R	E	2:17:56	2:20:02	2:21:19	2:29:34
SLI	E145	2461	T2	05R	G	2:20:03	2:21:23	2:22:19	2:30:12
MXA	A318	425	T1	05R	E	2:20:56	2:23:23	2:24:25	2:26:03
CBE	F100	7787	T1	05L	C2	2:23:15	2:24:43	2:26:01	2:30:04
MXA	A320	360	T1	05R	B	2:24:33	2:26:04	2:27:09	2:36:14
CHP	B737	401	T1	05R	E	2:26:00	2:27:53	2:28:53	2:28:03
AMX	MD80	582	T1	05R	H	2:27:15	2:29:12	2:30:25	2:35:21
TAO	AT42	569	T2	05R	E2	2:29:10	2:30:57	2:32:00	2:35:21
CHP	B737	479	T1	05L	B8	2:30:20	2:32:20	2:33:28	2:37:25
SLI	E145	2073	T2	05R	G	2:32:03	2:33:56	2:35:09	2:49:11
AMX	B737	217	T1	05R	G	2:33:24	2:35:20	2:36:19	2:41:35
SLI	E145	2043	T2	05R	G	2:35:25	2:37:18	2:38:20	2:52:54
SLI	E145	2443	T2	05R	H	2:36:50	2:38:25	2:39:37	2:53:45
PMO	B737	209	T1	05R	E	2:38:40	2:40:05	2:41:09	2:51:56
AMX	B737	403	T2	05R	G	2:40:01	2:41:17	2:42:30	2:55:41
CHP	B737	214	T1	05R	E2	2:41:11	2:43:08	2:44:02	2:50:09
AAL	B737	2115	T1	05R	F	2:42:50	2:44:18	2:45:15	2:54:45
TAO	AT42	460	T2	05R	E2	2:54:04	2:56:04	2:57:03	3:00:02
TAO	AT42	773	T2	05R	E2	2:55:50	2:57:43	2:58:33	3:02:34
CBE	F100	7457	T1	05R	F	2:58:03	2:59:39	3:00:36	3:18:29
DAL	B737	251	T2	05R	H	2:59:39	3:01:20	3:02:55	3:14:19

4.2 DISTRIBUCIÓN DE TABLAS Y GRÁFICAS DE OPERACIÓN

En las siguientes tablas se muestra la secuencia de operaciones tal como se presentaron, mostrando el tipo de operación que se efectuó (aterrizaje o despegue); y la grafica la representación de las tablas representando el umbral el eje de las abscisas 0, siempre tomando como referencia el tiempo sobre el umbral.

Tabla 20. OPERACIONES POR PISTA 05L/23R A LAS 09:00 HRS. DEL 22 DE FEBRERO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
MXA	A320	800	T1	A	05L	278	400	430	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7703	T1	A	05L	552	583	598	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A319	990	T1	A	05L	613	652	4278	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	284	T1	A	05L	724	768	786	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	346	T1	A	05L	803	830	850	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	302	T1	B8	05L	785	885	1038	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A318	411	T1	E2	05L	1036	1159	1210	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	209	T1	B8	05L	1144	1260	1281	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A319	429	T1	B8	05L	1805	1888	1952	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7922	T1	B8	05L	1982	2086	2151	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	650	T2	E2	05L	2165	2273	2333	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A319	561	T1	C2	05L	2247	2361	2427	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A318	353	T1	A	05L	2468	2518	2539	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	386	T1	B8	05L	2384	2470	2529	-5	0	1	ATERRIZAJE
SER	DC9	810	T1	C2	05L	2605	2706	2766	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	EA19	830	T1	A	05L	2836	2860	2897	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7613	T1	A	05L	2954	2998	3010	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	192	T1	A	05L	3008	3030	3062	0	1	2	DESPEGUE
MXA	EA19	856	T1	A	05L	3030	3109	3130	0	1	2	DESPEGUE
UAL	A320	822	T1	A	05L	3122	3151	3190	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	351	T1	C2	05L	3086	3134	3215	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	225	T2	E	05L	3230	3329	3413	-5	0	1	ATERRIZAJE

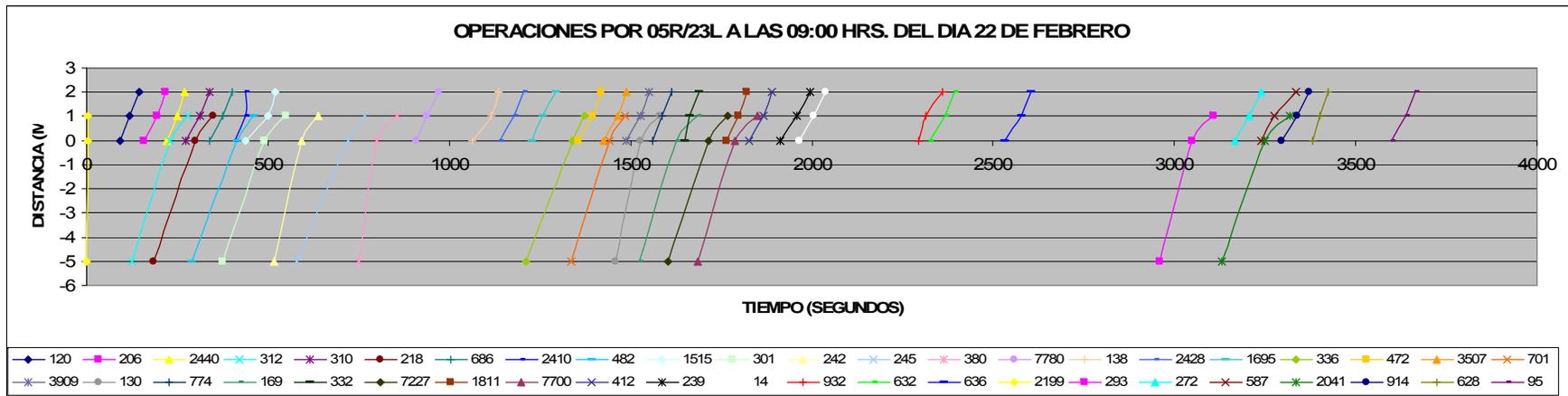


Gráfica 3. Operaciones por pista 05L/23R a las 09:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008.

Tabla 21. OPERACIONES POR PISTA 05R/23L A LAS 09:00 HRS. DEL 22 DE FEBRERO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
AMX	MD80	120	T2	A1	05R	93	120	144	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	206	T1	A1	05R	157	193	218	0	1	2	DESPEGUE
SLI	E145	2440	T2	A1	05R	220	250	270	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	312	T1	E	05R	126	230	279	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	310	T2	A1	05R	273	312	339	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	218	T1	F	05R	185	301	350	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	686	T2	A1	05R	340	374	402	0	1	2	DESPEGUE
SLI	E145	2410	T2	A1	05R	407	439	437	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	482	T2	E	05R	290	416	461	-5	0	1	ATERRIZAJE
OF	B737	1515	T2	A1	05R	438	500	520	0	1	2	DESPEGUE
GMT	B737	301	T1	B	05R	376	492	551	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	242	T1	E	05R	516	593	638	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	245	T2	E	05R	580	722	766	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	380	T2	G	05R	750	799	855	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7780	T1	A1	05R	909	938	970	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	138	T2	A1	05R	1065	1115	1137	0	1	2	DESPEGUE
SLI	E190	2428	T2	A1	05R	1139	1180	1206	0	1	2	DESPEGUE
MXA	B767	1695	T1	A1	05R	1227	1259	1294	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	336	T1	B8	05R	1213	1341	1374	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E190	472	T2	A1	05R	1355	1395	1420	0	1	2	DESPEGUE
FAA	B727	3507	T2	A1	05R	1426	1465	1487	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	701	T2	G	05R	1335	1441	1486	-5	0	1	ATERRIZAJE
FAA	BEECHCRAFT	3909	T2	B4	05R	1488	1527	1550	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	130	T2	E	05R	1460	1528	1580	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	774	T2	A1	05R	1562	1587	1614	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	169	T2	G	05R	1525	1627	1684	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	332	T2	B4	05R	1650	1663	1690	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7227	T1	F	05R	1604	1716	1769	-5	0	1	ATERRIZAJE

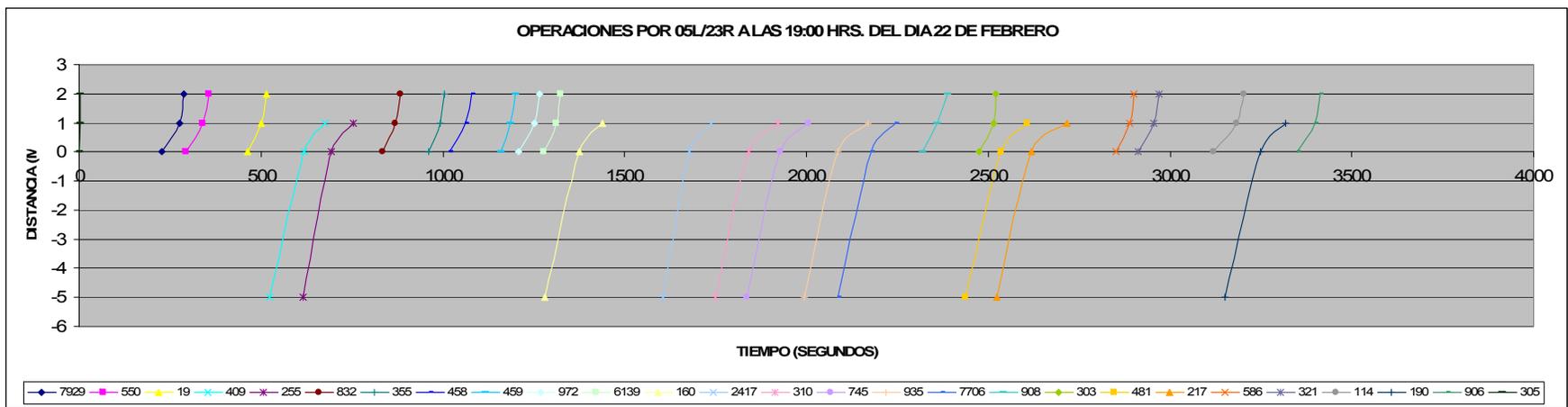
AMX	B737	1811	T2	A1	05R	1763	1797	1820	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7700	T1	B	05R	1684	1788	1851	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	412	T2	A1	05R	1826	1866	1890	0	1	2	DESPEGUE
CHP	EA19	239	T1	A1	05R	1912	1958	1995	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	14	T2	A1	05R	1966	2006	2039	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	932	T2	A1	05R	2296	2315	2362	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	632	T2	A1	05R	2323	2367	2395	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	636	T2	A1	05R	2532	2577	2303	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	366	T2	B4	05R	2663	2699	2730	0	1	2	DESPEGUE
AAL	MD80	2199	T1	E	05R	2840	2949	2992	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	293	T2	G	05R	2960	3049	3107	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	272	T2	A1	05R	3167	3207	3238	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	587	T2	A1	05R	3239	3277	3335	0	1	2	DESPEGUE
SLI	E145	2041	T2	H	05R	3130	3248	3319	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	914	T2	A1	05R	3294	3337	3370	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	628	T2	B4	05R	3380	3400	3425	0	1	2	DESPEGUE
FAA	B737	95	T2	A1	05R	3599	3638	3663	0	1	2	DESPEGUE



Gráfica. 4 Operaciones por pista 05R/23L a las 09:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008

Tabla 22. OPERACIONES POR PISTA 05L/23R A LAS 19:00 HRS. DEL 22 DE FEBRERO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
CBE	F100	7929	T1	B	05L	228	275	287	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	550	T1	B	05L	293	341	358	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A318	19	T1	B	05L	463	500	514	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	409	T1	B8	05L	525	618	675	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	255	T1	B9	05L	615	693	755	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A318	832	T1	B	05L	834	870	883	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	355	T1	B	05L	960	992	1005	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	458	T1	B	05L	1020	1062	1080	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	459	T2	A1	05L	1160	1186	1200	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A319	972	T1	B	05L	1210	1251	1266	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	6139	T2	B4	05L	1277	1311	1325	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	160	T1	B8	05L	1280	1376	1438	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	2417	T2	B8	05L	1605	1678	1738	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	310	T2	E	05L	1751	1841	1921	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A318	745	T1	B	05L	1836	1929	2005	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	935	T2	E	05L	1993	2085	2170	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7706	T2	B9	05L	2085	2179	2246	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A319	908	T1	B	05L	2320	2359	2388	0	1	2	DESPEGUE
MXA	EA18	908	T1	B	05L	2432	2453	2468	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	303	T1	B	05L	2475	2515	2522	0	1	2	DESPEGUE
AAL	B737	481	T1	C2	05L	2438	2536	2606	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	217	T2	E	05L	2525	2618	2717	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	586	T1	B	05L	2851	2890	2902	0	1	2	DESPEGUE
UPS	B757	321	T1	B	05L	2913	2955	2970	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	114	T1	B	05L	3120	3183	3203	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	190	T1	B8	05L	3150	3250	3319	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	906	T1	B	05L	3350	3398	3413	0	1	2	DESPEGUE
GMT	B737	305	T1	B	05L	3433	3472	3488	0	1	2	DESPEGUE

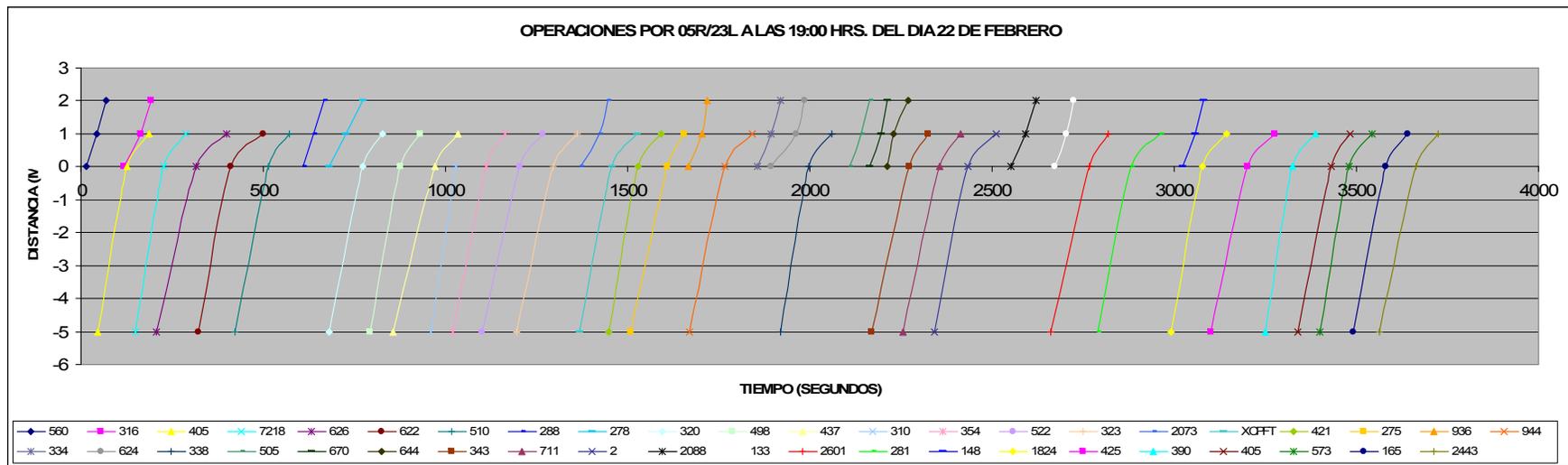


Gráfica 5. Operaciones por pista 05L/23R a las 19:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008

Tabla 23. OPERACIONES POR PISTA 05R/23L A LAS 19:00 HRS. DEL 22 DE FEBRERO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
TAO	AT42	560	T2	B4	05R	15	42	70	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	316	T2	B4	05R	117	163	192	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	405	T1	B	05R	45	125	188	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7218	T1	F	05R	150	226	287	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	626	T1	F	05R	206	316	400	-5	0	1	ATERRIZAJE
LAN	B767	622	T2	H	05R	323	411	500	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	510	T2	G	05R	421	514	572	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	288	T1	A1	05R	610	638	666	0	1	2	DESPEGUE
DAL	B757	278	T2	A1	05R	682	727	774	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	320	T1	F	05R	680	773	829	-5	0	1	ATERRIZAJE
DLH	B747	498	T1	F	05R	793	875	930	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	437	T2	G	05R	857	970	1034	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	310	T2	NO APLICA	05R	959	1028	0	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	354	T1	F	05R	1020	1113	1164	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	522	T1	F	05R	1100	1204	1267	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	323	T1	B	05R	1194	1295	1362	-5	0	1	ATERRIZAJE
COA	E145	2073	T1	B	05R	1372	1421	1445	0	1	2	DESPEGUE
OF	MOSCO	XCPFT	T2	G	05R	1369	1457	1525	-5	0	1	ATERRIZAJE
SER	DC9	421	T1	E	05R	1448	1530	1593	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	275	T2	E	05R	1510	1609	1656	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	936	T2	A1	05R	1668	1703	1717	0	1	2	DESPEGUE
AMX	MD80	944	T2	H	05R	1670	1767	1841	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	334	T2	B4	05R	1855	1893	1919	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	624	T2	B4	05R	1893	1962	1985	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	338	T1	F	05R	1920	1998	2060	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	505	T2	A1	05R	2110	2142	2164	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	670	T2	A1	05R	2164	2195	2213	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	644	T2	A1	05R	2213	2230	2270	0	1	2	DESPEGUE

TAO	AT42	343	T1	E2	05R	2170	2274	2325	-5	0	1	ATERRIZAJE
SER	DC9	711	T1	F	05R	2255	2357	2415	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B777	2	T2	H	05R	2343	2433	2511	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	2088	T2	A1	05R	2552	2592	2622	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	133	T2	B3	05R	2671	2703	2724	0	1	2	DESPEGUE
SLI	E190	2601	T2	G	05R	2661	2767	2819	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	281	T2	H	05R	2790	2882	2962	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	148	T2	A1	05R	3022	3058	3080	0	1	2	DESPEGUE
COA	B737	1824	T2	G	05R	2990	3077	3143	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A318	425	T1	F	05R	3101	3201	3277	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A319	390	T1	F	05R	3250	3324	3388	-5	0	1	ATERRIZAJE
SER	DC9	405	T1	E	05R	3340	3432	3483	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	573	T1	F	05R	3398	3480	3542	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	165	T2	G	05R	3490	3580	3640	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	2443	T2	E	05R	3564	3665	3723	-5	0	1	ATERRIZAJE

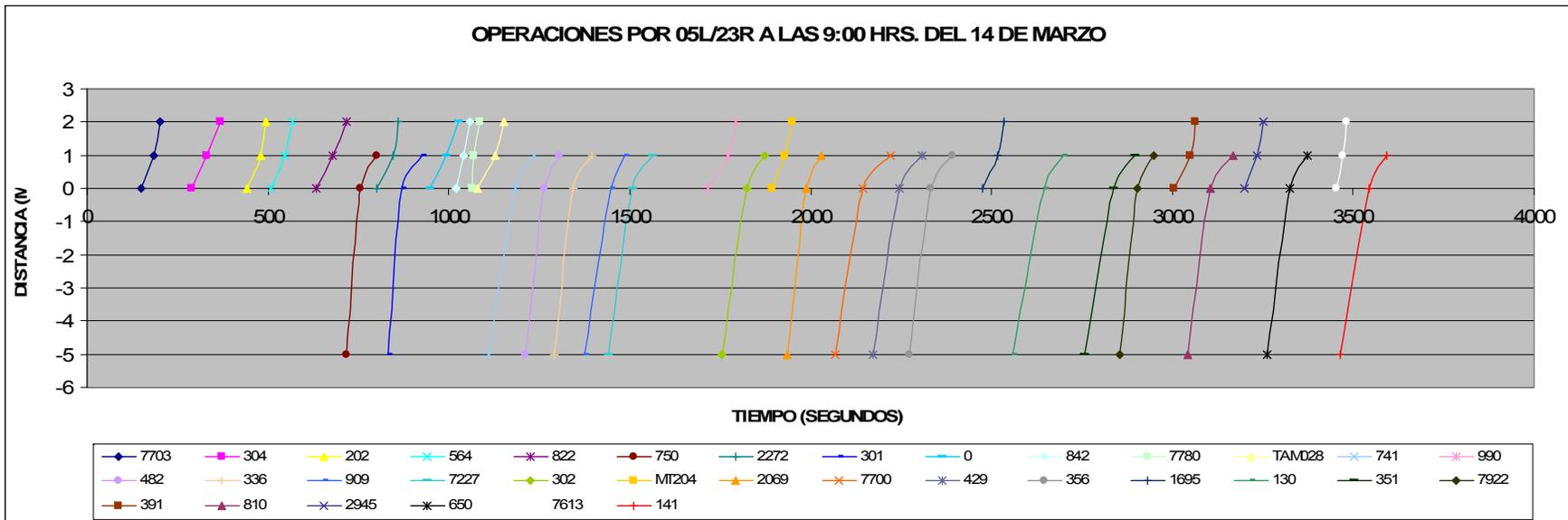


Gráfica 6. Operaciones por pista 05R/23L a las 19:00 hrs. Del 22 de febrero de 2008

Tabla 24. OPERACIONES POR PISTA 05L/23R A LAS 09:00 HRS. DEL 14 DE MARZO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
CBE	F-100	7703	T1	A	05L	150	186	203	0	1	2	DESPEGUE
SER	MD-80	304	T1	A	05L	290	331	370	0	1	2	DESPEGUE
OF	BEEHCRAFT	202	T2	A1	O5L	442	479	494	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A318	564	T1	A	05L	507	545	567	0	1	2	DESPEGUE
TACA	A319	822	T1	A	05L	635	680	717	0	1	2	DESPEGUE
VOI	B737	750	T2	G	05L	718	755	800	-5	0	1	ATERRIJAJE
AAL	MD-80	2272	T1	A	05L	801	845	860	0	1	2	DESPEGUE
GMT	B737	301	T1	B8	05L	832	870	926	-5	0	1	ATERRIJAJE
SER	MD-80	0	T1	A	05L	948	991	1028	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A319	842	T1	A	05L	1021	1040	1057	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F-100	7780	T1	A	05L	1064	1070	1085	0	1	2	DESPEGUE
OF	BEEHCRAFT	TAM028	T2	A1	05L	1078	1127	1153	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	741	T1	F	05L	1110	1183	1236	-5	0	1	ATERRIJAJE
MXA	A319	990	T1	A	05L	1717	1771	1792	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	482	T1	E2	05L	1210	1262	1307	-5	0	1	ATERRIJAJE
CHP	B737	336	T1	B8	05L	1290	1345	1397	-5	0	1	ATERRIJAJE
AMX	MD80	909	T2	G	05L	1375	1448	1488	-5	0	1	ATERRIJAJE
CBE	FOKER 100	7227	T1	C2	05L	1441	1508	1563	-5	0	1	ATERRIJAJE
MXA	A320	302	T2	B8	05L	1756	1825	1874	-5	0	1	ATERRIJAJE
OF	BEEHCRAFT	MT204	T2	B3	05L	1893	1929	1951	0	1	2	DESPEGUE
SLI	ERJ 145	2069	T2	E2	05L	1935	1987	2029	-5	0	1	ATERRIJAJE
CBE	FOKER 100	7700	T1	B	05L	2069	2143	2221	-5	0	1	ATERRIJAJE
MXA	A320	429	T1	C2	05L	2173	2247	2307	-5	0	1	ATERRIJAJE
SER	DC9	356	T1	B8	05L	2275	2331	2391	-5	0	1	ATERRIJAJE

MXA	A319	1695	T1	A	05L	2476	2518	2534	0	1	2	DESPEGUE
TAO	ATR42	130	T2	E2	05L	2560	2645	2698	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	351	T1	B8	05L	2757	2838	2897	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	FOKER 100	7922	T1	B8	05L	2855	2904	2949	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A319	391	T1	A	05L	3004	3048	3064	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	810	T1	C2	05L	3042	3106	3169	-5	0	1	ATERRIZAJE
BTA	E-145	2945	T2	B2	05L	3201	3235	3252	0	1	2	DESPEGUE
TAO	ATR42	650	T2	E2	05L	3263	3324	3374	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F-100	7613	T1	A	05L	3455	3472	3483	0	1	2	DESPEGUE
TAO	ATR42	141	T2	E2	05L	3465	3543	3591	-5	0	1	ATERRIZAJE

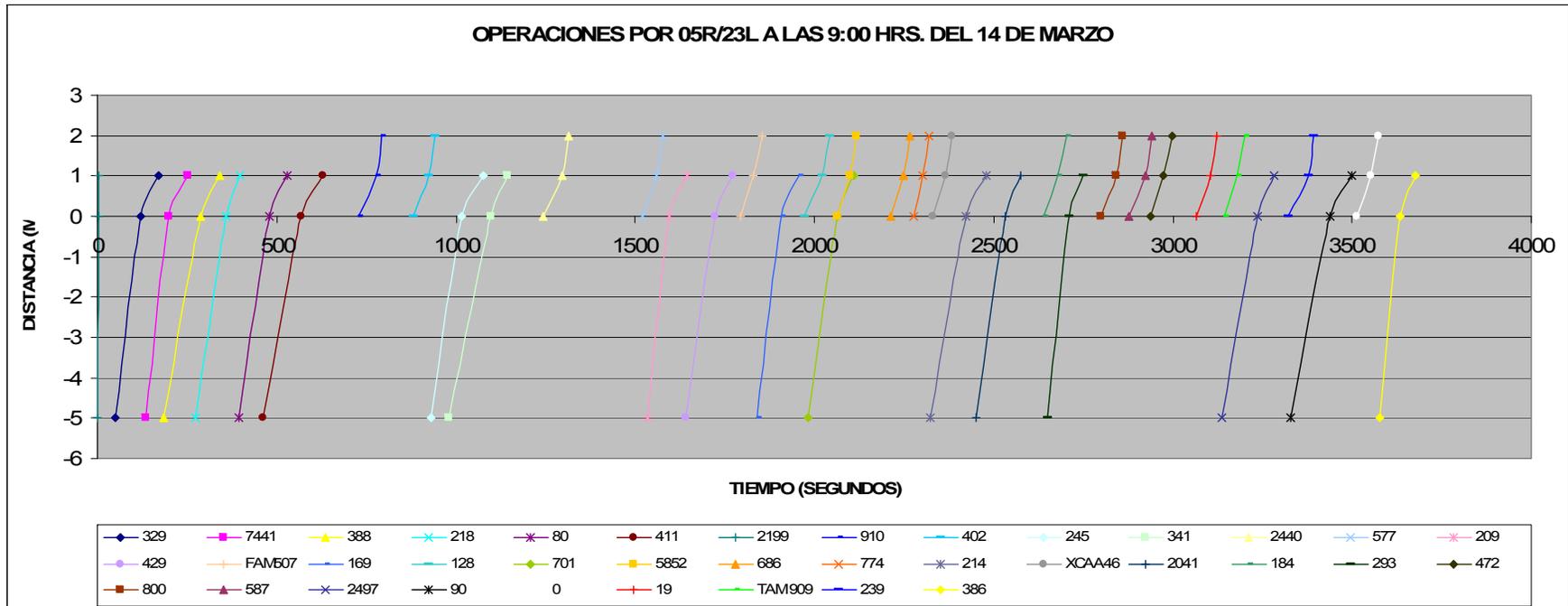


Gráfica 7. Operaciones por pista 05L/23R a las 09:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008

Tabla 25. OPERACIONES POR PISTA 05R/23L A LAS 09:00 HRS. DEL 14 DE MARZO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
CHP	B737	329	T1	F	05R	49	121	172	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	FOKER 100	7441	T1	F	05R	136	200	252	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	388	T1	F	05R	186	289	340	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	218	T1	E2	05R	275	360	398	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	80	T1	F	05R	396	481	529	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	411	T1	F	05R	463	568	629	-5	0	1	ATERRIZAJE
AAL	B737	2199	T1	F	05R	582	653	698	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD-80	910	T2	A1	05R	728	778	791	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B-737	402	T2	A1	05R	880	922	942	0	1	2	DESPEGUE
AMX	MD80	245	T2	E	05R	929	1016	1078	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	ATR42	341	T2	E	05R	981	1098	1145	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E-145	2440	T2	A1	05R	1242	1296	1314	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B-737	577	T2	A1	05R	1520	1558	1579	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	209	T1	F	05R	1536	1596	1643	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	429	T2	G	05R	1642	1723	1773	-5	0	1	ATERRIZAJE
OF	B-727	FAM507	T2	A1	05R	1794	1829	1853	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	169	T2	G	05R	1840	1906	1957	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD-80	128	T2	A1	05R	1973	2020	2043	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	701	T2	G	05R	1981	2065	2111	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A319	5852	T1	A1	05R	2065	2100	2118	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B-737	686	T2	A1	05R	2212	2247	2267	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT-42	774	T2	B4	05R	2277	2303	2320	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	214	T1	F	05R	2325	2423	2478	-5	0	1	ATERRIZAJE

OF	B-737	XCAA46	T2	B4	O5R	2332	2365	2385	0	1	2	DESPEGUE
SLI	ERJ 145	2041	T2	G	O5R	2450	2533	2577	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B-737	184	T2	A1	O5R	2640	2678	2705	0	1	2	DESPEGUE
AMX	MD80	293	T2	0	O5R	2651	2712	2750	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E-190	472	T2	A1	O5R	2937	2975	2998	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A319	800	T1	A1	O5R	2800	2842	2858	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B-737	587	T2	A1	O5R	2879	2924	2940	0	1	2	DESPEGUE
SLI	ERJ 145	2497	T2	G	O5R	3138	3238	3283	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	90	T1	F	O5R	3330	3439	3500	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B-737	0	T2	A1	O5R	3514	3554	3572	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B-737	19	T2	A1	O5R	3065	3104	3123	0	1	2	DESPEGUE
OF	BEECHCRAFT	TAM 909	T2	A1	O5R	3143	3180	3200	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	239	T1	A1	O5R	3322	3380	3392	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	386	T2	F	O5R	3576	3635	3678	-5	0	1	ATERRIZAJE

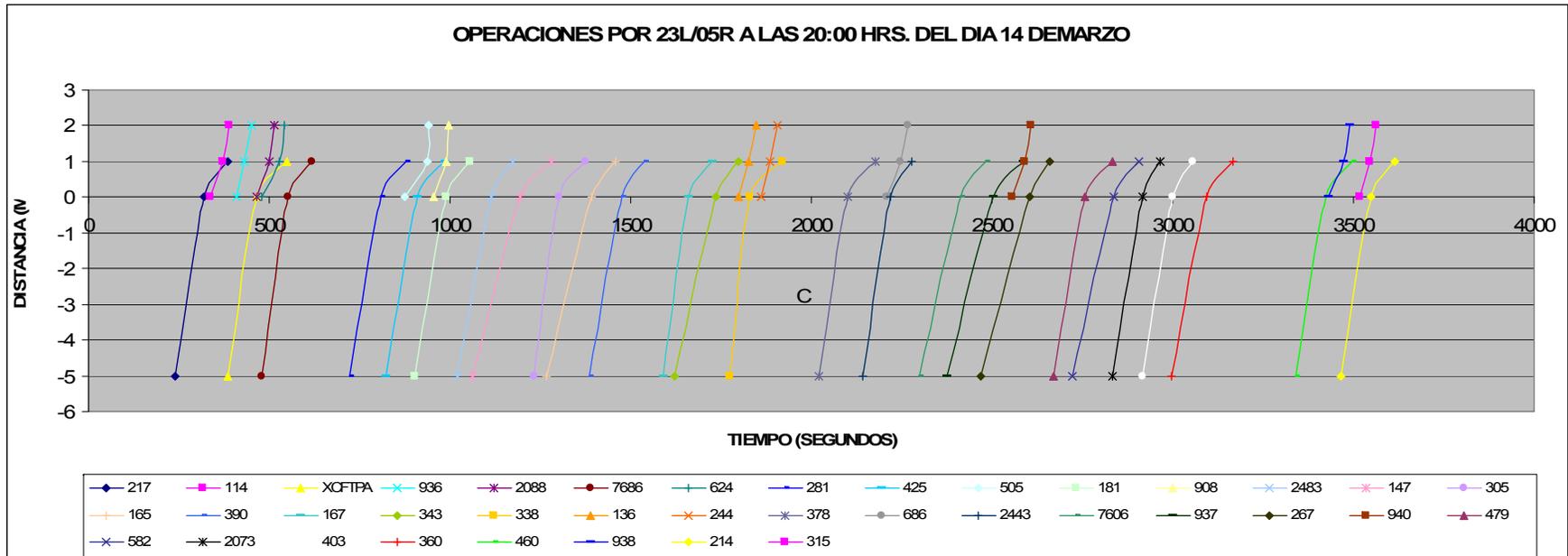


Gráfica 8. Operaciones por pista 05R/23L a las 09:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008

Tabla 26. OPERACIONES POR PISTA 23L/05R A LAS 20:00 HRS. DEL 14 DE MARZO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
AMX	0	217	0	A5	23L	238	320	385	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	0	114	T2	D	23L	336	372	390	0	1	2	DESPEGUE
OF	0	XCFTP	0	B4	23L	387	465	550	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	0	936	T2	D	23L	410	432	453	0	1	2	DESPEGUE
SLI	E145	2088	T2	D	23L	464	499	513	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7686	T1	B4	23L	478	551	617	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	624	T2	E	23L	480	527	540	0	1	2	DESPEGUE
AMX	0	281	0	A5	23L	723	810	880	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	0	425	T1	B6	23L	822	909	985	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	0	505	T2	D	23L	876	936	942	0	1	2	DESPEGUE
AMX	0	181	0	E1	23L	902	991	1057	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	0	908	T1	D	23L	954	989	998	0	1	2	DESPEGUE
SLI	0	2483	0	E1	23L	1020	1115	1175	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	0	147	0	B4	23L	1063	1195	1282	-5	0	1	ATERRIZAJE
SER	DC9	305	0	B6	23L	1233	1303	1375	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	0	165	0	A5	23L	1267	1393	1457	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	0	390	T1	B6	23L	1384	1474	1537	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	0	167	0	E1	23L	1592	1660	1725	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	ATR42	343	T2	E2	23L	1622	1736	1797	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	338	0	B4	23L	1774	1831	1919	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	0	136	T2	D	23L	1800	1828	1847	0	1	2	DESPEGUE
AMX	0	244	T2	D	23L	1862	1884	1905	0	1	2	DESPEGUE
MXA	0	378	T1	B4	23L	2022	2100	2176	-5	0	1	ATERRIZAJE
KLM	B747	686	T1	D	23L	2210	2246	2266	0	1	2	DESPEGUE
SLI	0	2443	0	E1	23L	2142	2219	2277	-5	0	1	ATERRIZAJE

CBE	F100	7606	T1	B6	23L	2300	2412	2482	-5	0	1	ATERRIJAJE
AMX	0	937	0	A5	23L	2375	2503	2587	-5	0	1	ATERRIJAJE
AMX	0	267	0	A5	23L	2469	2605	2661	-5	0	1	ATERRIJAJE
AMX	0	940	T2	D	23L	2554	2590	2606	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	479	0	B4	23L	2671	2757	2834	-5	0	1	ATERRIJAJE
AMX	0	582	0	B4	23L	2722	2837	2907	-5	0	1	ATERRIJAJE
SLI	0	2073	0	E2	23L	2832	2917	2967	-5	0	1	ATERRIJAJE
AMX	0	403	0	A5	23L	2855	2999	3056	-5	0	1	ATERRIJAJE
MXA	0	360	T1	B6	23L	2998	3093	3165	-5	0	1	ATERRIJAJE
TA0	0	460	0	E1	23L	3340	3425	3495	-5	0	1	ATERRIJAJE
AMX	0	938	T2	D	23L	3430	3471	3489	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	214	0	B4	23L	3465	3547	3615	-5	0	1	ATERRIJAJE
CHP	B737	315	T1	D	23L	3516	3545	3562	0	1	2	DESPEGUE

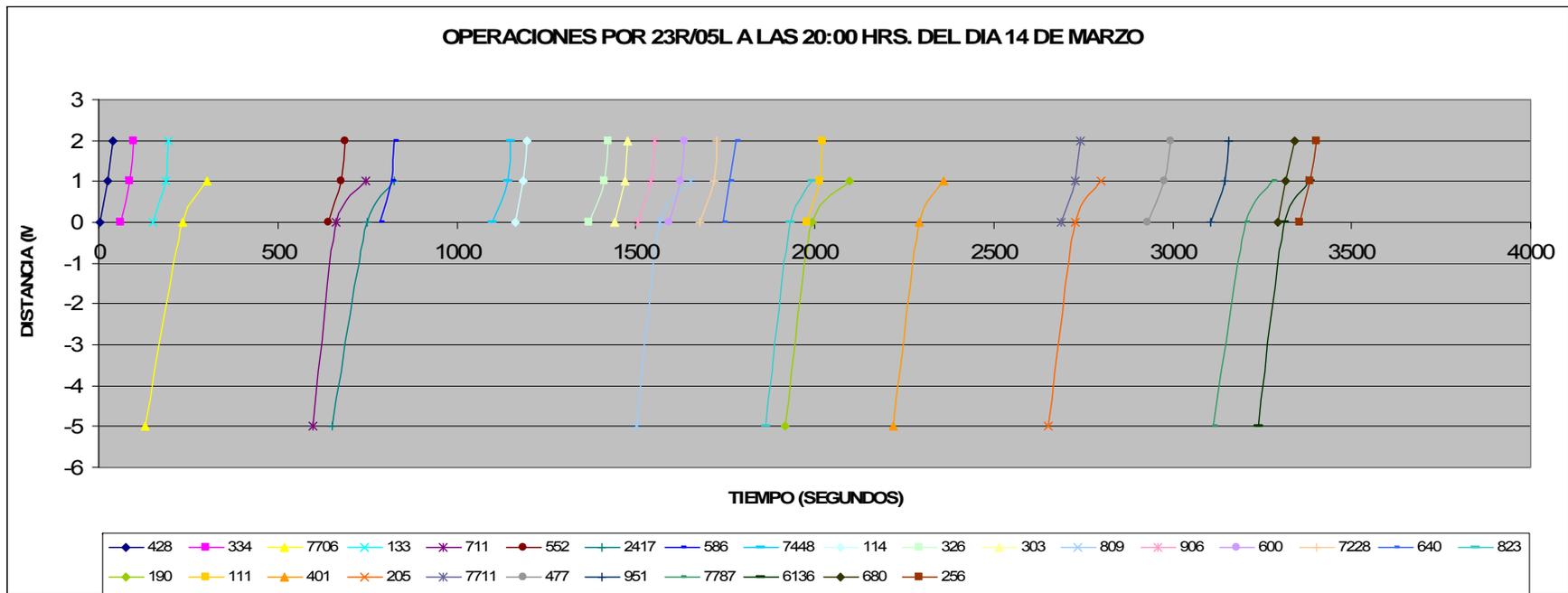


Gráfica 9. Operaciones por pista 23L/05R a las 20:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008

Tabla 27. OPERACIONES POR PISTA 23R/05L A LAS 20:00 HRS. DEL 14 DE MARZO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
MXA	0	428	T1	B	23R	4	26	40	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	334	T2	B	23R	60	88	98	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7706	T1	B3	23R	130	233	303	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	133	T2	B	23R	150	186	196	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	711	0	B3	23R	597	664	745	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	0	552	T1	B H1	23R	640	678	687	0	1	2	DESPEGUE
SLI	0	2417	0	B3	23R	652	750	825	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	0	586	T1	B	23R	784	817	825	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7448	T1	B H1	23R	1100	1142	1150	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	114	T1	B	23R	1164	1186	1198	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	326	T1	B	23R	1370	1412	1422	0	1	2	DESPEGUE
MXA	0	303	T1	B H1	23R	1440	1469	1478	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	809	0	B3	23R	1502	1569	1654	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	0	906	T1	B	23R	1506	1543	1553	0	1	2	DESPEGUE
SER	MD-80	600	T1	B	23R	1592	1626	1637	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7228	T1	B H1	23R	1680	1719	1726	0	1	2	DESPEGUE
SER	MD-80	640	T1	B	23R	1743	1762	1781	0	1	2	DESPEGUE
UAL	A319	823	0	B6	23R	1863	1932	1991	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	0	190	T1	B3	23R	1918	1993	2099	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	111	T1	B	23R	1980	2013	2023	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	401	0	B3	23R	2221	2291	2360	-5	0	1	ATERRIZAJE
SER	DC9	205	0	B3	23R	2654	2727	2799	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7711	T1	B	23R	2690	2728	2743	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	477	T1	D	23R	2930	2978	2995	0	1	2	DESPEGUE
DHL	DC8	951	T1	B	23R	3108	3146	3158	0	1	2	DESPEGUE

CBE	F100	7787	T1	B3	23R	3112	3205	3279	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	ATR42	6136	T2	B7	23R	3238	3313	3382	-5	0	1	ATERRIZAJE
SER	MD-80	680	T1	B	23R	3295	3314	3339	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	256	T1	H	23R	3356	3383	3400	0	1	2	DESPEGUE



Gráfica 10. Operaciones por pista 23R/05L a las 20:00 hrs. Del 14 de marzo de 2008

Tabla 28. OPERACIONES POR PISTA 23L/05R A LAS 18:00 HRS. DEL 30 DE MARZO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
AMX	0	266	T2	L	23L	167	206	223	0	1	2	DESPEGUE
UAL	A320	817	T1	B6	23L	230	319	381	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	331	T2	E1	23L	380	494	555	-5	0	1	ATERRIZAJE
UAL	0	816	T1	D1	23L	580	613	627	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A319	384	T1	B6	23L	625	701	818	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	0	2066	T2	L	23L	637	658	674	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	567	T2	E1	23L	705	820	890	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	687	T2	A5	23L	793	885	948	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	2447	T2	B3	23L	890	995	1081	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	409	T2	A5	23L	990	1074	1135	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	0	696	T2	L	23L	1192	1230	1247	0	1	2	DESPEGUE
AMX	0	154	T2	L	23L	1255	1285	1302	0	1	2	DESPEGUE
COA	E145	2073	T2	L	23L	1312	1347	1364	0	1	2	DESPEGUE
MXA	B767	1692	T1	B5	23L	1365	1457	1540	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	0	2460	T2	L	23L	1373	1400	1417	0	1	2	DESPEGUE
COA	B737	1525	T2	L	23L	1418	1457	1471	0	1	2	DESPEGUE
SLI	E145	2459	T2	A5	23L	1450	1535	1615	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	0	2082	T2	L	23L	1757	1787	1807	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	222	T1	E2	23L	1600	1677	1751	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	0	932	T2	L	23L	1808	1852	1867	0	1	2	DESPEGUE
MXA	0	910	T1	L	23L	1894	1930	1949	0	1	2	DESPEGUE
ONE	0	8501	T1	L	23L	1963	1998	2017	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A319	889	T2	E2	23L	2145	2257	2316	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	2045	T2	E1	23L	2250	2335	2399	-5	0	1	ATERRIZAJE
SER	DC9	305	T1	B6	23L	2383	2472	2566	-5	0	1	ATERRIZAJE

MXA	A320	801	T1	B3	23L	2465	2547	2635	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	737	278	T2	E	23L	2554	2602	2618	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	355	T1	B6	23L	2555	2660	2716	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	851	T1	B6	23L	2655	2737	2798	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	413	T1	B4	23L	2776	2903	2978	-5	0	1	ATERRIZAJE
OF	0	FAM361	T2	E1	23L	3080	3190	3245	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	210	T2	E	23L	3300	3308	3320	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	139	T2	E1	23L	3330	3405	3473	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	458	T2	E	23L	3364	3388	3410	0	1	2	DESPEGUE
MXA	EA19	982	T1	E	23L	3492	3519	3572	0	1	2	DESPEGUE

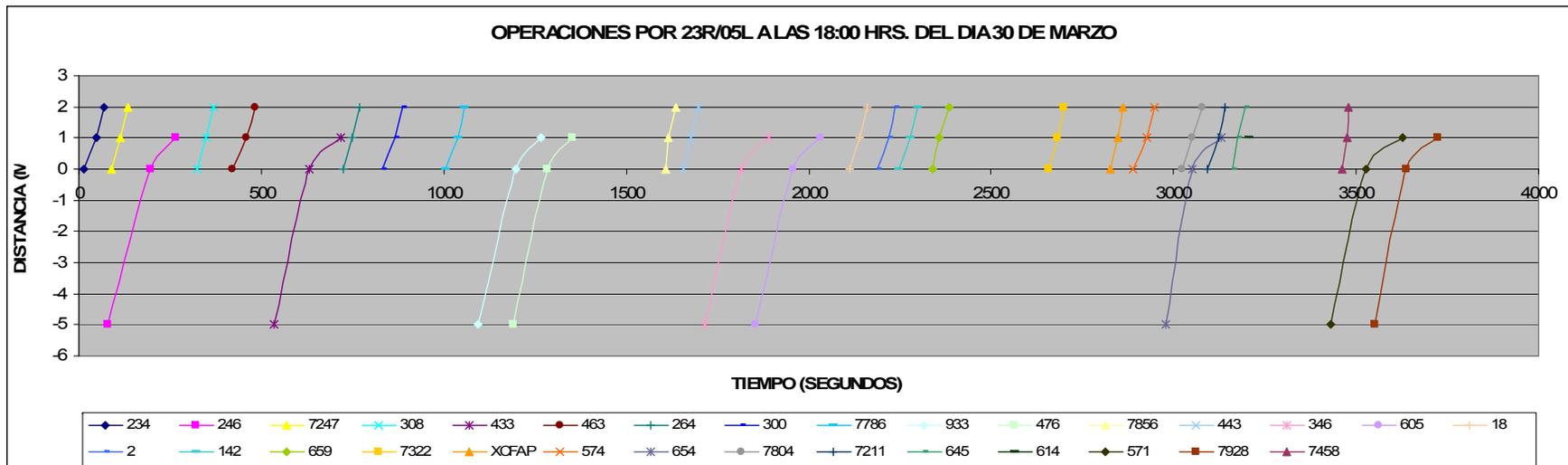


Gráfica 11. Operaciones por pista 23L/05R a las 18:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008

Tabla 29. OPERACIONES POR PISTA 23R/05L A LAS 18:00 HRS. DEL 30 DE MARZO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
PMO	0	234	T1	H	23R	14	50	69	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	246	T1	B6	23R	80	196	265	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	0	7247	T1	B	23R	90	115	136	0	1	2	DESPEGUE
PMO	0	308	T1	B	23R	323	348	369	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	463	T2	E	23R	420	458	483	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	433	T2	B3	23R	536	632	719	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	264	T1	B	23R	725	750	770	0	1	2	DESPEGUE
TNO	0	300	T1	B	23R	832	867	887	0	1	2	DESPEGUE
CBE	0	7786	T1	H	23R	1004	1038	1057	0	1	2	DESPEGUE
AMX	MD80	933	T2	B3	23R	1095	1197	1267	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	476	T1	B3	23R	1190	1285	1353	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	0	7856	T1	B	23R	1610	1616	1637	0	1	2	DESPEGUE
CHP	0	443	T1	B	23R	1655	1678	1697	0	1	2	DESPEGUE
MXA	A320	346	T1	B5	23R	1716	1815	1890	-5	0	1	ATERRIZAJE
SER	DC9	605	T1	B3	23R	1854	1958	2034	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	0	18	T1	B	23R	2113	2140	2160	0	1	2	DESPEGUE
MXA	0	2	T1	H	23R	2187	2218	2237	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	142	T2	E	23R	2247	2277	2300	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	659	T2	E	23R	2339	2358	2384	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7322	T1	B	23R	2656	2680	2699	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	XCFAP	T2	E	23R	2826	2846	2862	0	1	2	DESPEGUE
MXA	EA19	574	T1	B	23R	2890	2926	2946	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	654	T2	E1	23R	2980	3050	3131	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7804	T1	B	23R	3022	3052	3078	0	1	2	DESPEGUE

CBE	F100	7211	T1	B	23R	3092	3124	3139	0	1	2	DESPEGUE
MXA	EA19	645	T1	B	23R	3162	3176	3196	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	614	T2	B6	23R	3205	3326	3370	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A318	571	T1	B2	23R	3430	3528	3628	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7928	T1	B2	23R	3550	3638	3725	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7458	T1	E	23R	3460	3474	3480	0	1	2	DESPEGUE



Gráfica 12. Operaciones por pista 23R/05L a las 18:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008

Tabla 30. OPERACIONES POR PISTA 05L/23R A LAS 20:00 HRS. DEL 30 DE MARZO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
MXA	A320	354	T1	B	05L	0	135	224	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	EA32	19	T1	A	05L	221	263	277	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	600	T1	A	05L	310	336	348	0	1	2	DESPEGUE
AMX	MD80	181	T2	G	05L	363	467	522	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	114	T1	A	05L	384	402	412	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	326	T1	A	05L	430	459	468	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	640	T1	A	05L	612	642	660	0	1	2	DESPEGUE
AMX	MD80	147	T2	E	05L	662	782	865	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7246	T1	E2	05L	760	853	907	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7686	T1	C2	05L	940	1053	1132	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	160	T2	A1	05L	1087	1095	1111	0	1	2	DESPEGUE
MXA	EA19	972	T1	A	05L	1185	1230	1242	0	1	2	DESPEGUE
CBE	F100	7787	T1	C2	05L	1395	1483	1561	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	EA32	586	T1	A	05L	1595	1645	1662	0	1	2	DESPEGUE
MXA	EA19	387	T1	A	05L	1800	1845	1860	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	479	T1	B8	05L	1820	1940	2008	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	477	T1	A	05L	1875	1913	1924	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	205	T1	A	05L	2041	2054	2067	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	256	T1	A	05L	2104	2144	2154	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	244	T2	A1	05L	2212	2255	2267	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	467	T2	B4	05L	2292	2325	2340	0	1	2	DESPEGUE
TNO	EA30	1401	T1	A	05L	2422	2477	2486	0	1	2	DESPEGUE
CHP	B737	315	T1	A	05L	2694	2752	2762	0	1	2	DESPEGUE
CHP	0	235	T1	A	05L	2775	2806	2819	0	1	2	DESPEGUE
SER	DC9	809	T1	A	05L	2880	2920	2934	0	1	2	DESPEGUE

CHP	0	217	T1	A	05L	3000	3037	3049	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	168	T1	A	05L	3055	3095	3109	0	1	2	DESPEGUE
FAM	B737	361	T1	A	05L	3228	3276	3289	0	1	2	DESPEGUE
TAO	AT42	773	T2	A	05L	3430	3468	3487	0	1	2	DESPEGUE



Gráfica 13. Operaciones por pista 05L/23R a las 20:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008

Tabla 31. OPERACIONES POR PISTA 05R/23L A LAS 20:00 HRS. DEL 30 DE MARZO DE 2008

COMPAÑÍA	AERONAVE	VUELO	TERMINAL ORIGEN/DESTINO	RODAJE INGRESO/DESFOGUE	PISTA EMPLEADA	TIEMPO (S)			DISTANCIA (MN)			OPERACIÓN
						T1	T2	T3	D1	D2	D3	
CHP	B737	338	T1	F	05R	146	226	279	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	175	T2	G	05R	245	304	375	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	281	T2	H	05R	306	387	471	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7218	T1	B8	05R	459	539	653	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	165	T2	G	05R	510	620	683	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	EA19	908	T1	A1	05R	532	576	590	0	1	2	DESPEGUE
COA	B737	1737	T2	E2	05R	602	680	732	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	136	T2	A1	05R	739	772	790	0	1	2	DESPEGUE
DLH	B747	499	T1	A	05R	799	846	862	0	1	2	DESPEGUE
SLI	E190	167	T2	G	05R	841	952	1007	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	937	T2	G	05R	1020	1122	1186	-5	0	1	ATERRIZAJE
UAL	A319	823	T1	E	05R	1076	1202	1279	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	2461	T2	G	05R	1203	1283	1339	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A318	425	T1	E	05R	1256	1403	1465	-5	0	1	ATERRIZAJE
MXA	A320	360	T1	B	05R	1473	1564	1629	-5	0	1	ATERRIZAJE
CHP	B737	401	T1	E	05R	1560	1673	1733	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	MD80	582	T1	H	05R	1635	1752	1825	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	569	T2	E2	05R	1750	1857	1920	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	2073	T2	G	05R	1923	2036	2109	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	940	T2	A1	05R	1955	1976	1995	0	1	2	DESPEGUE
AMX	B737	217	T1	G	05R	2004	2120	2179	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	2043	T2	G	05R	2125	2238	2300	-5	0	1	ATERRIZAJE
SLI	E145	2443	T2	H	05R	2210	2305	2377	-5	0	1	ATERRIZAJE
PMO	B737	209	T1	E	05R	2320	2405	2469	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	403	T2	G	05R	2401	2477	2550	-5	0	1	ATERRIZAJE

CHP	B737	214	T1	E2	05R	2471	2588	2642	-5	0	1	ATERRIZAJE
AMX	B737	469	T2	A1	05R	2570	2620	2635	0	1	2	DESPEGUE
AAL	B737	2115	T1	F	05R	2570	2658	2715	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	460	T2	E2	05R	3244	3364	3423	-5	0	1	ATERRIZAJE
TAO	AT42	773	T2	E2	05R	3350	3463	3513	-5	0	1	ATERRIZAJE
CBE	F100	7457	T1	F	05R	3483	3579	3636	-5	0	1	ATERRIZAJE
DAL	B737	251	T2	H	05R	3579	3680	3775	-5	0	1	ATERRIZAJE



Gráfica 14. Operaciones por pista 05R/23L a las 20:00 hrs. Del 30 de marzo de 2008

4.3 Elaboración de Cálculos

Tabla 32 Capacidad del día 22 de febrero

HORA	CABECERA	Ca	Ca TOTAL	Cd	Cd TOTAL	Cm	Cm TOTAL
8:00	05L	19	39	16	28	40	68
8:00	05R	20		12		28	
9:00	05L	15	33	13	41	29	80
9:00	05R	18		29		50	
10:00	05L	10	26	22	40	35	68
10:00	05R	16		18		34	
11:00	05L	6	28	15	25	20	53
11:00	05R	22		10		32	
12:00	05L	20	34	7	17	29	54
12:00	05R	14		9		25	
13:00	05L	10	33	9	14	21	49
13:00	05R	22		6		28	
14:00	05L	6	23	27	41	25	55
14:00	05R	17		14		30	
15:00	05L	11	32	18	33	28	66
15:00	05R	21		15		38	
16:00	05L	7	28	21	34	24	58
16:00	05R	22		13		33	
17:00	05L	9	37	19	29	23	64
17:00	05R	29		10		41	
18:00	05L	12	41	17	27	28	68
18:00	05R	29		9		40	
19:00	05L	14	42	18	34	35	77
19:00	05R	28		16		42	
20:00	05L	5	9	19	28	24	29
20:00	05R	4		9		5	
21:00	05L	10	32	15	36	26	66
21:00	05R	21		22		40	
22:00	05L	0	15	12	18	0	21
22:00	05R	15		6		21	

Tabla 33 Demora del día 22 de febrero

HORA	PISTA	Wp x (RWY y TWY)	
		Wa	Wd
8:00	05L	11	9
8:00	05R	12	12
9:00	05L	11	12
9:00	05R	12	10
10:00	05L	23	9
10:00	05R	21	10
11:00	05L	13	10
11:00	05R	10	11
12:00	05L	11	13
12:00	05R	13	11
13:00	05L	13	18
13:00	05R	11	17
14:00	05L	15	10
14:00	05R	13	12
15:00	05L	14	10
15:00	05R	13	12
16:00	05L	15	14
16:00	05R	13	16
17:00	05L	14	14
17:00	05R	11	16
18:00	05L	14	16
18:00	05R	12	17
19:00	05L	16	16
19:00	05R	15	15
20:00	05L	16	12
20:00	05R	19	13
21:00	05L	14	21
21:00	05R	13	20
22:00	05L	8	20
22:00	05R	12	25

Tabla 34. Demora del día 22 de febrero para el Sistema de Pistas y Rodajes

DEMORA MIN (min)		DEMORA PROMEDIO		DEMORA MAX (min)	
Wa	Wd	Wa	Wd	Wa	Wd
9	9	14	14	41	39

Tabla 35. Capacidad del día 14 de marzo

HORA	CABECERA	Ca	Ca TOTAL	Cd	Cd TOTAL	Cm	Cm TOTAL
7:00	05L	21	49	20	28	124	161
7:00	05R	28		8		37	
8:00	05L	12	30	15	34	31	64
8:00	05R	18		19		33	
9:00	05L	22	40	16	40	41	77
9:00	05R	18		24		36	
10:00	05L	12	27	19	35	34	63
10:00	05R	15		16		29	
11:00	05L	15	36	12	35	26	73
11:00	05R	22		23		47	
12:00	05L	17	36	9	25	26	60
12:00	05R	19		16		33	
13:00	05L	10	37	23	33	50	86
13:00	05R	26		9		35	
14:00	05L	13	30	20	33	40	70
14:00	05R	16		13		29	
15:00	23L	14	24	22	34	31	56
15:00	23R	10		12		25	
16:00	23L	17	29	20	40	32	68
16:00	23R	12		19		36	
17:00	23L	25	38	10	25	34	62
17:00	23R	13		16		28	
18:00	23L	19	35	15	31	32	66
18:00	23R	17		17		33	
19:00	23L	20	35	17	31	36	63
19:00	23R	15		14		27	
20:00	23L	28	38	12	32	41	71
20:00	23R	11		19		31	
21:00	23L	20	35	13	32	36	66
21:00	23R	15		18		30	
22:00	23L	10	29	25	34	0	31
22:00	23R	19		9		31	

Tabla 36. Demora del día 14 de marzo

HORA	PISTA	Wp x (RWY y TWY)	
		Wa	Wd
7:00	05L	14	10
7:00	05R	4	6
8:00	05L	13	13
8:00	05R	13	12
9:00	05L	15	12
9:00	05R	14	11
10:00	05L	13	12
10:00	05R	12	12
11:00	05L	13	14
11:00	05R	12	13
12:00	05L	14	30
12:00	05R	13	30
13:00	05L	16	10
13:00	05R	13	12
14:00	05L	14	13
14:00	05R	14	15
15:00	23L	13	5
15:00	23R	14	5
16:00	23L	16	6
16:00	23R	16	6
17:00	23L	12	17
17:00	23R	15	16
18:00	23L	15	16
18:00	23R	16	16
19:00	23L	15	18
19:00	23R	16	19
20:00	23L	15	19
20:00	23R	16	18
21:00	23L	16	25
21:00	23R	17	24
22:00	23L	12	26
22:00	23R	11	31

Tabla 37. Demora del día 14 de marzo para el Sistema de Pistas y Rodajes

DEMORA MIN (min)		DEMORA PROMEDIO		DEMORA MAX (min)	
Wa	Wd	Wa	Wd	Wa	Wd
10	12	14	15	43	42

Tabla 38. Capacidad del día 30 de marzo

HORA	CABECERA	Ca	Ca TOTAL	Cd	Cd TOTAL	Cm	Cm TOTAL
7:00	05L	6	26	12	19	24	50
7:00	05R	20		7		26	
8:00	05L	4	18	17	32	27	57
8:00	05R	14		15		31	
9:00	05L	16	37	12	34	41	77
9:00	05R	21		22		35	
10:00	05L	8	23	28	44	113	141
10:00	05R	16		16		28	
11:00	05L	7	30	13	26	25	57
11:00	05R	23		12		32	
12:00	05L	12	34	12	22	23	56
12:00	05R	23		10		33	
13:00	05L	9	31	22	31	32	62
13:00	05R	22		9		30	
14:00	05L	11	26	23	35	43	70
14:00	05R	14		12		27	
15:00	05L	10	30	14	27	29	60
15:00	05R	20		13		31	
16:00	05L	11	32	20	32	31	62
16:00	05R	21		12		32	
17:00	05L	0	28	29	44	0	39
17:00	05R	39		0		39	
17:00	23L	28	27	16	32	39	78
17:00	23R	6		16		17	
18:00	23L	21	30	16	36	39	67
18:00	23R	9		20		28	
19:00	05L	24	45	22	40	34	67
19:00	05R	21		19		33	
19:00	23L	35	43	46	71	53	95
19:00	23R	8		25		42	
20:00	05L	12	39	24	31	50	82
20:00	05R	27		7		32	
21:00	05L	8	25	23	35	25	57
21:00	05R	17		12		32	
22:00	05L	0	29	34	34	0	33
22:00	05R	29		0		33	

Tabla 39. Demora del día 30 de marzo

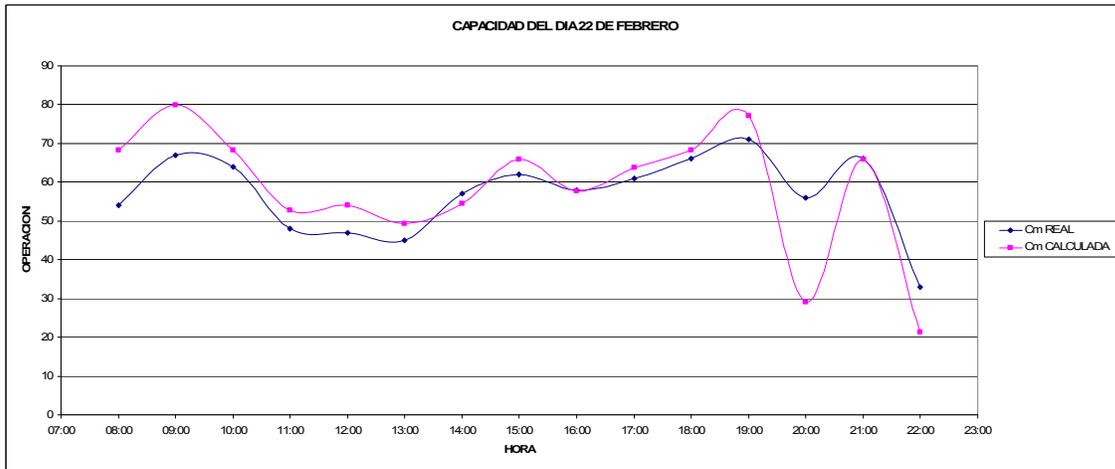
HORA	PISTA	Wp x (RWY y TWY)	
		Wa	Wd
7:00	05L	15	10
7:00	05R	4	8
8:00	05L	16	10
8:00	05R	11	10
9:00	05L	13	14
9:00	05R	12	10
10:00	05L	15	11
10:00	05R	13	12
11:00	05L	15	11
11:00	05R	12	12
12:00	05L	13	14
12:00	05R	12	12
13:00	05L	16	8
13:00	05R	12	10
14:00	05L	15	10
14:00	05R	14	12
15:00	05L	12	10
15:00	05R	11	9
16:00	05L	12	4
16:00	05R	11	7
17:00	05L	5	4
17:00	05R	25	0
17:00	23L	3	4
17:00	23R	5	5
18:00	23L	9	5
18:00	23R	10	4
19:00	05L	8	4
19:00	05R	8	5
19:00	23L	2	3
19:00	23R	13	4
20:00	05L	16	3
20:00	05R	13	8
21:00	05L	5	4
21:00	05R	4	5
22:00	05L	7	4
22:00	05R	7	1

Tabla 40. Demora del día 30 de marzo para el Sistema de Pistas y Rodajes

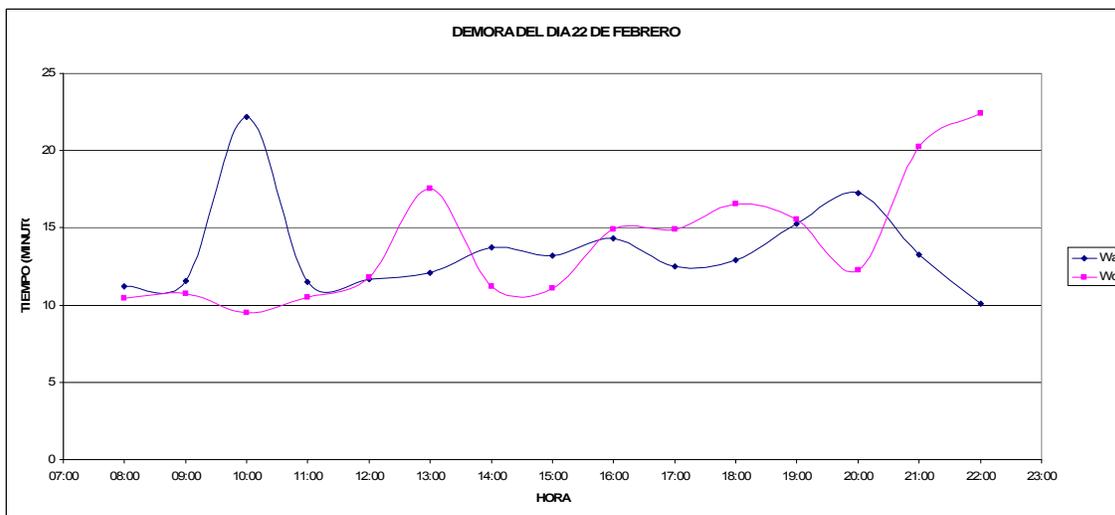
DEMORA MIN (min)		DEMORA PROMEDIO		DEMORA MAX (min)	
Wa	Wd	Wa	Wd	Wa	Wd
7	17	11	19	40	48

4.4 Elaboración de Gráficas de Capacidad y Demora

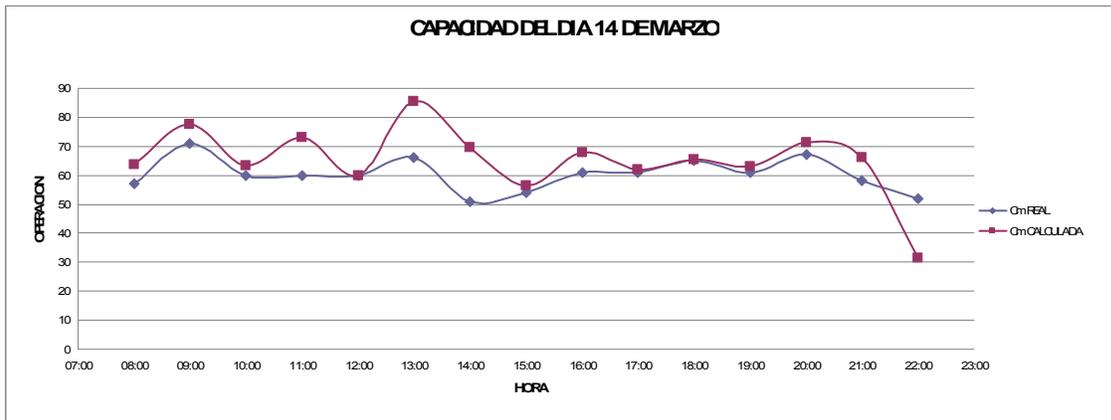
Gráfica 15 Capacidad correspondiente al día 22 de febrero



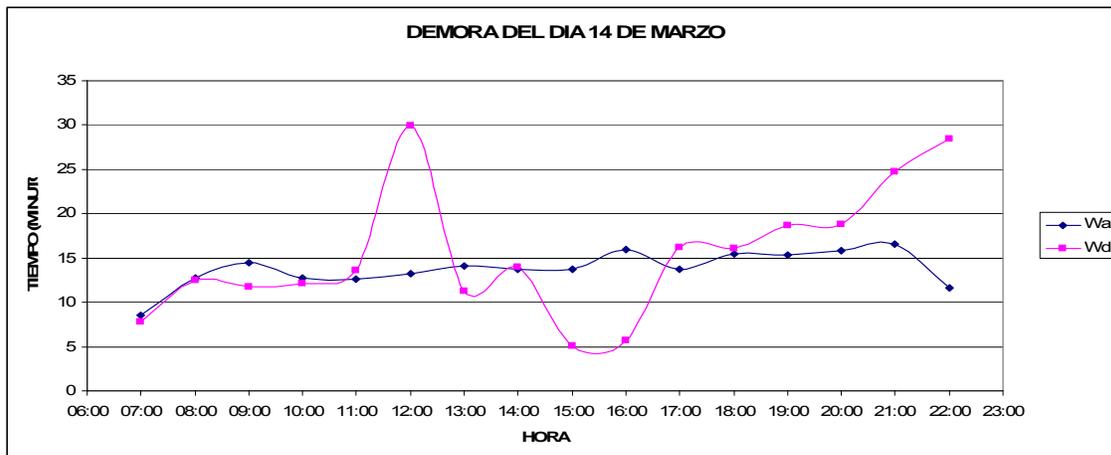
Gráfica 16 Demora correspondiente al día 22 de febrero.



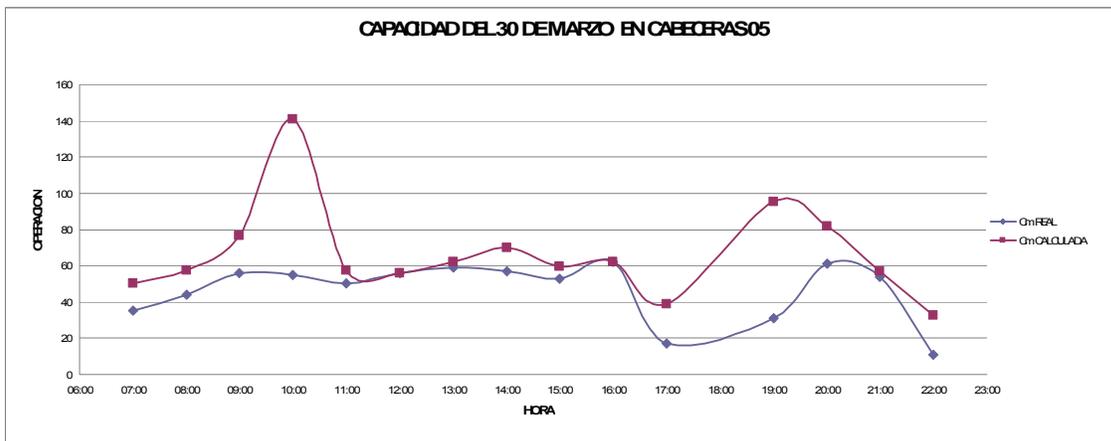
Gráfica 17 Capacidad correspondiente al día 14 de Marzo.



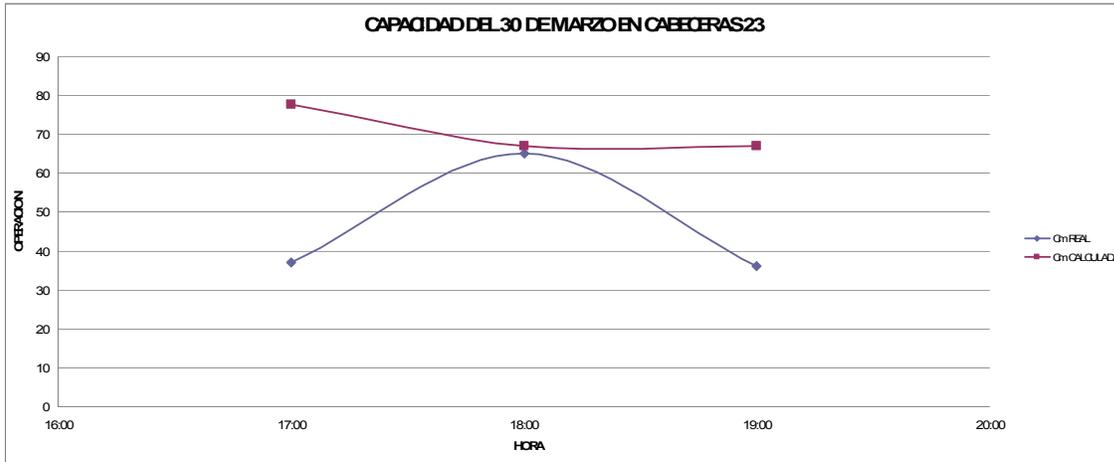
Gráfica 18 Demora correspondiente al día 14 de Marzo.



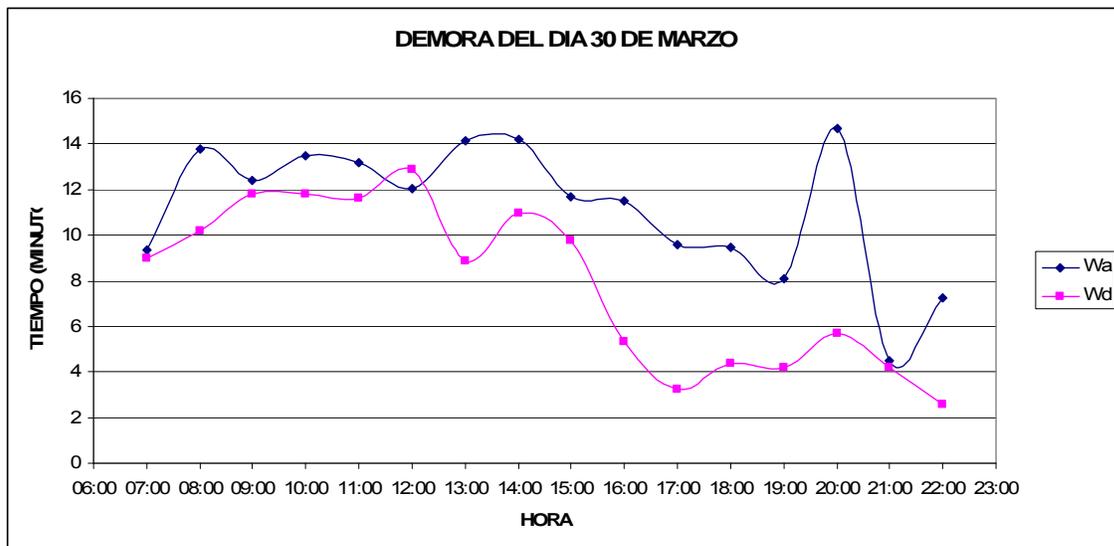
Gráfica 19 Capacidad correspondiente al día 30 de Marzo.



Gráfica 20 Capacidad correspondiente al día 30 de Marzo.



Gráfica 21 Demora correspondiente al día 30 de Marzo.



V. ANALISIS DE RESULTADOS

Las tablas muestran los resultados obtenidos de los cálculos efectuados para poder determinar la capacidad y la demora del sistema de pistas y rodajes.

Las tablas están divididas en capacidad por hora así como en los tres tipos de capacidad obtenida; y la demora se dividió por hora y por tipo de operación (aterrizaje y despegue).

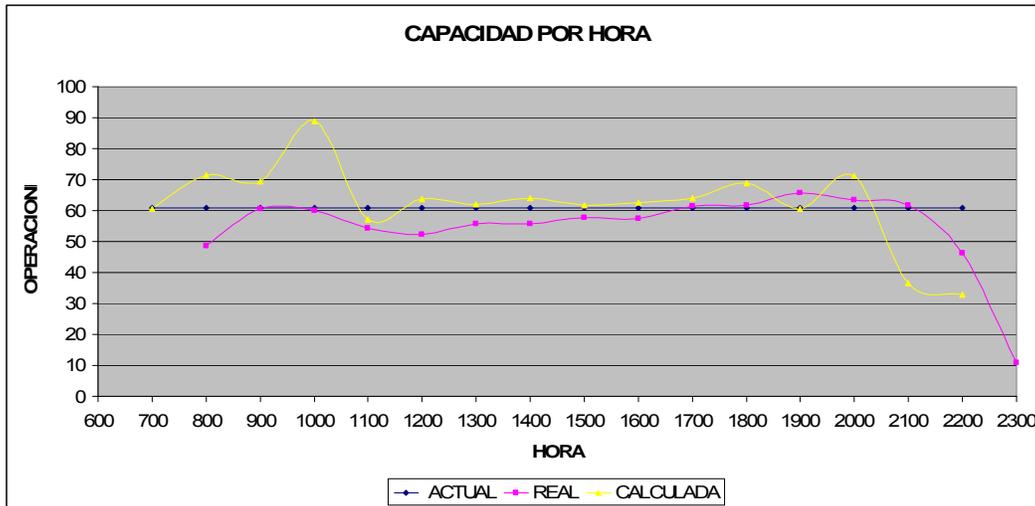
Las graficas representan la capacidad por hora del sistema de pistas, la demora por hora del sistema de pistas y rodajes y la demora por tipo de operación.

Tabla 41. Capacidad, Actual, Real y Calculada del Sistema de Pistas del AICM.

CAPACIDAD POR HORA			
HORA	ACTUAL	REAL	CALCULADA
8:00	61	49	61
9:00	61	61	72
10:00	61	60	69
11:00	61	54	89
12:00	61	52	57
13:00	61	56	64
14:00	61	56	62
15:00	61	58	64
16:00	61	57	62
17:00	61	61	63
18:00	61	62	64
19:00	61	66	69
20:00	61	63	61
21:00	61	62	71
22:00	61	46	37
23:00	61	11	33

Tabla 42. Capacidad del Sistema de Pistas del AICM

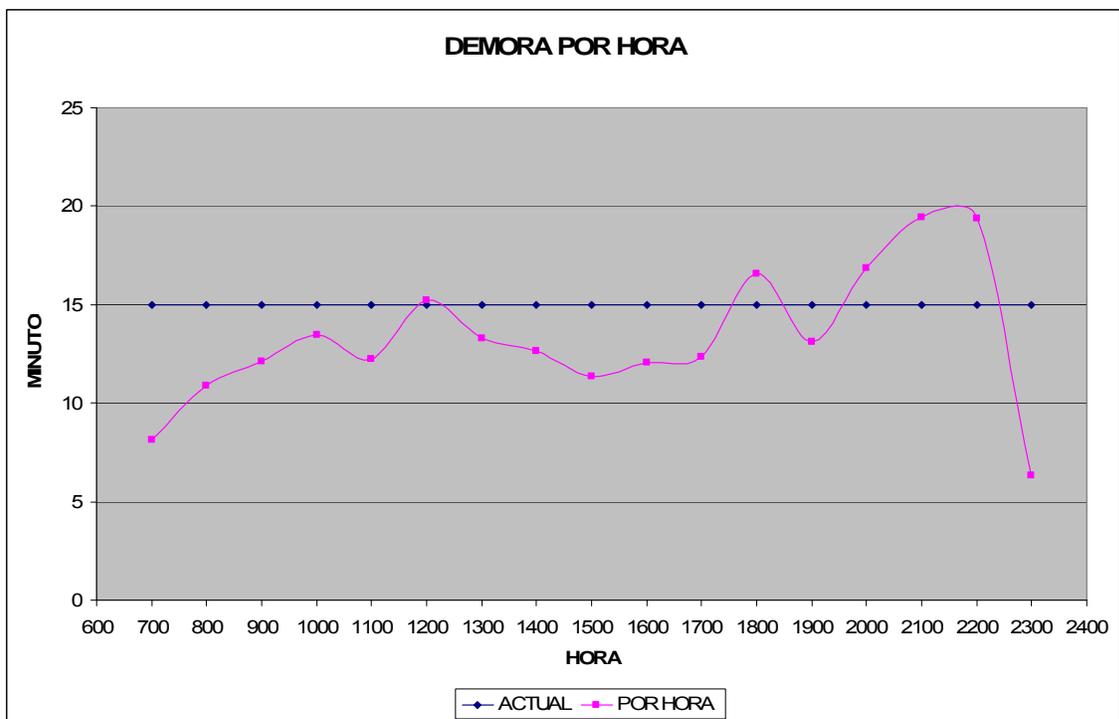
CAPACIDAD		
ACTUAL	PROMEDIO	CRITICA
61	57	70



Grafica 22. Capacidad del Sistema de Pistas del AICM.

Tabla 43. Demora del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM.

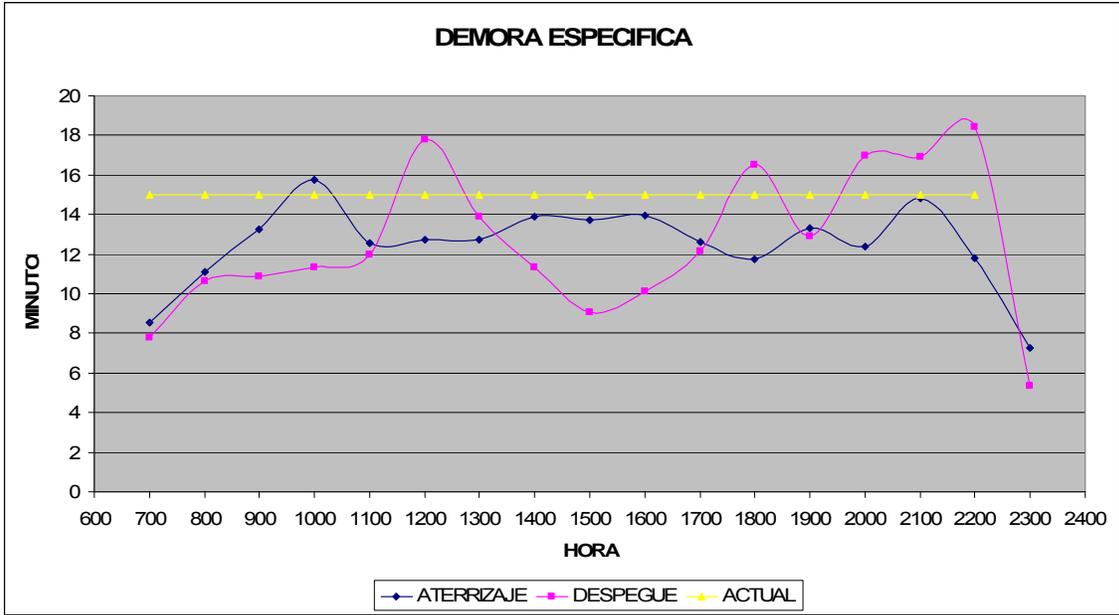
DEMORA POR HORA		
HORA	ACTUAL	POR HORA
8:00	15	11
9:00	15	12
10:00	15	13
11:00	15	12
12:00	15	15
13:00	15	13
14:00	15	13
15:00	15	11
16:00	15	12
17:00	15	12
18:00	15	17
19:00	15	13
20:00	15	17
21:00	15	19
22:00	15	19
23:00	15	6



Grafica 23. Demora del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM.

Tabla 44. Demora al Aterrizaje y Despegue del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM

DEMORA ESPECIFICA			
HORA	ACTUAL	ATERRIZAJE	DESPEGUE
7:00	15	9	8
8:00	15	11	11
9:00	15	13	11
10:00	15	16	11
11:00	15	13	12
12:00	15	13	18
13:00	15	13	14
14:00	15	14	11
15:00	15	14	9
16:00	15	14	10
17:00	15	13	12
18:00	15	12	16
19:00	15	13	13
20:00	15	12	17
21:00	15	15	17
22:00	15	12	18
23:00	15	7	5



Grafica 24. Demora al Aterrizaje y Despegue del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM

Tabla 45- Demora del Sistema de Pistas y Rodajes del AICM

DEMORA (min)	
ACTUAL	PROMEDIO
15	13

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La capacidad aeroportuaria para la configuración de pistas y la red de calles de rodaje e instalaciones complementarias es de 54 operaciones por hora, mismas que no son efectuadas en lapsos de una hora, como se observó en el periodo de la realización de este estudio, sobrepasándose hasta un 74% más de las operaciones permitidas.

Derivado de este estudio se concluyó que: La capacidad promedio del componente pista del AICM es de 54 Ops/hr de forma Actual, 60 Ops/hr de forma Promedio y 80 Ops /hr de forma Crítica, empleando ambas pistas.

Cada pista puede soportar un máximo de 40 operaciones por hora sin comprometer la seguridad, efectuándose estas con una separación de 5 MN entre aeronaves o una separación de 1.5 minutos entre estas, esto con el fin de evitar los problemas de turbulencia a causa de la estela de las aeronaves; esta capacidad puede aumentar si se efectuara una operación cada minuto, pero se estaría afectando el nivel de servicio.

La capacidad crítica (o máxima), se puede alcanzar efectuando operaciones simultáneas, empleando una separación entre cada aeronave al encontrarse sobre el umbral de pista de 1.5 minutos. En el caso del aterrizaje, el tiempo de uso de pista que utiliza una aeronave es de 45 a 60 segundos como máximo contando con 30 segundos adicionales para que realice el recorrido de desfogue hasta llegar al rodaje que lo llevara a su posición final. Para los despegues el tiempo que se emplea es de 60 segundos, llegando a ser en ciertos casos mucho menor el tiempo de ocupación de pista, por lo cual quedan 30 segundos para que la aeronave que efectuó su

aterrizaje puede cruzar sin problemas la pista, si se ha utilizado para esta operación la pista 05R/23L o 23L/05R.

Si se efectuara el 85% de la capacidad crítica (68 operaciones por hora) se estaría empleando un total de 51 minutos para estas operaciones; aplicando el 90 % de la capacidad crítica (72 operaciones por hora) se emplearía un total de 54 minutos para estas operaciones.

Como se establece en el Reglamento del Subcomité de Demoras en su Título I, Capítulo I, Artículo 2, inciso J, donde textualmente dice “Demora: Cuando la salida o llegada de plataforma, de acuerdo a tiempos calzo a calzo (CAC) se realice fuera del parámetro de más-menos quince (15) minutos, respecto del horario asignado por el Administrador Aeroportuario, por lo que la demora que se estimada en este método de análisis ya contemplado las capacidades que anteriormente se determinaron, se le da prioridad a los arribos, para lo cual la demora en la capacidad actual es de 18.49 minutos teniendo 36 operaciones de llegada; si cada pista efectuara 40 operaciones se obtendría una demora promedio de 12.21 minutos. Esta disminución en el tiempo de demora se debe principalmente al incremento del número de operaciones por hora. Actualmente, en las horas en las que se exceden el límite establecido de 54 operaciones por hora, la demora calculada a través de este diagrama es de 21.42 minutos en adelante.

BIBLIOGRAFIA

- Reglamento de la Ley de Aeropuertos
- Anexo 14 Aeródromos, Volumen 1 Diseño y Operación de Aeródromos
Editorial Organización de Aeronáutica Civil Internacional (ICAO)
- AC. 150/5060-5 Airport Capacity and Delay
Editorial Federal Aviation Administration (FAA)
- Airport Development Reference Manual
9th. Edition
Editorial International Air transport Association (IATA)
- Planning & Design of Airports
Fourth Edition
Robert Horonjeff, Francis X. McKelvey
Editorial McGraw Hill
- Airport Systems Planning, Design and Management
Richard De Neuville, Amedeo Odoni
Editorial McGraw Hill

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
AICM	Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México
ATC	Control de Tránsito Aéreo
cm	centímetro
CTR	Área de control de tránsito aéreo
D	Distancia con referencia al DME
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil
DME	Equipo medidor de distancia
DR	Distancia
E	Este
FATO	Área de aproximación final y de despegue
F'c	Carga viva
ft	Pies
Ft/min	Pies por minuto
GND	Nivel de Tierra
ISA	Atmósfera Internacional normalizada
kg	Kilogramos
Kg/m ²	Kilogramos por metro cuadrado
Km/hr	Kilómetros por hora
KTS	Nudos
KW	Kilogramo peso
LAT	Latitud
LB	Libras
LON	Longitud
lt	Litro
m	Metro
m/seg	Metro por segundo
m ³	Metro cúbico
MHZ	Mega Hertz

Abreviatura	Significado
MMP	Designador de área prohibida para México
MMR	Designador de área restringida para México
MN	Millas náuticas
MS	Millas estatutas
NE	Noreste
NO	Noroeste
NOM	Norma Oficial Mexicana
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OCA	Altitud de franqueamiento de obstáculos
OCA/H	Altitud/altura de franqueamiento de obstáculos
OCH	Altura de franqueamiento de obstáculos
PIA/MEX	Publicación de Información Aeronáutica de México
PIREPS	Reporte de Pilotos
QNH	Reglaje altimétrico con referencia a la altitud presión de la estación
R	Radial
RAC	Sección de Reglamentación de la PIA de México
S	Sur
SCT	Secretaria de Comunicaciones y Transportes
SE	Sureste
STA	Servicios de Tránsito Aéreo
TLOF	Área de toma de contacto y de elevación inicial
TON	Toneladas
TWR	Torre de control
USG	Galones americanos
VFR	Reglas de vuelo visual
VNE	Velocidad en el aire
VOR	Radiobaliza Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia
VTSS	Velocidad mínima con falla de motor crítico
VY	Velocidad con régimen de ascenso óptimo
VZ	Velocidad de ascenso
W	Oeste