



Certificación ISO 9001:2008 ‡

DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD AÉREA COMERCIAL EN MÉXICO. EL CASO DEL GRUPO AEROPORTUARIO CENTRO NORTE.

**Alfonso Herrera García
Josué Adonis Lagunes García**

**Publicación Técnica No. 393
Sanfandila, Qro, 2013**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Diagnóstico de la actividad aérea comercial en
México. El caso del Grupo Aeroportuario Centro
Norte.**

**Publicación Técnica No. 393
Sanfandila, Qro, 2013**

Este trabajo fue realizado en el Instituto Mexicano del Transporte, por el investigador titular de la Coordinación de Integración del Transporte (CIT), Dr. Alfonso Herrera García, y por el tesista de la Facultad de Ingeniería, del Instituto Tecnológico de Orizaba, Josué Adonis Lagunes García.

Los autores agradecen los comentarios, sugerencias y apoyo del Coordinador de la CIT, Dr. Carlos Daniel Martner Peyrelongue.

Contenido

Contenido	V
Resumen	IX
Abstract	XI
Resumen ejecutivo	XIII
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Alcances	4
1.4 Metodología	4
2 Análisis de los grupos aeroportuarios en 2012	5
2.1 Antecedentes del grupo OMA	5
2.2 Situación en 2012 de los grupos aeroportuarios en México	5
2.2.1 Situación nacional de los grupos aeroportuarios en 2012	11
2.2.2 Situación internacional de los grupos aeroportuarios en 2012	15
2.3 Situación del grupo OMA de 2003 a 2012	19
2.3.1 Comportamiento global del grupo OMA de 2003 a 2012	21
2.3.2 Comportamiento de los aeropuertos del grupo OMA de 2003 a 2012	23
2.4 Actividad aérea del grupo OMA en 2012	29
2.4.1 Relación del grupo OMA con los otros grupos aeroportuarios en 2012	34
2.4.2 Situación internacional del grupo OMA en 2012	43
2.4.3 Situación interna del grupo OMA en 2012	49
2.5 Tasa de crecimiento medio anual (TCMA) del grupo OMA en 2012	54
2.6 Capacidad utilizada de los aeropuertos del grupo OMA en 2012	62
2.7 Conectividad del grupo OMA en 2012	63
2.7.1 Conectividad nacional	64
2.7.2 Conectividad internacional	65
3 Establecimiento de la metodología con base en modelos de pronósticos	67
3.1 Establecimiento de objetivos	67
3.1.1 Árbol de objetivos	68
3.2 Establecimiento de funciones	68
3.3 Requerimientos	70
3.4 Determinación de características	70
3.5 Generación de alternativas	75
3.6 Evaluación de alternativas	77
3.7 Descripción de la metodología	79
3.7.1 Análisis de los datos de entrada y selección de los modelos de pronóstico a utilizar	79
3.7.2 Elaboración de gráficas, descripción y análisis preliminar de las series de tiempo	79
3.7.3 Determinación de los componentes de las series de tiempo	80
3.7.4 Establecimiento de los modelos cuantitativos a ser probados en las series de tiempo	80
3.7.5 Determinación de los residuos y medidas de desempeño para cada	

modelo probado	81
3.7.6 Comprobación y selección de un modelo con base en los supuestos de normalidad e independencia	82
3.7.7 Selección de un modelo de pronósticos con base en las medidas de desempeño	83
3.7.8 Pronósticos y conclusiones de los resultados de los modelos	83
4 Aplicación de la metodología con base en modelos de pronósticos para la actividad aérea del grupo OMA	85
4.1 Análisis de los datos de entrada y selección de los modelos de pronóstico para las series de tiempo	85
4.1.1 Pronóstico por series de tiempo	85
4.1.1.1 Modelos de series de tiempo	85
4.1.2 Series temporales estacionarias y no estacionarias	86
4.1.2.1 Función de autocorrelación y función de autocorrelación parcial	87
4.1.2.1.1 Función de autocorrelación (FAC)	87
4.1.2.1.2 Función de autocorrelación parcial e la muestra (FACP)	88
4.1.2.2 Introducción al modelado no estacional y a los pronósticos	88
4.1.2.3 Identificación tentativa de los modelos de Box-Jenkins no estacionarios	88
4.1.2.4 Verificación del diagnóstico y pronóstico de los modelos de Box-Jenkins no estacionarios	90
4.1.2.4.1 Valores t y p	90
4.1.2.4.2 Comprobación de los diagnósticos	91
4.1.3 Modelos de Box-Jenkins estacionarios	92
4.2 Representación, descripción y análisis preliminar de las series de tiempo de los aeropuertos del grupo OMA	93
4.3 Determinación de los componentes de las series de tiempo de los aeropuertos del grupo OMA	108
4.3.1 Pruebas para detectar tendencia	108
4.3.1.1 Prueba de Pearson	108
4.3.1.2 Prueba de Mann Kendall	110
4.3.1.3 Prueba de mínimos cuadrados	110
4.3.2 Pruebas para detectar estacionalidad	113
4.3.2.1 Prueba de mínimos cuadrados para estacionalidad	113
4.4 Establecimiento de los modelos cuantitativos a ser probados en cada una de las series de tiempo del grupo OMA	117
4.5 Determinación de los residuos y de las medidas de desempeño, para cada modelo probado en las series de tiempo	121
4.5.1 Serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco	121
4.5.1.1 Modelo ARIMA	121
4.6 Comprobación y selección de un modelo con base en los supuestos de normalidad e independencia	129
4.7 Selección de un modelo de pronósticos con base en las medidas de desempeño	135
4.8 Pronósticos de las series de tiempo de los aeropuertos del grupo OMA	138

4.9 Resumen de los principales resultados	153
4.10 Medidas para equilibrar la oferta con la demanda	154
5 Conclusiones y recomendaciones	157
Bibliografía	161
Anexo 1. Flujos de pasajeros y carga del grupo OMA en 2012	163

Diagnóstico de la actividad aérea comercial en México. El caso del Grupo Aeroportuario Centro Norte.

Resumen

En este trabajo se realizó un diagnóstico de la actividad aérea comercial del Grupo Aeroportuario Centro Norte. Para su desarrollo se aplicó el método inductivo a la información estadística, se utilizó un método analítico, aplicando procedimientos matemáticos y estadísticos para establecer y validar los modelos de series de tiempo que emulan el comportamiento de los flujos y se aplicó el método sintético para relacionar los elementos encontrados y emitir conclusiones que explican los resultados. Se encontró que en 2012 este grupo aeroportuario ocupó en México el cuarto lugar en pasajeros y el tercero en carga. Tuvo interacción con el 73% de los aeropuertos mexicanos y 28% con los internacionales. Todos los aeropuertos de este grupo presentaron subutilización en cuanto al movimiento de pasajeros. Se observó estacionalidad en la demanda de pasajeros durante los periodos vacacionales; pero, no así en el comportamiento de la carga. Además, se observaron en este grupo tasas de crecimiento medio anual significativas, tanto para pasajeros como para carga. Para disminuir la subutilización de estos aeropuertos se recomendó establecer un paquete ampliado de servicios (ventas comerciales, servicios turísticos, logísticos y de consultoría) y estrategias para reutilizar espacios dentro del aeropuerto.

Palabras clave: actividad aérea, diagnóstico, modelo, subutilización.

Diagnóstico de la actividad aérea comercial en México. El caso del Grupo Aeroportuario Centro Norte.

Abstract

In this work it was performed a diagnosis of the commercial air activity of the Grupo Aeroportuario Centro Norte. For the development of this article it was applied an inductive method to the statistical information, later an analytical method was used, applying mathematical and statistical procedures in order to establish and validate the time series models that emulate the behavior of the flows, and finally, a synthetic method was applied to relate the items found and draw conclusions that explain the results. It was established that in 2012 this airport group in Mexico ranked fourth in passengers and third in cargo. This group had interaction with 73% of the Mexican airports and 28% with the international airports. All the airports of this group had underutilization on the movement of passengers. Seasonality was observed in passenger demand during holiday periods, but not in the behavior of the cargo. Furthermore, in this group significant average annual growth rates for passengers and cargo were observed. To reduce the underutilization of these airports, it was recommended to establish an expanded package of services (commercial sales; tourist, logistical and consultancy services) and strategies to reuse spaces inside the airport.

Keywords: air activity, diagnostic, model, underutilization.

Diagnóstico de la actividad aérea comercial en México. El caso del Grupo Aeroportuario Centro Norte.

Resumen ejecutivo

1 Introducción

Es de gran importancia un diagnóstico de la situación que guarda la actividad aérea en México, dado que con base en éste se pueden identificar oportunidades y áreas prioritarias para impulsar y apoyar a este sector. El auge de las relaciones comerciales internacionales y el crecimiento del país han determinado que se utilice cada vez con mayor intensidad el transporte aéreo. Más aún, dentro de la nueva dinámica económica global, la infraestructura aeroportuaria ha adquirido un carácter estratégico, en tanto que determina la competitividad de las ciudades grandes y medianas como centros de negocios y/o turísticos.

Es importante además, coadyuvar al desarrollo regional, promoviendo la construcción o ampliación de infraestructura aeroportuaria a lo largo del territorio nacional, particularmente en zonas con alto potencial turístico y/o comercial. La aviación se ha convertido en herramienta indispensable para la integración nacional, el turismo, la creación de negocios y el comercio nacional e internacional de mercancías con alto valor económico.

Para desarrollar el diagnóstico señalado, se decidió subdividir al conjunto de aeropuertos nacionales bajo estudio, de acuerdo con los cinco grupos aeroportuarios que lo conforman. En particular, este trabajo inicia con el estudio del Grupo Aeroportuario Centro Norte (de Operadora Mexicana de Aeropuertos, OMA).

Este grupo está formado por 13 aeropuertos, con características heterogéneas. Por ejemplo, posee aeropuertos metropolitanos importantes que destacan en el ámbito nacional, este es el caso de Monterrey, que ocupa el tercer lugar en movimiento de carga total, y el cuarto lugar en cuanto a pasajeros totales movilizados. Tiene aeropuertos fronterizos como Ciudad Juárez y Reynosa, que a pesar de su ubicación colindante con Estados Unidos sólo tuvieron movimiento doméstico de pasajeros durante 2012. También tiene aeropuertos turísticos, como Mazatlán, Acapulco y Zihuatanejo. Aeropuertos con vocación logística, por su movimiento significativo de carga aérea, como San Luis Potosí y Chihuahua. Pero también, aeropuertos con muy baja actividad y por lo mismo con grandes oportunidades de mejora, como por ejemplo, Zacatecas, que presenta el menor movimiento de carga aérea y Durango, que presenta el menor movimiento de pasajeros del grupo.

El objetivo general de este trabajo fue realizar un diagnóstico de la actividad aérea comercial del Grupo Aeroportuario Centro Norte.

Los objetivos específicos fueron:

- Determinar la participación en la actividad aérea comercial de los distintos grupos aeroportuarios en forma agregada.
- Para el grupo OMA: Determinar su participación en la actividad aérea comercial en forma desagregada; elaborar pronósticos de crecimiento; identificar los comportamientos típicos y estacionales de los flujos de pasajeros y carga aérea; determinar su conectividad nacional e internacional; y estimar la saturación o subutilización de sus instalaciones y establecer medidas potenciales para equilibrar la oferta con la demanda.

El estudio se centró en los flujos de pasajeros y carga, tanto nacionales como internacionales.

En cuanto a la metodología. Inicialmente se aplicó el método inductivo a la información estadística procesada. Por otro lado, también se utilizó el método analítico, al aplicar procedimientos matemáticos y estadísticos, para establecer y validar los modelos de series de tiempo que emulan el comportamiento de los flujos de la actividad aérea. Finalmente, se aplicó el método sintético para relacionar los distintos elementos encontrados y elaborar las conclusiones.

2 Análisis de los grupos aeroportuarios en 2012

Los grupos aeroportuarios con los que cuenta México son: Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (formado únicamente por el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, AICM), Grupo Aeroportuario Centro Norte (OMA), Grupo Aeroportuario del Pacífico (GAP), Aeropuertos del Sureste (ASUR) y Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA).

Por otra parte, también existen algunos aeropuertos que son administrados de manera independiente por otro tipo de organizaciones distintas a los Grupos Aeroportuarios. Dado que estos aeropuertos también presentan operaciones aéreas, para los propósitos de este trabajo se han agrupado dentro del rubro de “OTROS” aeropuertos.

El AICM es el más relevante en cuanto a vuelos totales (nacionales e internacionales) realizados y atendidos en 2012, con el 34% de estas operaciones, le siguieron en importancia el grupo GAP y OMA, con 23% y 18% de vuelos atendidos respectivamente.

En cuanto al total de pasajeros atendidos en 2012, el AICM se ubicó en primer lugar (35%), seguido por GAP (24%) y ASUR (22%).

También, en cuanto a carga total el AICM ocupó el primer lugar en 2012, dado que movilizó al 51% de este rubro, le siguieron el grupo GAP (26%) y OMA (13%).

Las rutas que, en 2012, presentaron la mayor cantidad de vuelos nacionales entre pares de aeropuertos fueron: México – Cancún, México – Guadalajara y México – Monterrey.

En cuanto al flujo de pasajeros nacionales, las rutas principales fueron: México – Cancún, México – Monterrey y México – Guadalajara.

Por otra parte, las principales rutas nacionales en las que movió la mayor cantidad de carga en 2012, fueron: México – Guadalajara, México – Tijuana y México – San Luis Potosí.

En el mercado doméstico se observó que las operaciones aéreas, los flujos de pasajeros y el transporte aéreo de carga, se concentran en sólo algunos aeropuertos, en donde destaca siempre como el principal el AICM. Los otros aeropuertos relevantes se ubican en regiones con gran densidad de población y, por lo tanto, se asocian con los grandes mercados de consumo, y también con regiones de gran actividad industrial y centros turísticos importantes.

Situación internacional de los grupos aeroportuarios en 2012

Las principales rutas internacionales que presentaron la mayor cantidad de vuelos entre pares de aeropuertos fueron: México – Los Ángeles, México – Houston y México – Miami.

Las principales rutas internacionales por las que transitaron más pasajeros fueron: México – Los Ángeles, México – Miami y Guadalajara – Los Ángeles.

Las rutas internacionales por las que se movió más carga fueron: Guadalajara – Los Ángeles, México – Los Ángeles y México – París.

En el caso de los vuelos internacionales con México, cabe señalar que Estados Unidos y Canadá concentraron más del 80% de las operaciones totales en 2012. Por su parte, en cuanto a los pasajeros internacionales de México con otros países, destacan Estados Unidos, Canadá y España que concentran más del 80% de estos flujos. También se observa una concentración de la carga internacional de México con otros países, en este caso Estados Unidos, Francia, Luxemburgo, Colombia y los Países Bajos centralizan más del 80% de estos flujos.

Situación del grupo OMA de 2003 a 2012

Durante el periodo comprendido entre 2003 y 2012, el grupo OMA realizó un total de 2,267,489 operaciones aéreas, de las cuales 40% correspondió al aeropuerto de Monterrey, seguido en importancia por los aeropuertos de Chihuahua y Culiacán, con 8% de participación. Durante este periodo se atendieron más de 112.3 millones de pasajeros, en este rubro Monterrey es nuevamente el aeropuerto más importante, dado que atendió al 45% del total del grupo. Le

siguieron los aeropuertos de Acapulco y Mazatlán, con 7% de pasajeros atendidos en cada uno de ellos. En lo que respecta al rubro de la carga aérea para el grupo OMA, en el periodo señalado se transportaron más de 869.5 millones de toneladas, de las cuales 56% fue manejada en el aeropuerto de Monterrey, 19% en el aeropuerto de San Luis Potosí y 7% en el aeropuerto de Chihuahua. Por lo anterior, se puede decir que el aeropuerto más importante del grupo OMA es Monterrey.

Actividad aérea del grupo OMA en 2012

En 2012 el grupo OMA tuvo un total de 187,374 vuelos de los cuales 157,053 correspondieron a vuelos nacionales y 30,321 correspondieron a vuelos internacionales.

Del total de vuelos nacionales, 151,004 fueron regulares, mientras que 6,049 fueron de fletamento. En el caso del total de vuelos internacionales, 29,215 fueron regulares y sólo 1,106 fueron de fletamento.

También, durante 2012, en los aeropuertos del grupo OMA se atendió un total de 12,413,737 pasajeros, de los cuales 10,785,354 fueron en servicio nacional y 1,628,383 en internacional.

Del total de pasajeros nacionales, 10,682,540 fueron atendidos en servicio regular y 102,814 en servicio de fletamento. En relación con el servicio internacional, 1,571,411 pasajeros fueron atendidos en servicio regular, mientras que 56,972 pasajeros fueron atendidos en el servicio de fletamento.

En el año de referencia señalado, los aeropuertos del grupo OMA dieron servicio a 93,679.49 toneladas de carga, de las cuales 61,846.77 toneladas correspondieron a carga nacional y 31,832.72 toneladas a carga internacional.

En cuanto a la carga nacional, se movieron en servicio regular aproximadamente 50,269 toneladas y en fletamento alrededor de 11,578 toneladas. En lo que respecta a carga internacional, 28,266.82 toneladas correspondieron al servicio regular y 3,565.9 toneladas al de fletamento.

Durante 2012, el servicio regular es el preponderante, dado que en todos los casos su participación siempre fue mayor al 80%. En particular, dentro del servicio regular, los movimientos nacionales fueron los más importantes, también en todos los rubros. Por su parte, los servicios de fletamento son los que tienen la menor participación, tanto en operaciones, como en movimiento de pasajeros y carga. En este caso los valores menos significativos corresponden a los movimientos internacionales.

En lo que respecta a los vuelos nacionales realizados y a los pasajeros nacionales atendidos, Monterrey manejó la mayor cantidad en 2012, ubicándose muy arriba del resto de los aeropuertos del grupo OMA. Mientras que en relación con la carga nacional transportada, el aeropuerto de San Luis Potosí fue el que tuvo la mayor participación, aunque seguido muy de cerca por Monterrey.

Lo más relevante en relación con los flujos internacionales en los aeropuertos del grupo OMA durante 2012, es que el aeropuerto preponderante en todos los casos fue Monterrey, situándose siempre muy por arriba del resto de los de su grupo.

Tasa de crecimiento medio anual (TCMA) del grupo OMA en 2012

La tasa estimada de crecimiento medio anual de los vuelos realizados por el grupo OMA, en el periodo 2003 – 2012, indica que se ha presentado un decremento de 82.9% en este rubro. Por otro lado, las tasa de crecimiento para los pasajeros y la carga han presentado incrementos de 92.2% y 86.2% respectivamente. Esto se debe a que, en el periodo considerado, las aeronaves utilizadas han incrementado su capacidad, tanto en pasajeros como en carga, y también su factor de utilización; por lo que aún con menos vuelos, se han transportado más pasajeros y carga.

Capacidad utilizada de los aeropuertos del grupo OMA en 2012

Esta estimación se refiere a las terminales de pasajeros de cada aeropuerto. En general los valores estimados son relativamente altos, en promedio presentan un valor de casi 78% de subutilización. También, resalta que sólo dos aeropuertos presentan una subutilización relativamente baja, el primer caso es Culiacán (20.42%) y el siguiente, aunque muy separado del primero es Monterrey (46.98%). En el lado opuesto, se ubican los aeropuertos con los niveles más altos de subutilización, el primer lugar corresponde a Acapulco (95.81%), seguido por Mazatlán (92.16%), Zacatecas (92.08%), Durango (91.62%) y Zihuatanejo (90.90%). En este grupo se observa que tres aeropuertos son destinos turísticos de playa; además, los aeropuertos de Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo, presentaron TCMA negativas en cuanto al manejo de pasajeros, durante el periodo 2003 - 2012, por lo que sus instalaciones ahora manejan menos pasajeros que antes, presentando por ello una elevada subutilización.

Conectividad del grupo OMA en 2012

En cuanto a la conectividad nacional de los aeropuertos del grupo OMA, Monterrey es la infraestructura con el valor más alto del grupo (55.88%), en segundo lugar se ubica San Luis Potosí con 42.65% y en tercer lugar el aeropuerto de Acapulco con más del 39%. Cabe recordar que Monterrey es el aeropuerto con el mayor movimiento de pasajeros domésticos y el segundo en cuanto a flujos de carga nacional, y San Luis Potosí, es el primer aeropuerto en cuanto al movimiento de carga doméstica. Por su parte, el aeropuerto de Acapulco

aunque no destaca en cuanto a las magnitudes de carga y/o pasajeros manejados, fue el aeropuerto del grupo OMA que presentó la TCMA más alta de carga atendida (en el periodo 2003 – 2012). En contraparte, los aeropuertos que presentaron los valores más bajos en conectividad fueron Zihuatanejo (13.24%), Tampico (14.71%) y Zacatecas (17.65%). Este grupo se caracteriza por manejar flujos bajos de pasajeros y carga domésticos, en particular dentro del grupo OMA en 2012, Zihuatanejo fue el aeropuerto con el valor más bajo de movimiento de pasajeros y el penúltimo en cuanto a carga, y Zacatecas fue el antepenúltimo en cuanto a pasajeros y el último en cuanto a carga aérea.

Por otra parte, la conectividad nacional del conjunto de aeropuertos del grupo OMA fue de 73.53%, más alta que la de cualquier aeropuerto individual, debido a que considera todas las conexiones del grupo.

El aeropuerto del grupo OMA que presentó el valor más alto de conectividad internacional fue Monterrey, con un total de 31 aeropuertos conectados, lo que se tradujo en una conectividad mayor a 15%. Más abajo, con una conectividad casi igual a la mitad del primer lugar, se ubicaron tres aeropuertos que son reconocidos como sitios turísticos de playa, Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo, los tres con una conectividad de alrededor de 7%. Estos valores, dan un indicio de que estos aeropuertos sirven al turismo nacional, pero también al internacional. En contraparte, hay un aeropuerto que ni siquiera tuvo actividad internacional, por lo que su conectividad en este rubro fue igual a cero. Esto a pesar de tratarse de un aeropuerto fronterizo, este fue el caso de Reynosa. Pero también, hubo otros cuatro aeropuertos con muy baja conectividad internacional, apenas mayor a 1%, estos fueron Zacatecas, Culiacán, Tampico y Durango.

Por último, debido a que el grupo OMA en conjunto tuvo conexión con 56 aeropuertos extranjeros, su conectividad internacional como grupo fue de 28.2%.

3 Establecimiento de la metodología con base en modelos de pronósticos

En esta sección se estableció una metodología con base en modelos de pronósticos para obtener resultados válidos del análisis de los flujos aéreos de pasajeros y carga. Se inició con el establecimiento de los objetivos y de las funciones esenciales de la metodología. Con base en lo anterior se fijaron sus requerimientos, características y alternativas.

Metodología utilizada para los pronósticos

Existen tres tipos de modelos de pronósticos: los modelos cualitativos, los cuantitativos o de series de tiempo, y los causales. Cada uno de ellos requiere que los datos se presenten de una manera en particular para poderlos aplicar.

Dado que la información utilizada, de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), está relacionada con series históricas por aeropuerto, en cantidades

numéricas (de pasajeros y carga) y en función del tiempo (por mes y año), los modelos utilizados fueron cuantitativos. En general los pasos seguidos fueron:

- Elaboración de graficas, descripción y análisis preliminar de las series de tiempo
- Determinación de los componentes de las series de tiempo
- Establecimiento de los modelos cuantitativos a ser probados sobre cada una de las series de tiempo
- Determinación de los residuos y medidas de desempeño para cada modelo probado
- Comprobación y selección de un modelo con base en los supuestos de normalidad e independencia
- Selección de un modelo de pronósticos con base en las medidas de desempeño
- Pronóstico, graficas y conclusiones sobre las series de tiempo

4 Aplicación de la metodología con base en modelos de pronósticos para la actividad aérea del grupo OMA

En esta sección se aplicó la metodología establecida en el inciso anterior a las series de tiempo de pasajeros y carga aérea, en cada uno de los aeropuertos del grupo OMA, y para el grupo como conjunto.

Medidas para equilibrar la oferta con la demanda

En aquellos aeropuertos con baja actividad o subutilización de sus instalaciones, se recomendaron las siguientes estrategias para equilibrar la oferta con la demanda.

1. Establecimiento de un paquete ampliado de servicios. Lo que se busca con esta estrategia es mejorar la posición del aeropuerto en el mercado, pero como proveedor de servicios múltiples. Los servicios propuestos son:
 - a. Servicios de ventas comerciales
 - b. Servicios turísticos
 - c. Servicios de congresos
 - d. Servicios logísticos
 - e. Servicios de consultoría

2. Estrategias para la reutilización de las instalaciones aeroportuarias. Son un conjunto de medidas para aprovechar de manera específica los espacios de las terminales aéreas que ya no se utilizan o están subutilizados.

- a. Establecimiento de arrendatarios de remplazo
- b. Reutilización adaptativa
- c. Demolición

5 Conclusiones y recomendaciones

En el ámbito nacional el grupo OMA en 2012, ocupó el tercer lugar en importancia en cuanto a vuelos, pasajeros y carga atendida. Mientras que en el ámbito internacional, se ubicó en cuarto lugar en vuelos y pasajeros, y en cuanto a carga aérea mantuvo la tercera posición.

Los aeropuertos de grupo OMA más importantes en 2012, en cuanto a número de vuelos y pasajeros fueron Monterrey, Culiacán y Chihuahua; y en cuanto a carga, San Luis Potosí, Monterrey y Culiacán.

En relación con la TCMA del grupo OMA, para el periodo 2011 -2012, los aeropuertos que presentaron valores negativos en cuanto a vuelos, fueron Acapulco, Culiacán, Mazatlán, Zacatecas y Zihuatanejo; para pasajeros Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo; y para carga Monterrey, San Luis Potosí y Zacatecas.

Todos los aeropuertos de grupo OMA en 2012 presentaron subutilización de su infraestructura para atender pasajeros. En cuanto a conectividad dicho grupo tuvo presencia en más del 78% de los aeropuertos nacionales y más del 28% de los aeropuertos internacionales.

Los aeropuertos de grupo OMA con mayor conectividad en el ámbito nacional, en 2012, fueron Monterrey, San Luis Potosí y Acapulco. En el ámbito internacional, los aeropuertos con mayor conectividad, fueron Monterrey, Mazatlán y Acapulco.

Con base en los resultados de los pronósticos para pasajeros y carga aérea, en los aeropuertos del grupo OMA, se concluye lo siguiente:

- Se estimó que para el aeropuerto de Acapulco, en 2013 y 2014, se presentará una recuperación en la cantidad de pasajeros atendidos, y que la carga aérea continuará creciendo en 2013.
- En el caso de Chihuahua, se espera una mayor afluencia de pasajeros en 2013 y 2014, y una ligera disminución de la carga atendida en 2013.
- En cuanto a Ciudad Juárez se espera muy poco crecimiento en el flujo de pasajeros, durante 2013 y 2014, pero se estima que la carga aérea crecerá ligeramente en 2013.

- Para el aeropuerto de Culiacán, se estima un aumento en la cantidad de pasajeros atendidos en 2013 y 2014, y se prevé que la cantidad de carga atendida en 2013 sea menor a la registrada en 2012.
- En el aeropuerto de Durango, se estima una disminución en la cantidad de pasajeros, en 2013 y 2014, así como en la cantidad de carga atendida en 2013.
- En el caso de los aeropuertos de Mazatlán y Monterrey, se prevé un ligero aumento en la cantidad de pasajeros para 2013 y 2014, y un crecimiento en la cantidad de carga atendida en 2013.
- Se estimó que el aeropuerto de Reynosa presentará un aumento en la cantidad de pasajeros en 2013 y 2014, en cambio la cantidad de carga decrecerá en 2013.
- En cuanto al aeropuerto de San Luís Potosí, se estima que la cantidad de pasajeros se incrementará en 2013 y 2014, al igual que la carga aérea en 2013.
- Se estima que en el aeropuerto de Tampico en ciertos meses de 2013 y 2014, habrá una menor cantidad de pasajeros, en comparación con los mismos meses de años anteriores. En cuanto a la carga aérea, se prevé una ligera disminución para 2013.
- Se prevé que en el aeropuerto de Torreón, se presentará un ligero incremento en la cantidad de pasajeros en 2013 y 2014, mientras que para la carga habrá un decremento en 2013.
- Para el aeropuerto de Zacatecas, se estima que la cantidad de pasajeros decrecerá en algunos meses de 2013 y 2014, en comparación con los mismos meses de años anteriores.
- Para el caso del aeropuerto de Zihuatanejo, se estima que en 2013 y 2014, la cantidad de pasajeros seguirá disminuyendo, del mismo modo se prevé que en 2013 también disminuya el flujo de carga aérea.
- Para el grupo OMA en general, la estimación para 2013 y 2014, estableció que la cantidad de pasajeros irá en aumento mes con mes, y que la cantidad de carga en 2013 será mayor que la registrada en 2012.

Finalmente, como líneas de investigación futuras se propone continuar con el diagnóstico de la actividad aérea comercial de los otros grupos aeroportuarios.

1 Introducción

1.1 Antecedentes

Dentro del diagnóstico del sector transporte en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 se señala que *“una economía que quiere competir a nivel mundial necesita contar con una infraestructura que facilite el flujo de productos, servicios y el tránsito de personas de una manera ágil, eficiente y a un bajo costo. Una infraestructura adecuada potencia la capacidad productiva del país y abre nuevas oportunidades de desarrollo para la población”* (GR, 2013, p. 80). También, indica que *“el Sistema Aeroportuario Nacional se compone de 60 aeropuertos que transportan a alrededor de 80 millones de pasajeros y 700 millones de toneladas de carga al año. De éstos, 17 concentran el 86% del tránsito de pasajeros y el 96% de la carga aeroportuaria”* (p. 81).

Además, establece los principales retos (p. 81) que enfrenta este sistema actualmente, dentro de los cuales están:

La gran disparidad en el uso de los aeropuertos, pues muchos de éstos son subutilizados mientras que algunos se encuentran saturados;

La falta de infraestructura aeroportuaria adecuada en el centro del país, la cual limita la capacidad de México para establecerse como el principal centro de conexión de pasajeros y carga de Latinoamérica; y

La falta de una visión logística integral que no permite conectar los nodos productivos, de consumo y distribución en México.

El Objetivo 4.9 del PND (p. 140) marca la necesidad de contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica, y para ello plantea la Estrategia 4.9.1. “Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia”.

Las respectivas líneas de acción generales (p. 140) son:

- Fomentar que la construcción de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumente la competitividad derivada de una mayor interconectividad.
- Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros.

Mientras que dentro de las líneas de acción particulares para el sector aeroportuario (p. 141) se tienen las siguientes:

- Dar una respuesta de largo plazo a la demanda creciente de servicios aeroportuarios en el Valle de México y centro del país.
- Desarrollar los aeropuertos regionales y mejorar su interconexión a través de la modernización de la Red de Aeropuertos y Servicios Auxiliares, bajo esquemas que garanticen su operación y conservación eficiente, así como su rentabilidad operativa.
- Continuar con el programa de formalización de nuevos convenios bilaterales aéreos para incrementar la penetración de la aviación nacional en los mercados mundiales.

Cabe señalar que el compromiso presidencial No. 27, del ámbito nacional, establece la necesidad de “fortalecer la conectividad aérea, marítima y ferroviaria del país para acelerar el crecimiento del turismo” (<http://transicion2012.org/paginas/compromisos.html>).

Por lo tanto, es de gran importancia un diagnóstico de la situación que guarda la actividad aérea en México, dado que con base en éste se pueden identificar oportunidades y áreas prioritarias para impulsar y apoyar a este sector. El auge de las relaciones comerciales internacionales y el crecimiento del país han determinado que se utilice cada vez con mayor intensidad el transporte aéreo. Más aún, dentro de la nueva dinámica económica global, la infraestructura aeroportuaria ha adquirido un carácter estratégico, en tanto que determina la competitividad de las ciudades grandes y medianas como centros de negocios y/o turísticos.

Es importante además, coadyuvar al desarrollo regional, promoviendo la construcción o ampliación de infraestructura aeroportuaria a lo largo del territorio nacional, particularmente en zonas con alto potencial turístico y/o comercial. La aviación se ha convertido en herramienta indispensable para la integración nacional, el turismo, la creación de negocios y el comercio nacional e internacional de mercancías con alto valor económico.

Para desarrollar el diagnóstico señalado, se decidió subdividir al conjunto de aeropuertos nacionales bajo estudio, de acuerdo con los cinco grupos aeroportuarios que lo conforman. En particular, este trabajo inicia con el estudio del Grupo Aeroportuario Centro Norte (de Operadora Mexicana de Aeropuertos, OMA¹).

¹ La licitación pública del paquete accionario del Grupo Aeroportuario Centro Norte fue ganada (en mayo de 2000) por la empresa Operadora Mexicana de Aeropuertos (OMA), ahora Servicios de Tecnología Aeroportuaria (SETA), conformado por Aéroports de Paris Management, VINCI y Empresas ICA, esta última a través de su subsidiaria Aeroinvest. Fuente: <http://www.oma.aero/es/somos/historia.htm>

En 2012, el Grupo Aeroportuario Centro Norte se ubicó en el tercer lugar en cuanto al movimiento de carga aérea y en el cuarto en cuanto al movimiento de pasajeros. Este grupo está formado por 13 aeropuertos, con características heterogéneas. Por ejemplo, posee aeropuertos metropolitanos importantes que destacan en el ámbito nacional, este es el caso de Monterrey, el cual ocupa el tercer lugar en movimiento de carga total (doméstica y de comercio exterior), y el cuarto lugar en cuanto a pasajeros totales movilizados. Tiene aeropuertos fronterizos como Ciudad Juárez y Reynosa, que a pesar de su ubicación colindante con Estados Unidos sólo tuvieron movimiento doméstico de pasajeros durante 2012. También tiene aeropuertos turísticos como Mazatlán, Acapulco y Zihuatanejo (en las posiciones 18, 20 y 25 respectivamente en cuanto al movimiento de pasajeros nacionales e internacionales). Aeropuertos con vocación logística, por su movimiento significativo de carga aérea, como San Luis Potosí y Chihuahua (posiciones 5 y 10 en cuanto a movimiento de carga aérea nacional e internacional). Pero también, aeropuertos con muy baja actividad y por lo mismo con grandes oportunidades de mejora, como por ejemplo, Zacatecas, que presenta el menor movimiento de carga aérea de este grupo (posición 13 de OMA y posición 54 en el ámbito nacional) y Durango, que presenta el menor movimiento de pasajeros del grupo (posición 13 de OMA y 36 en el ámbito nacional). Cabe señalar que en el caso del aeropuerto de Zacatecas, existe un compromiso presidencial (No. 101), en el que se establece: “Construir el Parque Industrial Aeropuerto con Aduana Interior y Recinto Fiscalizado, para atraer inversiones productivas que generen empleos” (<http://transicion2012.org/paginas/compromisos.html>).

1.2 Objetivos

Objetivo general:

Realizar un diagnóstico de la actividad aérea comercial del Grupo Aeroportuario Centro Norte.

Objetivos específicos:

- Determinar la participación en la actividad aérea comercial, en términos de pasajeros y carga, de los distintos grupos aeroportuarios en forma agregada.
- Determinar la participación en la actividad aérea comercial del grupo OMA en forma desagregada.
- Elaborar pronósticos de crecimiento, con base en modelos, para reproducir y predecir el comportamiento de la actividad aérea del grupo OMA.
- Identificar los comportamientos típicos y estacionales de los flujos de pasajeros y carga aérea del grupo OMA.

- Determinar cuál es la conectividad aeroportuaria nacional² e internacional del grupo OMA.
- Detectar la saturación o subutilización de las instalaciones aeroportuarias del grupo OMA y establecer medidas potenciales para equilibrar la oferta con la demanda.
- Plantear líneas de investigación futuras derivadas de los hallazgos encontrados.

1.3 Alcances

El estudio se centrará en los flujos de pasajeros y carga, tanto nacionales como internacionales, del Grupo Aeroportuario Centro Norte y se considerará un periodo de análisis detallado, con información mensual, de al menos 5 años.

1.4 Metodología

Inicialmente se aplicará el método inductivo a la información estadística que se obtenga y procese. La cual provendrá de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). Por otro lado, también se utilizará el método analítico, al aplicar procedimientos matemáticos y estadísticos, para establecer y validar los modelos de series de tiempo que emulen el comportamiento de los flujos de la actividad aérea. Finalmente, se aplicará el método sintético para relacionar los distintos elementos encontrados y poder emitir conclusiones que expliquen los resultados en su conjunto, lo cual en parte se obtendrá mediante el análisis de la información pertinente en una plataforma geoinformática.

² En el caso nacional, desglosando la interconectividad con los mismos aeropuertos de OMA, y también, la conectividad con los aeropuertos nacionales de los otros grupos.

2 Análisis de los grupos aeroportuarios en 2012

2.1 Antecedentes del grupo OMA

En 1998, como parte del programa implementado por el Gobierno Federal para abrir el sistema aeroportuario a la inversión privada, se constituyó el Grupo Aeroportuario Centro Norte como propietario de los títulos de concesión para administrar, operar y explotar los trece aeropuertos que conforman dicho Grupo.

El Gobierno Federal licitó el paquete equivalente al 15% de la tenencia accionaria de Grupo Aeroportuario Centro Norte. En mayo de 2000, la licitación pública del paquete accionario del Socio Estratégico de Grupo Aeroportuario Centro Norte, fue ganada por la empresa Operadora Mexicana de Aeropuertos (OMA), ahora Servicios de Tecnología Aeroportuaria (SETA). En septiembre de 2000, el grupo tomó posesión de los 13 aeropuertos que lo integraban: Acapulco, Ciudad Juárez, Chihuahua, Culiacán, Durango, Mazatlán, Monterrey, Reynosa, San Luis Potosí, Tampico, Torreón, Zacatecas y Zihuatanejo.

Posteriormente en diciembre de 2005 Empresas ICA, a través de su subsidiaria Aeroinvest, compró la parte proporcional de VINCI dentro del Socio Estratégico, y luego ejerció una opción del 36%, convirtiéndose en el socio mayoritario de OMA.

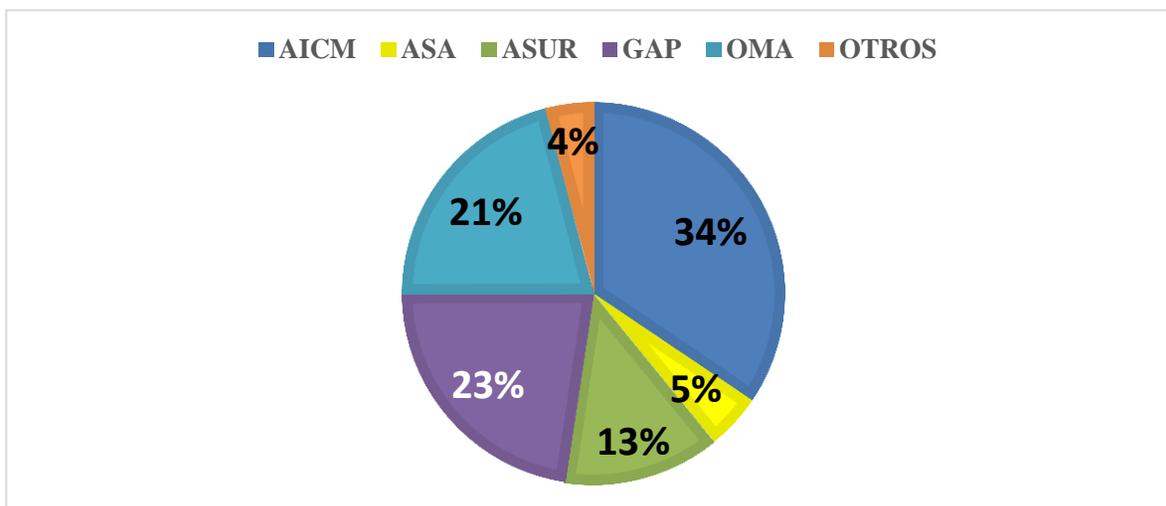
Durante 2012, en la República Mexicana se realizaron más de 1 millón de operaciones aéreas entre cada uno de los aeropuertos que conforman los distintos grupos aeroportuarios a lo largo del territorio nacional, incluyendo tanto operaciones nacionales como internacionales. En particular, se realizaron alrededor de 748 mil vuelos nacionales y más de 281 mil operaciones internacionales. También, en ese mismo año en el país se movieron casi 85 millones pasajeros, tanto nacionales como internacionales. Los pasajeros nacionales contabilizados fueron 56.44 millones y los internacionales 28.49 millones. En cuanto a la carga aérea en 2012, se transportaron más de 698,470 toneladas, de las cuales 262,197 toneladas fueron movilizadas en vuelos nacionales y 436,273 toneladas correspondieron al comercio exterior.

2.2 Situación en 2012 de los grupos aeroportuarios en México

Los grupos aeroportuarios con los que cuenta México son: Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (formado únicamente por el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, AICM), Grupo Aeroportuario Centro Norte (OMA), Grupo Aeroportuario del Pacífico (GAP), Aeropuertos del Sureste (ASUR) y Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA).

Por otra parte, también existen algunos aeropuertos que son administrados de manera independiente por otro tipo de organizaciones distintas a los Grupos Aeroportuarios, este es el caso de: Aeropuerto del Norte, Celaya, Chichen-Itzá, Cuernavaca, Jalapa, Lázaro Cárdenas, Monclova, Pachuca, Piedras Negras, Puerto Peñasco, Querétaro, Saltillo, Toluca y Tuxtla Gutiérrez. Dado que estos aeropuertos también presentan operaciones aéreas, para los propósitos de este trabajo se han agrupado dentro del rubro de “OTROS” aeropuertos.

En las figuras siguientes se presenta la participación porcentual de cada uno de los grupos aeroportuarios, durante 2012, en relación con los vuelos (Figura 2.1), pasajeros (Figura 2.2) y carga (Figura 2.3) en el ámbito nacional, así como en el internacional (Figuras 2.4, 2.5 y 2.6 respectivamente), y los valores totales de esos mismos rubros (nacionales e internacionales) en las Figuras 2.7, 2.8 y 2.9 respectivamente.



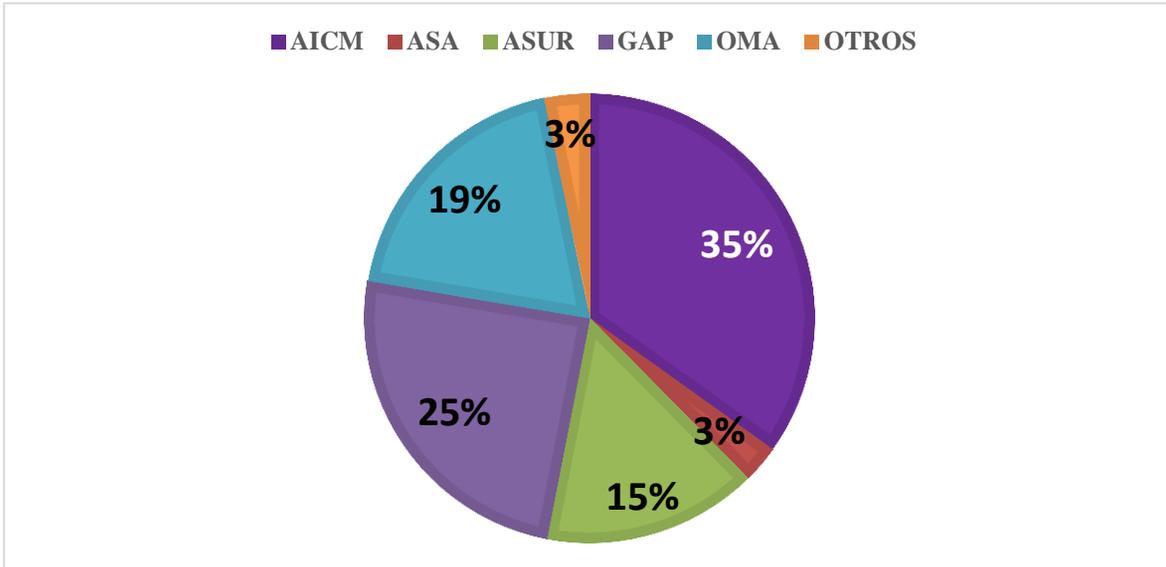
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.1 Porcentaje de vuelos totales nacionales por grupo aeroportuario (2012)

En la Figura 2.1 se aprecia que al AICM le corresponde 34% de los vuelos totales nacionales realizados en 2012, le sigue el Grupo Aeroportuario del Pacífico con 23% de los vuelos y detrás se encuentra el grupo OMA con 21% de participación.

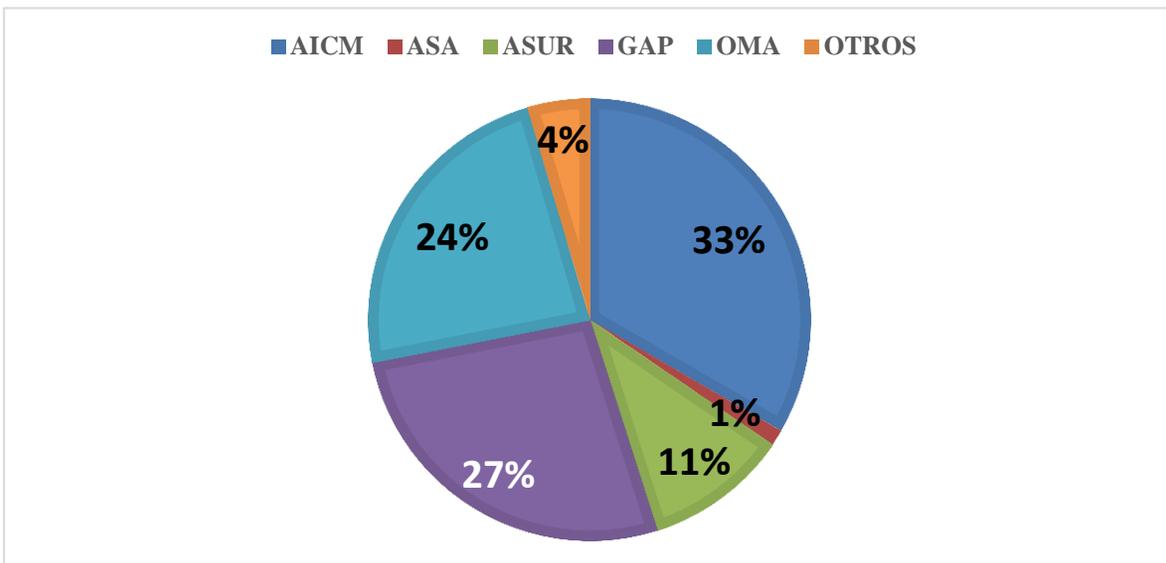
La Figura 2.2 muestra que para el total de pasajeros nacionales atendidos en 2012 el AICM constituye el principal grupo, dado que atendió al 35% de los pasajeros nacionales, seguido del grupo GAP con 25% de participación y en tercer puesto se encuentra el grupo OMA con el 19%.

En la Figura 2.3 se observa que el AICM nuevamente tiene la mayor participación, con 33% de la carga nacional transportada en 2012, seguido por el grupo GAP y OMA, con participaciones de 27% y 24% de la carga respectivamente



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.2 Porcentaje de pasajeros totales nacionales por grupo aeroportuario (2012)

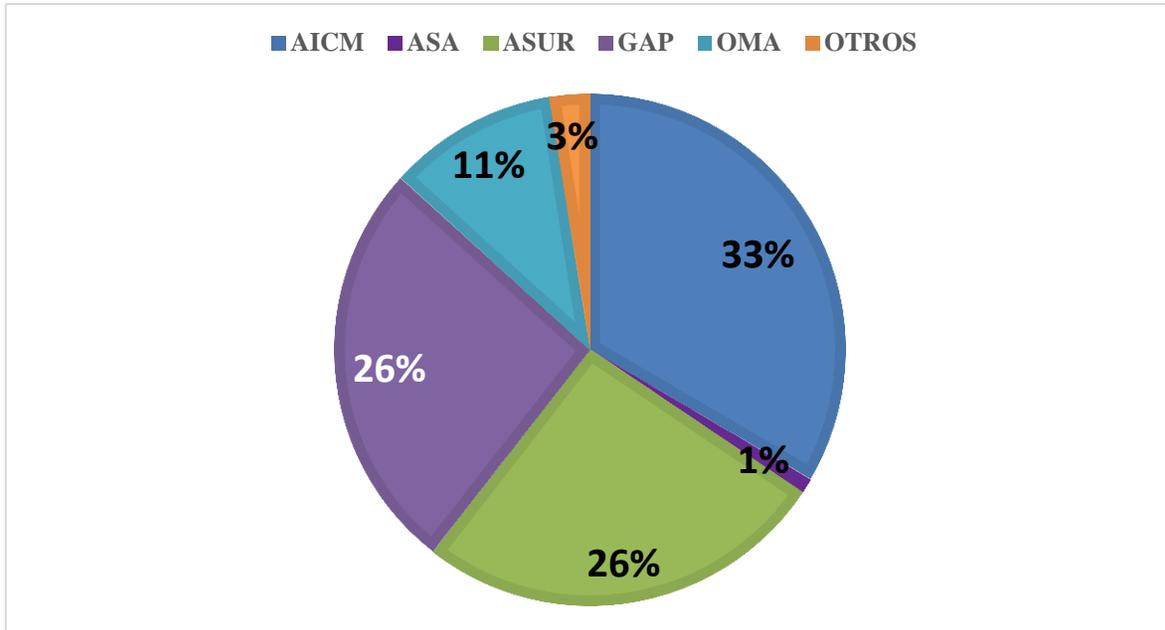


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.3 Porcentaje de carga total nacional por grupo aeroportuario (2012)

En el aspecto internacional, en la Figura 2.4 se observa que el AICM registró el 33% del total de estos vuelos, mientras que ASUR y GAP tuvieron la misma participación en este rubro con el 26% de los vuelos totales internacionales. Cabe señalar que en el caso de ASUR, el aeropuerto de Cancún es el que concentra las

operaciones internacionales de este grupo, por tratarse de un sitio turístico de relevancia mundial.



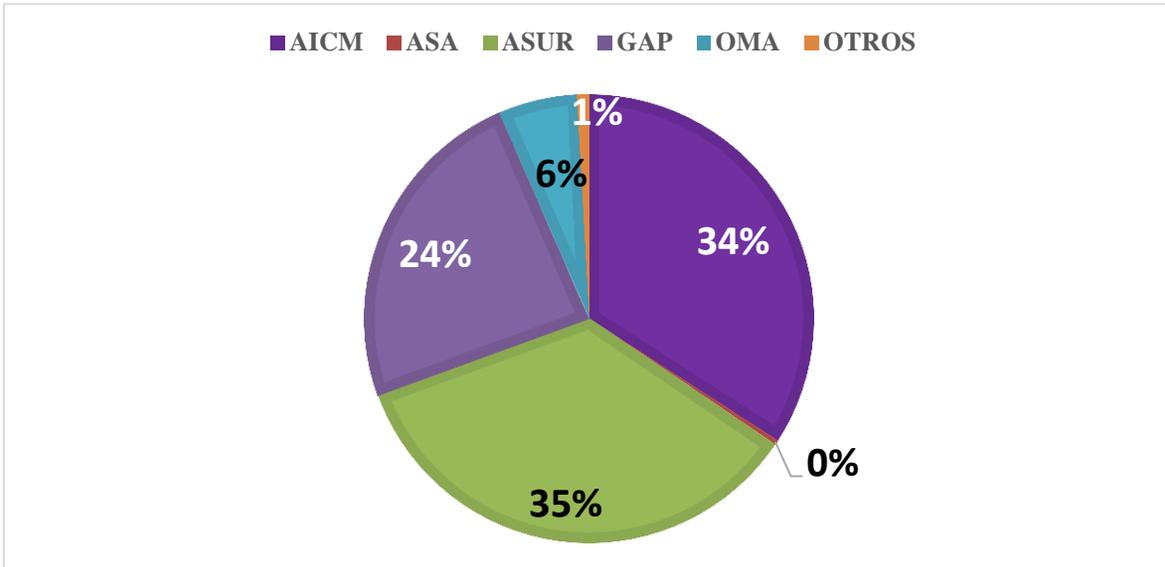
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.4 Porcentaje de vuelos totales internacionales por grupo aeroportuario (2012)

En cuanto a la cantidad de pasajeros internacionales atendidos por cada grupo aeroportuario (Figura 2.5) destaca en primer puesto el grupo ASUR, con el 35% del total de pasajeros atendidos, en este grupo el aeropuerto de Cancún representa el sitio más demandado por personas que viajan desde el extranjero, relegando a la segunda posición al AICM, con el 34% de los pasajeros internacionales atendidos, y en tercer lugar se ubica el grupo GAP, con el 24% de los pasajeros internacionales contabilizados.

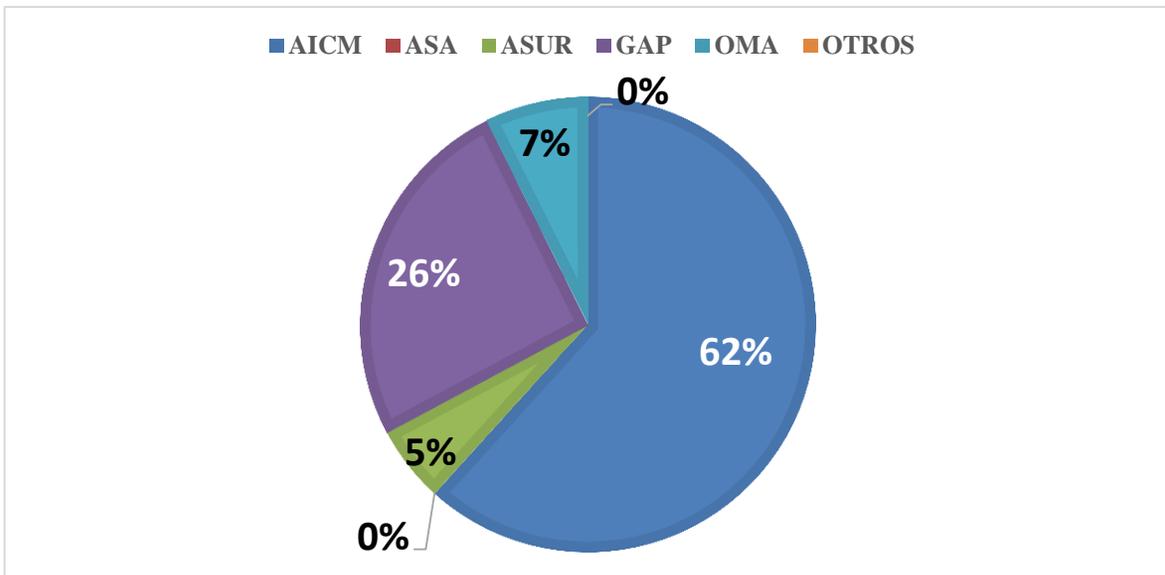
En relación con la carga internacional movida por cada grupo aeroportuario (Figura 2.6), el AICM es el primero en importancia, ya que movió el 62% de la carga total internacional en el país, después le sigue el grupo GAP, que transportó el 26% de esta carga, y posteriormente el grupo OMA, con tan sólo el 7% de la carga internacional.

En la Figura 2.7 se observa que el AICM es el más relevante en cuanto a vuelos totales realizados y atendidos en 2012, con el 34% de estas operaciones, le siguieron en importancia el grupo GAP y OMA, con 23% y 18% de vuelos atendidos respectivamente.



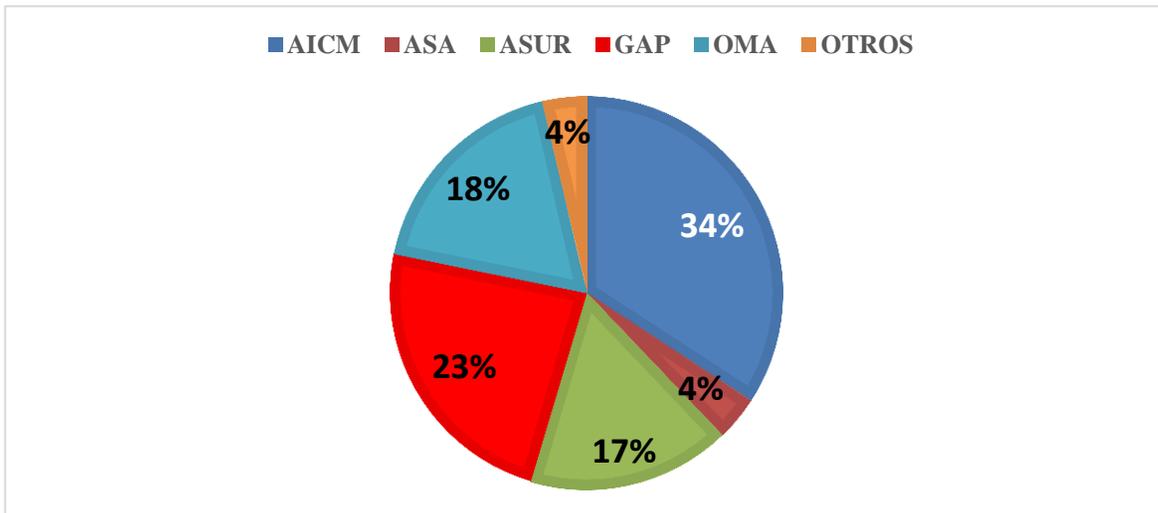
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.5 Porcentaje de pasajeros totales internacionales por grupo aeroportuario (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

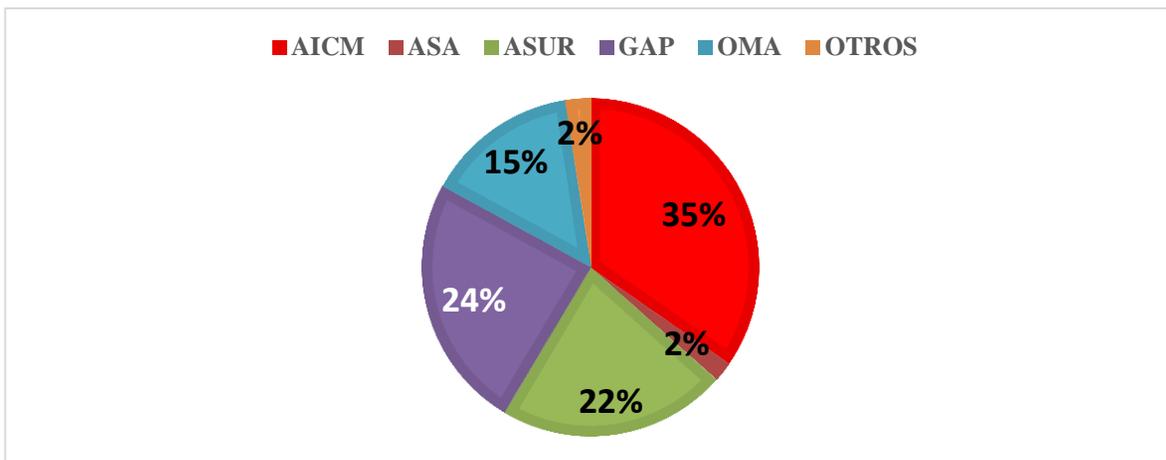
Figura 2.6 Porcentaje de carga total internacional por grupo aeroportuario (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.7 Porcentaje de vuelos totales por grupo aeroportuario (2012)

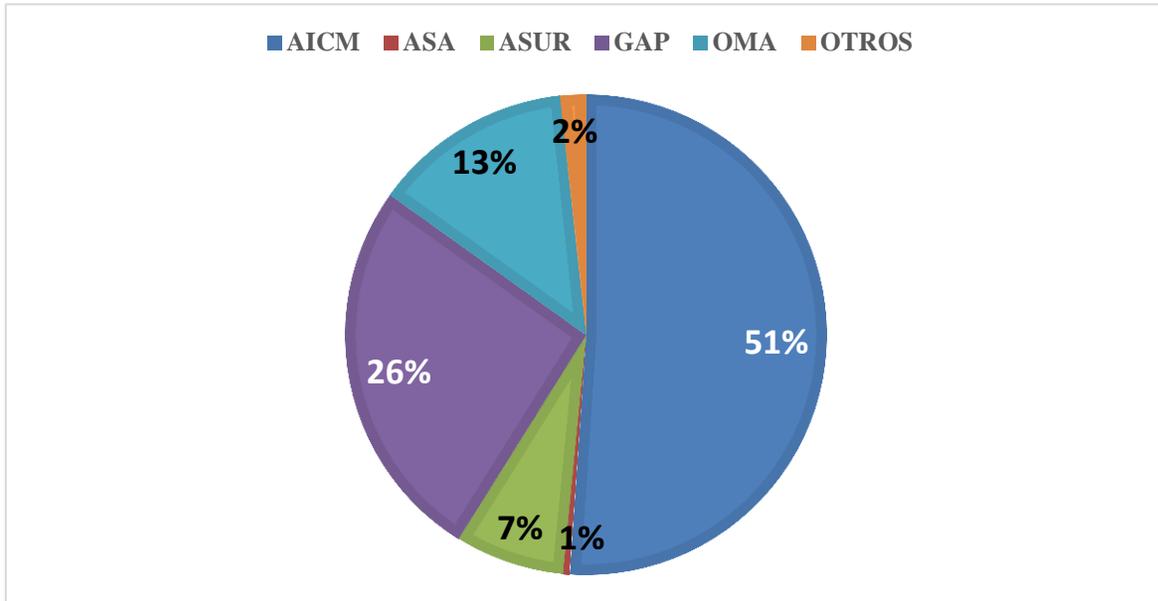
En la figura 2.8 se aprecia que el AICM atendió al 35% del total de pasajeros en 2012, mientras que el grupo GAP y ASUR, atendieron el 24% y 22% de pasajeros respectivamente.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.8 Porcentaje de pasajeros totales por grupo aeroportuario (2012)

En la Figura 2.9 se observa que el AICM movilizó el 51% de la carga total (nacional e internacional), abajo están los grupos GAP y OMA con 26% y 13% de participación respectivamente.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.9 Porcentaje de carga total por grupo aeroportuario (2012)

2.2.1 Situación nacional de los grupos aeroportuarios en 2012

Las rutas que presentaron la mayor cantidad de vuelos nacionales entre pares de aeropuertos fueron:

1. México – Cancún, con 27,004 vuelos.
2. México – Guadalajara, con 24,013 vuelos.
3. México – Monterrey, con 23,878 vuelos.
4. México – Mérida, con 10,567 vuelos.
5. México – Tijuana, con 9,119 vuelos.
6. México – Veracruz, con 8,342 vuelos.
7. México – Villahermosa, con 8,269 vuelos.
8. Guadalajara – Tijuana, con 7,562 vuelos.
9. México – Tuxtla Gutiérrez, con 7,490 vuelos.
10. Guadalajara – Monterrey, con 6,991 vuelos.

En cuanto al flujo de pasajeros, las 10 primeras rutas en cuanto al cantidad de usuarios atendidos fueron:

1. México – Cancún, con 3,112,565 pasajeros.
2. México – Monterrey, con 2,366,985 pasajeros.
3. México – Guadalajara, con 2,024,787 pasajeros.
4. México – Tijuana, con 1,089,937 pasajeros.
5. México – Mérida, con 976,700 pasajeros.
6. Guadalajara – Tijuana, con 900,943 pasajeros.

7. México – Villahermosa, con 705,537 pasajeros.
8. Cancún – Monterrey, con 691,829 pasajeros.
9. México – Tuxtla Gutiérrez, con 648,370 pasajeros.
10. México – Hermosillo, con 595,070 pasajeros.

Por último, las 10 primeras rutas nacionales en las que se movió la mayor cantidad de carga en 2012, fueron:

1. México – Guadalajara, con más de 25,684 toneladas.
2. México – Tijuana, con más de 9,277 toneladas.
3. México – San Luis Potosí, con más de 8,675 toneladas.
4. México – Monterrey, con más de 8,180 toneladas.
5. México – Mérida, con más de 6,949 toneladas.
6. Monterrey – San Luis Potosí, con más de 4,913 toneladas.
7. México – Cancún, con más de 4,525 toneladas.
8. Hermosillo – Tijuana, con más de 3,024 toneladas.
9. Cancún – Mérida, con más de 2,853 toneladas.
10. Hermosillo – San Luis Potosí, con más de 2,783 toneladas.

Los siguientes aeropuertos son los que concentraron el 80 % de todos los vuelos nacionales. En la Figura 2.10 se representa el diagrama de Pareto de estos vuelos.

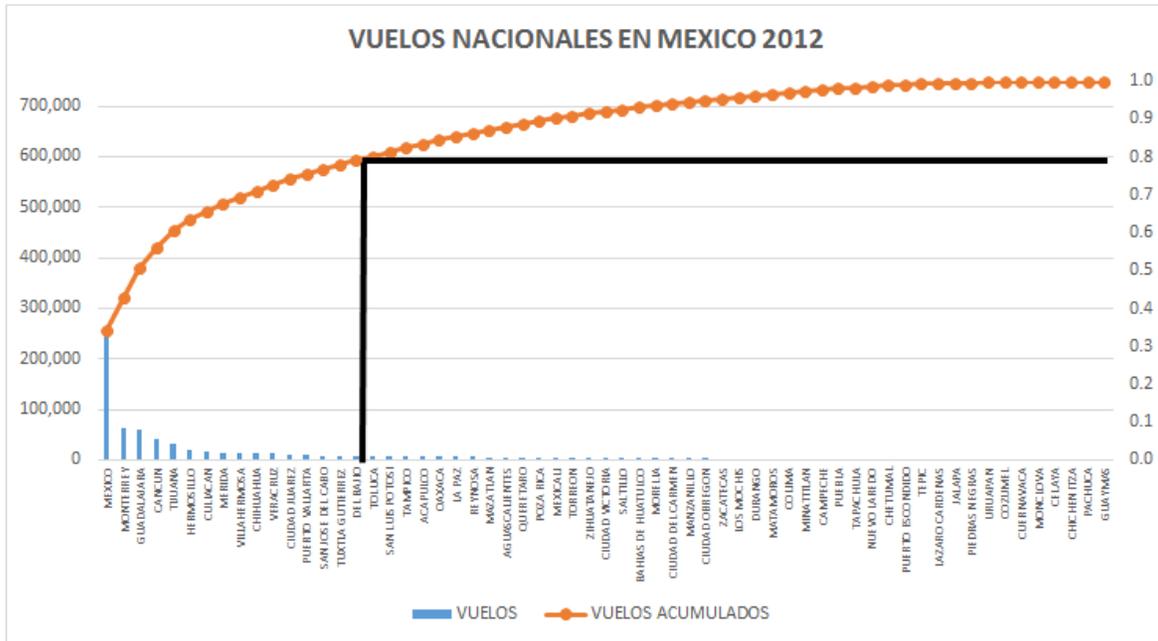
1. México con 258,234 vuelos.
2. Monterrey con 62,784 vuelos.
3. Guadalajara con 59,263 vuelos.
4. Cancún con 41,922 vuelos.
5. Tijuana con 33,649 vuelos.
6. Hermosillo con 20,102 vuelos.
7. Culiacán con 16,092 vuelos.
8. Mérida con 13,962 vuelos.
9. Villahermosa con 13,812 vuelos.
10. Chihuahua con 13,349 vuelos.
11. Veracruz con 12,849 vuelos.
12. Ciudad Juárez con 11,032 vuelos.
13. Puerto Vallarta con 10,123 vuelos.
14. San José del Cabo con 8,636 vuelos.
15. Tuxtla Gutiérrez con 8,581 vuelos.
16. Del Bajío con 8,560 vuelos.

Los aeropuertos que atendieron aproximadamente al 80 % de los pasajeros nacionales son los siguientes:

1. México con 19,714,134 pasajeros atendidos.
2. Monterrey con 5,231,914 pasajeros atendidos.
3. Guadalajara con 5,065,355 pasajeros atendidos.
4. Cancún con 4,665,955 pasajeros atendidos.

5. Tijuana con 3,689,582 pasajeros atendidos.
6. Hermosillo con 1,263,567 pasajeros atendidos.
7. Culiacán con 1,201,332 pasajeros atendidos.
8. Mérida con 1,132,786 pasajeros atendidos.
9. Villahermosa con 934,147 pasajeros atendidos.
10. San José del Cabo con 856,668 pasajeros atendidos.
11. Veracruz con 816,339 pasajeros atendidos.
12. Chihuahua con 805,595 pasajeros atendidos.

El diagrama de Pareto de estos aeropuertos se presenta en la Figura 2.11.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.10 Diagrama de Pareto para vuelos nacionales (2012)

Los aeropuertos que concentraron el 80 % de la carga nacional movida en 2012 en México, son los siguientes:

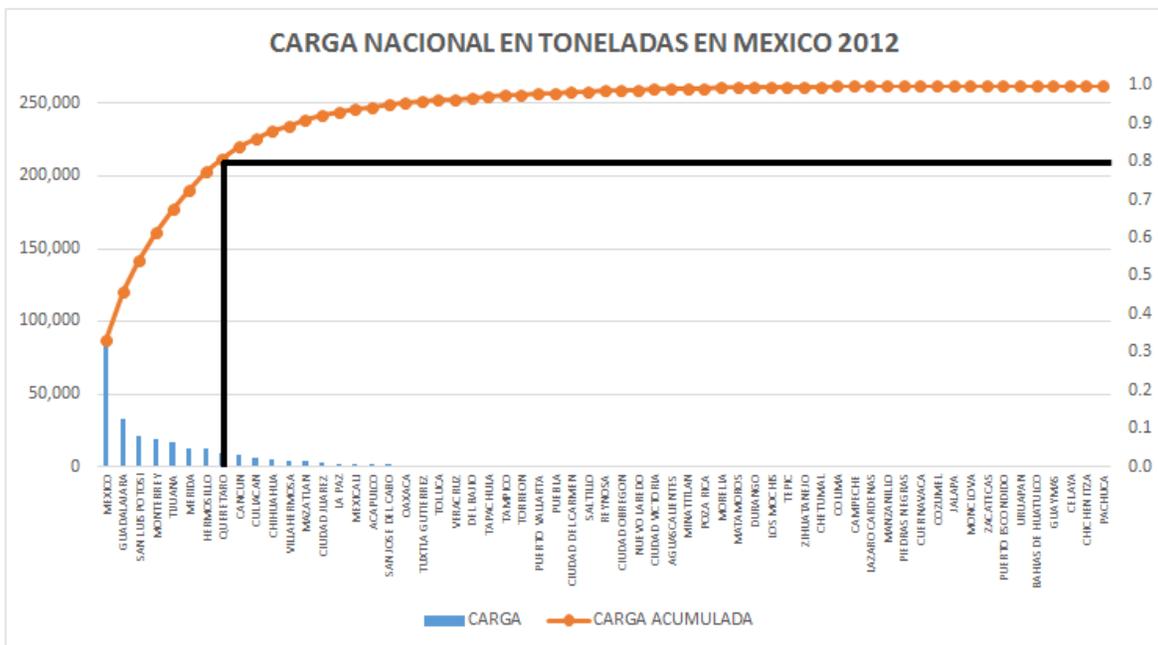
1. México con más de 87,517 toneladas movidas.
2. Guadalajara con más de 33,325 toneladas movidas.
3. San Luis Potosí con más de 21,185 toneladas movidas.
4. Monterrey con más de 19,053 toneladas movidas.
5. Tijuana con más de 16,523 toneladas movidas.
6. Mérida con más de 12,603 toneladas movidas.
7. Hermosillo con más de 12,546 toneladas movidas.
8. Querétaro con más de 9,078 toneladas movidas.

En la Figura 2.12 se presenta el diagrama de Pareto de los aeropuertos con movimiento de carga nacional.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.11 Diagrama de Pareto para pasajeros nacionales (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.12 Diagrama de Pareto para carga nacional en México en el año 2012

En el mercado doméstico se observó que las operaciones aéreas, y los flujos de pasajeros y carga, se concentran en sólo algunos aeropuertos, en donde destaca siempre como el principal el AICM. Los otros aeropuertos relevantes se ubican en regiones con gran densidad de población y, por lo tanto, se asocian con los grandes mercados de consumo; con regiones de gran actividad industrial y centros turísticos importantes.

2.2.2 Situación internacional de los grupos aeroportuarios en 2012

Las 10 rutas principales que presentaron la mayor cantidad de vuelos entre pares de aeropuertos fueron las siguientes:

1. México – Los Ángeles, con 8,482 vuelos.
2. México – Houston, con 8,162 vuelos.
3. México – Miami, con 7,214 vuelos.
4. Guadalajara – Los Ángeles, con 6,680 vuelos.
5. Monterrey – Houston, con 6,232 vuelos.
6. México – New York, con 5,368 vuelos.
7. Cancún – Miami, con 5,033 vuelos.
8. Cancún – Atlanta, con 4,763 vuelos.
9. Guadalajara – Houston, con 4,186 vuelos.
10. Cancún – New York, con 4,183 vuelos.

Las 10 principales rutas internacionales por las que transitaron más pasajeros fueron:

1. México – Los Ángeles, con 766,314 pasajeros.
2. México – Miami, con 715,167 pasajeros.
3. Guadalajara – Los Ángeles, con 685,081 pasajeros.
4. Cancún – Atlanta, con 659,127 pasajeros.
5. México – New York, con 642,763 pasajeros.
6. México – Houston, con 605,869 pasajeros.
7. Cancún – New York, con 550,424 pasajeros.
8. Cancún – Houston, con 550,174 pasajeros.
9. Cancún – Dallas, con 535,072 pasajeros.
10. Cancún – Toronto, con 521,596 pasajeros.

Por último, en lo que respecta a las rutas internacionales en las que se movió más carga, las 10 más importantes fueron las siguientes:

1. Guadalajara – Los Ángeles, con más de 50,587 toneladas.
2. México – Los Ángeles, con más de 48,066 toneladas.
3. México – París, con más de 29,195 toneladas.
4. Guadalajara – Memphis, con más de 27,362 toneladas.
5. Toluca – Memphis, con más de 23,953 toneladas.
6. México – Louisville, con más de 17,158 toneladas.

7. México – Ámsterdam, con más de 16,905 toneladas.
8. México – Bogotá, con más de 16,093 toneladas.
9. Monterrey – Memphis, con más de 15,639 toneladas.
10. México – Luxemburgo, con más de 15,420 toneladas.

De acuerdo con la información anterior, se observa que dentro las rutas internacionales en las que hay una mayor cantidad de vuelos, se encuentran como orígenes o destinos las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey y Cancún. En el caso de los pasajeros internacionales la situación es similar a la anterior, la excepción es Monterrey, que no aparece dentro las rutas con mayor flujo de pasajeros. En las rutas que presentan una mayor movilidad de carga internacional, se ubican ciudades que poseen una importante actividad industrial, tal es el caso de Guadalajara, México, Toluca y Monterrey.

Por otro lado, los 10 primeros aeropuertos extranjeros que presentaron el mayor número de vuelos, con los aeropuertos mexicanos, ya sea como origen o destino, son:

1. Houston con 46,442 vuelos.
2. Dallas con 26,905 vuelos.
3. Los Ángeles con 26,193 vuelos.
4. Miami con 13,334 vuelos.
5. Phoenix con 11,908 vuelos.
6. Atlanta con 11,418 vuelos.
7. New York con 10,230 vuelos.
8. Chicago con 10,035 vuelos.
9. San Francisco con 8,034 vuelos.
10. Panamá con 6,917 vuelos.

En relación con los principales aeropuertos extranjeros que presentaron los mayores flujos de pasajeros con los aeropuertos mexicanos, como origen o destino, son:

1. Houston con 2,833,349 pasajeros.
2. Los Ángeles con 2,592,939 pasajeros.
3. Dallas con 2,143,191 pasajeros.
4. Atlanta con 1,299,961 pasajeros.
5. New York con 1,274,272 pasajeros.
6. Miami con 1,237,608 pasajeros.
7. Chicago con 1,126,528 pasajeros.
8. Phoenix con 1,100,912 pasajeros.
9. San Francisco con 893,533 pasajeros.
10. Toronto con 823,100 pasajeros.

Por último, los principales aeropuertos extranjeros que presentaron los mayores volúmenes de carga con los aeropuertos mexicanos, ya sea como origen o destino, son:

1. Los Ángeles con más de 103,611 toneladas.
2. Memphis con más de 67,010 toneladas.
3. París con más de 29,761 toneladas.
4. Miami con más de 26,293 toneladas.
5. Louisville con más de 24,094 toneladas.
6. Luxemburgo con más de 18,901 toneladas.
7. Huntsville con más de 17,021 toneladas.
8. Ámsterdam con más de 16,905 toneladas.
9. Bogotá con más de 16,392 toneladas.
10. Cincinnati con más de 14,482 toneladas.

A continuación se listan los principales aeropuertos nacionales, que más vuelos, pasajeros y carga manejan en el rubro internacional, durante 2012:

1. México con 94,183 vuelos
2. Cancún con 64,048 vuelos.
3. Guadalajara con 26,347 vuelos.
4. San José del Cabo con 17,729 vuelos.
5. Monterrey con 15,552 vuelos.
6. Puerto Vallarta con 14,038 pasajeros.
7. Del Bajío con 6,790 vuelos.
8. Querétaro con 3,554 vuelos.
9. Morelia con 2,949 vuelos.
10. Cozumel con 2,891 vuelos.

1. México con 9,731,317 pasajeros.
2. Cancún con 9,319,707 pasajeros.
3. Guadalajara con 2,299,587 pasajeros.
4. San José del Cabo con 2,056,314 pasajeros.
5. Puerto Vallarta con 1,739,525 pasajeros.
6. Monterrey con 880,559 pasajeros.
7. Del Bajío con 347,956 pasajeros.
8. Cozumel con 347,443 pasajeros.
9. Mazatlán con 238,538 pasajeros.
10. Morelia con 180,353 pasajeros.

1. México con más de 279,316 toneladas.
2. Guadalajara con más de 107,372 toneladas.
3. Monterrey con más de 28,917 toneladas.
4. Toluca con más de 24,279 toneladas.
5. Mérida con más de 14,597 toneladas.
6. Cancún con más de 9,047 toneladas.
7. Saltillo con más de 2,361 toneladas.
8. Hermosillo con más de 1,577 toneladas.
9. Acapulco con más de 1,293 toneladas.
10. Chihuahua con más de 1,230 toneladas.

De acuerdo con la información anterior, se observa que los aeropuertos mexicanos con mayor actividad aérea internacional, están relacionados nuevamente con áreas de alta densidad de población, con la actividad industrial significativa y/o con los centros turísticos importantes.

Las principales interacciones de los aeropuertos mexicanos con los extranjeros, por país, en términos de vuelos, pasajeros y carga, se listan a continuación:

1. Estados Unidos con 216,036 vuelos.
2. Canadá con 18,669 vuelos.
3. Panamá con 6,917 vuelos.
4. Colombia con 4,478 vuelos.
5. España con 4,009 vuelos.
6. Guatemala con 3,992 vuelos.
7. Costa Rica con 3,499 vuelos.
8. Perú con 3,227 vuelos.
9. Cuba con 3,163 vuelos.
10. Reino Unido con 2,590 vuelos.

1. Estados Unidos con 19,409,756 pasajeros.
2. Canadá con 2,828,122 pasajeros.
3. España con 765,717 pasajeros.
4. Panamá con 739,960 pasajeros.
5. Reino Unido con 687,160 pasajeros.
6. Francia con 523,516 pasajeros.
7. Colombia con 413,916 pasajeros.
8. Perú con 390,297 pasajeros.
9. Cuba con 338,555 pasajeros.
10. Brasil con 303,065 pasajeros.

1. Estados Unidos con más de 298,059 toneladas.
2. Francia con más de 29,761 toneladas.
3. Luxemburgo con más de 18,901 toneladas.
4. Colombia con más de 18,679 toneladas.
5. Países Bajos con más de 16,905 toneladas.
6. España con más de 13,809 toneladas.
7. Chile con más de 11,509 toneladas.
8. Brasil con más de 10,512 toneladas.
9. Alemania con más de 9,011 toneladas.
10. Guatemala con más de 7,841 toneladas.

En el caso de los vuelos internacionales con México, cabe señalar que Estados Unidos y Canadá concentraron más del 80% de las operaciones totales en 2012. Por su parte, en cuanto a los pasajeros internacionales de México con otros países, destaca que Estados Unidos, Canadá y España concentran más del 80% de estos flujos. También, se observa una concentración de la carga internacional

de México con otros países, en este caso Estados Unidos, Francia, Luxemburgo, Colombia y los Países Bajos centralizan más del 80% de estos flujos.

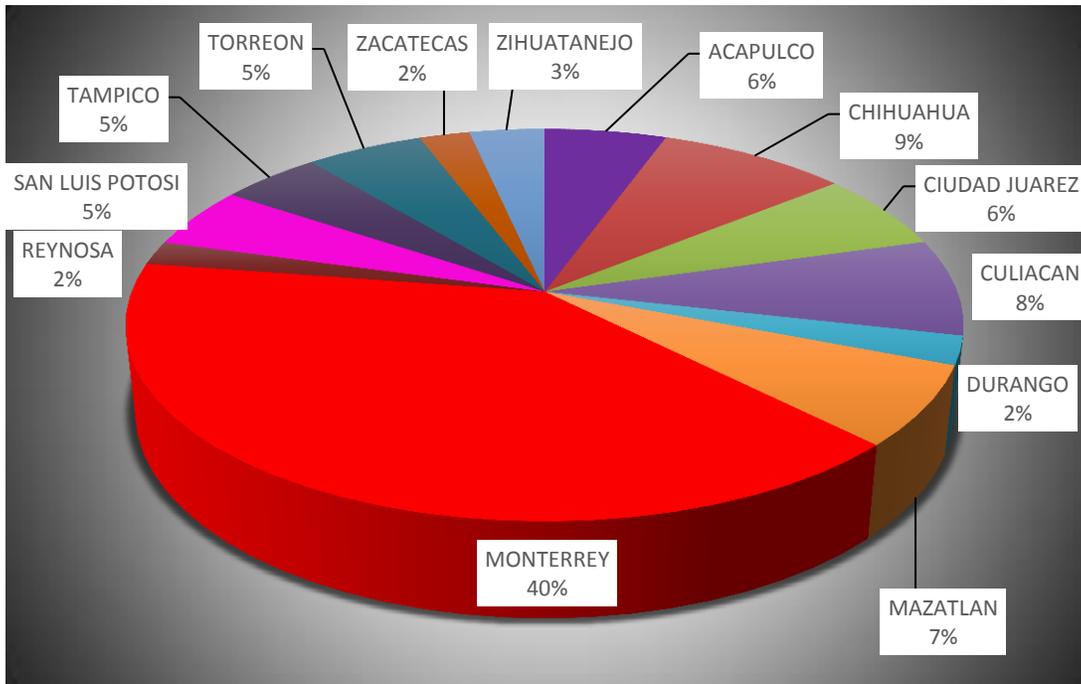
En el ámbito global, la participación por continente de la actividad aérea internacional de México es como sigue. En cuanto a vuelos, durante 2012 nuestro país participó con 268,164 vuelos con el continente Americano, 13,071 vuelos con el continente Europeo y sólo 857 vuelos con el continente Asiático. En relación con los pasajeros internacionales, hubo 25,649,113 pasajeros entre México y América, 2,812,699 pasajeros entre México y Europa, y 85,988 pasajeros entre México y Asia. En lo que respecta a la carga internacional, se transportaron más de 382,007 toneladas entre México y América, más de 91,610 toneladas entre México y Europa, y más de 674 toneladas entre México y Asia.

2.3 Situación del grupo OMA de 2003 a 2012

El grupo OMA durante el periodo de 10 años comprendido entre 2003 y 2012 realizó un total de 2,267,489 operaciones aéreas (despegues y aterrizajes), de las cuales 40% correspondió al aeropuerto de Monterrey, seguido en importancia por los aeropuertos de Chihuahua y Culiacán con 8% de participación, y en cuarto y quinto lugar el aeropuerto de Mazatlán y Acapulco, con 7% y 6% de participación respectivamente. Durante este periodo se atendieron más de 112.3 millones de pasajeros, en este rubro Monterrey es nuevamente el aeropuerto más importante, dado que atendió al 45% del total del grupo. Le siguieron los aeropuertos de Acapulco y Mazatlán, con 7% de pasajeros atendidos en cada uno de ellos, y enseguida se ubicaron los aeropuertos de Chihuahua y Ciudad Juárez, con la misma participación entre ellos de 6%. En lo que respecta al rubro de carga aérea para el grupo OMA, en el periodo señalado se transportaron más de 869.5 millones de toneladas, de las cuales 56% fue manejada en el aeropuerto de Monterrey, 19% en el aeropuerto de San Luis Potosí, 7% en el aeropuerto de Chihuahua y 6% en el aeropuerto de Culiacán.

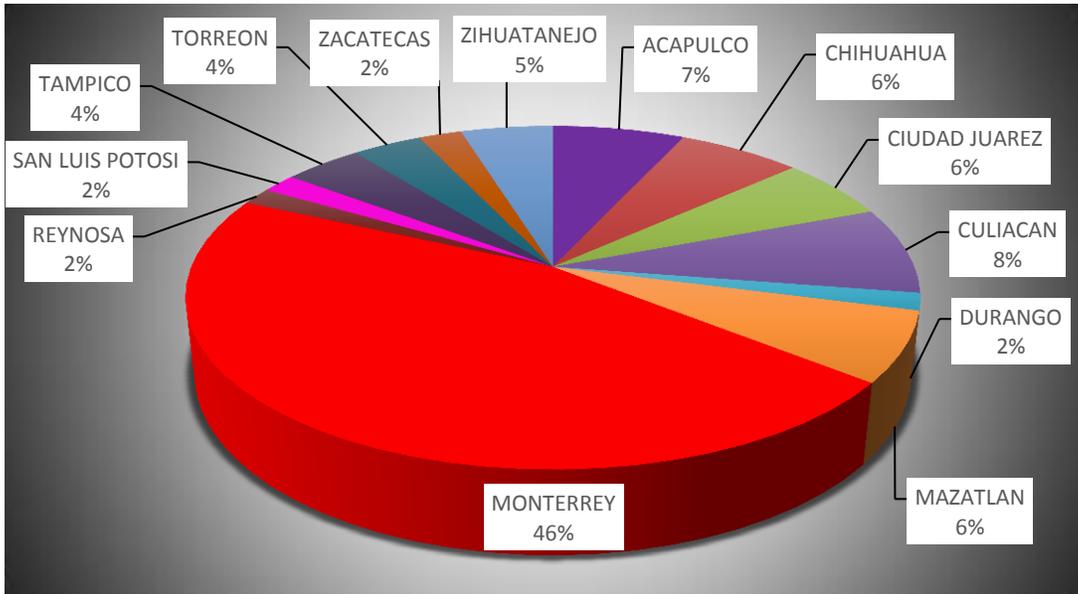
Por los datos anteriormente expuestos, se puede decir que el aeropuerto más importante del grupo OMA es Monterrey. Cabe señalar que la Ciudad de Monterrey representa la tercera zona metropolitana más grande del país, y es un importante centro de negocios, industrial y económico. Además, es la sede de muchas empresas notables tanto nacionales como internacionales. Algunos de los aeropuertos del grupo OMA se ubican en lugares que son considerados como destinos turísticos, en el ámbito nacional y/o internacional, tal es el caso de Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo. En estos aeropuertos se aprecian flujos considerables de pasajeros. Por otra parte, los aeropuertos que manejan los mayores volúmenes de carga aérea, se ubican en ciudades relacionados con el sector industrial y logístico. Si bien hay aeropuertos dentro de grupo OMA con importantes flujos de pasajeros y carga, también, existen aeropuertos con grandes oportunidades de mejora debido a que presentan flujos muy reducidos o incluso nulos, en los rubros mencionados antes, tales son los casos de Durango, Reynosa, Tampico y Torreón. En las Figuras 2.13 a 2.15 se presenta la participación porcentual de los aeropuertos del grupo OMA en cuanto a

operaciones realizadas, pasajeros atendidos y carga transportada, para el periodo 2003 – 2012.



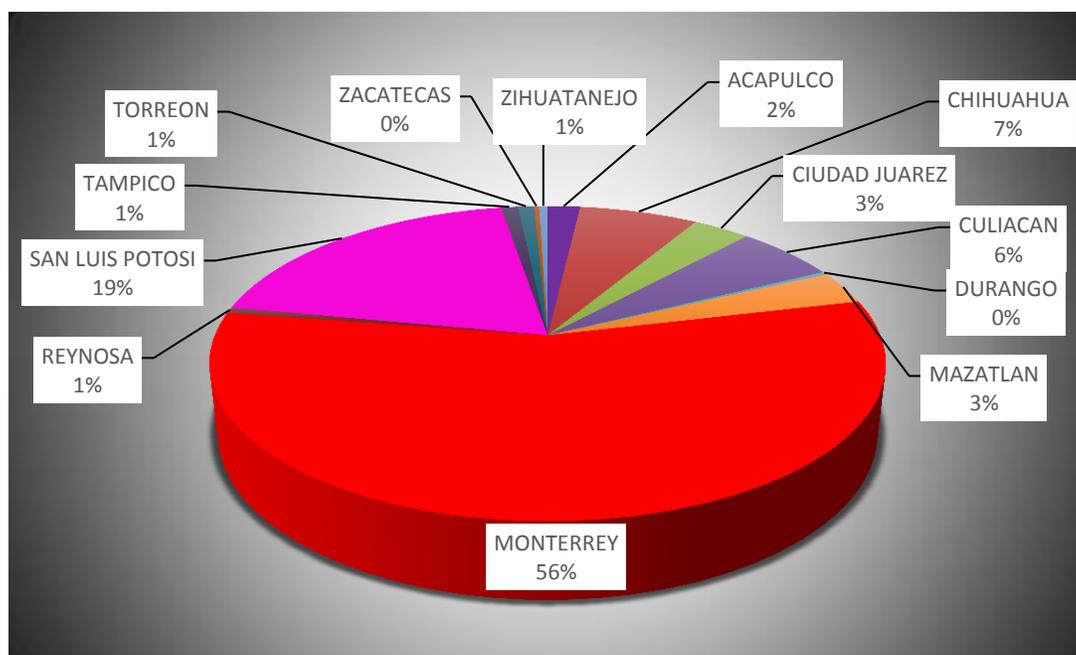
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.13 Porcentaje de operaciones aéreas realizadas en los aeropuertos del grupo OMA, durante los años 2003 a 2012



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.14 Porcentaje de pasajeros atendidos en los aeropuertos del grupo OMA, durante los años 2003 a 2012



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.15 Porcentaje de carga transportada en los aeropuertos del grupo OMA, durante los años 2003 a 2012

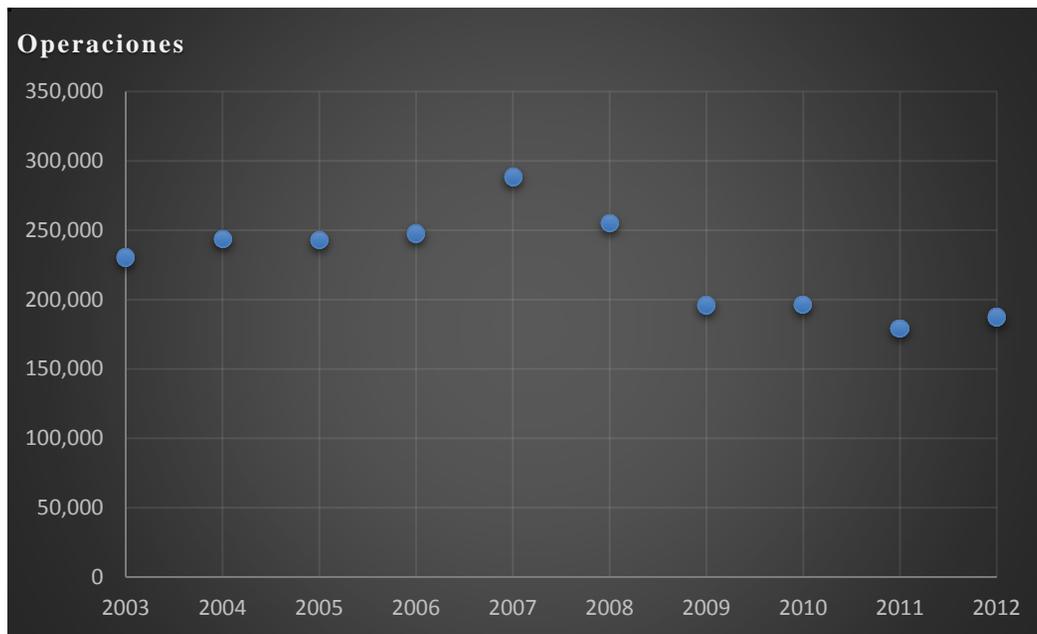
2.3.1 Comportamiento global del grupo OMA de 2003 a 2012

En las Figuras 2.16 a 2.18 se presentan las series de tiempos del comportamiento global del grupo OMA, para el periodo 2003 – 2012, en los rubros de operaciones, pasajeros y carga respectivamente.

En relación con las operaciones aéreas, en la Figura 2.16 se aprecia una tendencia con ligero crecimiento estable entre 2003 y 2006, un crecimiento significativo en 2007, seguido de una disminución de la actividad en 2008 y 2009, para continuar con una tendencia más o menos estable hasta 2012.

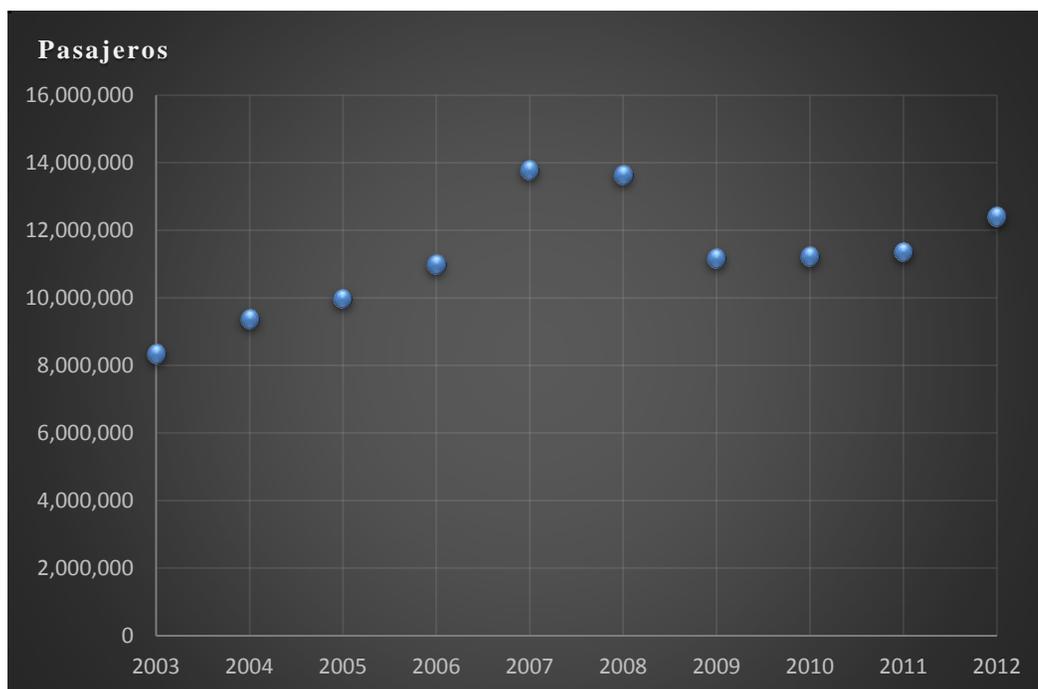
En el rubro de pasajeros atendidos, en la Figura 2.17, se observa un crecimiento importante y sostenido entre 2003 y 2007, sin embargo, en 2008 este crecimiento quedó estancado y en 2009 se presentó una disminución significativa de los pasajeros atendidos, a partir de entonces se ha observado una recuperación lenta pero sostenida, la cual en 2012 tuvo mayor impulso.

En lo que respecta a la carga transportada en los aeropuertos de OMA (Figura 2.18) se observa que entre 2003 y 2005 se presentó una tendencia positiva, sin embargo desde 2006 y hasta 2009 se presentaron decrementos importantes en los flujos de carga. Afortunadamente, en 2010 y 2011 se recuperó el crecimiento con valores cercanos a los manejados en 2005, sin embargo, en 2012 se observa otra ligera caída en los valores de este rubro.



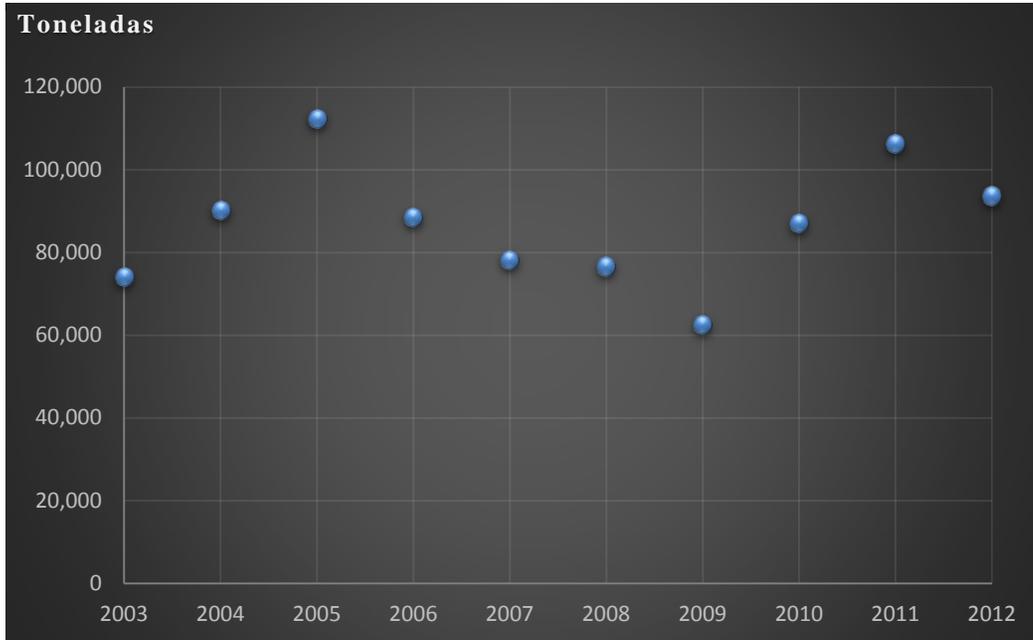
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.16 Evolución de las operaciones realizadas en los aeropuertos del grupo OMA (2003 – 2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.17 Evolución de los pasajeros atendidos en los aeropuertos del grupo OMA (2003 – 2012)



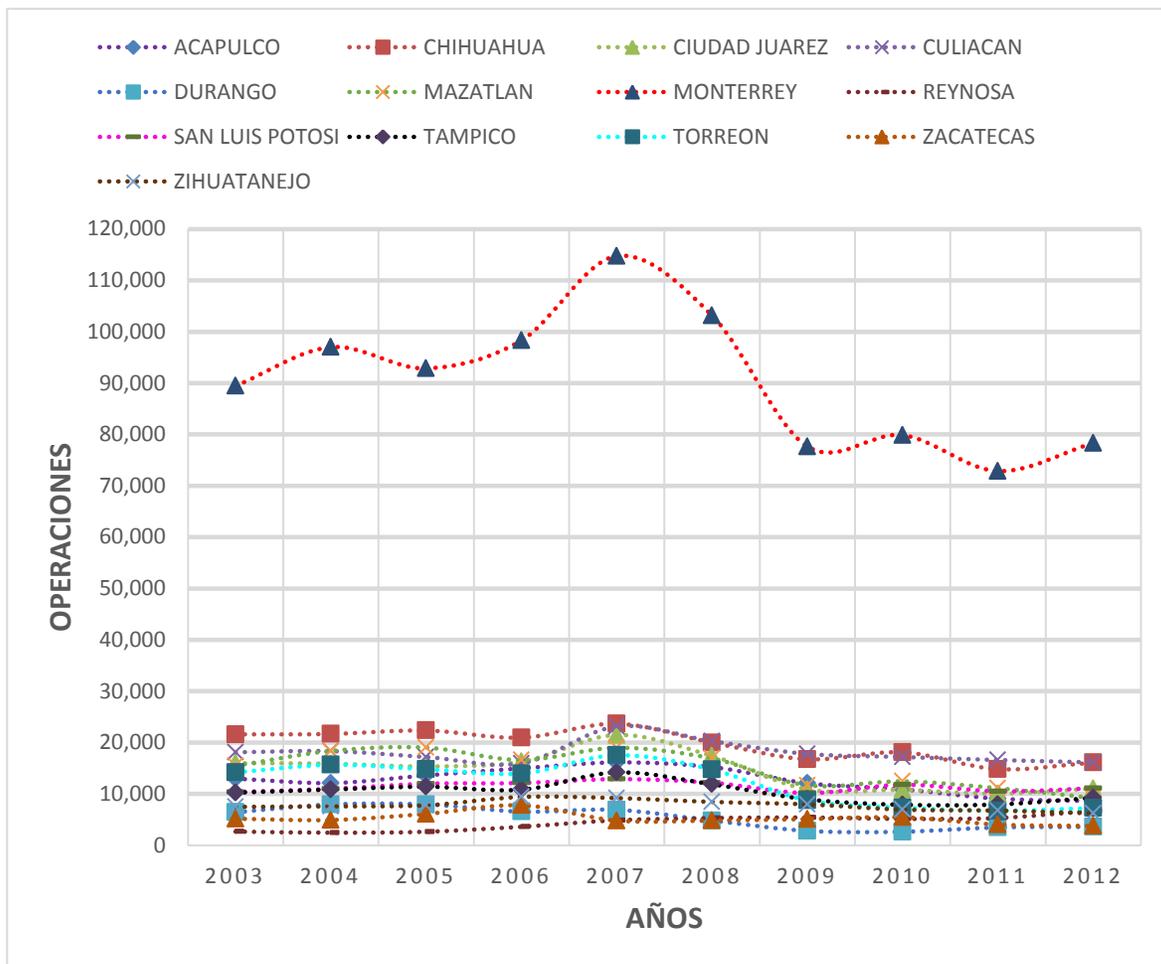
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.18 Evolución de la carga transportada en los aeropuertos del grupo OMA (2003 – 2012)

2.3.2 Comportamiento de los aeropuertos del grupo OMA de 2003 a 2012

Como ya se mencionó antes, el grupo OMA está conformado por 13 aeropuertos, los cuales presentan comportamientos distintos en cuanto a la cantidad de operaciones y pasajeros que atienden, o la cantidad de carga que manejan. En las Figuras 2.19 a 2.24 se presenta el comportamiento en forma individual de cada uno de estos aeropuertos en los rubros señalados, para el periodo comprendido entre 2003 y 2012. Los símbolos utilizados para cada aeropuerto indican el valor puntual de cada rubro representado, y las líneas punteadas representan las tendencias respectivas.

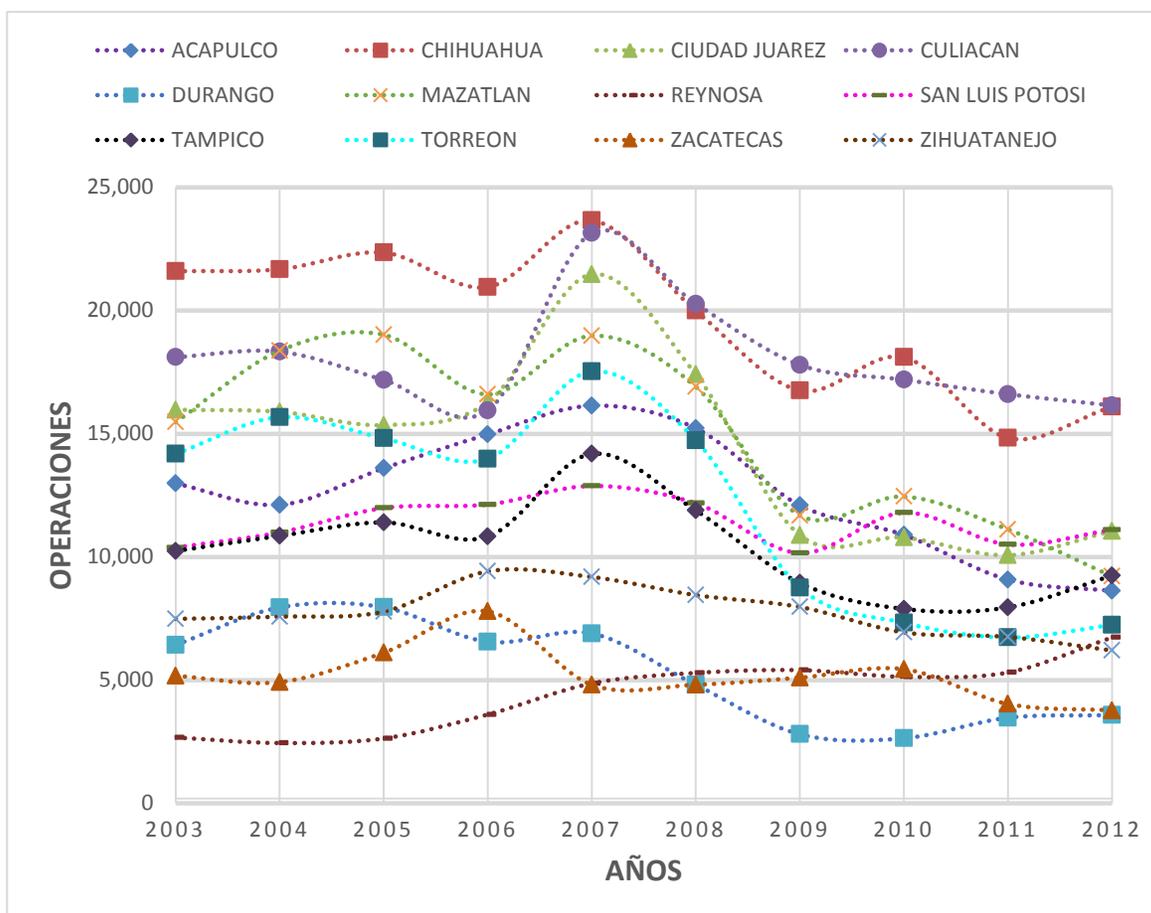
En relación con las operaciones aéreas que se realizaron en los aeropuertos del grupo OMA, en la Figura 2.19 se observa que el aeropuerto que más destaca es el de Monterrey. También, se pueden observar las fluctuaciones de su actividad aérea y cómo el valor máximo en este rubro se alcanzó en 2007. Además, se aprecia que en 2008 y 2009, el aeropuerto de Monterrey, tuvo una reducción significativa en sus operaciones aéreas, y que a partir de ese año no se ha observado su recuperación. Debido a que el aeropuerto de Monterrey supera con mucho al resto de los aeropuertos de este grupo, en la Figura 2.20 se presentan las tendencias de las operaciones de todo el grupo con excepción del más prominente.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.19 Comportamiento de los aeropuertos del grupo OMA, en relación con las operaciones realizadas (2003 – 2012)

En la Figura 2.20 también se observa que el resto de los aeropuertos del grupo OMA presenta un comportamiento similar al de Monterrey. En general, estos aeropuertos alcanzan el valor máximo de sus operaciones en 2007, y presentan una disminución importante de esta actividad en 2008 y 2009, y posteriormente presentan una estabilización de las operaciones realizadas, aunque con fluctuaciones, que en algunos casos indican una ligera recuperación a partir de 2012. En particular, los aeropuertos con incrementos de operaciones en 2012, además de Monterrey, son Chihuahua, Ciudad Juárez, Durango, Reynosa, San Luis Potosí, Tampico y Torreón. Dentro de todos ello, sobresale Reynosa ya que el incremento de sus operaciones ha sido prácticamente sostenido desde 2005. Por otro lado, los aeropuertos que en 2012 todavía presentaron una disminución de sus operaciones son Acapulco, Culiacán, Mazatlán, Zacatecas y Zihuatanejo. También, se debe observar que la mayoría de estos aeropuertos son considerados como destinos turísticos.

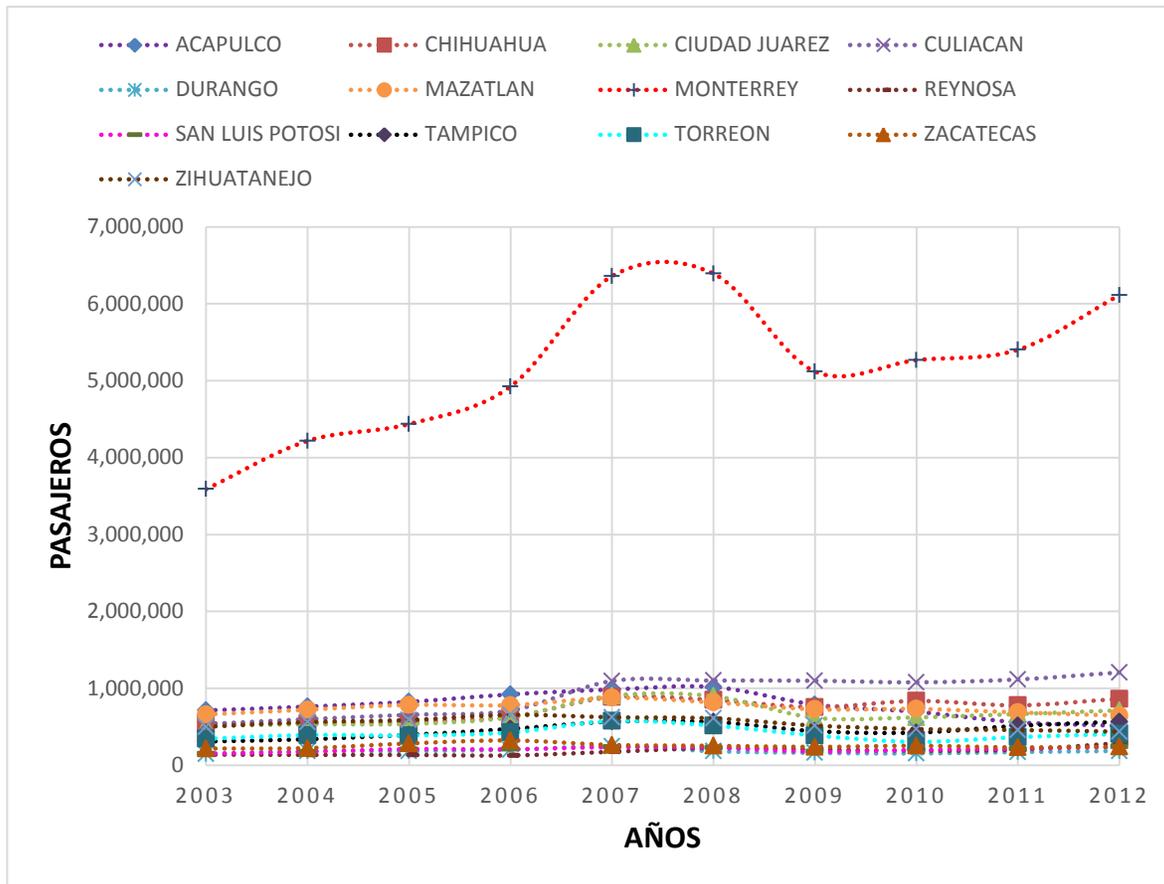


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.20 Comportamiento de los aeropuertos del grupo OMA, con excepción de Monterrey, en relación con las operaciones realizadas (2003 – 2012)

En la Figura 2.21 se observa que en todos los años registrados, el aeropuerto de Monterrey supera por mucho al resto de los aeropuertos de grupo OMA. En general, este aeropuerto mantuvo una tendencia creciente de pasajeros atendidos entre 2003 y 2008, sin embargo, en 2009 tuvo una reducción significativa en este rubro de casi 1.3 millones de pasajero, afortunadamente en 2010 presentó una recuperación ligera, que ha tendido a incrementarse a partir de entonces, sobre todo en 2012. Para observar con más detalle el comportamiento del resto de los aeropuertos del grupo OMA, en la Figura 2.22 se presentan sus tendencias, pero sin incluir ahora al aeropuerto de Monterrey.

Dentro de los aeropuertos mostrados en la Figura 2.22 se aprecia que el aeropuerto de Culiacán es el que ha tenido una mejor recuperación en cuanto a flujo de pasajeros. Aunque, este aeropuerto ha presentado algunos retrocesos reducidos en el periodo consignado, en general ha mantenido un crecimiento sostenido que lo ubica en el segundo lugar del grupo OMA, en el rubro de pasajeros atendidos.

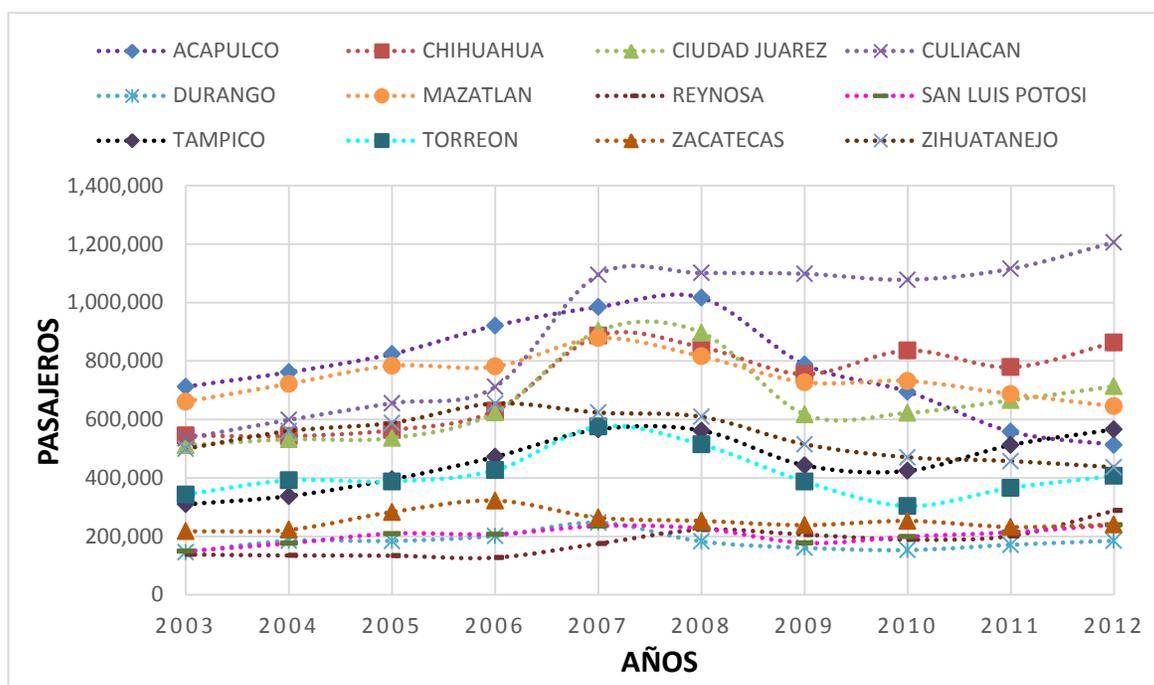


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.21 Comportamiento de los aeropuertos del grupo OMA, en relación con los pasajeros atendidos (2003 – 2012)

Abajo de Culiacán se encuentran otros aeropuertos que han crecido, pero con menor velocidad y/o con mayores fluctuaciones, tal es el caso de Ciudad Juárez, Chihuahua, Durango, Reynosa, San Luis Potosí, Tampico, Torreón y Zacatecas. Sin embargo, aunque todos los aeropuertos antes señalados presentan crecimiento en los flujos de pasajeros, algunos de ellos durante el periodo considerado sólo han tenido un crecimiento marginal, tal es el caso de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Reynosa.

Por otro lado, están los aeropuertos que han tenido un decremento considerable en cuanto al número de pasajeros atendidos, tal es el caso de los aeropuertos de Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo. Aunque en 2012 estos aeropuertos atendieron a más pasajeros que otros aeropuertos del mismo grupo, debe darse especial atención a sus tendencias ya que año con año disminuye el número de pasajeros a los que dan servicio. Además, se observa que estos tres aeropuertos son destinos turísticos por lo que su comportamiento no es favorable a este sector.



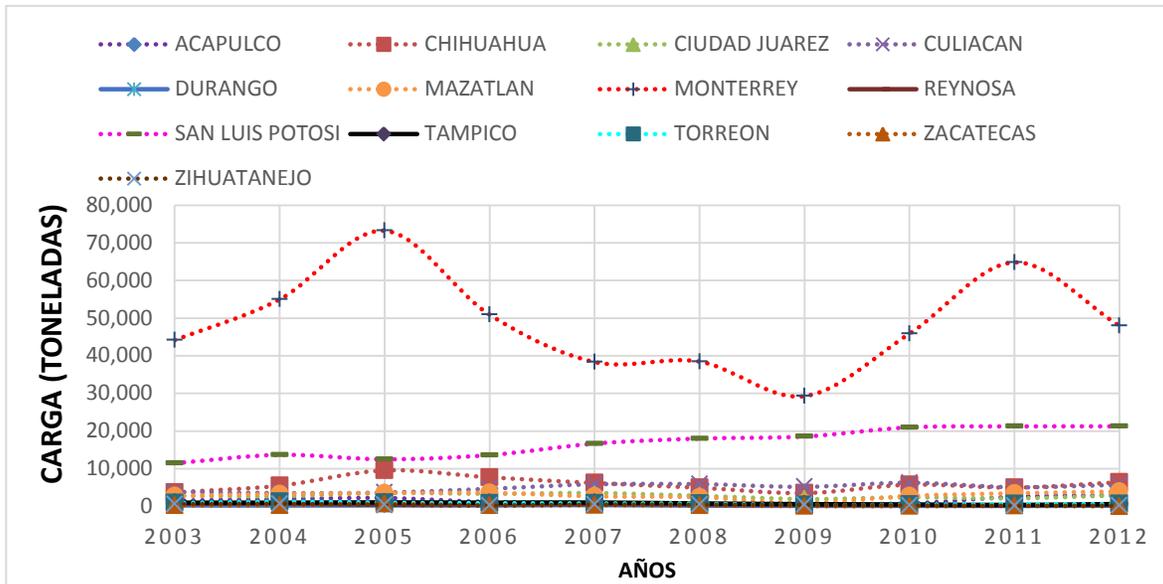
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.22 Comportamiento de los aeropuertos del grupo OMA, con excepción de Monterrey, en relación con los pasajeros atendidos (2003 – 2012)

Las tendencias del comportamiento de la carga aérea atendida en los aeropuertos de OMA, durante el periodo 2003 a 2008, se muestran en la Figura 2.23. Se observa que Monterrey y San Luis Potosí concentran estos flujos, aunque desde luego es Monterrey el que maneja la mayor cantidad de carga. En el caso de Monterrey hasta el año 2005 mostró una tendencia de crecimiento positiva, de hecho en ese año alcanzó su valor máximo dentro del periodo analizado, y a partir de dicho año empezó a disminuir notablemente los volúmenes de carga manejada, hasta que tocó fondo en 2009. A partir de 2010 y durante 2011 tuvo una recuperación acelerada, sin embargo en 2012 bajo su participación hasta un nivel similar al de 2010. En cambio, San Luis Potosí desde 2006 y hasta 2012 ha mantenido una tendencia creciente y consistente, aunque se debe señalar que en 2011 y 2012, su crecimiento ha sido muy reducido. Para revisar con más detalle las tendencias de los otros aeropuertos se elaboró la Figura 2.24, en donde se han omitido los dos aeropuertos señalados antes.

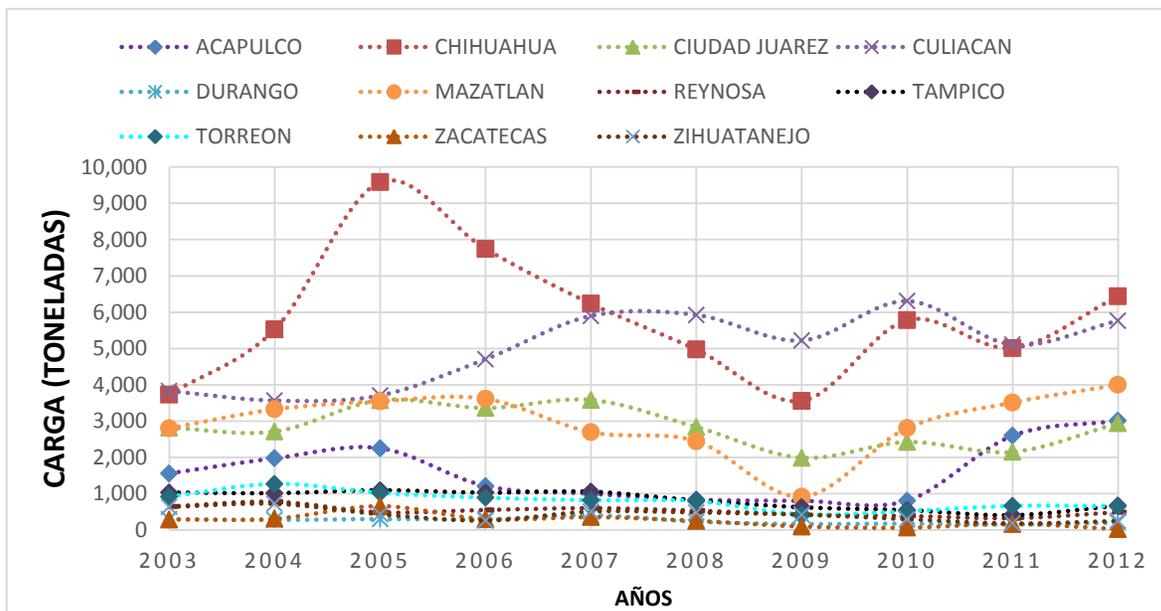
En la Figura 2.24 se observa que hay dos comportamientos en las tendencias de los flujos de carga aérea. El primero corresponde a aquellos aeropuertos que manejaron en 2012 cargas del orden de entre 3,000 y 6,500 toneladas, en este caso se encuentran los aeropuertos de Chihuahua, Culiacán, Mazatlán, Acapulco y Ciudad Juárez. Todos estos aeropuertos tuvieron una tendencia positiva, cuando menos en 2012. En estos aeropuertos destaca el caso de Chihuahua, que en 2005

alcanzó su valor máximo de carga manejada, sin embargo, desde el año siguiente y hasta 2009 tuvo decrementos uniformes cada año y hasta 2012.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.23 Comportamiento de los aeropuertos del grupo OMA, en relación con la carga generada (2003 – 2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.24 Comportamiento de los aeropuertos del grupo OMA, con excepción de Monterrey y San Luis Potosí, en relación con la carga generada (2003 – 2012)

Por otro lado, se encuentra un grupo de aeropuertos que presentan crecimientos mínimos o incluso decrementos, y que no superaron las 700 toneladas en 2012. Este es el caso de los aeropuertos de Durango, Reynosa, Tampico, Torreón, Zacatecas y Zihuatanejo.

2.4 Actividad aérea del grupo OMA en 2012

De acuerdo con la DGAC existen cuatro tipos de servicios, el regular nacional (REGNAL), el fletamento nacional (FLETNAL), el regular internacional (REGINT) y el fletamento internacional (FLETINT).

En 2012 el grupo OMA tuvo un total de 187,374 vuelos de los cuales 157,053 correspondieron a vuelos nacionales y 30,321 correspondieron a vuelos internacionales.

Del total de vuelos nacionales, 151,004 fueron regulares, mientras que 6,049 fueron de fletamento. En el caso de los vuelos internacionales, 29,215 fueron regulares y sólo 1,106 de fletamento.

También, durante 2012, en los aeropuertos del grupo OMA se atendió un total de 12,413,737 pasajeros, de los cuales 10,785,354 fueron en servicio nacional y 1,628,383 en internacional.

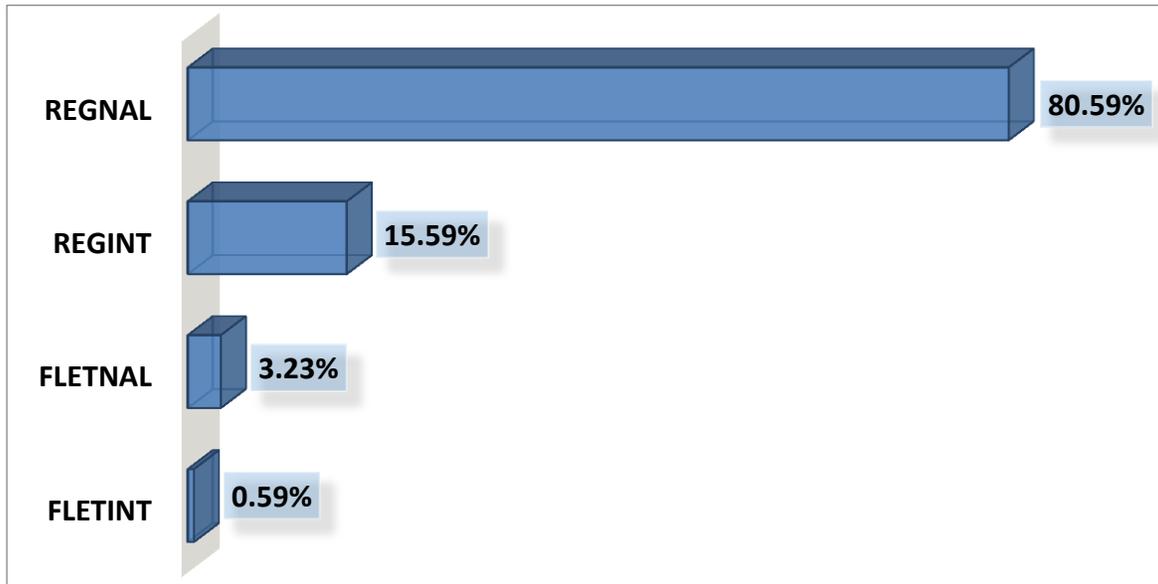
Del total de pasajeros nacionales, 10,682,540 fueron atendidos en servicio regular y 102,814 en servicio de fletamento. En relación con el servicio internacional, 1,571,411 pasajeros fueron atendidos en servicio regular, mientras que 56,972 pasajeros fueron atendidos en el servicio de fletamento.

En el año de referencia, los aeropuertos del grupo OMA dieron servicio a 93,679.49 toneladas de carga, de las cuales 61,846.77 toneladas correspondieron a carga nacional y 31,832.72 toneladas a carga internacional.

En cuanto a la carga nacional, se movieron en servicio regular aproximadamente 50,269 toneladas y en fletamento alrededor de 11,578 toneladas. En lo que respecta a carga internacional, 28,266.82 toneladas correspondieron al servicio regular y 3,565.9 toneladas al de fletamento.

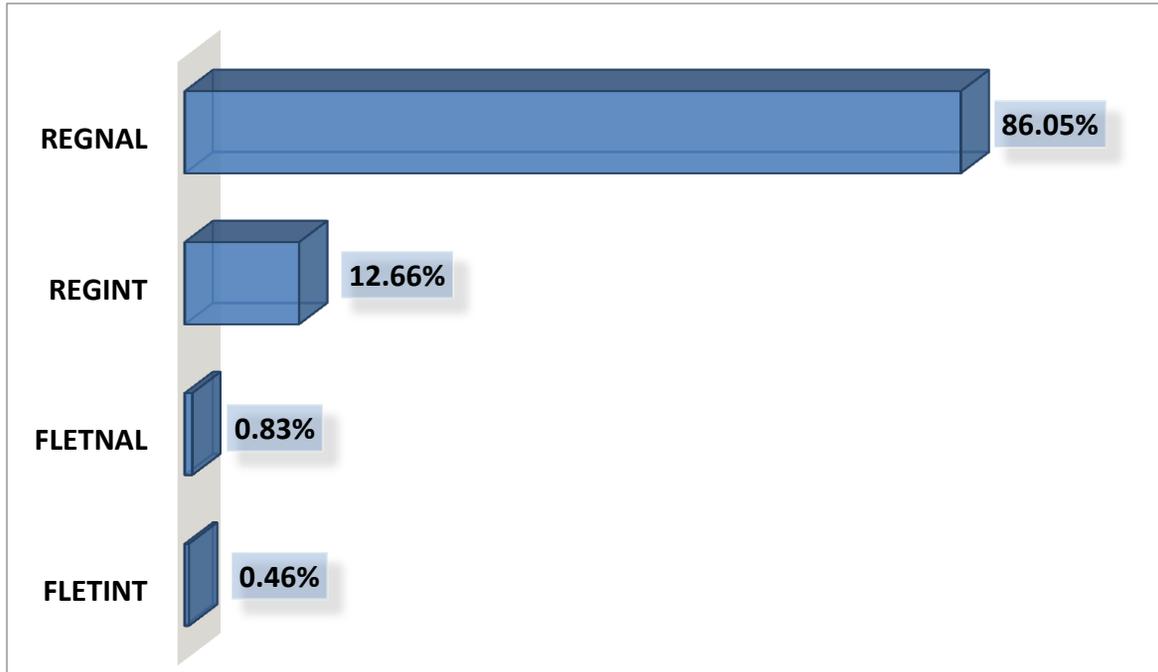
En las Figuras 2.25, 2.26 y 2.27 se muestra la participación relativa en el grupo OMA de los vuelos, pasajeros y carga respectivamente, para cada uno de los servicios señalados.

En general, se observa que durante 2012, el servicio regular es el preponderante, dado que en todos los casos su participación siempre fue mayor al 80%. En particular, dentro del servicio regular, son los movimientos nacionales los más importantes, también en todos los rubros. Por su parte, los servicios de fletamento son los que tienen la menor participación, tanto en operaciones, como en movimiento de pasajeros y carga. En este caso los valores menos significativos corresponden a los movimientos internacionales.



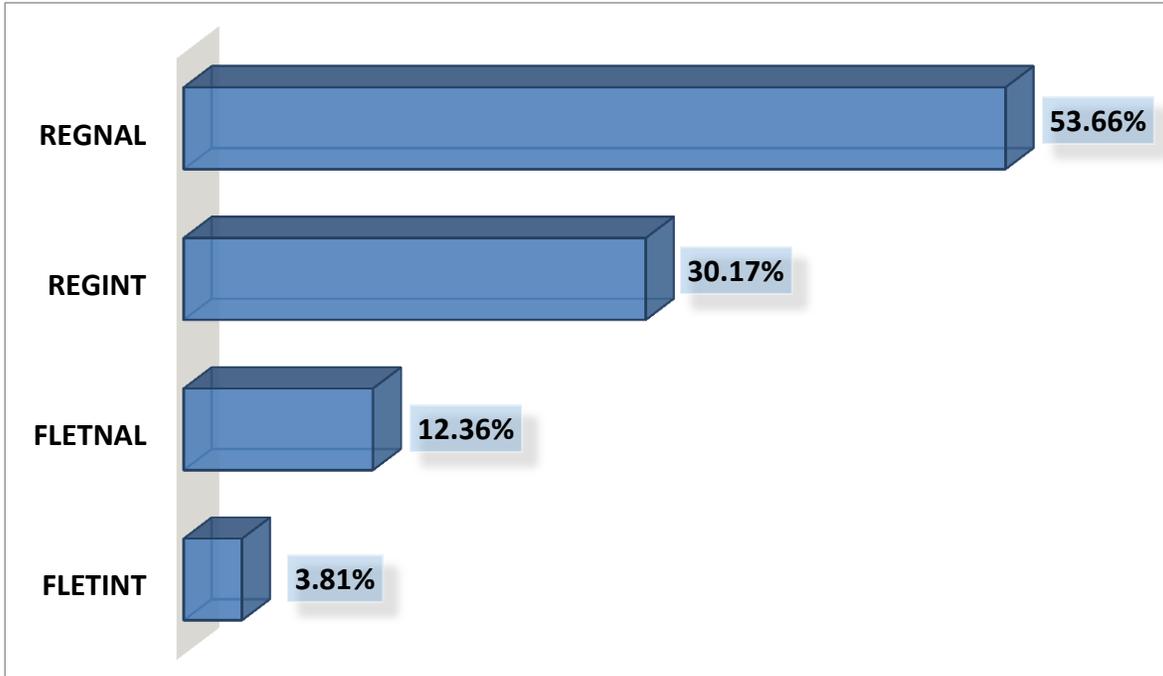
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.25 Porcentaje de vuelos realizados por tipo de servicio en el grupo OMA, durante 2012



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

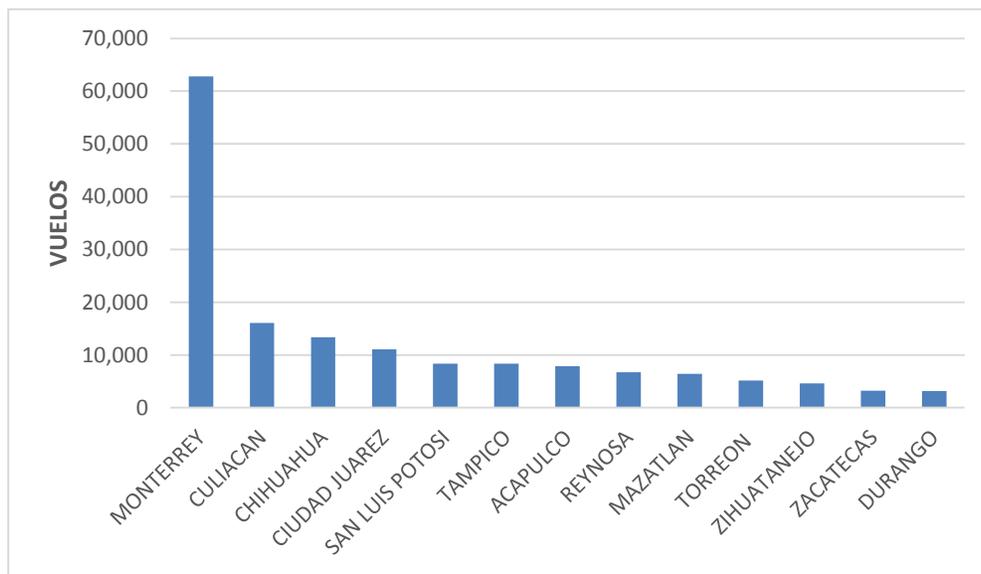
Figura 2.26 Porcentaje de pasajeros atendidos por tipo de servicio en el grupo OMA, durante 2012



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

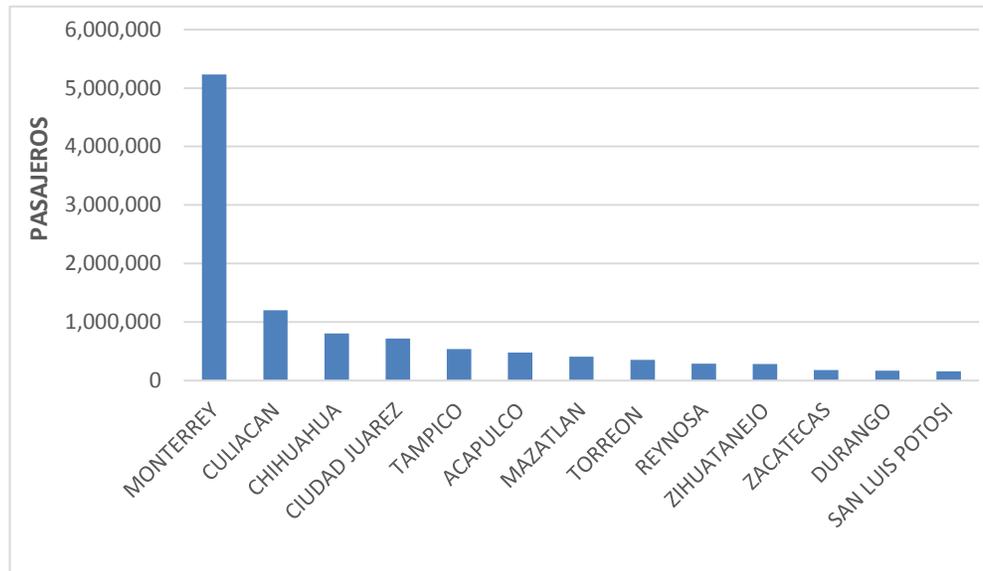
Figura 2.27 Porcentaje de carga atendida por tipo de servicio en el grupo OMA, durante 2012

Las cantidades totales de vuelos, pasajeros y carga en servicio nacional de los aeropuertos del grupo OMA, durante 2012, se presentan en las Figuras 2.28, 2.29 y 2.30 respectivamente.



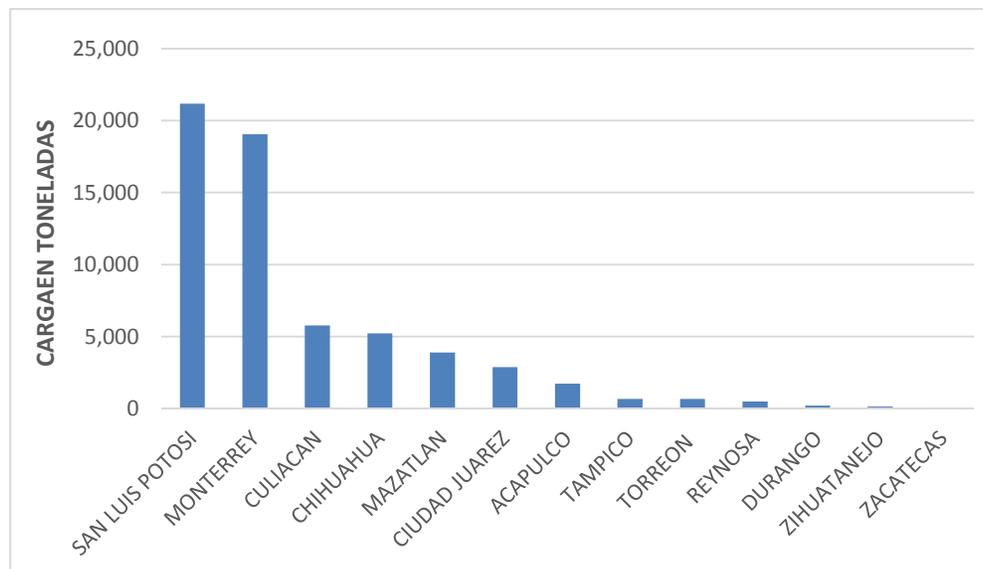
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.28 Vuelos nacionales en los aeropuertos del grupo OMA (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.29 Pasajeros nacionales en los aeropuertos del grupo OMA (2012)

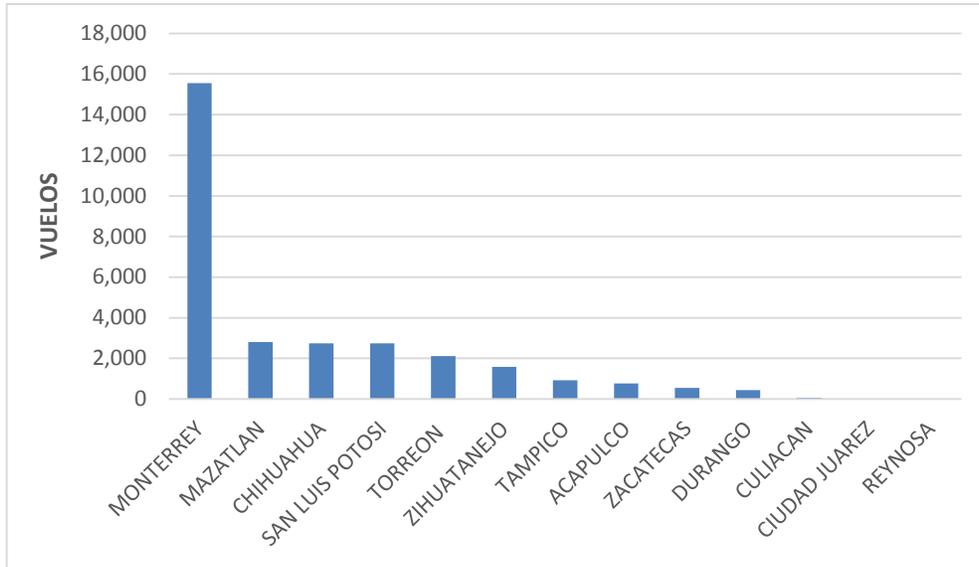


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.30 Carga nacional en los aeropuertos del grupo OMA (2012)

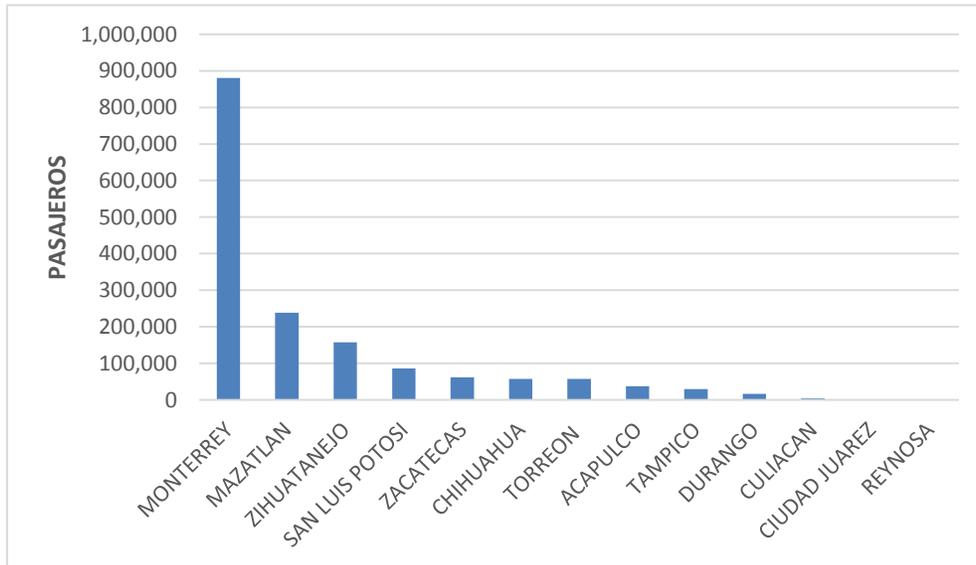
En lo que respecta a los vuelos nacionales realizados y a los pasajeros nacionales atendidos, Monterrey manejó la mayor cantidad en 2012, ubicándose muy arriba del resto de los aeropuertos del grupo OMA. Mientras que en relación con la carga nacional transportada, el aeropuerto de San Luis Potosí fue el que tuvo la mayor participación, aunque seguido muy de cerca por Monterrey.

La situación de los servicios internacionales de cada uno de los aeropuertos del grupo OMA, durante 2012, se presenta en las Figuras 2.31 a 2.33.



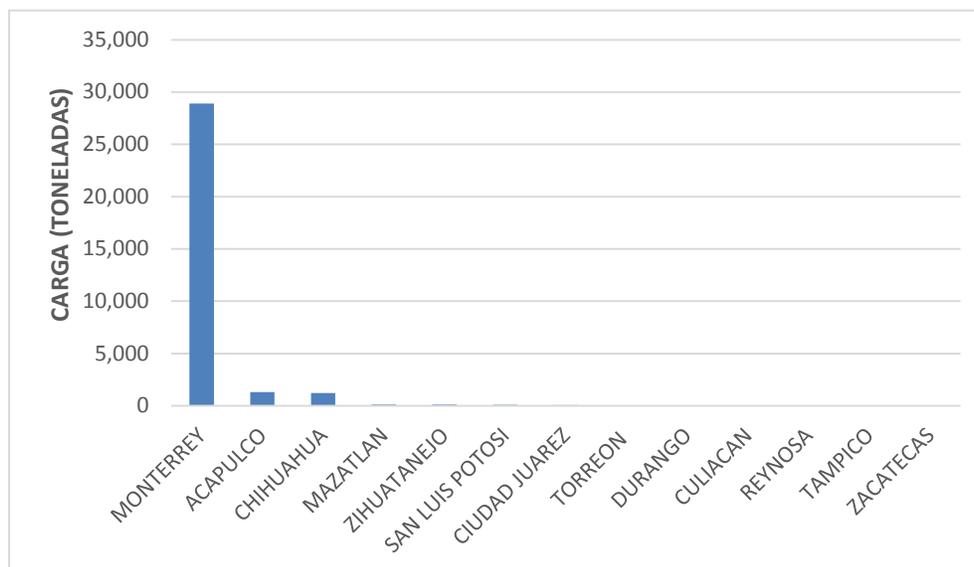
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.31 Vuelos internacionales en los aeropuertos del grupo OMA (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.32 Pasajeros internacionales en los aeropuertos del grupo OMA (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.33 Carga internacional en los aeropuertos del grupo OMA (2012)

Lo más relevante en relación con los flujos internacionales en los aeropuertos del grupo OMA durante 2012, es que el aeropuerto preponderante en todos los casos fue Monterrey, situándose siempre muy por arriba del resto de los de su grupo.

2.4.1 Relación del grupo OMA con los otros grupos aeroportuarios en 2012

Como se señaló antes, en México existen los grupos aeroportuarios del AICM, ASUR, GAP, OMA y ASA.

Además, existen otros aeropuertos que están a cargo del sector privado y/o en asociación con gobiernos estatales o municipales. Con objeto de considerar a dichos aeropuertos dentro de este trabajo y para facilitar el manejo de su información fueron considerados bajo el rubro de “OTROS” aeropuertos.

En las Tablas 2.1 y 2.2 se detalla que aeropuertos conforman cada uno de los grupos señalados antes.

En las Figuras 2.34, 2.35 y 2.36 se presenta la interacción del grupo OMA con los otros grupos durante 2012, en los rubros de vuelos, pasajeros y carga respectivamente. El término “interacción” debe entenderse como cualquier operación que tuvo algún aeropuerto del grupo OMA con otro aeropuerto fuera de este grupo, ya sea como origen o destino. En estas figuras se trata en particular de interacciones con aeropuertos nacionales y en términos porcentuales.

Tabla 2.1 Grupos aeroportuarios en México parte 1

Grupo aeroportuario	Aeropuerto
AICM (Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México)	Ciudad de México
	Campeche
ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares)	Chetumal
	Ciudad del Carmen
	Ciudad Obregón
	Ciudad Victoria
	Colima
	Guaymas
	Loreto
	Matamoros
	Nogales
	Nuevo Laredo
	Palenque
	Poza Rica
	Puebla
	Puerto Escondido
	Tamuín
	Tehuacán
	Tepic
Uruapan	

Fuente: Elaboración propia con base en: <http://www.aicm.com.mx/> y <http://www.asa.gob.mx/>

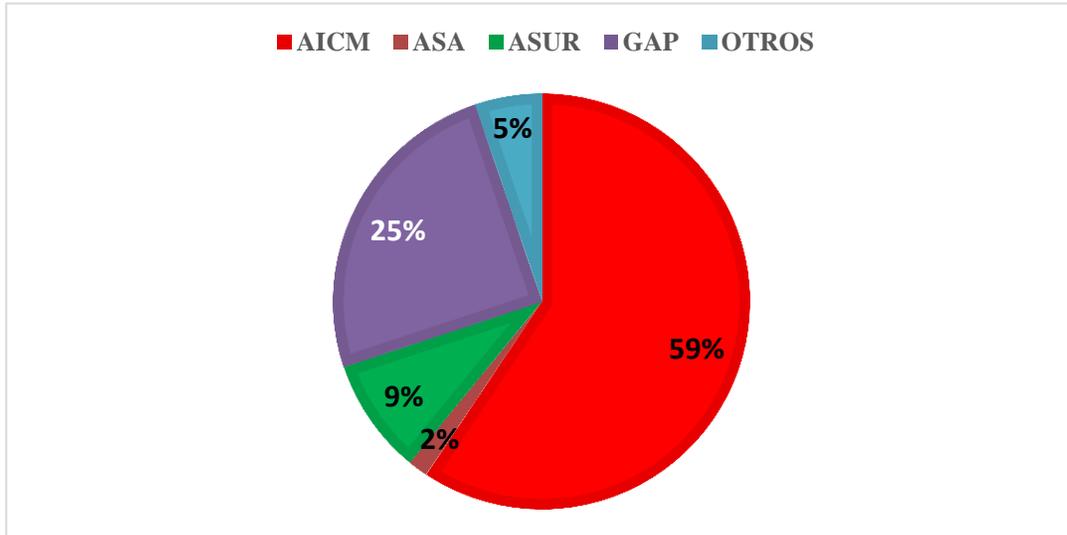
En la Figura 2.34 se observa que la mayor cantidad de vuelos (59%) que el grupo OMA tuvo con otro grupo en 2012, fue con el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. El segundo grupo en importancia en este rubro fue GAP. Estos dos grupos acumularon el 84% de los vuelos nacionales que realizó OMA en dicho periodo.

En el rubro de pasajeros atendidos, en la Figura 2.35 se aprecia que las mayores cantidades que el grupo OMA tuvo con otros grupos fueron nuevamente el AICM en primer lugar y GAP en segundo. También, estos dos grupos acumularon el 84% de los pasajeros nacionales que atendió OMA en el periodo.

Tabla 2.2 Grupos aeroportuarios en México parte 2

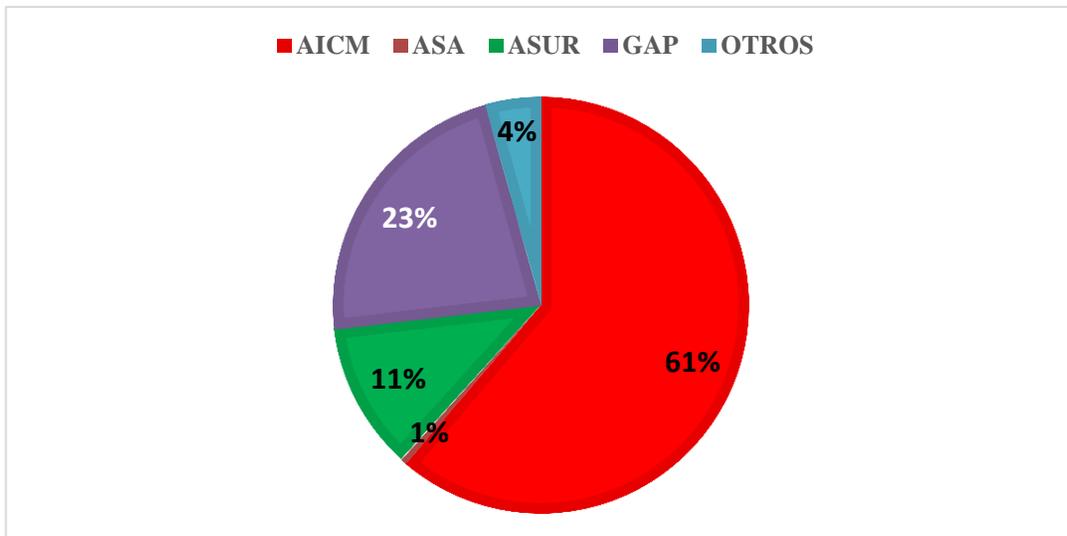
Grupo aeroportuario	Aeropuerto	Grupo aeroportuario	Aeropuerto
ASUR (Aeropuertos del Sureste)	Bahías de Huatulco	OTROS	Aeropuerto del Norte
	Cancún		Celaya
	Cozumel		Chichen Itzá
	Mérida		Cuernavaca
	Minatitlán		Jalapa
	Oaxaca		Lázaro Cárdenas
	Tapachula		Monclova
	Veracruz		Pachuca
	Villahermosa		Piedras Negras
GAP (Grupo Aeroportuario del Pacífico)	Aguascalientes		Puerto Peñasco
	Del Bajío		Querétaro
	Guadalajara		Saltillo
	Hermosillo		Toluca
	La Paz		Tuxtla Gutiérrez
	Los Mochis		
	Manzanillo		
	Mexicali		
	Morelia		
OMA (Grupo Aeroportuario Centro Norte)	Puerto Vallarta		
	San José del Cabo		
	Tijuana		
	Acapulco		
	Chihuahua		
	Ciudad Juárez		
	Culiacán		
	Durango		
	Mazatlán		
	Monterrey		
	Reynosa		
	San Luis Potosí		
Tampico			
Torreón			
Zacatecas			
Zihuatanejo			

Fuente: Elaboración propia con base en: <http://www.asur.com.mx/>, <http://www.oma.aero/es/>, <http://www.aeropuertosgap.com.mx/es/> y <http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/inicio/>



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.34 Porcentaje de vuelos realizados entre OMA y los otros grupos (2012)

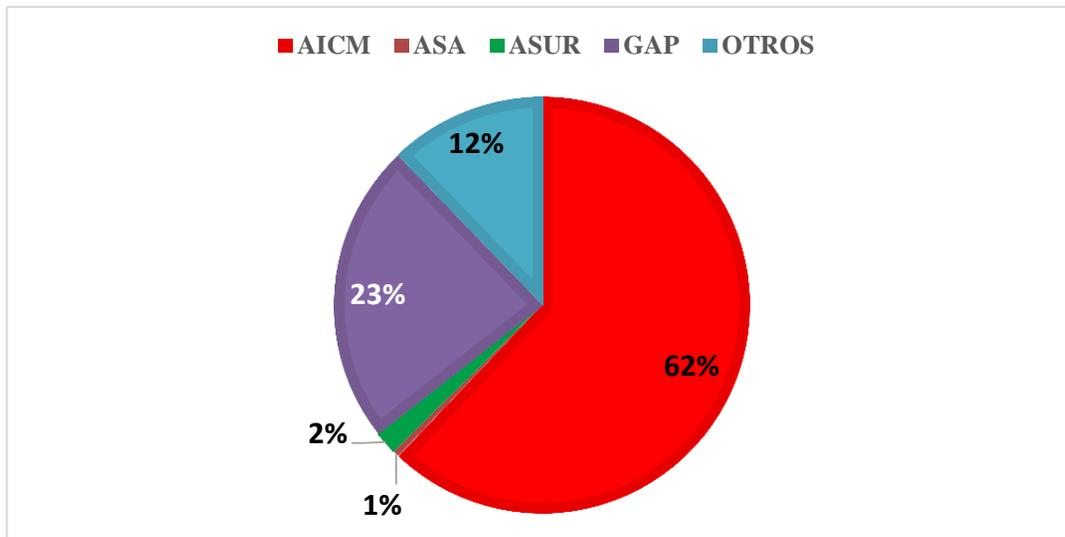


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.35 Porcentaje de pasajeros atendidos entre OMA y los otros grupos (2012)

En relación con la carga aérea (Figura 2.36), como en los casos anteriores, el AICM nuevamente es el aeropuerto con el que más interactuó el grupo OMA, seguido por el grupo GAP. Estos dos grupos ahora suman el 85% del total de carga aérea que maneja el grupo OMA.

En resumen, en el caso de los servicios nacionales se observó siempre que el AICM y GAP son los principales grupos con los que se relaciona OMA, tanto en operaciones, como en pasajeros y carga. Estos flujos representaron alrededor del 85% de la actividad del grupo OMA. En contraparte, los aeropuertos con los que menos se relaciona el grupo OMA son aquellos que pertenecen a ASA. En este caso, los flujos en los rubros señalados únicamente representaron entre 1% y 2% del total de la actividad del grupo OMA.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.36 Porcentaje de carga atendida entre OMA y los otros grupos (2012)

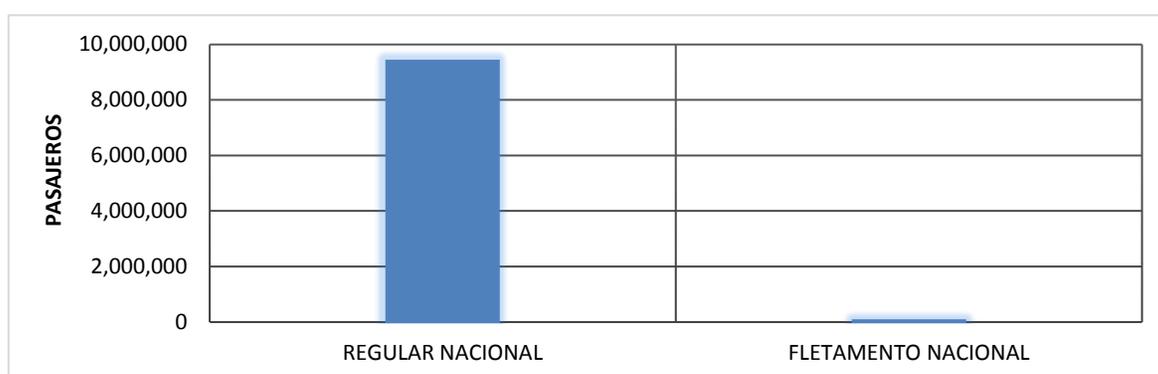
En las Figuras 2.37, 2.38 y 2.39 se muestra la magnitud de los flujos (vuelos, pasajeros y carga respectivamente) entre OMA y los otros grupos, para los servicios regular y de fletamento, durante 2012.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.37 Vuelos nacionales totales entre OMA y los otros grupos, en servicio regular y de fletamento, durante 2012

En la Figura 2.37 se observa que la mayoría de los vuelos entre OMA y los otros grupos aeroportuarios fueron realizados en el servicio regular nacional, con casi 125,000 vuelos, en cambio en el servicio de fletamento nacional se realizaron menos de 4,000 vuelos. Cabe señalar que del total de vuelos nacionales, entre el grupo OMA y el AICM se registraron 76,187, con ASA sólo 2,010 vuelos, con ASUR 11,558 vuelos, con GAP 31,985 vuelos y con OTROS aeropuertos, 6,647 vuelos.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.38 Pasajeros nacionales totales entre OMA y los otros grupos, en servicio regular y de fletamento, durante 2012

En el caso de la cantidad de pasajeros atendidos entre el grupo OMA y los otros grupos (Figura 2.38), los flujos en servicio regular nacional (9.4 millones de pasajeros) son mucho mayores a los de fletamento nacional (65,230 pasajeros). En cuanto al detalle del total de estos flujos de pasajeros, entre el grupo OMA y el AICM se ofreció servicio a 5.8 millones, con ASA se movilizaron 43,594, con el grupo ASUR 1.08 millones, con el grupo GAP 2.1 millones y con OTROS aeropuertos se movilizaron 407,728.

En cuanto a la carga aérea atendida entre el grupo OMA y los otros grupos, en la Figura 2.39 se observa que existe una situación semejante a la de vuelos y pasajeros, aunque la preponderancia del servicio regular nacional es un poco menos marcada, ya que la cantidad de carga atendida en el servicio regular nacional fue de 32,165 toneladas y en el de fletamento nacional de 7,902 toneladas.

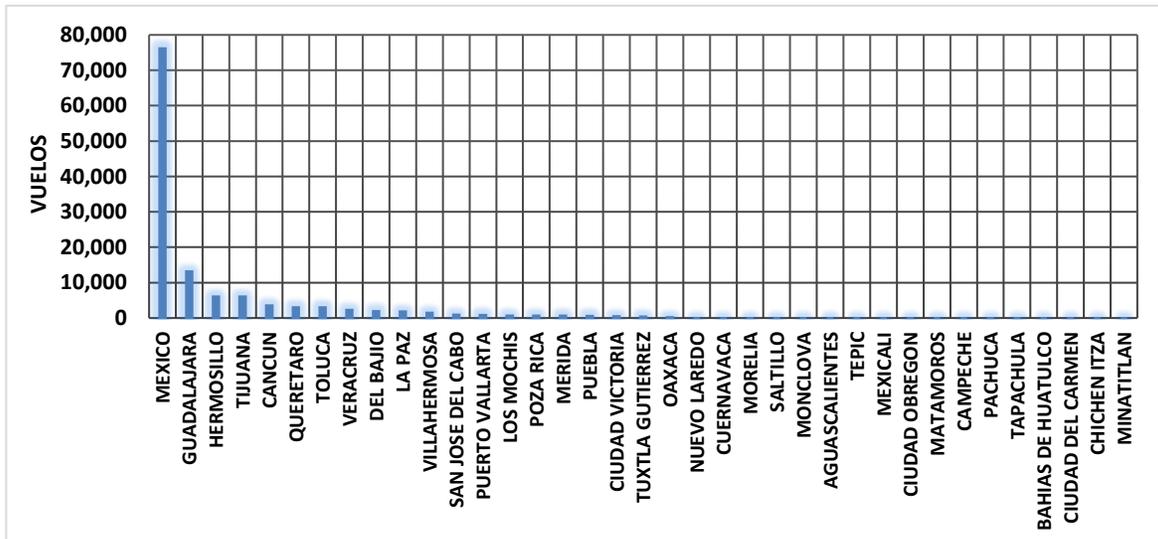
Del total de carga nacional, entre el grupo OMA y el AICM se movilizaron 24,879 toneladas, con ASA sólo 202 toneladas, con el grupo ASUR 723 toneladas, con el grupo GAP se movilizaron 9,382 toneladas y con los OTROS aeropuertos se atendieron 4,881 toneladas.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.39 Carga nacional total entre OMA y los otros grupos, en servicio regular y de fletamento, durante 2012

En la Figura 2.40 se presenta en forma ordenada la cantidad de vuelos entre el grupo OMA y los otros aeropuertos nacionales. En la Tabla 2.3 se muestra el detalle de los diez principales aeropuertos nacionales con los que el grupo OMA realizó el mayor número de operaciones, en 2012. En este rubro, los aeropuertos que destacan son el AICM y Guadalajara.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.40 Cantidad de vuelos atendidos entre el grupo OMA y los otros aeropuertos nacionales (2012)

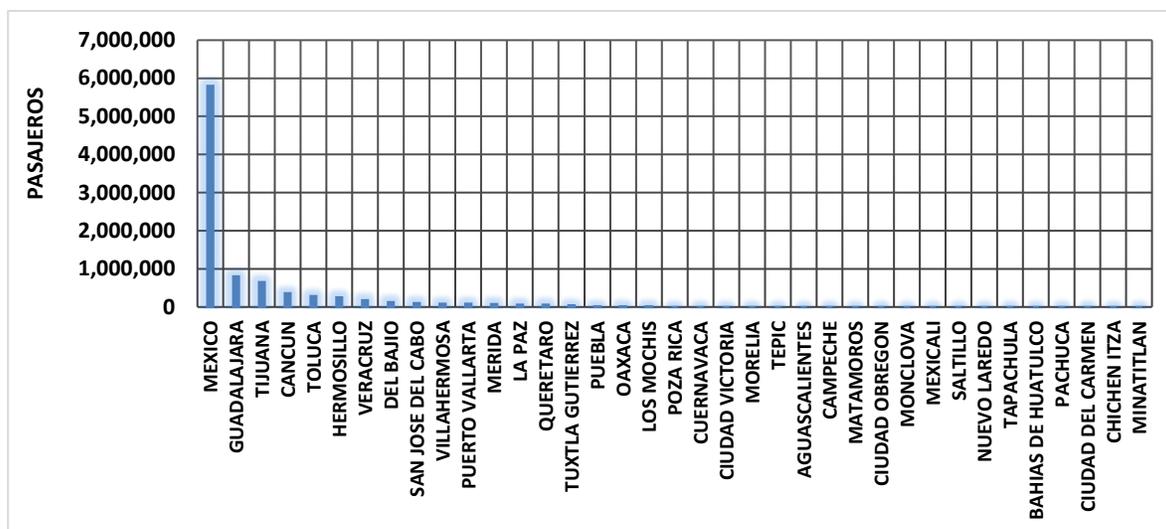
En forma similar al caso anterior, la Figura 2.41 presenta ahora en forma ordenada la cantidad de pasajeros atendidos entre el grupo OMA y los otros aeropuertos nacionales; y en la Tabla 2.4 se muestra el detalle de los diez principales aeropuertos nacionales con los que el grupo OMA atendió al mayor número de

pasajeros, en 2012. En este rubro, los aeropuertos que destacan nuevamente son el AICM y Guadalajara.

Tabla 2.3 Los diez principales aeropuertos nacionales con los que el grupo OMA realizó el mayor número de operaciones en 2012

Posición	Aeropuerto	Vuelos
1	México	76,187
2	Guadalajara	13,224
3	Hermosillo	6,071
4	Tijuana	6,071
5	Cancún	3,577
6	Querétaro	3,060
7	Toluca	3,026
8	Veracruz	2,315
9	Del Bajío	2,008
10	La Paz	1,921

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

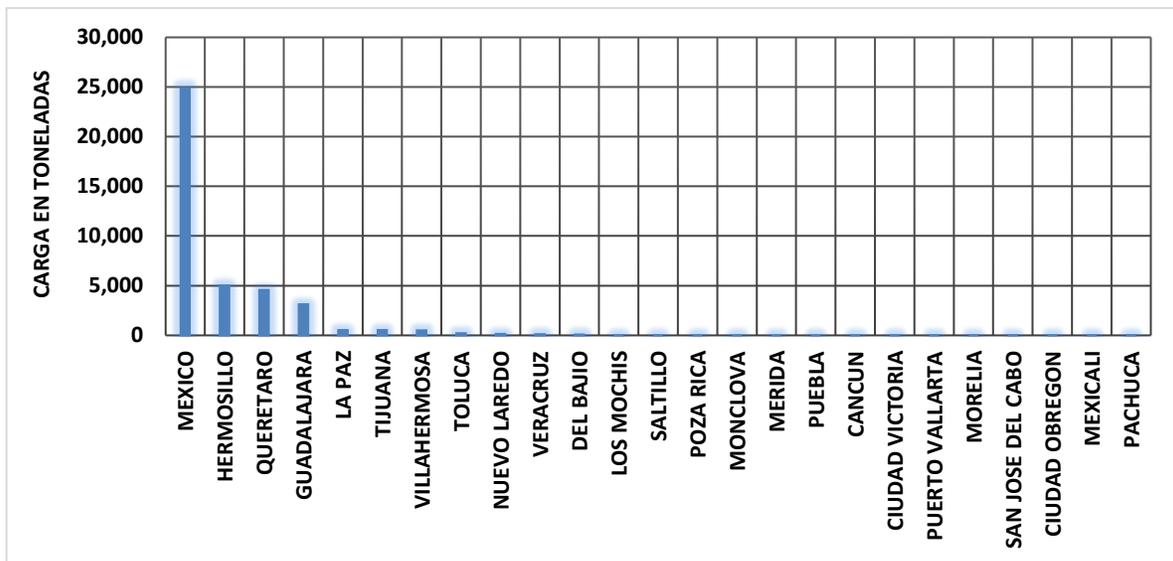
Figura 2.41 Cantidad de pasajeros atendidos entre el grupo OMA y los otros aeropuertos nacionales (2012)

Por último, la Figura 2.42 presenta en forma ordenada la cantidad de carga transportada entre el grupo OMA y los otros aeropuertos nacionales; y en la Tabla 2.5 se muestra el detalle de los diez principales aeropuertos nacionales con los que el grupo OMA atendió la mayor cantidad de pasajeros, en 2012. En este rubro, los aeropuertos que destacan son el AICM, Hermosillo, Querétaro y Guadalajara.

Tabla 2.4 Los diez principales aeropuertos nacionales con los que el grupo OMA atendió el mayor número de pasajeros en 2012

Posición	Aeropuerto	Pasajeros
1	México	5,802,165
2	Guadalajara	802,951
3	Tijuana	655,538
4	Cancún	362,532
5	Toluca	288,424
6	Hermosillo	257,171
7	Veracruz	179,453
8	Del Bajío	130,688
9	San José del cabo	105,479
10	Villahermosa	89,816

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.42 Cantidad de carga transportada entre el grupo OMA y los otros aeropuertos nacionales (2012)

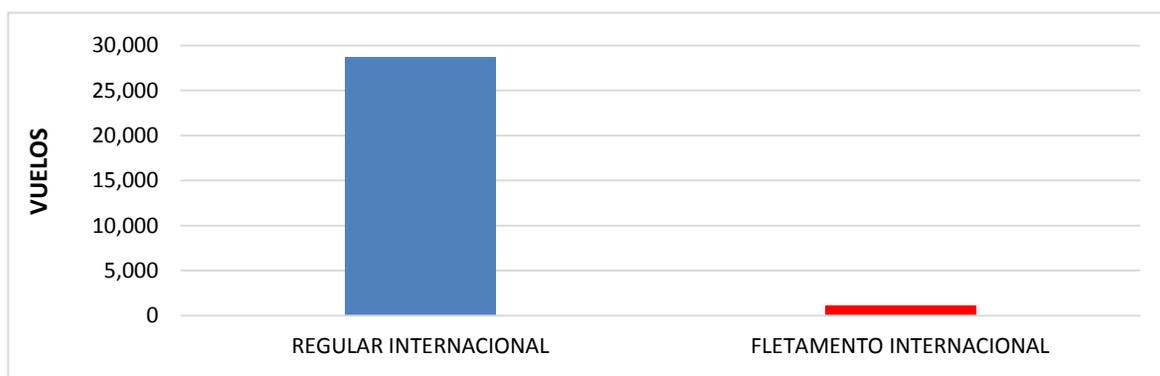
Tabla 2.5 Los diez principales aeropuertos nacionales con los que el grupo OMA atendió la mayor cantidad de carga en 2012

Posición	Aeropuerto	Carga en toneladas
1	México	24,879.3
2	Hermosillo	5,031.9
3	Querétaro	4,575.0
4	Guadalajara	3,125.9
5	La Paz	531.3
6	Tijuana	526.6
7	Villahermosa	492.3
8	Toluca	224.0
9	Nuevo Laredo	148.5
10	Veracruz	136.2

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

2.4.2 Situación internacional del grupo OMA en 2012

Durante 2012, la mayor cantidad de vuelos realizados entre los aeropuertos internacionales y el grupo OMA correspondieron al servicio regular internacional. En dicho año se realizaron casi 29 mil vuelos de ese tipo, en cambio, en el servicio de fletamento internacional sólo se realizaron alrededor de 1,000 vuelos (Figura 2.43).

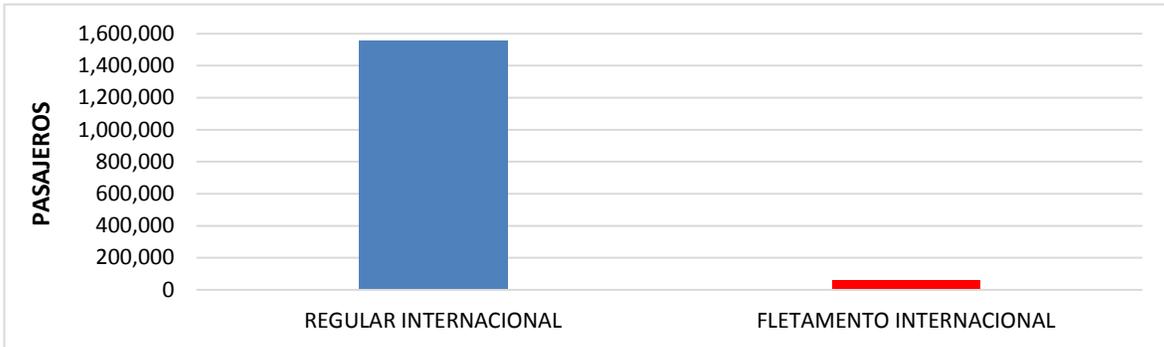


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.43 Vuelos internacionales por tipo de servicio del grupo OMA en 2012

En el caso de los pasajeros internacionales, se presenta una situación similar a la de los vuelos internacionales, debido a que hay una preponderancia del servicio

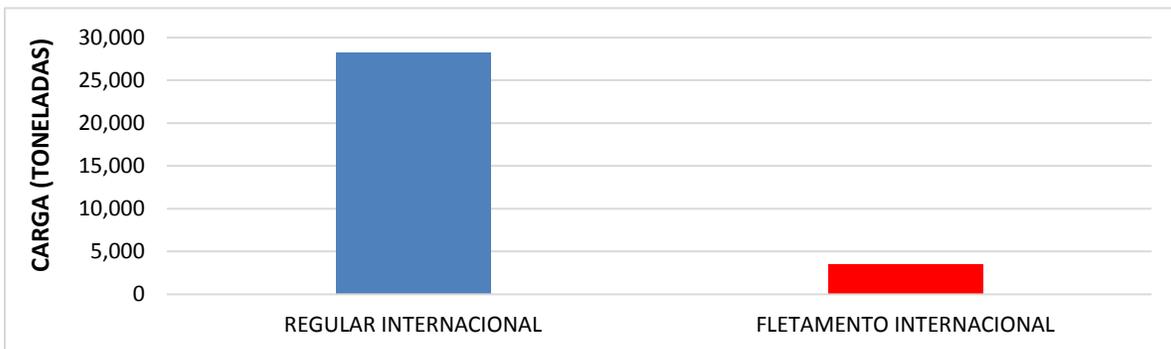
regular internacional (Figura 2.44). Durante 2012, en el servicio regular internacional se movilizaron entre el grupo OMA y los aeropuertos internacionales más de 1.5 millones de pasajeros, mientras que en el servicio de fletamento internacional sólo se dio servicio a alrededor de 57 mil pasajeros.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.44 Pasajeros internacionales por tipo de servicio del grupo OMA en 2012

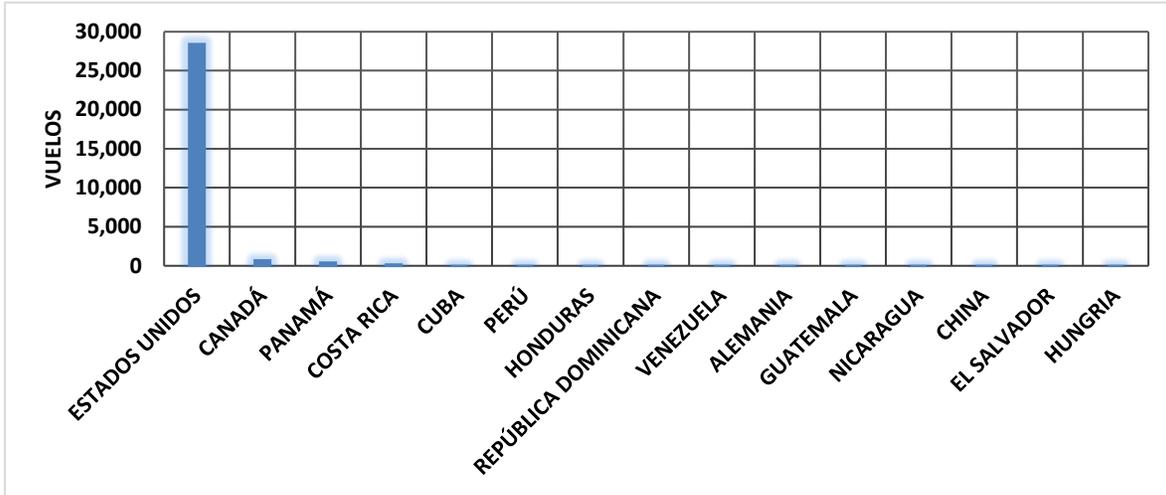
En relación con la carga internacional, en forma similar a los dos casos anteriores, se presenta una preponderancia del servicio regular internacional (Figura 2.45). Durante 2012, en el servicio regular internacional se atendieron entre el grupo OMA y los aeropuertos internacionales más de 28 mil toneladas de carga, mientras que en el servicio de fletamento internacional sólo se dio servicio a poco más de tres mil quinientas toneladas.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.45 Carga internacional por tipo de servicio del grupo OMA en 2012

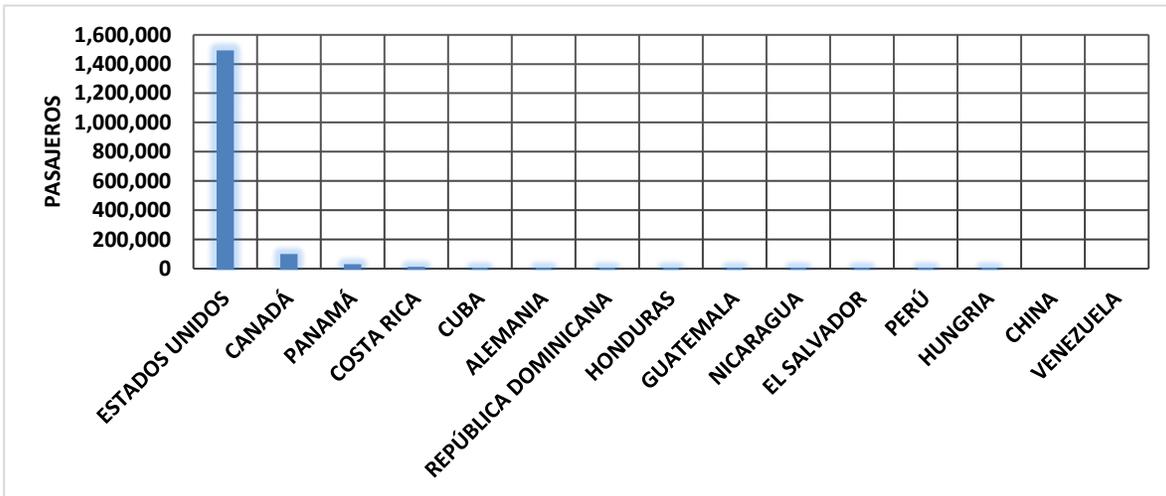
A continuación se presenta una revisión general de la actividad aérea internacional del grupo OMA con otros países. En relación con los vuelos internacionales, el país con el que el grupo OMA tuvo la mayor cantidad de operaciones, en 2012, fue Estados Unidos, con más de 28,000 vuelos, muy arriba de cualquier otro país. Por ejemplo, el siguiente país en importancia fue Canadá, con el que sólo tuvo 722 vuelos (Figura 2.46).



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.46 Cantidad de vuelos internacionales del grupo OMA, por país (2012)

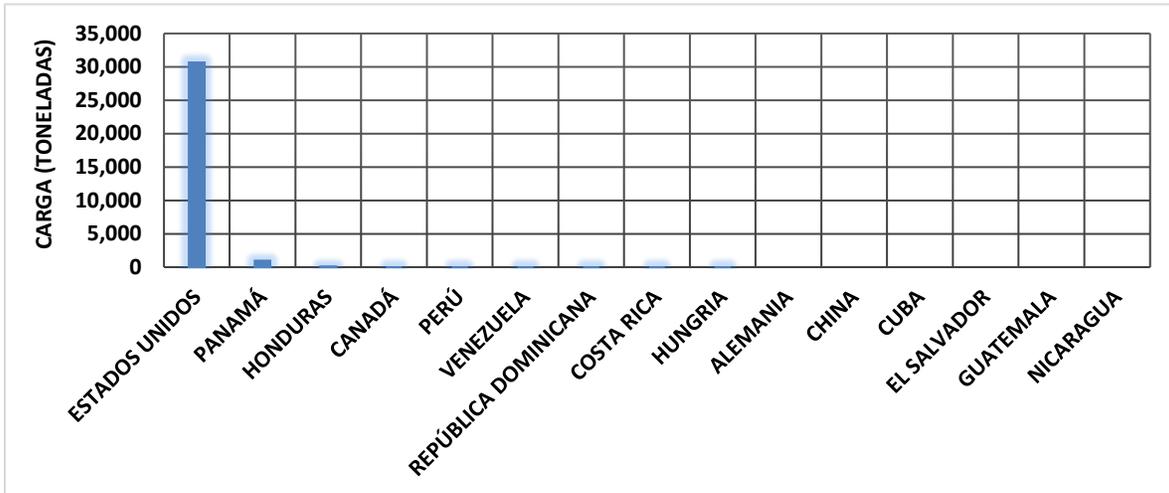
En lo que respecta a los pasajeros internacionales, la situación es similar a la de los vuelos ya que el país con el que grupo OMA tuvo una mayor movilidad de pasajeros, en 2012, fue Estados Unidos, con casi 1.5 millones de pasajeros (Figura 2.47).



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.47 Cantidad de pasajeros internacionales del grupo OMA, por país (2012)

En el caso de la carga internacional, el país con el que grupo OMA tuvo una mayor movilidad de estos flujos fue nuevamente, Estados Unidos, con más de 30,000 toneladas, en 2012 (Figura 2.48).

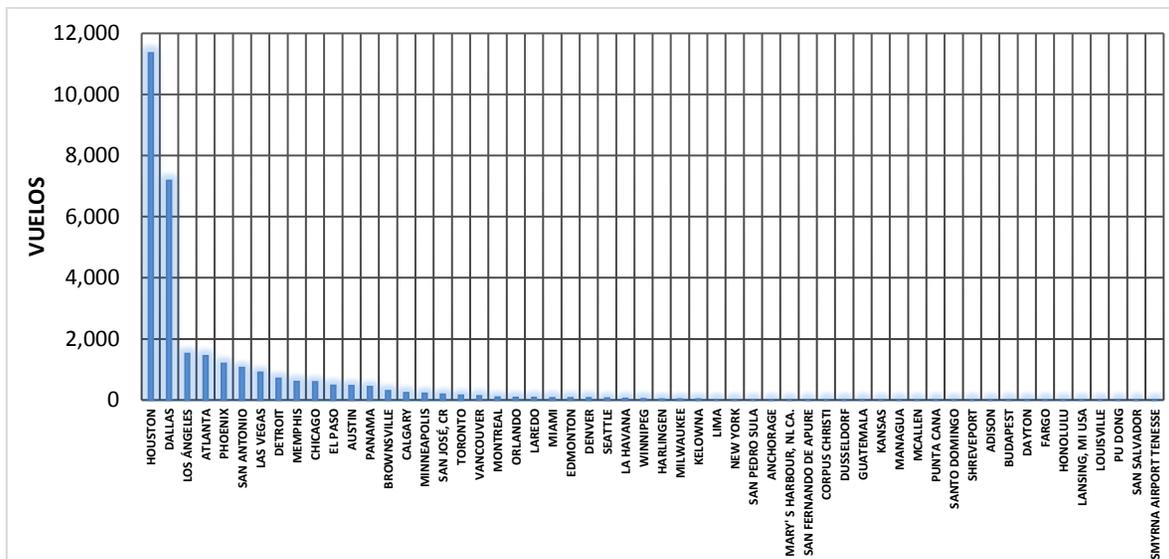


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.48 Cantidad de carga internacional del grupo OMA, por país (2012)

Ahora, el análisis se enfocará en los aeropuertos extranjeros con los que el grupo OMA interactuó en 2012.

En la Figura 2.49 se presenta la cantidad de vuelos realizados entre aeropuertos extranjeros y el grupo OMA, en 2012. El detalle de los diez principales aeropuertos extranjeros en este rubro, se presenta en la Tabla 2.6, desde luego todos estos aeropuertos se ubican en Estados Unidos.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

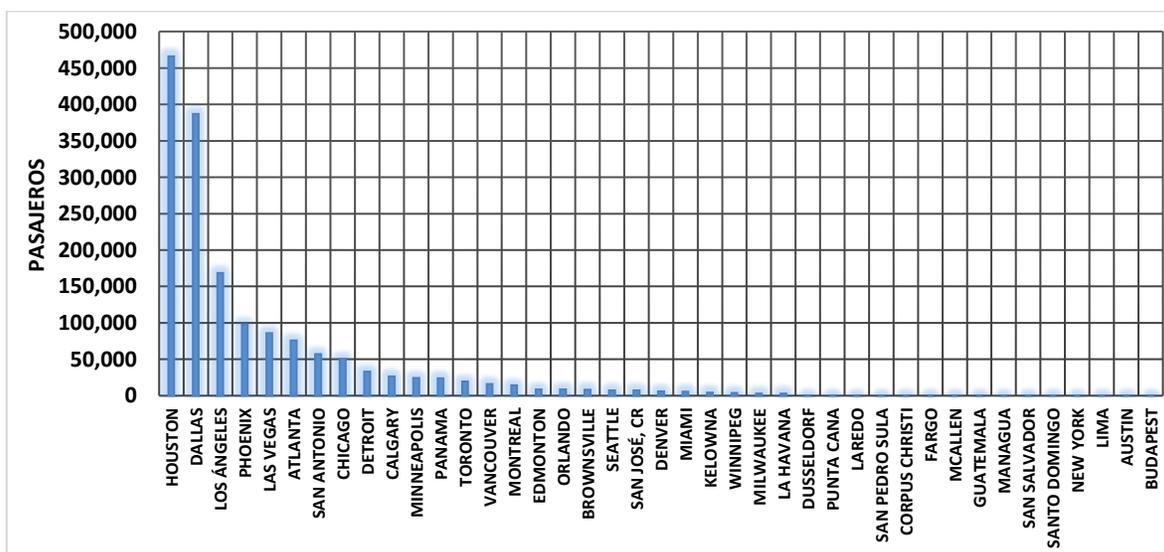
Figura 2.49 Cantidad de vuelos realizados entre aeropuertos extranjeros y el grupo OMA en 2012

Tabla 2.6 Aeropuertos extranjeros con los que el grupo OMA realizó el mayor número de vuelos en 2012

Posición	Aeropuerto	Vuelos
1	Houston	11,353
2	Dallas	7,180
3	Los Ángeles	1,519
4	Atlanta	1,445
5	Phoenix	1,198
6	San Antonio	1,059
7	Las Vegas	899
8	Detroit	701
9	Memphis	601
10	Chicago	591

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

En relación con los flujos de pasajeros internacionales, la Figura 2.50 muestra la cantidad de pasajeros atendidos entre aeropuertos extranjeros y el grupo OMA, en 2012. El detalle de los diez principales aeropuertos extranjeros en este rubro, se presenta en la Tabla 2.7, nueve de estos diez aeropuertos se ubican en Estados Unidos.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

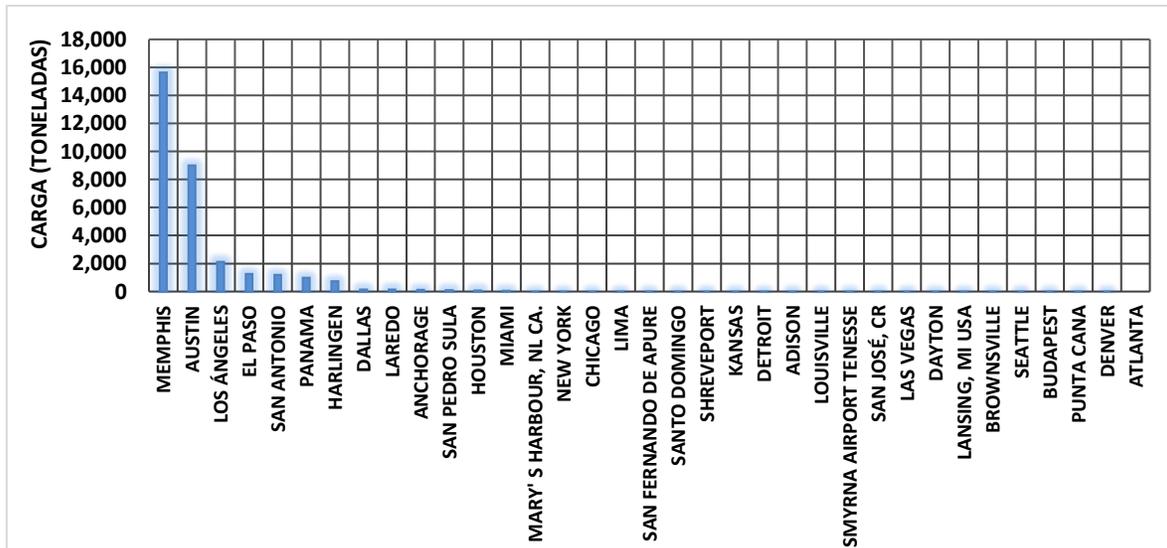
Figura 2.50 Cantidad de pasajeros atendidos entre aeropuertos extranjeros y el grupo OMA en 2012

Tabla 2.7 Aeropuertos extranjeros con los que el grupo OMA atendió el mayor número de pasajeros en 2012

Posición	Aeropuerto	Pasajeros
1	Houston	465,921
2	Dallas	386,898
3	Los Ángeles	168,602
4	Phoenix	97,951
5	Las Vegas	85,825
6	Atlanta	76,070
7	San Antonio	56,987
8	Chicago	50,375
9	Detroit	32,996
10	Calgary	26,450

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

En relación con la carga aérea internacional, la Figura 2.51 muestra la cantidad atendida entre aeropuertos extranjeros y el grupo OMA, en 2012. El detalle de los diez principales aeropuertos extranjeros en este rubro, se presenta en la Tabla 2.7, observe que en este caso ocho de los diez principales se ubican en Estados Unidos.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.51 Cantidad de carga atendida entre aeropuertos extranjeros y el grupo OMA en 2012

Tabla 2.8 Aeropuertos extranjeros con los que el grupo OMA atendió la mayor cantidad de carga en 2012

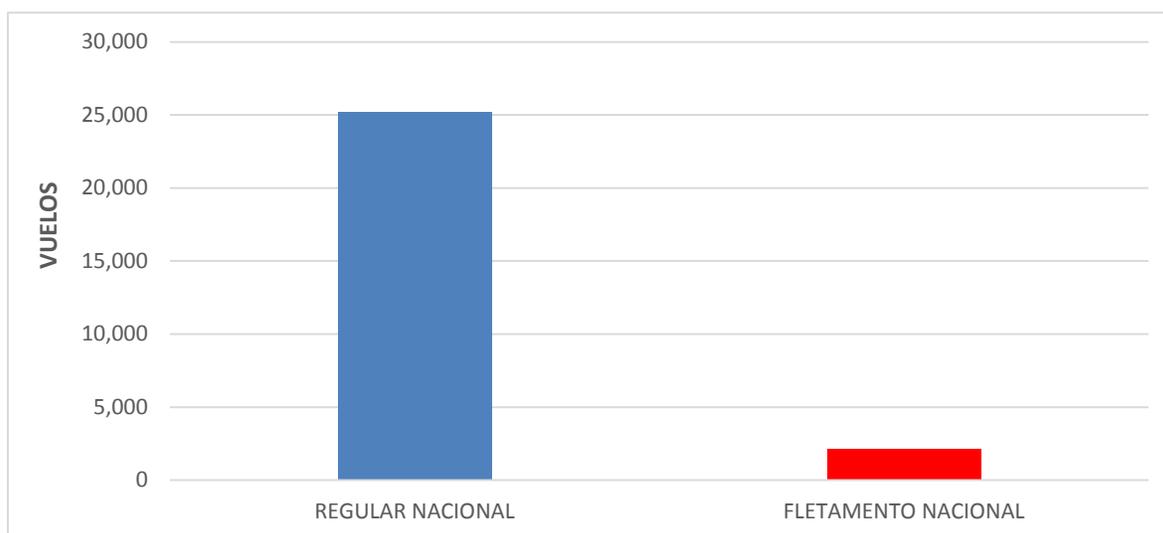
Posición	Aeropuerto	Carga (toneladas)
1	Memphis	15,639.20
2	Austin	9,003.17
3	Los Ángeles	2,128.76
4	El Paso	1,253.02
5	San Antonio	1,190.17
6	Panamá	982.61
7	Harlingen	729.62
8	Dallas	144.76
9	Laredo	140.55
10	Anchorage, Alaska	133.08

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

2.4.3 Situación interna del grupo OMA en 2012

En este apartado se describirá la situación que el grupo OMA presentó internamente en 2012, es decir, la cantidad de vuelos, pasajeros y carga que los aeropuertos integrantes del grupo tuvieron entre sí.

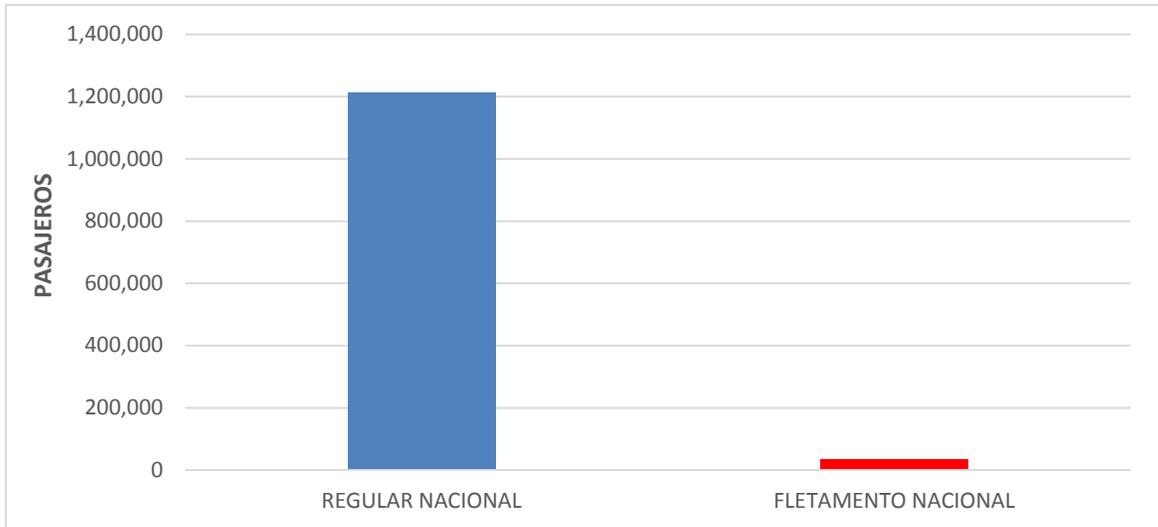
Entre los aeropuertos del grupo OMA, en 2012, se realizaron más de 25 mil vuelos bajo el servicio regular nacional, mientras que en el servicio de fletamento nacional, sólo se registraron un poco más de dos mil vuelos (Figura 2.52).



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

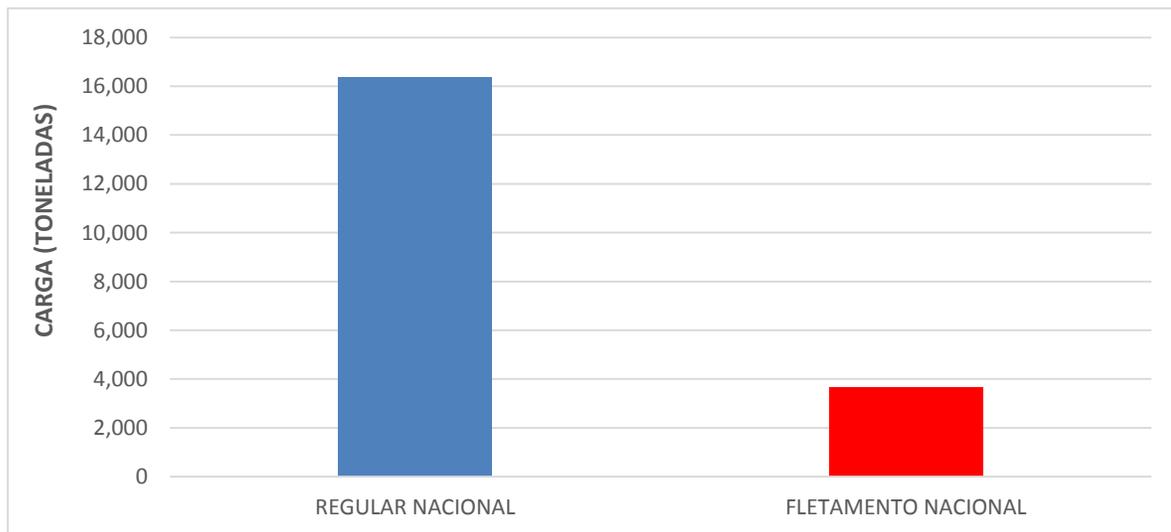
Figura 2.52 Cantidad de vuelos realizados entre los aeropuertos del grupo OMA en 2012

En relación con los pasajeros transportados entre los aeropuertos del grupo OMA, en 2012, se movilizaron en el servicio regular nacional más de 1.2 millones de usuarios, mientras que en el servicio de fletamento nacional, sólo se atendieron poco más de 33 mil personas (Figura 2.53). Por su parte, la carga atendida entre los aeropuertos del grupo OMA, en el servicio regular nacional fue mayor a 16 mil toneladas, mientras que en el servicio de fletamento nacional, sólo se atendieron 3 mil 662 toneladas (Figura 2.54).



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

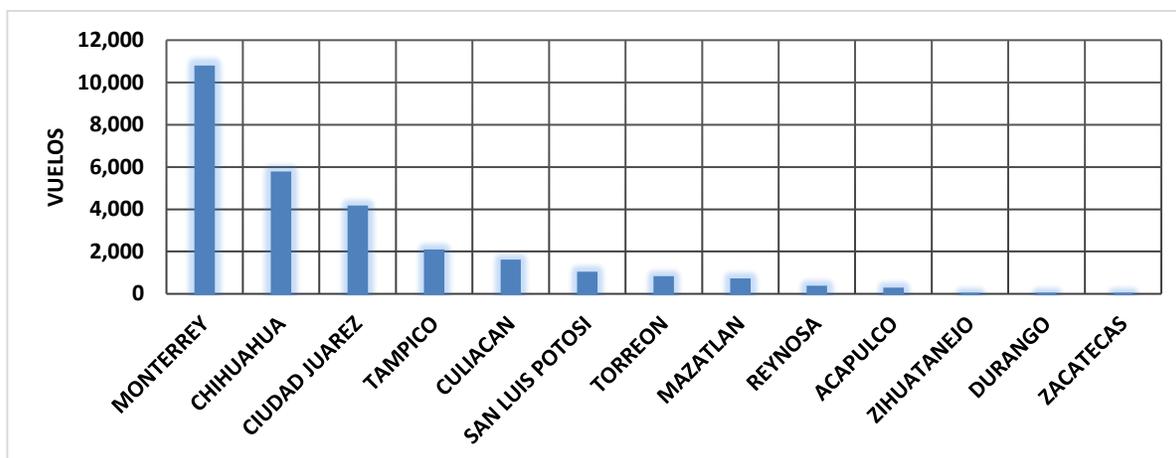
Figura 2.53 Cantidad de pasajeros atendidos entre los aeropuertos del grupo OMA en 2012



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.54 Cantidad de carga transportada entre los aeropuertos del grupo OMA en 2012

En la Figura 2.55 se presenta, en forma ordenada, la cantidad de vuelos realizados entre los aeropuertos del mismo grupo OMA. El registro comprende tanto los despegues como los aterrizajes realizados dentro del grupo OMA, durante 2012. El detalle de los vuelos realizados por aeropuerto se muestra en la Tabla 2.9. Por otro lado, los valores correspondientes a los pasajeros se presentan en la Figura 2.56 y en la Tabla 2.10, y para la carga en la Figura 2.57 y en la Tabla 2.11.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

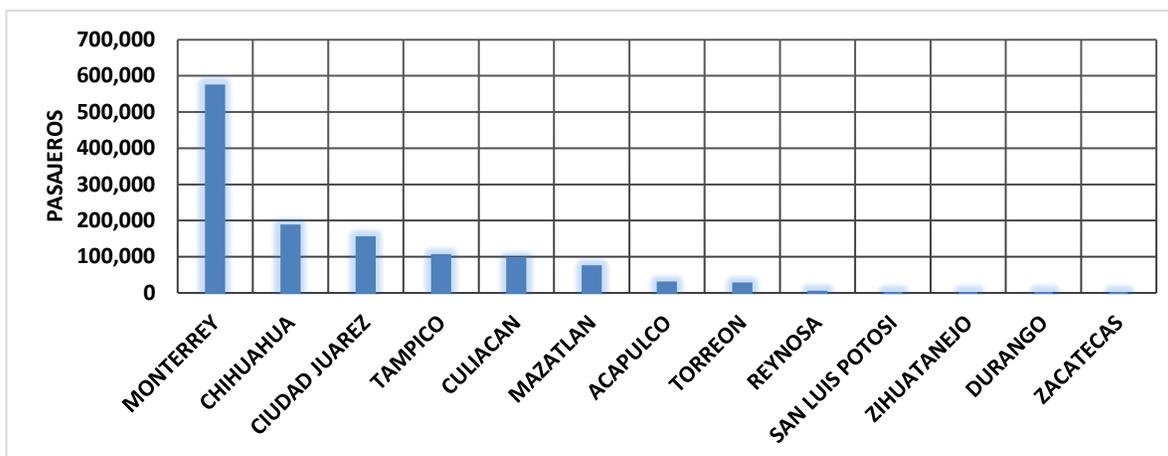
Figura 2.55 Cantidad de vuelos realizados por aeropuerto, al interior del grupo OMA, en 2012

Tabla 2.9 Vuelos realizados por aeropuerto, al interior del grupo OMA en 2012

Posición	Aeropuerto	Vuelos
1	Monterrey	10,747
2	Chihuahua	5,736
3	Ciudad Juárez	4,128
4	Tampico	2,055
5	Culiacán	1,576
6	San Luis Potosí	999
7	Torreón	786
8	Mazatlán	680
9	Reynosa	337
10	Acapulco	252
11	Zihuatanejo	12
12	Durango	5
13	Zacatecas	5

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

En relación con los vuelos realizados y los pasajeros atendidos, en 2012, el aeropuerto preponderante fue Monterrey, seguido por Chihuahua, Ciudad Juárez, Tampico y Culiacán. En contraparte, los aeropuertos con la menor participación en estos rubros fueron Zihuatanejo, Durango y Zacatecas.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

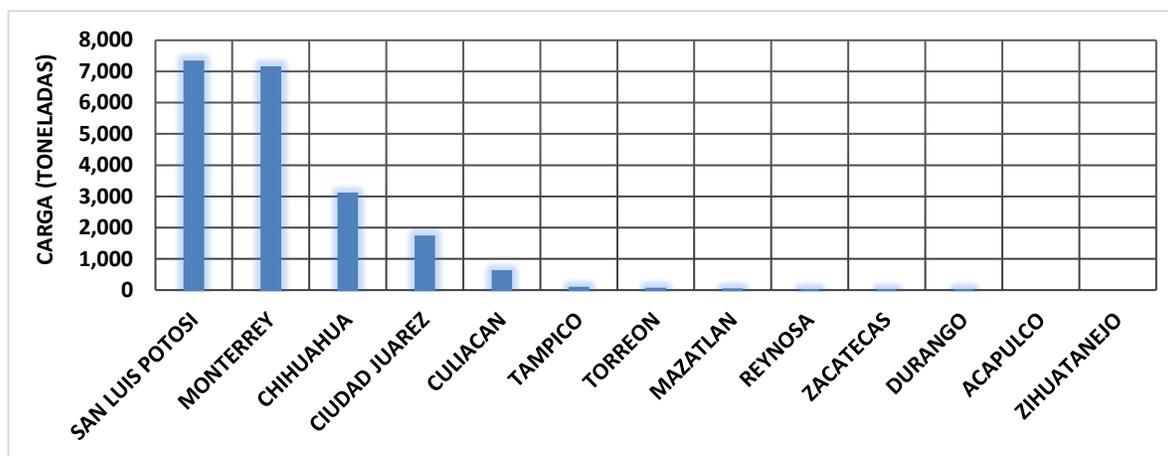
Figura 2.56 Cantidad de pasajeros atendidos por aeropuerto, al interior del grupo OMA, en 2012

Tabla 2.10 Pasajeros atendidos por aeropuerto, al interior del grupo OMA en 2012

Posición	Aeropuerto	Pasajeros
1	Monterrey	572,698
2	Chihuahua	186,172
3	Ciudad Juárez	153,906
4	Tampico	104,820
5	Culiacán	94,530
6	Mazatlán	73,894
7	Acapulco	28,967
8	Torreón	26,131
9	Reynosa	3,139
10	San Luis Potosí	963
11	Zihuatanejo	611
12	Durango	290
13	Zacatecas	132

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

En el caso de la carga atendida al interior del grupo OMA, el aeropuerto más importante es ahora San Luis Potosí, seguido muy de cerca por Monterrey. Después le siguen en importancia Chihuahua, Ciudad Juárez y Culiacán. Aquí cabe señalar que, en el aeropuerto de San Luis Potosí se ubica el centro de intercambio de carga aérea de una importante empresa de paquetería y mensajería. Por otro lado, la participación del resto de los aeropuertos del grupo OMA en este rubro es muy baja, o incluso nula, como es el caso de los aeropuertos de Acapulco y Zihuatanejo.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.57 Cantidad de carga atendida por aeropuerto, al interior del grupo OMA, en 2012

Tabla 2.11 Carga atendida por aeropuerto, al interior del grupo OMA en 2012

Posición	Aeropuerto	Carga en toneladas
1	San Luis Potosí	7,309.69
2	Monterrey	7,130.58
3	Chihuahua	3,092.42
4	Ciudad Juárez	1,718.02
5	Culiacán	605.30
6	Tampico	75.57
7	Torreón	40.07
8	Mazatlán	24.40
9	Reynosa	15.99
10	Zacatecas	1.00
11	Durango	0.61
12	Acapulco	0.00
13	Zihuatanejo	0.00

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

En el Anexo 1 se presentan los mapas esquemáticos referentes a los flujos nacionales, internacionales y totales, de pasajeros y carga aérea de los aeropuertos de grupo OMA, durante el año 2012.

2.5 Tasa de crecimiento medio anual (TCMA) del grupo OMA en 2012

Un indicador importante en cuanto al crecimiento o decremento de la actividad de los aeropuertos es la tasa de crecimiento medio anual, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$TCMA = \left[\sqrt[n]{\frac{V_p}{V_i}} - 1 \right]$$

En donde:

V_p = Es el valor final de la variable de interés, en el periodo que se está analizando.

V_i = Es el valor inicial de la variable de interés, en el periodo que se está analizando.

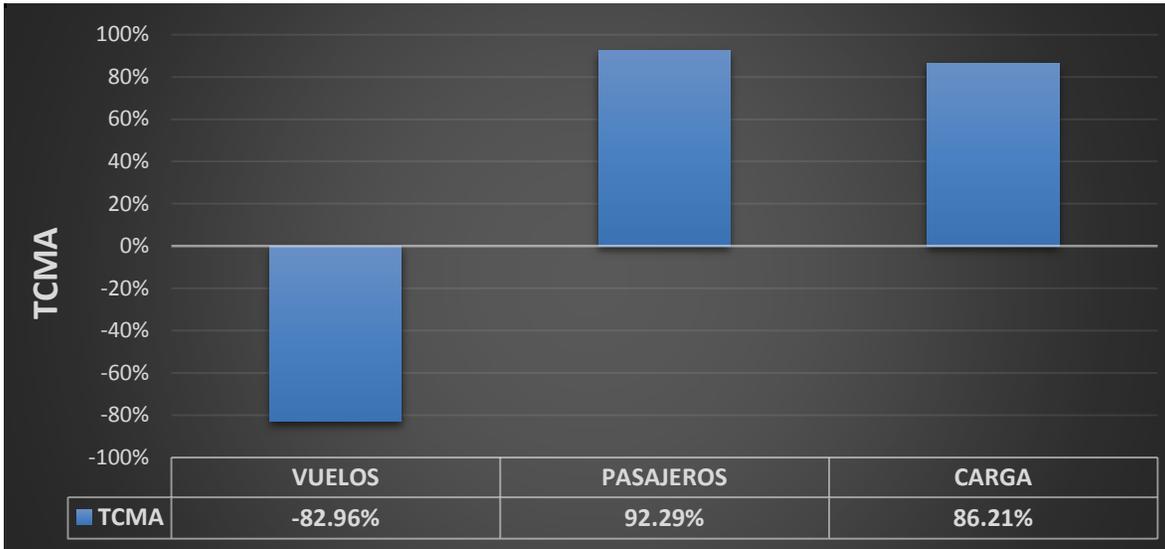
n = Año final – año inicial, del periodo que se está analizando.

Con objeto de conocer la TCMA del grupo OMA, se realizó una estimación de este valor utilizando la ecuación anterior. Inicialmente, se calculó para todo el conjunto de aeropuertos del grupo y después para cada uno de los aeropuertos que lo conforman. El periodo analizado fue del año 2003 al 2012. Aunque, también se realizó un análisis desglosado entre cada par de años de dicho periodo.

La tasa estimada de crecimiento medio anual de los vuelos realizados por el grupo OMA, en el periodo 2003 – 2012, indica que se ha presentado un decremento de 82.9% en este rubro. Por otro lado, las tasa de crecimiento para los pasajeros y la carga han presentado incrementos de 92.2% y 86.2% respectivamente. Esto se debe a que, en el periodo considerado, las aeronaves utilizadas han incrementado su capacidad, tanto en pasajeros como en carga, y también su factor de utilización; por lo que aún con menos vuelos, se han transportado más pasajeros y carga (Figura 2.58).

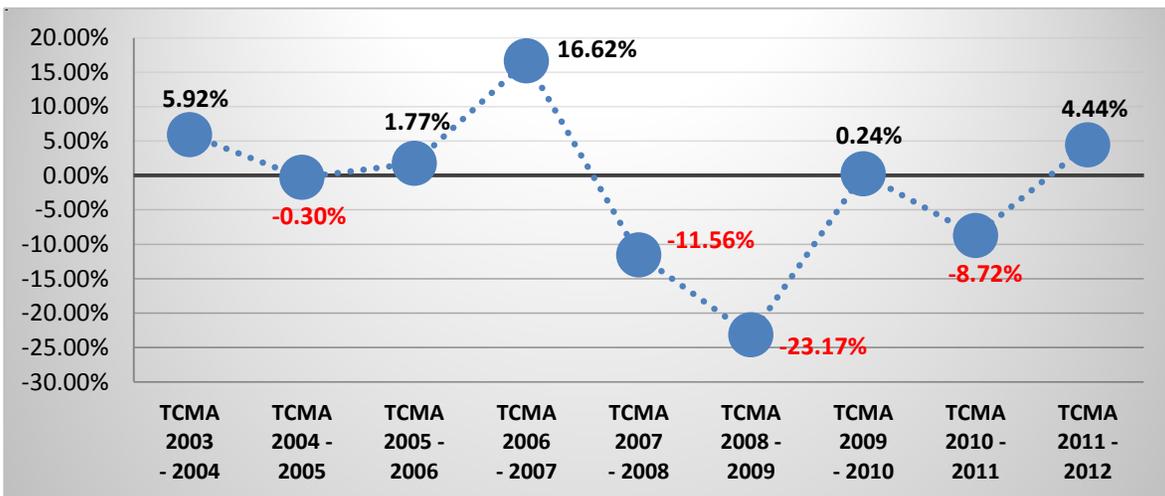
En la Figura 2.59 se presenta el comportamiento de la TCMA de los vuelos realizados por el grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 – 2012. Los puntos azules representan los valores de las tasas para cada par de años señalado, y las líneas punteadas azules representan sus tendencias. Durante el periodo 2003 - 2012, se han presentado tanto incrementos como decrementos, sin embargo, las magnitudes mayores se han presentado en el caso de los decrementos (marcados con números rojos), que corresponden principalmente a

los periodos 2007 – 2008 y 2008 – 2009. Estos años están asociados con la crisis económica que se originó en Estados Unidos y que afectó posteriormente a varios países del mundo, incluyendo a México. Además, como se señaló antes en la actividad aérea internacional, Estados Unidos es el principal país con el que el grupo OMA realiza la mayor parte de sus vuelos y con el que mantiene los mayores flujos de pasajeros y carga.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

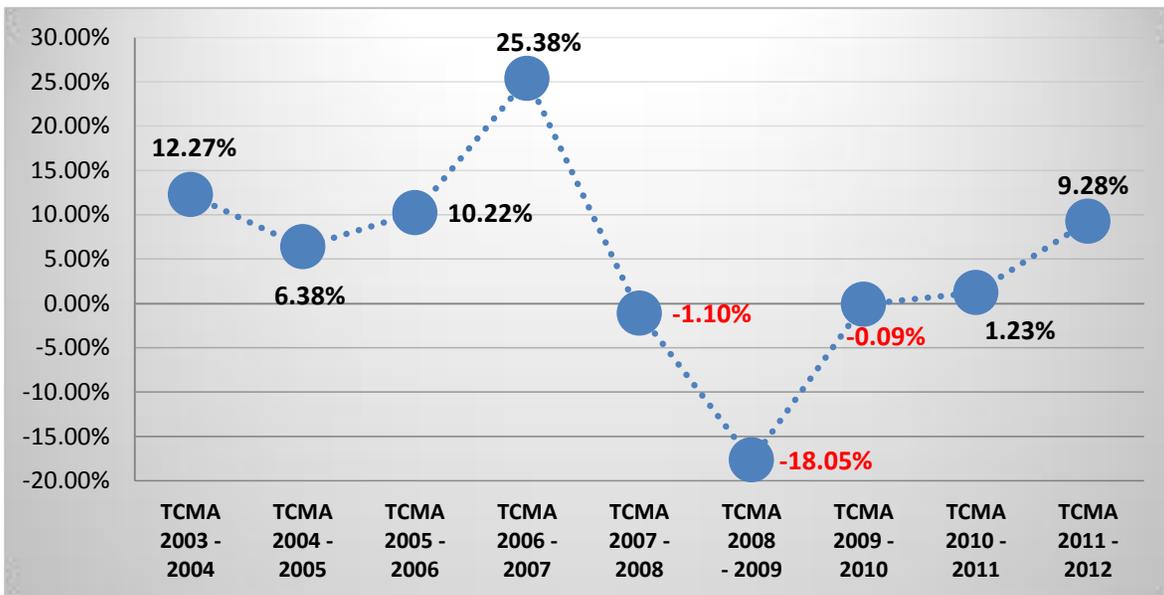
Figura 2.58 Tasa de crecimiento medio anual del grupo OMA (2003 – 2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.59 Tasa de crecimiento medio anual de los vuelos realizados por el grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 - 2012

En relación con el comportamiento de la TCMA de los pasajeros atendidos por el grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 – 2012 (línea azul punteada en la Figura 2.60), en general se observó una tendencia positiva, excepto para el periodo 2007 – 2010 (valores marcados en rojo), en donde se presentaron ligeros decrementos al inicio y al final de dicho intervalo. Sin embargo, la principal disminución (-18.05%) se presentó justo al centro del periodo señalado (2008 – 2009). Estos años corresponden nuevamente con el inicio de la crisis económica de Estados Unidos señalada antes. Afortunadamente, se observa una recuperación de las tasas de crecimiento en los últimos años analizados (Figura 2.60).

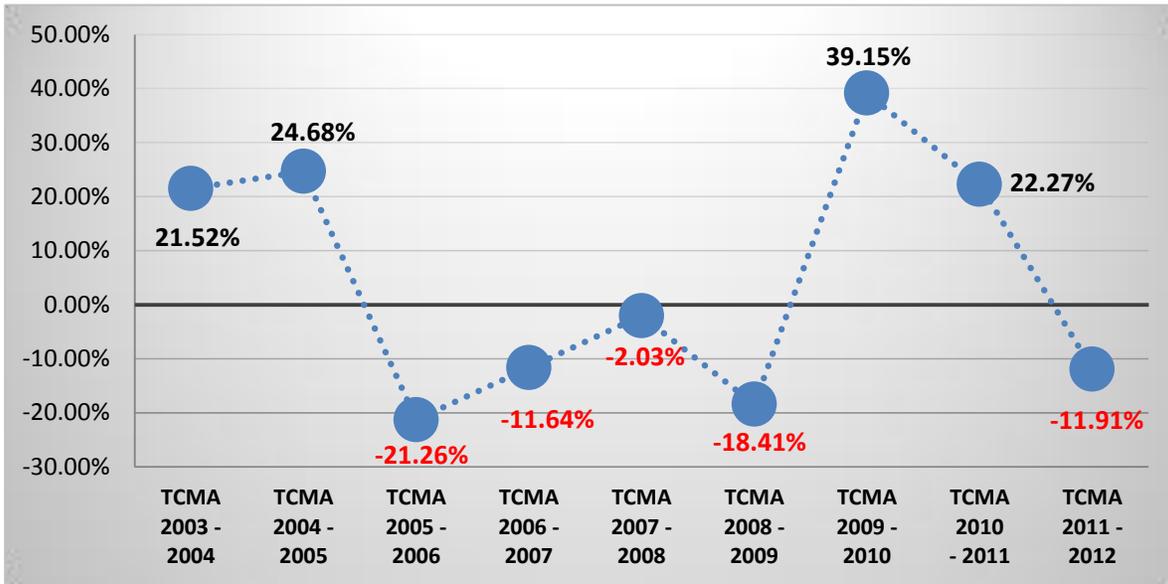


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.60 Tasa de crecimiento medio anual de los pasajeros atendidos por el grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 - 2012

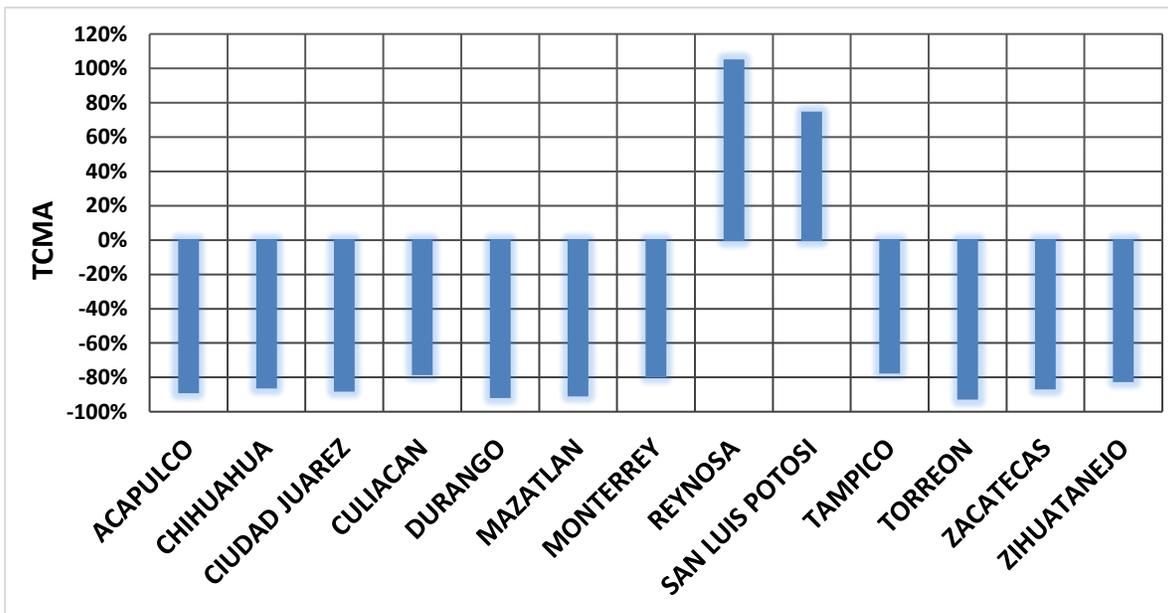
Ahora, en relación con la TCMA correspondiente a la carga aérea del grupo OMA, por pares de años, se observan periodos tanto de crecimiento como de decremento (Figura 2.61). No obstante, las magnitudes de crecimiento son mayores a las de decremento, por lo que el saldo de todo el periodo es positivo y con una magnitud importante (Figura 2.58). No obstante, en el último par de años analizados (2011 – 2012) todavía se observa un decremento en este rubro.

En las Figuras 2.62 a 2.67 se presentan las TCMA para cada uno de los aeropuertos del grupo OMA, durante todo el periodo 2003 – 2012, y también por pares de años.



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.61 Tasa de crecimiento medio anual de la carga atendida por el grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 - 2012



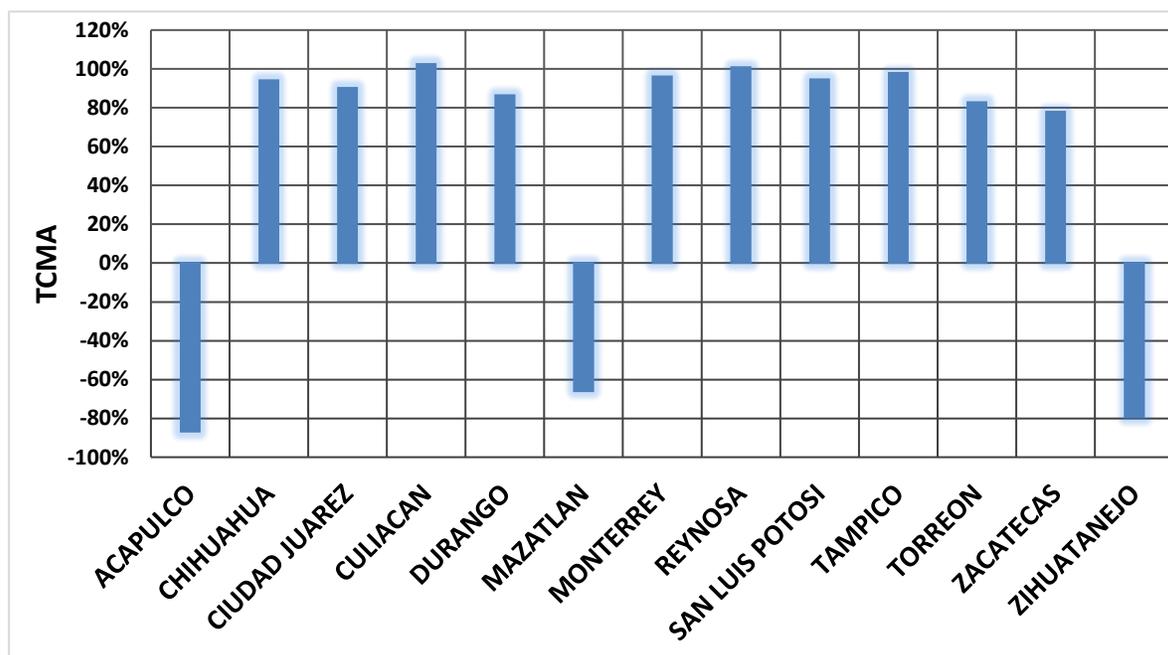
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.62 Tasa de crecimiento medio anual de los vuelos realizados, en cada aeropuerto del grupo OMA, en el periodo 2003 – 2012

En cuanto a la TCMA de los vuelos realizados, en cada uno de los aeropuertos del grupo OMA, en el periodo 2003 – 2012, la mayoría (once de trece) presenta

valores negativos, con un promedio de -85.4%. En particular los mayores decrementos corresponden a los aeropuertos de Durango, Mazatlán y Torreón, todos estos aeropuertos presentan tasas negativas mayores al 90%. En contraparte, el aeropuerto que presentó el mayor crecimiento positivo del grupo OMA fue Reynosa, con una tasa de 104.7%, y enseguida se ubicó San Luis Potosí, con una tasa de 74.3% (Figura 2.62).

En cuanto a las tasas de crecimiento de los pasajeros atendidos en los aeropuertos del grupo OMA, la mayoría presenta valores positivos (diez de trece), además estas tasas tienen magnitudes significativas, en promedio estos aeropuertos tuvieron una TCMA igual a 92.3%. Sin embargo, tres aeropuertos presentaron tasas negativas, tal fue el caso de Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo (Figura 2.63). Cabe señalar que estos aeropuertos están localizados en zonas turísticas.



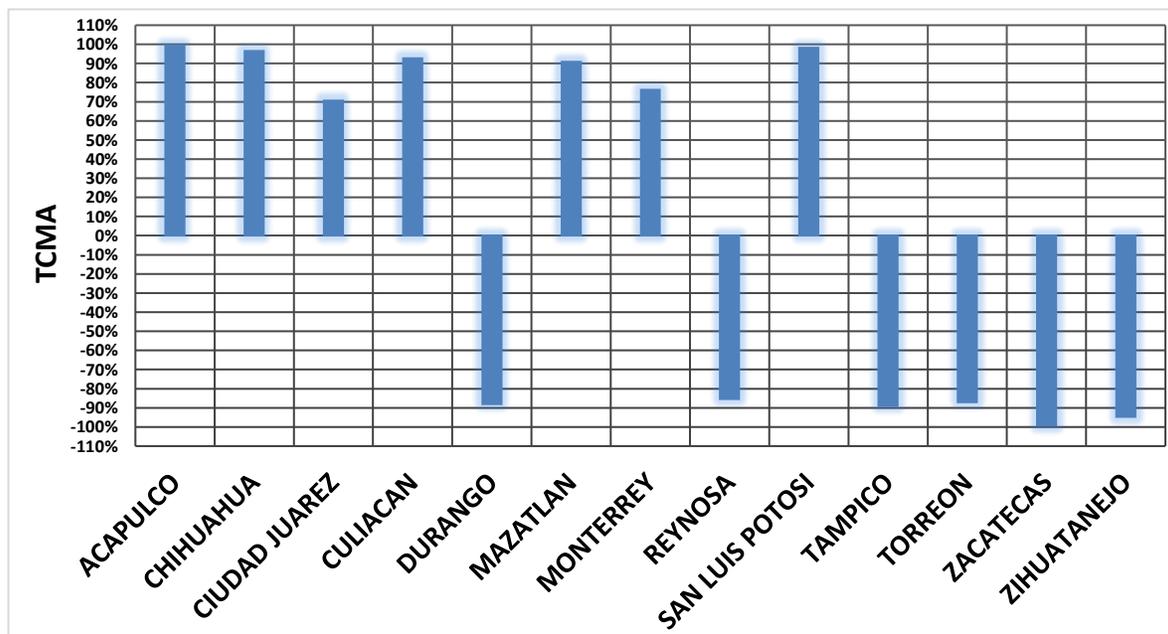
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.63 Tasa de crecimiento medio anual de los pasajeros atendidos, en cada aeropuerto de grupo OMA, en el periodo 2003 – 2012

En el caso de la carga aérea durante el periodo 2003 - 2012, la tasa de crecimiento en siete de los trece aeropuertos fue positiva y en seis fue negativa. Las tasas positivas tuvieron un promedio alto, de 89.2%, pero las negativas también presentaron una magnitud significativa, en promedio de 90.5%. Los aeropuertos con las tasas positivas fueron en general capitales estatales y ciudades con gran actividad industrial, comercial y logística, tal es el caso de Chihuahua, Culiacán, Monterrey, San Luis Potosí y Ciudad Juárez. Sin embargo, llama la atención que dos destinos turísticos de playa, Acapulco y Mazatlán, estén

también dentro de los aeropuertos con tasas de crecimiento positivo de carga aérea. Además, el aeropuerto de Acapulco es el que presenta la TCMA más alta del grupo (99.2%), ligeramente arriba de San Luis Potosí (98.2%), que es el aeropuerto que mueve los mayores volúmenes de carga aérea doméstica del grupo OMA. Esto señala que al menos estos dos aeropuertos están diversificando su oferta de servicios, para generar más recursos. Por otro lado, los aeropuertos que disminuyeron los volúmenes de carga aérea manejada, en el periodo de estudio, fueron Durango, Reynosa, Tampico, Torreón, Zacatecas y Zihuatanejo.

La situación más crítica de los trece aeropuertos del grupo OMA se presenta en Zihuatanejo, ya que es el único que presenta tasas negativas de crecimiento en todos los rubros considerados (vuelos, pasajeros y carga).

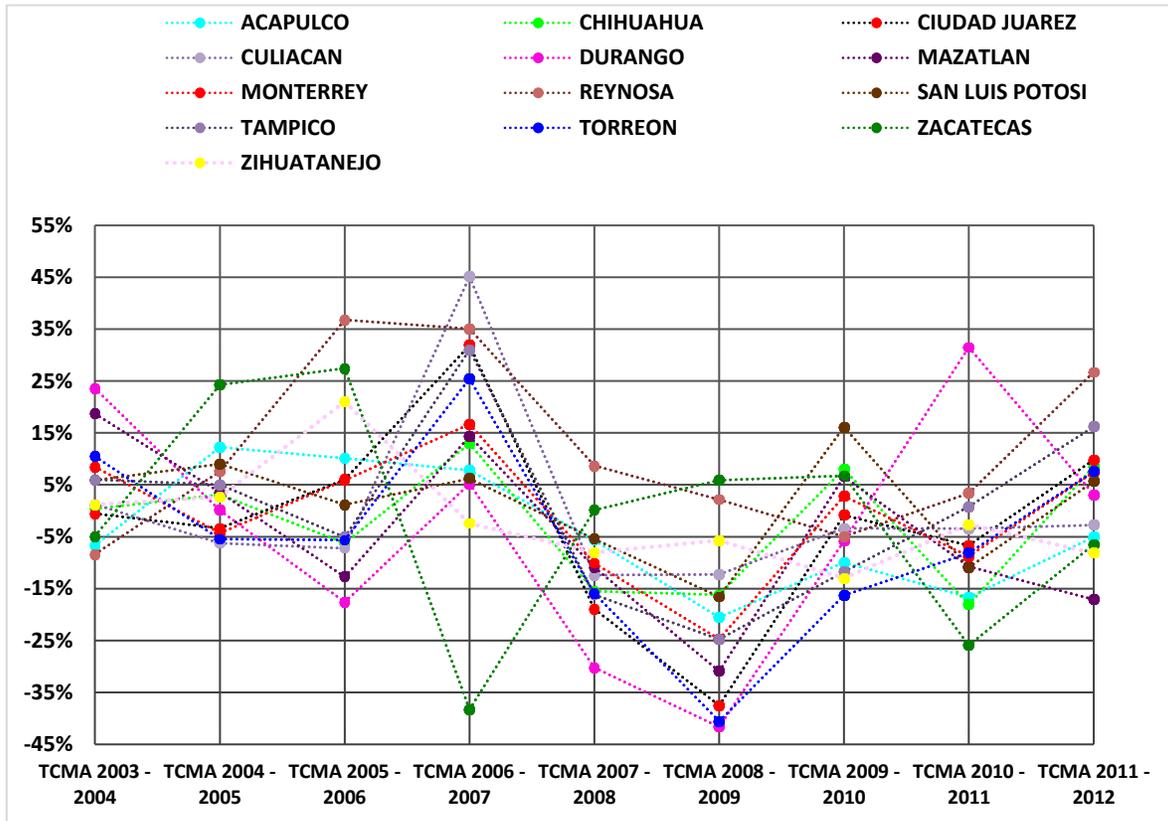


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.64 Tasa de crecimiento medio anual de la carga atendida, en cada aeropuerto del grupo OMA, en el periodo 2003 – 2012

Considerando ahora la TCMA de los vuelos realizados en los aeropuertos del grupo OMA, pero por pares de años durante el periodo 2003 – 2012, en general se observan fluctuaciones continuas y que los mayores decrementos se presentaron entre el par de años 2008 – 2009.

Por otra parte, en el último par de años considerados (2011 – 2012), ocho de los aeropuertos presentaron tasas de crecimiento positivas, siendo las mayores Reynosa (26.7%) y Tampico (16.2%), en cambio cinco aeropuertos tuvieron tasas negativas, en este caso los mayores decrementos fueron en Mazatlán (-17.1%) y Zihuatanejo (-8.1%) (Figura 2.65).

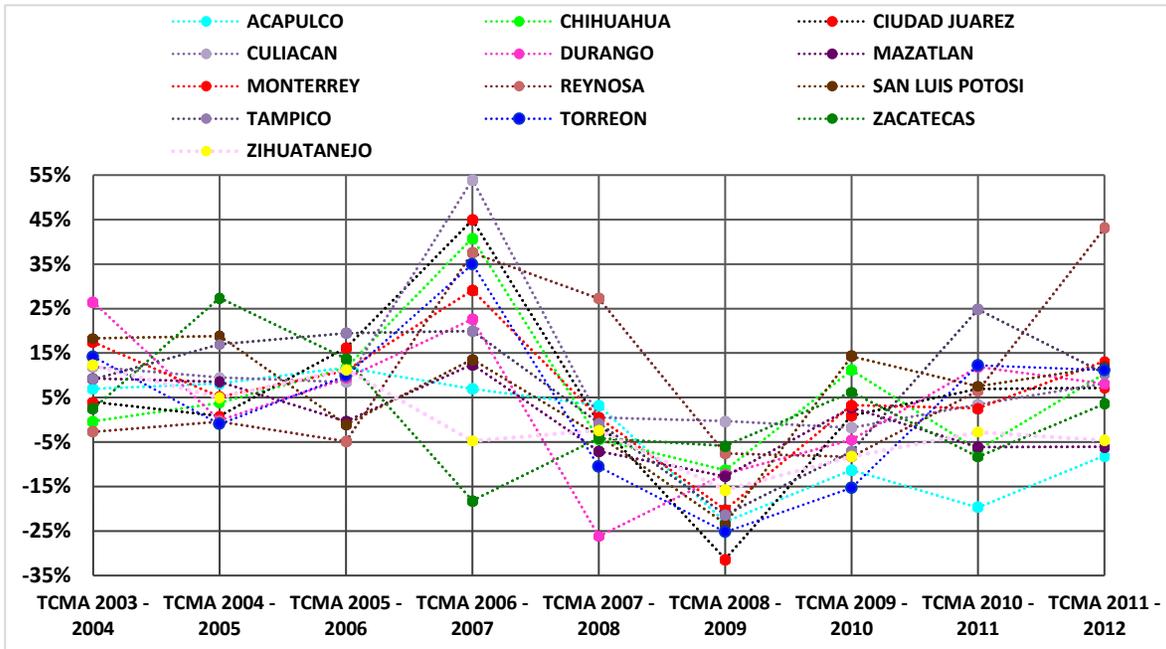


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.65 Tasa de crecimiento medio anual de los vuelos realizados, en cada aeropuerto de grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 – 2012

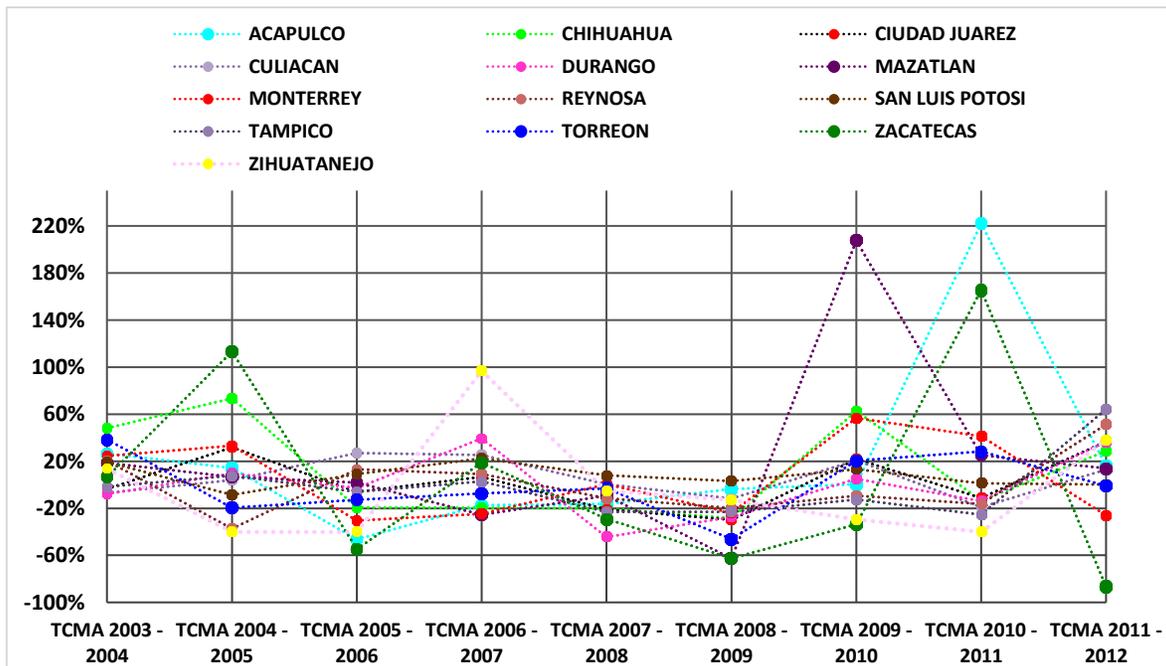
En relación con la TCMA de los pasajeros atendidos en los aeropuertos del grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 – 2012, nuevamente se observan fluctuaciones continuas en general; además, en este caso once de los trece aeropuertos tuvieron tasas positivas en el periodo 2006 – 2007, por el contrario en el periodo 2008 - 2009 se presentaron tasas negativas en todos los aeropuertos.

Por otra parte, en el último par de años (2011 – 2012) aunque la mayoría de los aeropuertos han incrementado sus flujos de pasajeros todavía tres aeropuertos aparecen con tasas negativas, este es el caso de Acapulco (-8%), Mazatlán (-6%) y Zihuatanejo (-4.6%), en cambio destaca el aeropuerto de Reynosa con una tasa de crecimiento igual a 43.08%, que es la mayor tasa de ese par de años (Figura 2.66). Por último, en relación con la TCMA de la carga atendida en los aeropuertos del grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 – 2012, aunque en general se observan fluctuaciones, éstas son más pronunciadas que en el caso de los vuelos y los pasajeros (Figura 2.67).



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.66 Tasa de crecimiento medio anual de los pasajeros atendidos, en cada aeropuerto del grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 – 2012



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC.

Figura 2.67 Tasa de crecimiento medio anual de la carga atendida, en cada aeropuerto de grupo OMA, por pares de años durante el periodo 2003 – 2012

En el par 2010 - 2011 se presentó la TCMA más alta, este fue el caso del aeropuerto de Acapulco (221.9%), pero también destaca en el par de años 2009 – 2010, el caso de Mazatlán con una tasa de 207.6%. En el último par de años considerados (2011 – 2012), cuatro aeropuertos tuvieron tasas negativas, Zacatecas es el aeropuerto con la tasa más baja (-86.5%), pero Monterrey también presentó un valor reducido (-25.9%), en este par de años la tasa más alta correspondió a Tampico (64.2%), seguido por el aeropuerto de Reynosa, con una TCMA igual a 51.2%.

2.6 Capacidad utilizada de los aeropuertos del grupo OMA en 2012

Para esta estimación se consideró que todos los aeropuertos del grupo OMA operan las 24 horas del día, los 365 días del año. Además, se utilizó la capacidad horaria de las terminales de pasajeros de cada aeropuerto (ASA, 1996).

Con base en la información anterior se estimó la capacidad máxima de cada terminal aérea, en términos de pasajeros con potencial de ser atendidos anualmente. Posteriormente, se determinó la relación entre los pasajeros atendidos en cada terminal aérea en 2012 y su capacidad máxima potencial. El complemento del valor anterior, en términos porcentuales, representa la subutilización de cada instalación aeroportuaria (Tabla 2.12).

Cabe señalar que esta estimación no considera cualquier otra restricción operativa de los aeropuertos, por ejemplo, las capacidades de las pistas, de los sistemas de entrega de equipaje o la revisión por seguridad de los pasajeros.

En la última columna de la Tabla 2.12 se presentan los resultados de las estimaciones de la subutilización de los aeropuertos del grupo OMA, para el año 2012. Una primera observación es que en general los valores estimados son relativamente altos, en promedio presentan un valor de casi 78% de subutilización. También, resalta que sólo dos aeropuertos presentan una subutilización relativamente baja, el primer caso es Culiacán (20.42%) y el siguiente, aunque muy separado del primero es Monterrey (46.98%).

En el lado opuesto, se ubican los aeropuertos con los niveles más altos de subutilización, el primer lugar corresponde a Acapulco (95.81%), seguido por Mazatlán (92.16%), Zacatecas (92.08%), Durango (91.62%) y Zihuatanejo (90.90%). En este grupo se observa que tres aeropuertos son destinos turísticos de playa; además como se mostró en la Figura 2.63, los aeropuertos de Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo, presentaron TCMA negativas en cuanto al manejo de pasajeros, durante el periodo 2003 - 2012, por lo que sus instalaciones ahora manejan menos pasajeros que antes, presentando por ello una elevada subutilización.

Tabla 2.12 Porcentaje de subutilización de los aeropuertos del grupo OMA en 2012

Aeropuerto	Capacidad (pasajeros/hora)	Capacidad potencial estimada anual	Demanda real anual (2012)	Porcentaje de subutilización
Acapulco	1,397	12,237,720	512,818	95.81%
Chihuahua	356	3,118,560	859,612	72.44%
Ciudad Juárez	428	3,749,280	713,398	80.97%
Culiacán	173	1,515,480	1,206,075	20.42%
Durango	252	2,207,520	184,973	91.62%
Mazatlán	939	8,225,640	644,922	92.16%
Monterrey	1,316	11,528,160	6,112,473	46.98%
Reynosa	150	1,314,000	288,010	78.08%
San Luis Potosí	229	2,006,040	239,206	88.08%
Tampico	610	5,343,600	565,729	89.41%
Torreón	174	1,524,240	406,514	73.33%
Zacatecas	346	3,030,960	240,119	92.08%
Zihuatanejo	547	4,791,720	436,277	90.90%

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la DGAC 2012 y ASA (1996).

2.7 Conectividad del grupo OMA en 2012

Para estimar la conectividad nacional de cada uno de los aeropuertos del grupo OMA, se determinó el cociente entre el número total de aeropuertos nacionales con los que tuvo conexiones cada uno de los aeropuertos de OMA, y el total de aeropuertos nacionales en 2012 (Tabla 2.13). Para la conectividad nacional del grupo OMA como conjunto, el cociente estimado fue entre el número total de aeropuertos nacionales que tuvieron conexiones con el grupo OMA y el total de aeropuertos nacionales en 2012 (Tabla 2.14).

Para determinar la conectividad internacional de cada uno de los aeropuertos del grupo OMA, se estimó el cociente entre el número total de aeropuertos internacionales que tuvieron conexiones con cada uno de los aeropuertos de OMA y el total de aeropuertos internacionales con los que tuvo conexiones nuestro país en 2012 (Tabla 2.15). Para el caso del grupo OMA, en conjunto, la conectividad internacional se estimó mediante el cociente entre el número total de aeropuertos internacionales que tuvieron conexiones con el grupo OMA, y el total de aeropuertos internacionales con los que tuvo conexiones nuestro país en 2012 (Tabla 2.16).

Se definió como conexión, cualquier aeropuerto con el que hubiera un flujo de pasajeros y/o carga, mediante una operación aérea.

2.7.1 Conectividad nacional

Tabla 2.13 Conectividad nacional de los aeropuertos del grupo OMA en 2012

Aeropuertos (OMA)	Aeropuertos nacionales con conexión	Aeropuertos nacionales totales	Conectividad nacional
Acapulco	27	68	39.71%
Chihuahua	25	68	36.76%
Ciudad Juárez	26	68	38.24%
Culiacán	26	68	38.24%
Durango	19	68	27.94%
Mazatlán	25	68	36.76%
Monterrey	38	68	55.88%
Reynosa	15	68	22.06%
San Luis Potosí	29	68	42.65%
Tampico	10	68	14.71%
Torreón	25	68	36.76%
Zacatecas	12	68	17.65%
Zihuatanejo	9	68	13.24%

Fuente: Elaboración propia, con base en el procesamiento de bases de datos de la DGAC.

En cuanto a la conectividad nacional de los aeropuertos del grupo OMA, Monterrey es la infraestructura con el valor más alto del grupo (55.88%), en segundo lugar se ubica San Luis Potosí con 42.65% y en tercer lugar el aeropuerto de Acapulco con más del 39%. Cabe recordar que Monterrey es el aeropuerto con el mayor movimiento de pasajeros domésticos y el segundo en cuanto a flujos de carga nacional, y San Luis Potosí, es el primer aeropuerto en cuanto al movimiento de carga doméstica (Figuras 2.29 y 2.30). Por su parte, el aeropuerto de Acapulco aunque no destaca en cuanto a las magnitudes de carga y/o pasajeros manejados, fue el aeropuerto que presentó la TCMA más alta de carga atendida, del grupo OMA en el periodo 2003 – 2012 (Figura 2.64). En contraparte, los aeropuertos que presentaron los valores más bajos en conectividad fueron Zihuatanejo (13.24%), Tampico (14.71%) y Zacatecas (17.65%). Este grupo se caracteriza por manejar flujos bajos de pasajeros y carga domésticos, en particular dentro del grupo OMA en 2012, Zihuatanejo fue el aeropuerto con el valor más bajo de movimiento de pasajeros y el penúltimo en cuanto a carga, y Zacatecas fue el antepenúltimo en cuanto a pasajeros y el último en cuanto a carga aérea (Figuras 2.29 y 2.30).

Por otra parte, la conectividad nacional del conjunto de aeropuertos del grupo OMA fue de 73.53%, más alta que la de cualquier aeropuerto individual, debido a

que considera todas las conexiones del grupo. De los 68 aeropuertos nacionales con operaciones aéreas en 2012, el grupo OMA tuvo conexión con 50 de ellos, lo cual representa un porcentaje relativamente alto (Tabla 2.14).

Tabla 2.14 Conectividad nacional del grupo OMA en 2012

Grupo	Aeropuertos nacionales con conexión	Aeropuertos nacionales totales	Conectividad nacional
OMA	50	68	73.53%

Fuente: Elaboración propia, con base en el procesamiento de bases de datos de la DGAC.

2.7.2 Conectividad internacional

Inicialmente, se debe señalar que la república mexicana mantuvo, en 2012, conexiones aéreas con un total de 198 aeropuertos internacionales. El aeropuerto del grupo OMA que presentó el valor más alto de conectividad internacional fue Monterrey, con un total de 31 aeropuertos conectados, lo que se tradujo en una conectividad mayor a 15%. Más abajo, con una conectividad casi igual a la mitad del primer lugar, se ubicaron tres aeropuertos que son reconocidos como sitios turísticos de playa, Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo, los tres con una conectividad de alrededor de 7%. Estos valores, dan un indicio de que estos aeropuertos sirven al turismo nacional, pero también al internacional. En contraparte, hay un aeropuerto que ni siquiera tuvo actividad internacional, por lo que su conectividad en este rubro fue igual a cero. Esto a pesar de tratarse de un aeropuerto fronterizo, éste fue el caso de Reynosa. Pero también, hubo otros cuatro aeropuertos con muy baja conectividad internacional, apenas mayor a 1%, estos fueron Zacatecas, Culiacán, Tampico y Durango (Tabla 2.15).

Tabla 2.15 Conectividad internacional de los aeropuertos del grupo OMA en 2012

Aeropuertos (OMA)	Aeropuertos internacionales con conexión	Aeropuertos internacionales totales	Conectividad internacional
Acapulco	15	198	7.58%
Chihuahua	7	198	3.54%
Ciudad Juárez	6	198	3.03%
Culiacán	2	198	1.01%
Durango	3	198	1.52%
Mazatlán	15	198	7.58%
Monterrey	31	198	15.66%
Reynosa	0	198	0.00%
San Luis Potosí	9	198	4.55%
Tampico	3	198	1.52%
Torreón	6	198	3.03%
Zacatecas	2	198	1.01%
Zihuatanejo	14	198	7.07%

Fuente: Elaboración propia, con base en el procesamiento de bases de datos de la DGAC.

Por último, debido a que el grupo OMA en conjunto tuvo conexiones con 56 aeropuertos extranjeros, la conectividad internacional de todo el grupo fue de 28.28% (Tabla 2.16).

Tabla 2.16 Conectividad internacional del grupo OMA en 2012

Grupo	Aeropuertos internacionales con conexión	Aeropuertos internacionales totales	Conectividad internacional
OMA	56	198	28.28%

Fuente: Elaboración propia, con base en el procesamiento de bases de datos de la DGAC.

Se debe observar que en general la conectividad nacional de cada uno de los aeropuertos del grupo OMA y de todo el grupo en su conjunto, fueron en todos los casos mucho mayores que los valores respectivos de la conectividad internacional. Por lo que su vocación hasta ahora ha estado más orientada al sector nacional que al extranjero.

3 Establecimiento de la metodología con base en modelos de pronósticos

En esta sección se estableció una metodología con base en modelos de pronósticos para obtener resultados válidos del análisis de los flujos aéreos de pasajeros y carga. Se inició con el establecimiento de los objetivos y de las funciones esenciales de la metodología. Con base en lo anterior se fijaron sus requerimientos, características y alternativas.

3.1 Establecimiento de objetivos

Inicialmente, se debe identificar de una manera clara que es lo que se quiere lograr y hacia donde se debe enfocar el diseño. A continuación se presenta una serie de preguntas que ayudan a clarificar el objetivo del proyecto.

¿Qué es lo que se quiere del diseño?

Se requiere una metodología basada en modelos de pronósticos que permita determinar los flujos aéreos de pasajeros y de carga con resultados confiables y en poco tiempo y que pueda ser llevada a cabo en cualquier zona aérea de México.

¿El diseño es concreto o abstracto?

Es concreto debido a que es medible con base en los siguientes criterios:

- Flujos aéreos de pasajeros y carga
- Número de aeropuertos

¿Por qué se quiere establecer esta metodología basada en pronósticos?

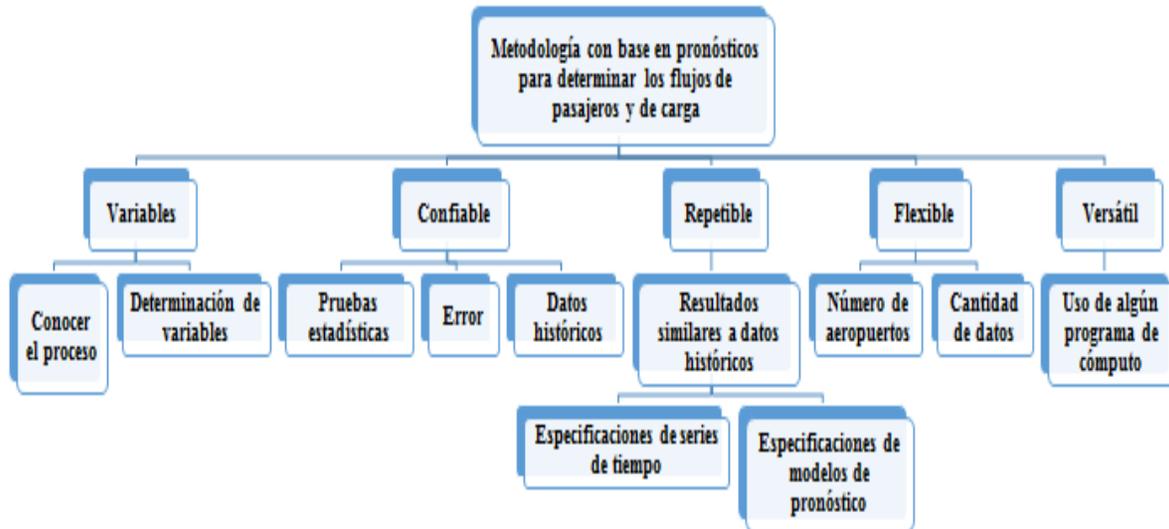
Debido a que en la actualidad los flujos aéreos de pasajeros y carga son muy cambiantes, debido a diversos factores, como por ejemplo, los económicos, tanto nacionales como internacionales. Por lo que su busca tener mayor precisión en la realización de pronósticos, así como obtener resultados en un menor tiempo.

Los objetivos de la metodología deben considerar que se utilicen las variables adecuadas y tener las siguientes características:

- Confiabilidad
- Repetibilidad
- Flexibilidad
- Versatilidad

3.1.1 Árbol de objetivos

El método del árbol de objetivos ofrece un formato claro y útil para el planteamiento del problema, ya que proporciona una visión general de los objetivos y los medios para alcanzarlos. A continuación se muestra el árbol de objetivos de la metodología para realizar los pronósticos en este trabajo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.1 Diagrama de árbol de objetivos para el diseño de una metodología con base en modelos de pronósticos para la actividad aérea

3.2 Establecimiento de funciones

Las funciones esenciales son aquellas que debe satisfacer la metodología a diseñar, independientemente de los componentes físicos que puedan utilizarse.

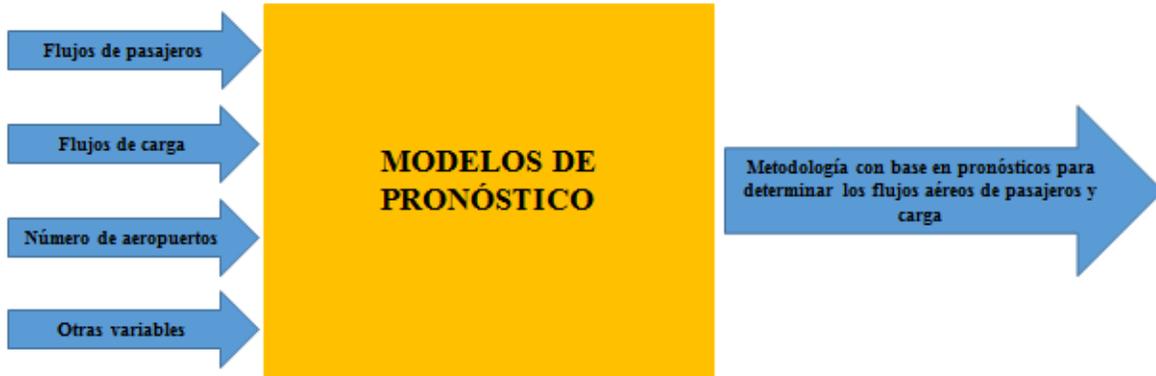
Con base en lo anterior se definieron las entradas al sistema, las cuales están constituidas por:

- Flujos de pasajeros
- Flujos de carga
- Número de aeropuertos
- Otras variables

La salida del sistema está constituida por:

- Metodología con base en pronósticos para determinar los flujos aéreos de pasajeros y carga.

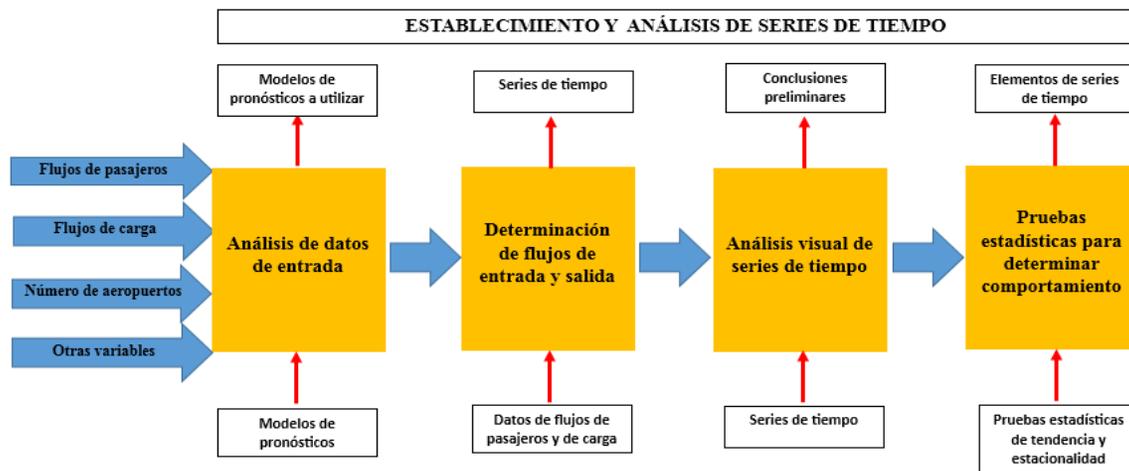
En la Figura 3.2 se muestra la función global de la metodología que se desea obtener.



Fuente: Elaboración propia.

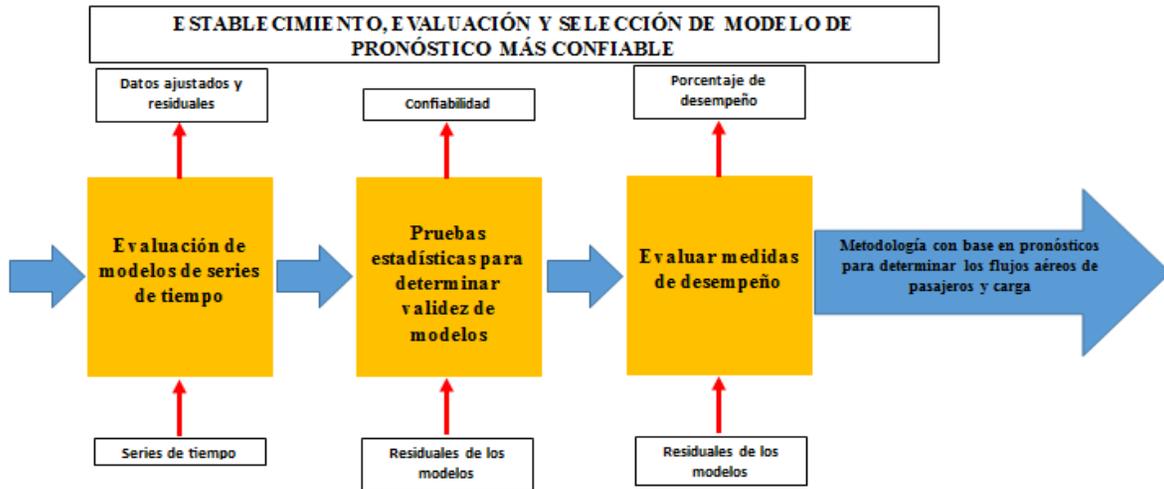
Figura 3.2 Función global de una metodología con base en pronósticos para la actividad aérea

Después de identificar la función principal, ésta se descompone en un conjunto de funciones secundarias, las cuales constituyen todas las tareas que tienen que realizarse dentro del sistema. Cabe resaltar que la metodología pretende integrar todos los tipos de modelos existentes, considerando como datos de entrada a los flujos de pasajeros y carga a través del tiempo. Por lo anterior, se deben desglosar las actividades relacionadas con los modelos de series de tiempo (Figuras 3.3 y 3.4).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3 Diagrama de bloques de las funciones esenciales para la metodología con base en pronósticos para la actividad aérea (parte 1)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.4 Diagrama de bloques de las funciones esenciales para la metodología con base en pronósticos para la actividad aérea (parte 2)

3.3 Requerimientos

A continuación se presenta una lista de elementos o requerimientos necesarios para que esta metodología sea efectiva:

- Disponer de las bases de datos de los flujos aéreos de pasajeros y carga, de cuando menos los últimos cinco años.
- Disponer de equipos de cómputo con la suficiente capacidad para poder analizar los datos.
- Disponer de programas de cómputo especiales para analizar los datos.
- Disponer de los documentos y libros que contengan los distintos modelos de pronósticos y sus aplicaciones.
- Disponer de los documentos y libros que contenga los distintos tipos de tratamientos aplicables a los datos, así como, las distintas pruebas que se aplican a las series de tiempo.

3.4 Determinación de características

Para medir lo que se pretende alcanzar, se utilizará una herramienta que se conoce como despliegue de la función de calidad o QFD (por sus siglas en inglés, *Quality Function Deployment*). A continuación se presentan los objetivos planteados para el desarrollo de una metodología con base en pronósticos, para determinar los flujos aéreos de pasajeros carga. Estos objetivos responden a la pregunta ¿qué es lo que se desea?

Una metodología que sea:

- Sencilla
- Confiable
- Entendible
- Repetible

Una vez establecidos los *qué*, se deben establecer los *cómo*. Para cada uno de los objetivos, es decir:

- ¿Cómo se logrará que la metodología sea sencilla?
- ¿Cómo se logrará que la metodología sea confiable?
- ¿Cómo se logrará que la metodología sea entendible?
- ¿Cómo se logrará que la metodología sea repetible?

Con base en estas preguntas es posible construir una matriz de atributos del producto para establecer las características de ingeniería. En la Figura 3.5 se muestra el primer plano de la construcción del QFD, en donde las columnas representan las características de ingeniería, o los *cómo*, y los renglones representan los atributos esperados, es decir los *qué*.

Una vez que se han determinado las características de ingeniería y los atributos del producto, se determinan las medidas de desempeño de las características de ingeniería, como se muestra en la Figura 3.6.

Después, se determinan las relaciones entre los *qué* y los *cómo*, utilizando una escala de relación, como se muestra en la Tabla 3.1.

Con esta escala se generó la ponderación de las relaciones existentes entre las características de ingeniería y los atributos del producto. El resultado de esa ponderación se muestra en la Figura 3.7.

Con base en las ponderaciones obtenidas (los valores más altos) se puede observar que los atributos más relevantes, por orden de importancia, son:

1. La metodología debe de ser sencilla.
2. La metodología debe de ser entendible.
3. La metodología debe de ser confiable.

	Cantidad de datos	Ecuaciones Polinomiales	Programa de cómputo	Número de instrucciones	Certeza de resultados	Supuestos del modelo	Terminología universal	Instrucciones claras	Aplicaciones en zonas	Sumatoria
SENCILLA										
CONFIABLE										
ENTENDIBLE										
REPETIBLE										
Sumatoria										

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5 Construcción del QFD

	Cantidad de datos	Ecuaciones Polinomiales	Programa de cómputo	Número de instrucciones	Certeza de resultados	Supuestos del modelo	Terminología universal	Instrucciones claras	Aplicaciones en zonas	Sumatoria
SENCILLA										
CONFIABLE										
ENTENDIBLE										
REPETIBLE										
Sumatoria										
	Por aeropuerto al menos 5 años de datos mensuales	Lineales, multivariadas, exponenciales, cuadráticas	Programa de cómputo sencillo de utilizar	Entre 5 y 15 instrucciones	Medidas de desempeño (modelo que minimice la mayoría)	Cumplimiento de normalidad e independencia	Vocabulario común	Entendible en un 90% para cualquier persona	Sirva para al menos dos zonas distintas	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.6 Establecimiento de las medidas de desempeño

Tabla 3.1 Escala de relación

Tipo de relación	Valor representativo
Relación alta	9
Relación media	3
Poca relación	1
Nula relación	Celda vacía

Fuente: Elaboración propia.

	Cantidad de datos	Ecuciones Polinomiales	Programa de cómputo	Número de instrucciones	Certeza de resultados	Supuestos del modelo	Terminología universal	Instrucciones claras	Aplicaciones en zonas	Sumatoria
SENCILLA	9	9	9	9	3	3	9	9	3	63
CONFIABLE	3	3	3	3	9	9	3	9	9	51
ENTENDIBLE	9	3	9	9	1	3	9	9	3	55
REPETIBLE	3	1	9	1	9	3	1	3	9	39
Sumatoria	24	16	30	22	22	18	22	30	24	
	Por aeropuerto al menos 5 años de datos mensuales	Lineales, multivariadas, exponenciales, cuadráticas	Programa de cómputo sencillo de utilizar	Entre 5 y 15 instrucciones	Medidas de desempeño (modelo que minimice la mayoría)	Cumplimiento de normalidad e independencia	Vocabulario común	Entendible en un 90% para cualquier persona	Sirva para al menos dos zonas distintas	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.7 Ponderación entre las características de ingeniería y los atributos

Los tres atributos señalados antes se pueden obtener mediante las siguientes características de ingeniería, ordenadas por importancia:

1. Que la metodología sea entendible en un 90% por cualquier persona.
2. Que se tenga un programa de cómputo sencillo de utilizar.
3. Que se disponga de información por aeropuerto, con al menos cinco años de datos mensuales.
4. Que sirva al menos para dos zonas distintas.

5. Que exista un modelo que minimice la mayor cantidad de medidas de desempeño para cada serie.
6. Que se maneje con las instrucciones de un vocabulario común.
7. Que tenga entre 5 y 15 instrucciones.

Esto quiere decir que:

- Al tener una metodología sencilla, se manejarán sólo los datos necesarios en un programa de cómputo, utilizando entre 5 y 15 instrucciones.
- Al ser una metodología entendible, tendrá instrucciones escritas con un vocabulario común, permitiendo que se entienda al menos por el 90% de los usuarios.
- Al ser una metodología confiable, podrá mostrar resultados con el mínimo error, con base en la naturaleza de la serie de datos y los modelos establecidos.

Una vez definidos los atributos principales y los medios para lograrlos, es necesario establecer el nivel de interacción entre las características de ingeniería, para determinar si éstas se afectan de manera directa o inversa. Para ello, es necesario llenar el techo de la matriz como se muestra en la Figura 3.8, utilizando los símbolos mostrados en la Tabla 3.2

Tabla 3.2 Simbología de relación

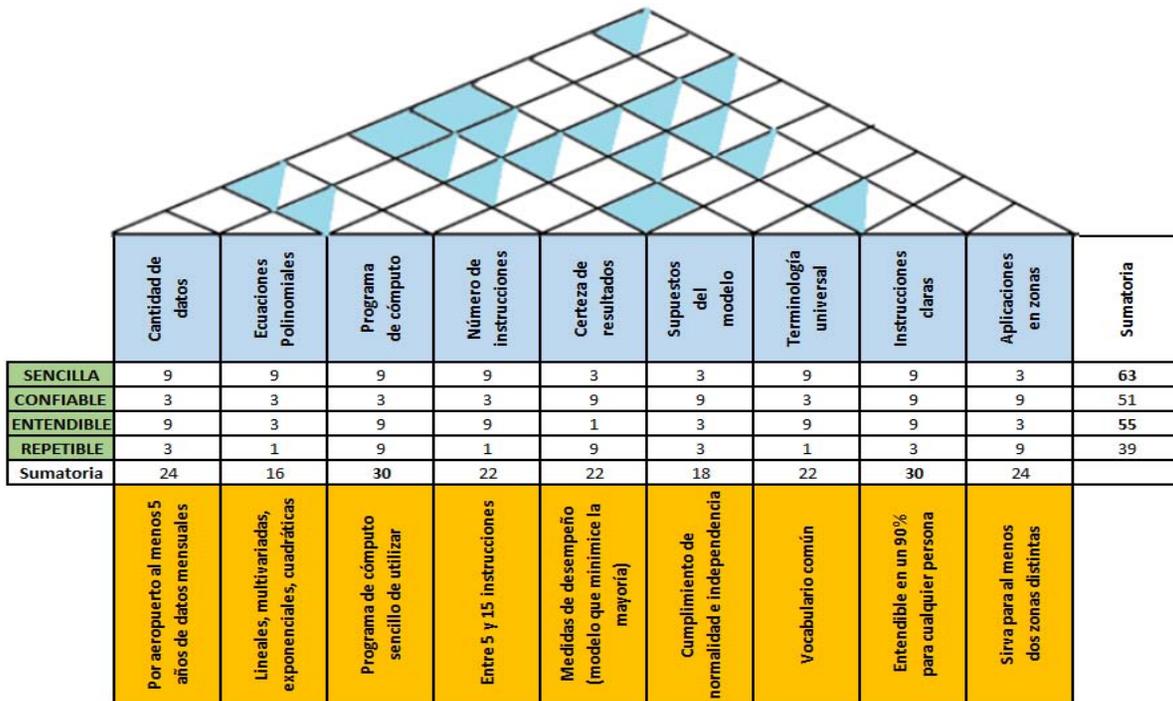
Tipo de relación	Valor representativo
Relación fuerte	
Relación media	
Sin relación	Celda vacía

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 3.8, las características más afectadas al cambiar o modificar otras variables, por orden de importancia, son:

- Los supuestos del modelo, ya que están vinculados en gran medida con las variables: cantidad de datos, ecuaciones polinomiales, programa de cómputo y certeza de resultados.

- Del mismo modo, la certeza en los resultados se ve afectada por las variables: cantidad de datos, ecuaciones polinomiales y programa de cómputo.
- Por último, también se ven afectadas las instrucciones claras por las variables: programa de cómputo, número de instrucciones, certeza de resultados y terminología común.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.8 Establecimiento de las interacciones entre las características de ingeniería

Por lo anterior, se debe tener presente que si es necesario modificar alguna de las variables señaladas, se debe vigilar el comportamiento de las variables afectadas, con la finalidad de cumplir con los objetivos establecidos.

3.5 Generación de alternativas

La generación de alternativas es un aspecto esencial de la metodología, debido a que esta etapa de diseño permite generar el proceso lógico para la solución de problemas.

En esta etapa se mantienen los cuatro objetivos señalados anteriormente para obtener una metodología sencilla, confiable, entendible y repetible. Pero además,

se agrega dentro de las alternativas, el objetivo de una metodología versátil. En la Tabla 3.3. se listan los medios con los que se podrán alcanzar estos objetivos.

Tabla 3.3 Medios para alcanzar los objetivos

Función primaria	Medios	
Sencilla	Instrucciones sencillas	Ecuaciones sencillas
Confiable	Supuestos del modelo	Ajuste visual
Entendible	Vocabulario común	Diagrama de flujo
Repetible	Análisis de datos	-----
Versátil	Programa Minitab	Programa Excel

Fuente: Elaboración propia.

Para establecer las alternativas de solución se elaboró un diagrama morfológico (Tabla 3.4). Éste se construye al colocar en la primera columna izquierda de la tabla y en su renglón superior las funciones primarias (marcadas con fondo amarillo).

Tabla 3.4 Diagrama morfológico de una metodología con base en pronósticos, para la determinación de los flujos aéreos de pasajeros y carga

	Sencilla		Confiable		Entendible		Repetible	Versátil	
	Instrucciones sencillas	Ecuaciones sencillas	Ajuste visual	Supuestos del modelo	Vocabulario común	Diagrama de flujo	Análisis de datos	Programa Minitab	Programa Excel
Sencilla	9	9	3	9	9	9	9	9	9
Confiable	9	3	9	9	9	3	3	9	9
Entendible	9	3	1	1	1	9	9	9	9
Repetible	3	1	3	9	3	9	3	9	9
Versátil	3	3	3	1	1	3	3	3	1
Promedio	6.6	3.8	3.8	5.8	4.6	6.6	5.4	7.8	7.4

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, en el segundo renglón de cada columna, se indican los medios con los que se pretenden obtener las funciones primarias.

Enseguida, se asignan los valores de una relación fuerte, media o débil (valores 9, 3 ó 1, respectivamente), para determinar las relaciones que existen entre los medios y los objetivos. Por último, se obtienen los promedios para cada uno de los medios.

Con base en estos resultados se establecen las posibles combinaciones, para las alternativas de solución. Para ello, como hay tres alternativas, en la primera se considera el primer medio y en la segunda alternativa el segundo medio, para la tercera alternativa se selecciona aquel medio que haya tenido el promedio mayor. En el caso de que sólo se tenga un medio, este se repite en las tres alternativas.

Las alternativas seleccionadas se presentan en la Tabla 3.5. Su evaluación se realiza en el inciso siguiente.

Tabla 3.5 Alternativas para la metodología

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Instrucciones sencillas	Ecuaciones sencillas	Instrucciones sencillas
Ajuste visual	Supuestos del modelo	Supuestos del modelo
Vocabulario común	Diagrama de flujo	Diagrama de flujo
Análisis de datos	Análisis de datos	Análisis de datos
Programa Minitab	Programa Excel	Programa Minitab

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Evaluación de alternativas

Una vez que se han propuesto las alternativas de solución, éstas se deben evaluar para determinar cuál es la mejor. Para determinar cuál es la más importante se realiza una evaluación de los objetivos.

Con este propósito se construyó la Tabla 3.6, en donde se señala si existe o no relevancia (marcada con 1 ó 0, respectivamente), entre los distintos objetivos. En el caso de tratarse del mismo objetivo, no se señala ninguna relevancia (esta condición se marca con un guión).

Tabla 3.6 Evaluación de objetivos

	Sencilla	Confiable	Entendible	Repetible	Vérsatil	Sumatoria
Sencilla	-	0	0	0	1	1
Confiable	1	-	1	1	1	4
Entendible	1	0	-	1	1	3
Repetible	1	0	0	-	1	2
Versátil	0	0	0	0	-	0

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los valores obtenidos el orden de importancia de los objetivos es el siguiente: confiable, entendible, repetible, sencilla y versátil.

El siguiente paso consistió en establecer una ponderación para cada uno de los cinco objetivos, con una escala descendente, en la que se busca que cada ponderación sea aproximadamente igual a la mitad de la anterior. Además, la suma de las ponderaciones debe ser igual a 1 (lo que equivale al 100%). Dichas ponderaciones se muestran en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Ponderación de los objetivos

Objetivos	Ponderación
Confiable	0.52
Entendible	0.26
Repetible	0.13
Sencilla	0.06
Versátil	0.03

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la ponderación de los objetivos, se elaboró una tabla comparativa para evaluar los medios de cada alternativa (Tabla 3.8). Para elaborar esta tabla a cada objetivo de calidad de la Tabla 3.4, se sumaron los valores de los requerimientos para cumplir dichos objetivos (establecidos en la Tabla 3.5). Este proceso se repitió para cada alternativa. Después, se promedió la sumatoria obtenida para cada objetivo de calidad en cada alternativa. Enseguida se estableció la calificación para cada objetivo de las alternativas, al multiplicar el promedio obtenido en cada objetivo por su ponderación correspondiente. Por último, se sumó la calificación obtenida de cada objetivo en las distintas alternativas. En la Tabla 3.8, se observa que la mejor alternativa es la número 3, ya que es la que presenta la calificación más alta (6.83). Por lo tanto, se sugiere utilizar los medios de dicha alternativa para realizar una metodología con base en modelos de pronósticos para la actividad aérea.

Tabla 3.8 Comparación de alternativas

Objetivos	Ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Promedio	Calificación	Promedio	Calificación	Promedio	Calificación
Confiable	0.52	7.80	4.06	5.40	2.81	6.60	3.43
Entendible	0.26	5.80	1.51	6.20	1.61	7.40	1.92
Repetible	0.13	4.20	0.55	6.20	0.81	6.60	0.86
Sencilla	0.06	7.80	0.47	9.00	0.54	9.00	0.54
Versátil	0.03	2.60	0.08	2.20	0.07	2.60	0.08
Total			6.66		5.83		6.83

Fuente: Elaboración propia.

Bajo esta consideración, en el siguiente inciso se describe en forma detallada cada uno de los pasos de la metodología propuesta. Además, se muestra el diagrama de flujo de la metodología, en donde se presenta la secuencia que se debe seguir para realizar los pronósticos de la actividad aérea.

3.7 Descripción de la metodología

3.7.1 Análisis de los datos de entrada y selección de los modelos de pronóstico a utilizar

En esta sección se determinan los distintos tipos de modelos de pronósticos que son recomendables para los datos de entrada. Existen tres tipos de modelos de pronósticos: los modelos cualitativos, los cuantitativos o de series de tiempo, y los causales (Tabla 3.9). Cada uno de ellos requiere que los datos se presenten de una manera en particular para poderlos aplicar.

Tabla 3.9 Tipos de modelos de pronósticos

Modelos de pronósticos	Características
Modelos cualitativos	<ul style="list-style-type: none">• Basados en estimaciones y opiniones.• Los datos son proporcionados por expertos.
Modelos cuantitativos	<ul style="list-style-type: none">• Utilizan la historia de sucesos durante un periodo de tiempo para hacer un pronóstico.• Los datos se presentan en cantidades numéricas.• La única variable independiente en estos modelos es el tiempo.
Modelos causales	<ul style="list-style-type: none">• Establecen una relación entre la variable dependiente y dos o más variables independientes, por medio de modelos matemáticos.• Los datos se presenta en cantidades numéricas para cada una de las variables

Fuente: Elaboración propia con base en Farnum y Stanton (1989).

Las características que presenten los datos de entrada bajo estudio, deben ser comparadas con las señaladas en la Tabla 3.9, con objeto de seleccionar cuál es el modelo adecuado.

Dado que la información disponible de la DGAC para este trabajo está relacionada con series históricas por aeropuerto, de cantidades numéricas (de pasajeros y carga) en función del tiempo (por mes y año), los modelos a utilizar para esta metodología serán los cuantitativos.

3.7.2 Elaboración de graficas, descripción y análisis preliminar de las series de tiempo

En este inciso se obtiene una primera impresión visual del comportamiento de los datos en función del tiempo. La finalidad es tener una primera aproximación de posibles comportamientos de cada una de las series bajo estudio.

- El primer paso consiste en definir de qué manera se graficarán los datos con respecto al tiempo, ya sea en días, meses o años. Esto se determina con base en la experiencia utilizando gráficos preliminares.
- Después, se grafican los datos con respecto al tiempo, con lo cual se forman las denominadas series de tiempo.
- Posteriormente, se hace un breve análisis y descripción de cada una de las series de tiempo, observando si se presenta algún comportamiento como por ejemplo, tendencias o valores atípicos.
- Si alguna serie presenta algún dato atípico, se recomienda fundamentar el porqué de este dato y tratarlo de tal manera que no represente un impedimento en el futuro para ajustar la serie con algún modelo.

3.7.3 Determinación de los componentes de las series de tiempo

En esta sección se explica cómo conocer los componentes presentes en cada serie de tiempo, para definir los métodos a utilizar posteriormente.

- El primer paso consiste en determinar si alguna serie presenta tendencia. Para ello, se debe aplicar la prueba de mínimos cuadrados.
- Después, se debe determinar si alguna serie presenta estacionalidad. Esto se evalúa mediante la segunda etapa de la prueba de mínimos cuadrados.

3.7.4 Establecimiento de los modelos cuantitativos a ser probados en las series de tiempo

- El primer paso consiste en elaborar una tabla resumen de los resultados obtenidos mediante las pruebas de tendencia y estacionalidad, para cada serie de tiempo.
- Después, se deben comparar los componentes presentes en cada serie, con los que puede trabajar cada modelo de series de tiempo conocido.
- Con base en el punto anterior se determinan los modelos que serán utilizados, de la siguiente manera:
 - Si la serie de tiempo presenta tendencia y estacionalidad, se recomienda utilizar los modelos de descomposición, Holt Winters y ARIMA.
 - Si la serie de tiempo presenta tendencia pero no estacionalidad, se recomienda utilizar los modelos de análisis de tendencias, de suavización exponencial doble y ARIMA.

- Si la serie de tiempo no presenta tendencia pero si estacionalidad, se recomienda utilizar los modelos de descomposición, Holt Winters y ARIMA.
- Si la serie no presenta tendencia ni estacionalidad, se recomienda utilizar los modelos de análisis de tendencias, de suavización exponencial doble y ARIMA.

En el último caso, cuando no hay tendencia ni estacionalidad, también se podría aplicar el método de promedios móviles, en sus distintos tipos. Pero para el caso general se descartó, debido a que dicho método sólo pronostica en el corto plazo.

3.7.5 Determinación de los residuos y medidas de desempeño para cada modelo probado

Este inciso tiene por objeto disponer de los datos necesarios para que en las etapas posteriores se pueda evaluar la confiabilidad y desempeño de cada uno de los modelos de pronósticos establecidos para cada serie.

- La primera actividad consiste en ajustar cada una de las series con los modelos establecidos, haciendo uso del programa MINITAB. Cabe señalar que este programa incluye todos los modelos cuantitativos descritos con anterioridad.
- Como segunda actividad se deben obtener los residuos, utilizando el programa MINITAB.
- Por último, se deben obtener las medidas de desempeño para cada modelo de pronósticos, auxiliándose en las estimaciones con los programas Excel en algunos casos, y en otros directamente con MINITAB.

Hay dos aspectos importantes a remarcar en este inciso. El primero es que para los métodos ARIMA se requiere tener un conocimiento previo de sus fundamentos. Aunque el programa MINITAB tiene la opción de ajustar modelos ARIMA, es la experiencia y el conocimiento del pronosticador, los que sirven de gran ayuda para poder detectar un modelo ARIMA adecuado. El segundo aspecto a señalar es que, si bien en la determinación de los medios para llevar a cabo la metodología, el programa EXCEL quedó en segundo plano, en este apartado se recomienda trabajar conjuntamente con él, ya que el programa MINITAB se utiliza en particular para los modelos ARIMA, pero no proporciona las medidas de desempeño, y es aquí donde se necesita el uso de alguna plantilla de EXCEL.

3.7.6 Comprobación y selección de un modelo con base en los supuestos de normalidad e independencia

En esta etapa se verifican los supuestos de normalidad e independencia, en los residuos de cada uno de los modelos de pronósticos establecidos, para cada serie de tiempo.

- La primer actividad en esta etapa consiste en aplicar a los residuos de cada serie de tiempo, las pruebas de normalidad, mediante el programa MINITAB. Estas pruebas son las de Anderson – Darling, Ryan – Joiner y Kolmogorov – Smirnov, el valor alfa establecido para estas pruebas fue igual a 0.05.
- Una vez que se rechace o acepte la hipótesis nula para cada prueba previamente descrita, se necesita concluir si existe o no normalidad sobre los residuos. Por lo tanto, el criterio de decisión será: si dos pruebas o más de normalidad concluyen que se acepta H_0 , entonces esto querrá decir que los residuos se comportan normalmente. Pero, si sólo una de estas pruebas concluyen que se acepta H_0 , en este caso, los datos no siguen una distribución normal.
- Después se debe determinar la independencia de los errores, con ayuda nuevamente del programa MINITAB. En este caso se aplica la prueba de rachas, mediante la que se verifica la aleatoriedad en los datos. El programa hace una comparación de aleatoriedad de los residuos, lo que implica que exista independencia de los mismos, ya que al no presentarse algún patrón de aparición sobre los residuos, se concluye que ninguno de ellos afecta al otro. El valor alfa establecido para esta prueba en MINITAB fue igual a 0.05.
- Como último paso, se seleccionan los modelos que cumplan con los supuestos de normalidad e independencia.

Se puede presentar que en algunas series de tiempo, sólo un modelo de pronósticos sea el que cumple con ambos supuestos, por tal motivo, si esta situación se presenta, la decisión que se debe tomar es que ese modelo sea el que se utilice para realizar los pronósticos de dicha serie en particular. También, se puede presentar que para una misma serie, existan dos o más modelos que cumplan con los supuestos de normalidad e independencia, en esta caso se seguirán las instrucciones del siguiente inciso (3.7.7), para definir cuál modelo de pronóstico se utilizará, con base en las medidas de desempeño.

Por otro lado, si la serie de tiempo no presenta un número adecuado de datos, no es recomendable determinar los supuestos, ya que al no haber información suficiente, habrá una incertidumbre mayor sobre si verdaderamente se cumple o no con los supuestos. Por lo tanto, para esos casos se elegirá el modelo que minimice la mayor cantidad de medidas de desempeño establecidas.

3.7.7 Selección de un modelo de pronósticos con base en las medidas de desempeño

En este inciso se establece cómo obtener un modelo único, para cada serie de tiempo que haya cumplido con los supuestos de normalidad e independencia.

- Para las series de tiempo que presenten dos o más modelos que cumplan con los supuestos de normalidad e independencia, se deben comparar sus medidas de desempeño. El modelo que minimice la mayoría de estas medidas, será el elegido para realizar los pronósticos de la serie de tiempo bajo estudio.

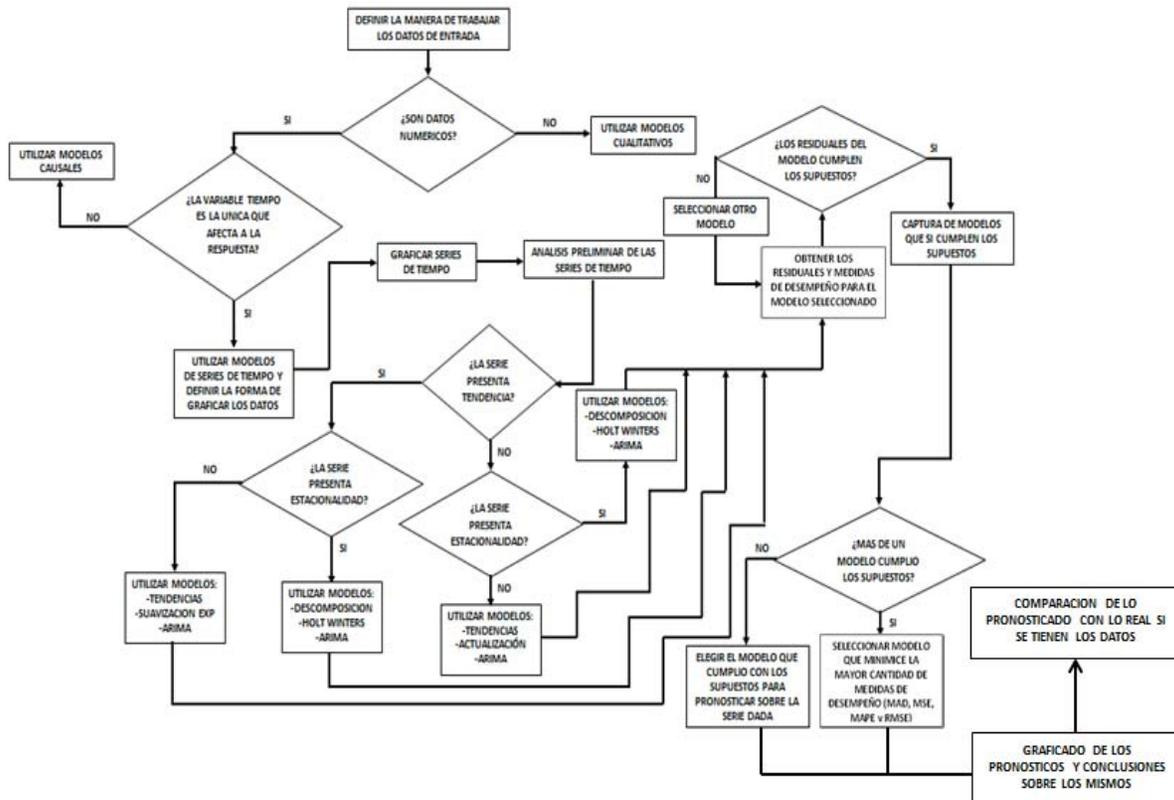
3.7.8 Pronósticos y conclusiones de los resultados de los modelos

En esta sección se establece el pronóstico para la serie de tiempo de interés, utilizando el método previamente seleccionado.

- El primer paso consiste en capturar o copiar los datos históricos en una plantilla de MINITAB.
- Posteriormente, se selecciona la opción del modelo elegido para establecer pronósticos sobre la serie de tiempo dada.
- Con base en los resultados obtenidos, se grafican los valores históricos y los estimados, así como los pronosticados, junto con sus límites.
- Con base en las gráficas obtenidas de los pronósticos, se establecen conclusiones.
- Por último, si se dispone de datos actuales de los valores pronosticados se comparan con los valores obtenidos, para determinar que tanto se ajustan los modelos con la realidad.

En la Figura 3.9 se presenta un resumen de la metodología establecida para los modelos de pronósticos de la actividad aérea en México, mediante un diagrama de flujo.

En relación con esta figura es importante señalar que es válido utilizar los modelos ARIMA cuando se tienen más de 50 datos, de lo contrario no se recomienda aplicarlos. Por otra parte, en cuanto a los modelos de actualización, éstos consideran los métodos de medias móviles y de suavización exponencial.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.9 Diagrama de flujo de la metodología con base en modelos de pronósticos para la actividad aérea en México

4 Aplicación de la metodología con base en modelos de pronósticos para la actividad aérea del grupo OMA

4.1 Análisis de los datos de entrada y selección de los modelos de pronóstico para las series de tiempo

Dado que las bases de datos que se utilizarán, contienen cantidades de vuelos, pasajeros y carga aérea en valores numéricos para cada aeropuerto, en principio se descartan las técnicas cualitativas. También, se descartan los pronósticos causales, debido a que los datos para flujos de pasajeros y carga se consideran independientes uno del otro. Por lo tanto, los modelos recomendables para este trabajo son los cuantitativos.

Cabe señalar que se trabajó sólo con datos mensuales de pasajeros, para el periodo 2008 - 2012, debido a que la captura de los datos de 2003 a 2007 se hacía de manera anual.

Para el caso de la carga se elaboraron modelos preliminares con las condiciones de datos mensuales. Sin embargo, a pesar de que presentó un buen ajuste, no se pudieron establecer conclusiones definitivas, debido a que no se observaron variaciones marcadas para ello. Por tal motivo, se decidió graficar las series de tiempo de carga de manera anual de 2003 a 2012, y de esta forma se buscó algún modelo idóneo para las mismas.

4.1.1 Pronósticos por series de tiempo

Estos modelos generan pronósticos al extrapolar el comportamiento anterior de los valores de una variable de interés. Además, hacen referencia a la medición de una variable con respecto al tiempo en intervalos espaciados de manera uniforme.

4.1.1.1 Modelos de series de tiempo

En la Tabla 4.1 se describen las características particulares de estos modelos. En principio los métodos de series de tiempo incluyen métodos de pronóstico y suavizamiento simple, métodos de análisis de correlación, modelos de Box-Jenkins y ARIMA.

Para entender un poco más, cómo se selecciona un modelo tentativo, en la secciones 4.1.2 y 4.1.3 se presenta información complementaria sobre el proceso iterativo que tiene lugar al buscar un modelo que permita realizar pronósticos, con base en una serie de tiempo.

Tabla 4.1 Modelos de series de tiempo

Métodos de series de tiempo	Características
Método de análisis de tendencias	<ul style="list-style-type: none"> • Recomendable si no hay estacionalidad.
Método de descomposición	<ul style="list-style-type: none"> • Recomendable cuando existe estacionalidad.
Promedios Móviles	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando no se presenta ni tendencia ni estacionalidad.
Suavización exponencial simple	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando no hay tendencia ni estacionalidad.
Suavización exponencial doble	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de tendencia pero no estacionalidad.
Holt Winters	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando existe estacionalidad.
ARIMA	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando haya tendencia o estacionalidad o ambas.

Fuente: Elaboración propia con base en Farnum y Stanton, 1989.

4.1.2 Series temporales estacionarias y no estacionarias

Los modelos clásicos de Box-Jenkins describen series temporales estacionarias, por consiguiente, para identificar en forma tentativa un modelo de Box-Jenkins, es necesario determinar primero si la serie temporal que queremos pronosticar es estacionaria. Si los n valores no fluctúan con variación constante respecto a una media constante μ , entonces es razonable pensar que la serie temporal no es estacionaria.

Por lo tanto, antes de identificar un modelo tentativo se debe aplicar un método para volver estacionaria la serie temporal. Una forma de transformar una serie con tendencia a una serie temporal estacionaria es realizando las primeras diferencias de los valores de la serie temporal con tendencia.

Las primeras diferencias de los valores de la serie temporal y_1, y_2, \dots, y_n son:

$$Z_t = y_t - y_{t-1} \quad \text{donde } t = 2, 3, \dots, n$$

A veces, al obtener las primeras diferencias se transforman los valores de la serie temporal no estacionaria, en valores de una serie temporal estacionaria, pero en ocasiones es necesario usar otras formas de diferenciar para generar valores de series temporales estacionarias. Para ello, se pueden obtener las segundas

diferencias (las primeras diferencias de las primeras diferencias) de los valores originales de la serie temporal.

Las **segundas diferencias** de los valores de la serie temporal y_1, y_2, \dots, y_n son:

$$\begin{aligned} z_t &= (y_t - y_{t-1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) \\ &= y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2} \quad \text{para } t = 3, 4, \dots, n \end{aligned}$$

4.1.2.1 Función de autocorrelación y función de autocorrelación parcial

Los modelos de pronósticos Box-Jenkins, se identifican en forma tentativa examinando el comportamiento de la función de autocorrelación (FAC) y la función de autocorrelación parcial (FACP), para los valores de una serie temporal estacionaria. En este caso, z_b, z_{b+1}, \dots, z_n podrían ser los valores originales de la serie temporal o los valores transformados.

4.1.2.1.1 Función de autocorrelación (FAC)

Esta cantidad mide la relación lineal entre las observaciones de la serie temporal separadas por un desfase de k unidades de tiempo.

Con objeto de aplicar la metodología de Box-Jenkins, es necesario que se examine y clasifique el comportamiento de la función de autocorrelación. La FAC de una serie temporal no estacionaria puede mostrar una variedad de comportamientos diferentes. Primero, la FAC de una serie temporal no estacional puede truncarse. Se dice que existe una espiga en el desfase de k en la FAC si r_k , la función de autocorrelación muestral en el desfase de k , es estadísticamente grande. Se puede determinar si existe una espiga en el desfase de k en la FAC, examinando la estadística t relacionada con r_k . En cuanto a la serie temporal no estacionaria, se considera que existe una espiga en la FAC, si el valor absoluto de $t_{r_k} = \frac{r_k}{s_{r_k}}$ es mayor que 2. Una FAC puede extinguirse de tres maneras:

1. En forma exponencial (sin oscilación o con oscilación)
2. En forma senoidal amortiguada
3. En forma en que domina una de las dos anteriores, o por una combinación de las dos anteriores.

Además, la FAC puede extinguirse con gran rapidez, o con lentitud extrema. Si la función de autocorrelación se extingue con lentitud extrema, se tiene un fuerte indicio de que la serie no es estacionaria (Bowerman et al., 2007).

4.1.2.1.2 Función de autocorrelación parcial de la muestra (FACP)

A continuación se presentan las formulas de la función de autocorrelación parcial de la muestra, en el desfase de k , r_{kk} , el error estándar de r_{kk} , y la estadística t relacionada.

Una vez más, con objeto de aplicar la metodología de Box-Jenkins, es necesario examinar y clasificar el comportamiento de la función de autocorrelación parcial. La FACP, al igual que la FAC, puede mostrar una variedad de comportamientos distintos. Primero, en el caso de series temporales no estacionales, la FACP puede desaparecer o truncarse. Esto quiere decir que existe una espiga en el desfase de k en la FACP, si r_{kk} , la función de autocorrelación parcial de la muestra en el desfase k , es estadísticamente grande. Si existe una espiga en el desfase de k en la FACP, se puede examinar la estadística t relacionada con r_{kk} . Se considera que existe una espiga en el desfase de k en la FACP, si el valor absoluto de $t_{r_{kk}} = \frac{r_{kk}}{s_{r_{kk}}}$, es mayor que 2 (Bowerman et al., 2007).

4.1.2.2 Introducción al modelado no estacional y a los pronósticos

Después de transformar la serie temporal original y_1, y_2, \dots, y_n , en valores de la serie temporal estacionaria z_b, z_{b+1}, \dots, z_n , se aplica la FAC o la FACP, para identificar un nuevo modelo de Box-Jenkins que describa los valores de la serie temporal estacionaria. Los modelos Box-Jenkins a utilizar son los autorregresivos, y los de media móvil.

En el caso de los modelos autorregresivos, se considera inicialmente el modelo no estacional autorregresivo de orden 1.

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + a_t$$

Un modelo menos intuitivo, pero de gran utilidad, es el modelo no estacional de media móvil de orden 1 (Bowerman et al., 2007).

$$z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

4.1.2.3 Identificación tentativa de los modelos de Box-Jenkins no estacionarios

En la Tabla 4.2 se resumen las FAC y las FACP, para cada uno de los modelos generales no estacionarios, que son de interés para este trabajo; y para complementar esta información, en la Tabla 4.3 se resumen las FAC, y las FACP, para cada uno de los modelos específicos de interés, no estacionarios.

Tabla 4.2 Modelos generales no estacionarios

Modelo	FAC	FACP
Media móvil de orden q $z_t = \bar{\delta} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$	Se trunca después del desfase q	Se extingue
Autorregresivo de orden p $z_t = \bar{\delta} + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t$	Se extingue	Se trunca después del desfase p
Combinado de media móvil-autorregresivo de orden (p, q) $z_t = \bar{\delta} + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$	Se extingue	Se extingue

Fuente: Bowerman et al., 2007.

Tabla 4.3 Modelos específicos no estacionarios

Modelo	FAC	FACP
Promedio móvil de primer orden $z_t = \bar{\delta} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$	Se corta después del desfase 1; $\rho_1 = \frac{-\theta_1}{1 + \theta_1^2}$ $\rho_k = 0$ para $k > 1$	Se corta de manera que domina el decremento exponencial amortiguado
Promedio móvil de segundo orden $z_t = \bar{\delta} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}$	Se corta después del desfase 2; específicamente: $\rho_1 = \frac{-\theta_1(1-\theta_1)}{1+\theta_1^2+\theta_2^2}$ $\rho_2 = \frac{-\theta_2}{1+\theta_1^2+\theta_2^2}$ $\rho_k = 0$ para $k > 2$	Se corta según una combinación de exponenciales amortiguados, ondas seno amortiguadas, o ambos
Autorregresivo de primer orden de desfase 1 $z_t = \bar{\delta} + \phi_1 z_{t-1} + a_t$	Se corta de modo exponencial amortiguado; específicamente: $\rho_k = (\phi_1)^k$ para $k \geq 1$	Se corta después del desfase 1
Autorregresivo de segundo orden $z_t = \bar{\delta} + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + a_t$	Se corta según una combinación de exponenciales amortiguados, senoidales amortiguados, o ambos; específicamente: $\rho_1 = \frac{\phi_1}{1-\phi_2}$ $\rho_2 = \frac{\phi_1^2}{1-\phi_2} + \phi_2$ $\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2}$ para $k \geq 3$	Se corta después del desfase 2
Combinado de promedio móvil-autorregresivo de orden (1, 1) $z_t = \bar{\delta} + \phi_1 z_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$	Se corta de manera exponencial amortiguada; específicamente: $\rho_1 = \frac{(1-\phi_1\theta_1)(\phi_1-\theta_1)}{1+\theta_1^2-2\theta_1\phi_1}$ $\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1}$ para $k \geq 2$	Se corta de manera que domina el decremento exponencial amortiguado

Fuente: Bowerman et al., 2007.

4.1.2.4 Verificación del diagnóstico y pronóstico de los modelos de Box-Jenkins no estacionarios

4.1.2.4.1 Valores t y p

Junto con la estimación puntual de cada parámetro de un modelo de Box-Jenkins, se asocia su error estándar y el valor t. Sea θ cualquier parámetro particular en un modelo de Box-Jenkins, $\hat{\theta}$ su estimación puntual, y $s_{\hat{\theta}}$ el error estándar de la estimación puntual. Entonces, el valor t asociado con $\hat{\theta}$ es:

$$t = \frac{\hat{\theta}}{s_{\hat{\theta}}}$$

Si el valor absoluto de t es "grande", entonces $\hat{\theta}$ es "grande". Esto expresa indirectamente que θ no es igual a cero y, por consiguiente que se rechaza $H_0: \theta = 0$, lo cual significa que se debe incluir el parámetro θ en el modelo de Box-Jenkins. A continuación se presenta el procedimiento para probar $H_0: \theta = 0$, contra $H_a: \theta \neq 0$.

PRUEBA DE $H_0: \theta = 0$, CONTRA $H_a: \theta \neq 0$

Suponga, que el modelo de Box-Jenkins que está en estudio utiliza n_p parámetros, y defina

$$t = \frac{\hat{\theta}}{s_{\hat{\theta}}}$$

También, defina el valor p como el doble del área bajo la curva de la distribución t que tiene $(n - n_p)$ grados de libertad a la derecha de $|t|$. Entonces, se puede rechazar la hipótesis nula $H_0: \theta = 0$ y aceptar la hipótesis alternativa $H_a: \theta \neq 0$, fijando la probabilidad de un error Tipo I igual a α , si y sólo si se cumplen algunas de las siguientes condiciones equivalentes.

1. $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}}^{(n-n_p)}$ es decir, $t > t_{\frac{\alpha}{2}}^{(n-n_p)}$ o bien, $t < -t_{\frac{\alpha}{2}}^{(n-n_p)}$
2. valor $p < \alpha$

Observe lo siguiente:

1. Si se rechaza $H_0: \theta = 0$ y se acepta $H_a: \theta \neq 0$, al hacer $\alpha = 0.05$, entonces se concluye que θ es significativo en el modelo.

2. Si se rechaza $H_0: \theta = 0$ y se acepta $H_a: \theta \neq 0$, al hacer $\alpha = 0.01$, esto se considera como una evidencia muy sólida de que θ es significativo.

3. A medida que el valor de α disminuye, hay evidencia más sólida de que θ es significativo y de que se puede rechazar $H_0: \theta = 0$ y aceptar $H_a: \theta \neq 0$.

4.1.2.4.2 Comprobación de los diagnósticos

Una manera de comprobar la suficiencia del modelo de Box-Jenkins en forma global, consiste en analizar los residuos obtenidos de la siguiente manera. Examinar una estadística que determine si las primeras K autocorrelaciones muestrales de los residuos, considerados en forma conjunta, indican suficiencia del modelo. Se han recomendado dos estadísticas que se resumen en el recuadro siguiente.

1. La estadística de Box-Pierce es

$$Q = n' \sum_{l=1}^k r_l^2(\hat{a})$$

2. La estadística de Ljung-Box es

$$Q^* = n' (n' + 2) \sum_{l=1}^k (n' - l)^{-1} r_l^2(\hat{a})$$

Aquí, $n' = n - d$, donde n es el número de observaciones en la serie temporal original, y d es el grado de diferenciación no estacionario, que se utilizó para transformar los valores originales de la serie temporal en valores estacionarios de la serie temporal. Además, $r_l^2(\hat{a})$ es el cuadrado de $r_l(\hat{a})$, que corresponde a la autocorrelación muestral de los residuos en el desfase l .

Se puede utilizar indistintamente cualquiera de las estadísticas, para probar la suficiencia del modelo global. No obstante, puesto que la teoría señala que Q^* es la mejor de las dos estadísticas, se analizará ésta en particular. Se supone que el proceso de modelado responde a la relación entre las observaciones de la serie temporal. Entonces, los residuos no deben estar relacionados y, por lo tanto, las autocorrelaciones de los residuos, deben ser pequeñas. Por consiguiente, Q^* debe ser pequeña. A medida que Q^* es más grande, aumenta las autocorrelaciones de los residuos, y están más relacionados los residuos. Por tanto, un valor grande de Q^* , quiere decir que, el modelo es insuficiente. Se puede rechazar la suficiencia del modelo bajo consideración, fijando la probabilidad de un error Tipo I igual a α si y solo si se cumple algunas de las siguientes condiciones equivalentes.

1. Q^* es mayor que $X_{[\alpha]}^2(K - n_c)$, el punto de la escala de la distribución de chi cuadrado que tiene $(K - n_c)$ grados de libertad, tal que hay un área de α bajo la

curva de esta distribución por arriba de este punto. Aquí, n_c es la cantidad de parámetros del modelo en consideración, distinto a δ , que es necesario estimar.

2. El valor p es menor que α , donde este valor es el área bajo la curva de la distribución chi cuadrado que tiene $(K - n_c)$ grados de libertad, a la derecha de Q^* .

Muchas veces se considera que α es igual a 0.05, sin embargo, α puede tener otros valores. Por lo regular, se fija el valor de α entre 0.01 y 0.05. Si el valor p es menor que 0.01, esto se considera como una evidencia de que el modelo es inapropiado. Si el valor p es mayor que 0.01, pero menor que 0.05, se tiene evidencia sólida, sin lugar a dudas, de que el modelo es inaceptable. Si el valor p es mayor que 0.05 (lo que significa que Q^* es menor que $X_{[0.05]}^2(K - n_c)$), entonces, es razonable concluir que el modelo es suficiente. Además, a medida que el valor p aumenta, y por consiguiente, Q^* se hace pequeño, se refuerza cada vez más la evidencia de que el modelo es suficiente.

4.1.3 Modelos de Box-Jenkins estacionarios

Para determinar si una transformación particular es adecuada, se debe examinar el comportamiento de la FAC de los valores z_b, z_{b+1}, \dots, z_n , que produce la transformación en el nivel no estacional y en el nivel estacional. Se define el comportamiento de la FAC (o de la FACP) en el nivel no estacional, como el comportamiento de esta función de los desfases 1 a $(L - 3)$. En el caso de los datos mensuales ($L = 12$), corresponde el comportamiento de los desfases 1 a 9. Para los datos que son trimestrales ($L = 4$), corresponde el comportamiento en el desfase 1. No obstante, en el caso de los datos trimestrales se considera ocasionalmente, el desfase 2, y posiblemente el desfase 3, como parte del nivel no estacional. Específicamente, se dice que existe una espiga en un desfase no estacional k ($1, 2, \dots, L - 3$), en la FAC si $|t_{r_k}| > 2$. Puesto que tiene más sentido usar periodos recientes, para pronosticar el futuro, es conveniente observar de cerca los desfases 1, 2 y quizá el 3, en la FAC, y considerar que existe una espiga en la FAC en estos desfases, si $|t_{r_k}| > 1.6$. A continuación se define el comportamiento de la FAC y la FACP en el nivel estacional, como el comportamiento de esta función en los desfases iguales a (o casi iguales a) $L, 2L, 3L$ y $4L$.

Inicialmente, se define:

1. Los desfases $L, 2L, 3L$ y $4L$ como desfases estacionales exactos.
2. Los desfases $L - 2, L - 1, L + 1, L + 2, 2L - 2, 2L - 1, 2L + 1, 2L + 2, 3L - 2, 3L - 1, 3L + 1, 3L + 2, 4L - 2, 4L - 1, 4L + 1, y 4L + 2$ son cuasi desfases estacionales. Por consiguiente, los desfases estacionales exactos, para los datos mensuales ($L = 12$) serían 12, 24, 36, y 48, y los desfases cuasi estacionales serían 10, 11, 13, 14, 22, 23, 25, 26, y así sucesivamente. Para cualquier desfase estacional exacto o cuasi estacional k , se dice que existe

una espiga en la FAC, si $|t_{r_{kk}}| > 2$. Ya que parece razonable utilizar el mismo mes o trimestre de un año, para pronosticar el correspondiente del siguiente año, conviene examinar los desfases estacionales exactos con más detalle. Por lo tanto, para $k = L, 2L, 3L$ y $4L$, es posible considerar que existe una espiga en la FAC, si $|t_{r_k}| > 1.6$.

Se dice que la FAC (o la FACP) se trunca después del desfase k en el nivel estacional, si no hay espigas en los desfases estacionales exactos, o desfases cuasi estacionales mayores que el desfase k en esta función. Además, se dice que la FAC (o la FACP) se extingue en el nivel estacional, si esta función no se trunca, pero decrece en forma permanente en el nivel estacional.

En general, se puede demostrar que si la FAC de los valores de la serie temporal z_b, z_{b+1}, \dots, z_n , muestra los dos comportamientos siguientes:

1. Se trunca rápidamente, o se extingue de igual manera en el nivel no estacional.
2. Se trunca rápidamente, o se extingue de igual manera en el nivel estacional.

Si no es así, se debe considerar que estos valores son no estacionarios. En este caso, si la FAC (o la FACP) se trunca rápidamente en el nivel no estacional, comúnmente lo hará después de un desfase k , que es menor o igual a 2. Similarmente, si la FAC (o la FACP) se trunca rápidamente en el nivel estacional, a menudo, lo hará después de un desfase menor o igual a L , que corresponde al primer desfase estacional.

Paso 1: Observe el comportamiento de la FAC y FACP en el nivel no estacional, para identificar en forma tentativa, un modelo no estacional que describa los valores de la serie temporal.

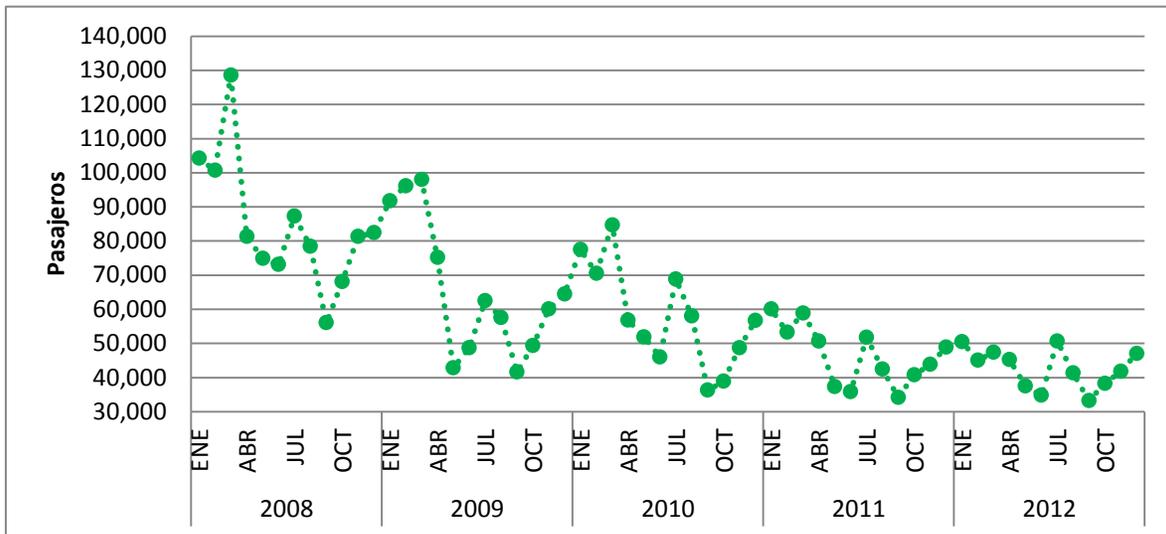
Paso 2: Observe el comportamiento de la FAC y FACP en el nivel estacional, para identificar en forma tentativa, un modelo estacional que describa los valores de la serie temporal.

Paso 3: Combine los modelos obtenidos en los pasos 1 y 2, para obtener un modelo global tentativo.

4.2 Representación, descripción y análisis preliminar de las series de tiempo de los aeropuertos del grupo OMA

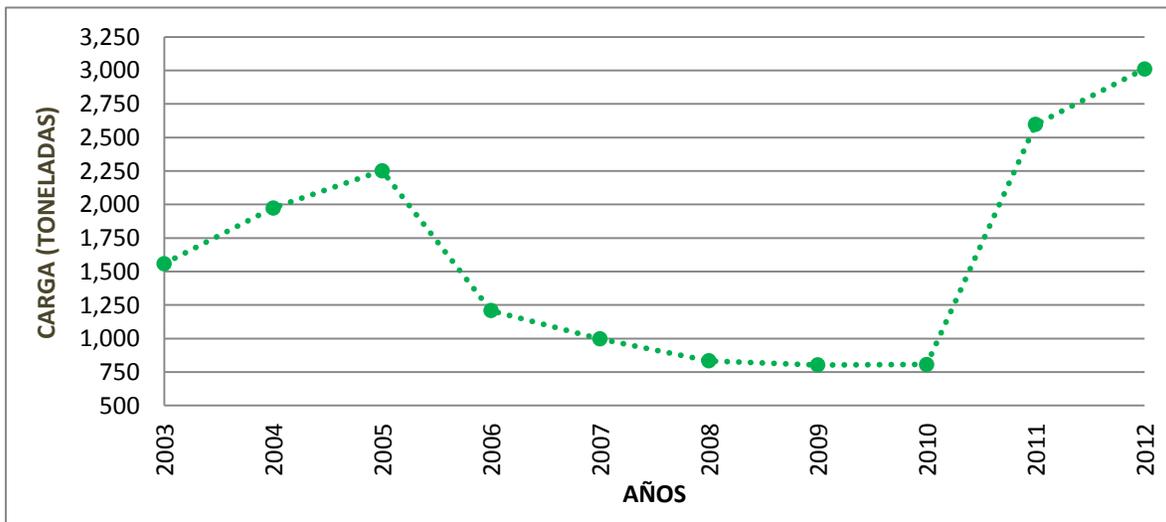
Las series de tiempo consideradas, corresponden a los flujos aéreos de pasajeros y de carga, para los 13 aeropuertos del grupo OMA y para el grupo en su conjunto (totales). El periodo de estudio para los flujos de pasajeros fue de 2008 a 2012, en intervalos mensuales; y para los flujos de carga el periodo fue de 2003 a 2012, en

intervalos anuales. A continuación se presentan las series de tiempo señaladas. Las líneas punteadas en las figuras siguientes, representan la tendencia general de cada serie.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.1 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Acapulco (2008 – 2012)



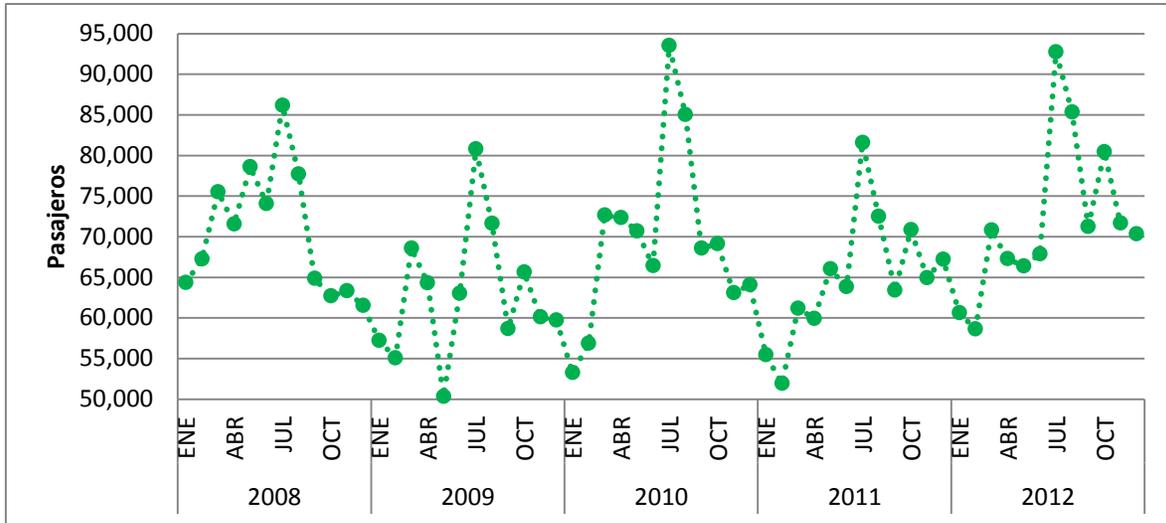
Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.2 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Acapulco (2003 – 2012)

En la Figura 4.1, se puede apreciar que el flujo de pasajeros en el aeropuerto de Acapulco ha tendido a disminuir (tendencia negativa). Por otro lado, también se

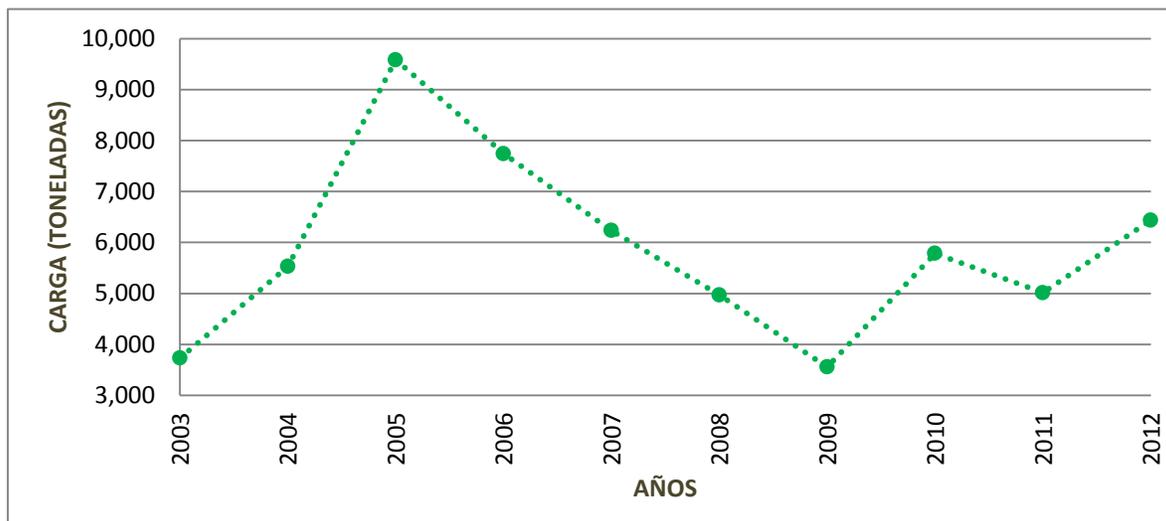
observa que se presentan algunos picos en determinados meses, por lo que preliminarmente se podría suponer que hay un comportamiento estacional.

En cuanto al comportamiento de los flujos de carga (Figura 4.2), en el aeropuerto de Acapulco, se observan fluctuaciones. Sin embargo, en el periodo 2006 – 2010 se observa un decremento importante de estos flujos. Aunque, al final del periodo analizado 2011 - 2012, ya se observa una significativa recuperación.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

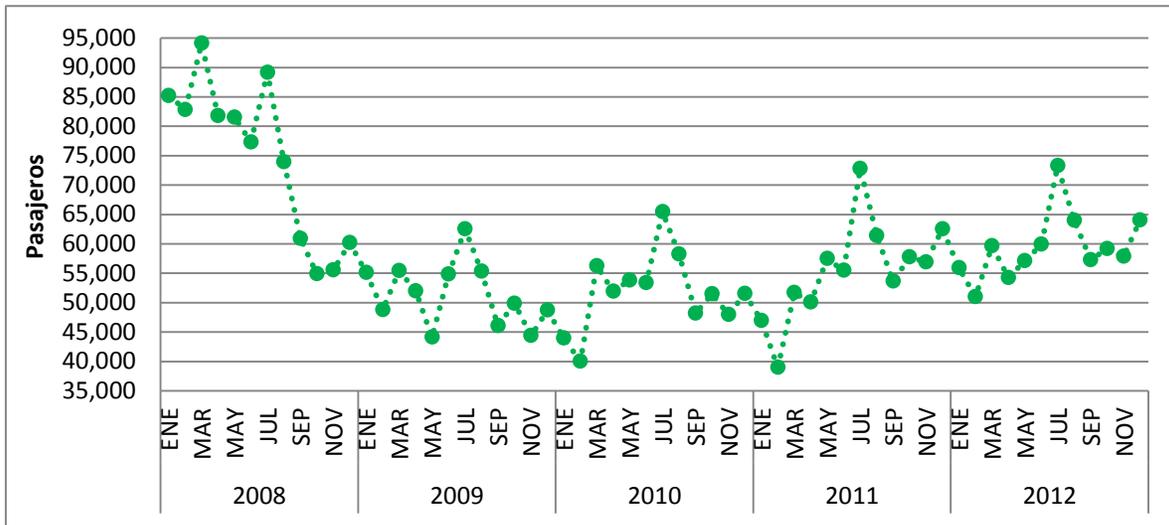
Figura 4.3 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Chihuahua (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

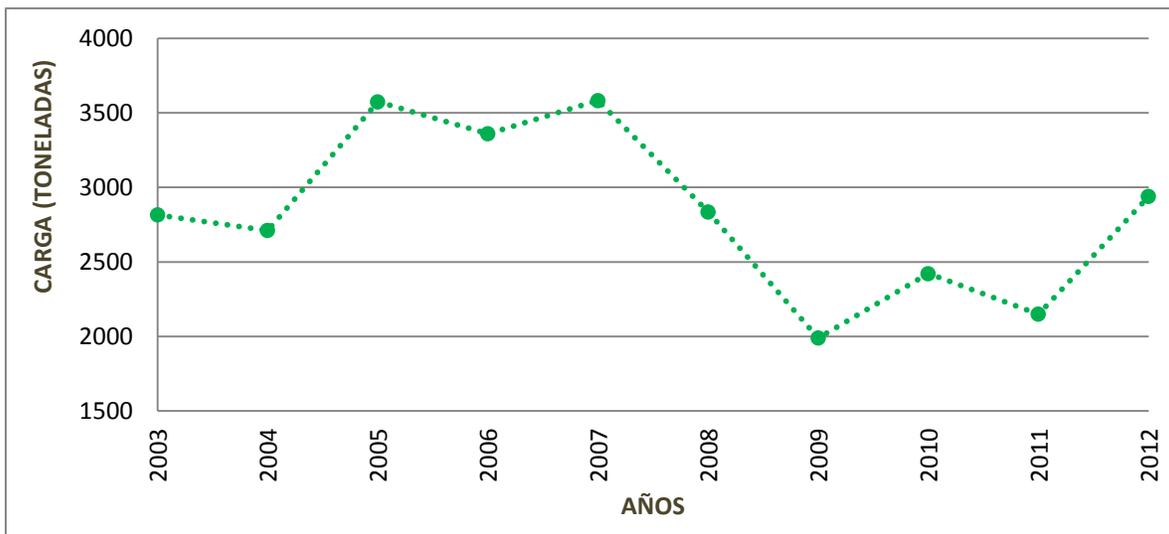
Figura 4.4 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Chihuahua (2003 – 2012)

En la Figura 4.3, se observa que los flujos de pasajeros, en el aeropuerto de Chihuahua, se han mantenido relativamente estables. Preliminarmente, se podría considerar que se trata de una serie estacionaria. Además, se aprecian comportamientos semejantes entre mes y mes de cada año, por lo que aparentemente, la serie presenta un efecto estacional. En cuanto a los flujos de carga (Figura 4.4), se observa que desde 2006 y hasta 2009, la carga tuvo un decremento importante. Posteriormente, se observa una tendencia de crecimiento, aunque sin alcanzar los niveles de 2006.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

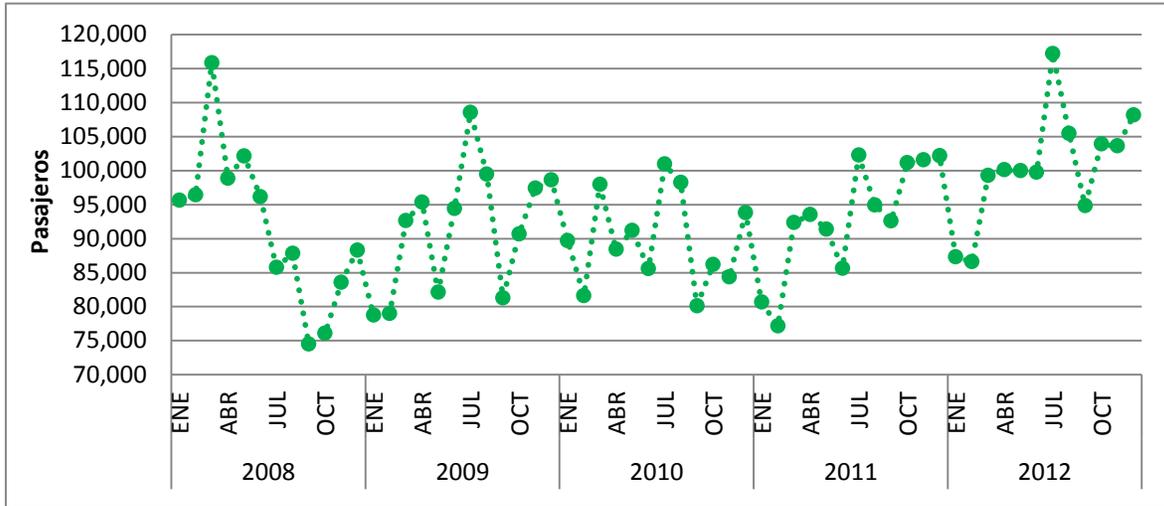
Figura 4.5 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Ciudad Juárez (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

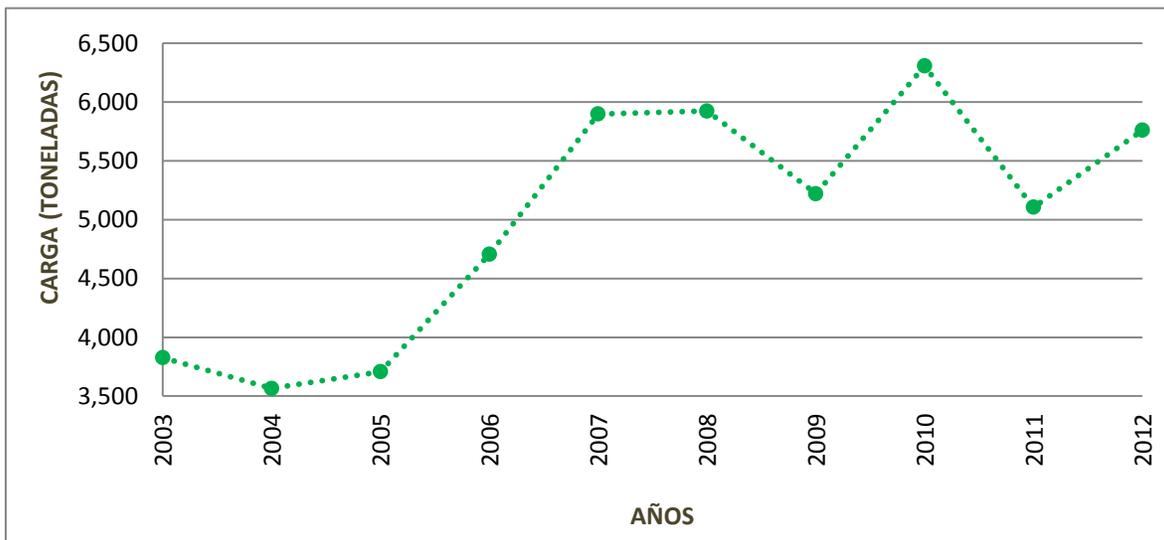
Figura 4.6 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Ciudad Juárez (2003 – 2012)

Durante 2008, los flujos de pasajeros en el aeropuerto de Ciudad Juárez tuvieron una tendencia descendente. Posteriormente, entre 2009 y 2012, se observa una estabilización de la serie. Además, en ese periodo, se observa que el comportamiento de un mismo mes en distintos años es similar, por lo que aparentemente se presenta estacionalidad en la serie (Figura 4.5). Para los flujos de carga, de este aeropuerto, la serie presenta fluctuaciones, con incrementos y decrementos de apariencia irregular. Por lo anterior, en forma preliminar se podría suponer que esta es una serie no estacionaria (Figura 4.6).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

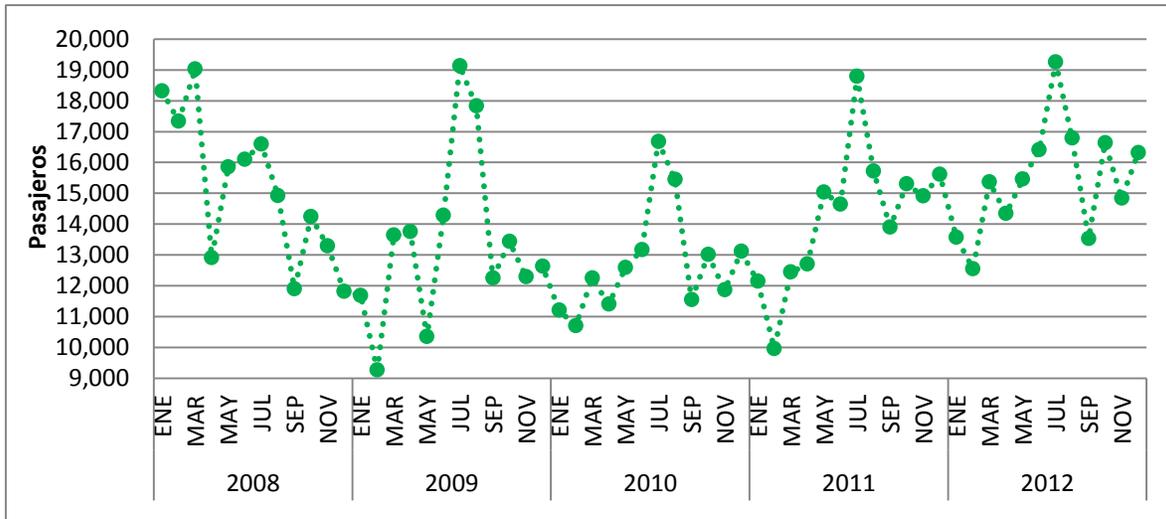
Figura 4.7 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Culiacán (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.8 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Culiacán (2003 – 2012)

Los flujos de pasajeros en el aeropuerto de Culiacán, entre 2009 y 2012, han tendido a crecer. Además, en apariencia presentan un efecto estacional en este periodo, debido a que un mismo mes en distintos años se comporta de manera similar (Figura 4.7). Para este mismo aeropuerto, aunque los flujos de carga presentan fluctuaciones (Figura 4.8), se observa una aparente tendencia, por lo cual preliminarmente se puede decir que se trata de una serie no estacionaria.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

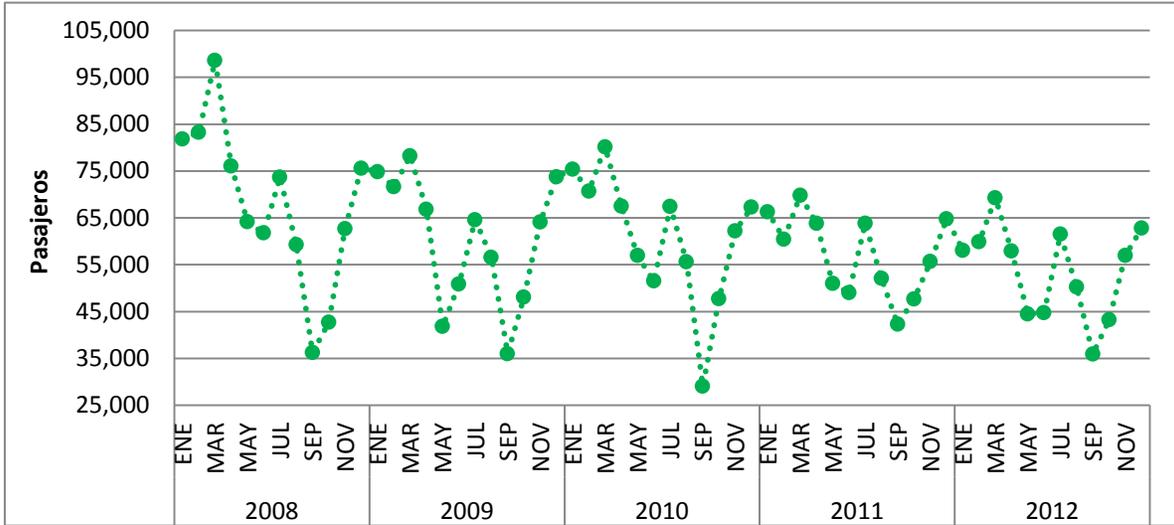
Figura 4.9 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Durango (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

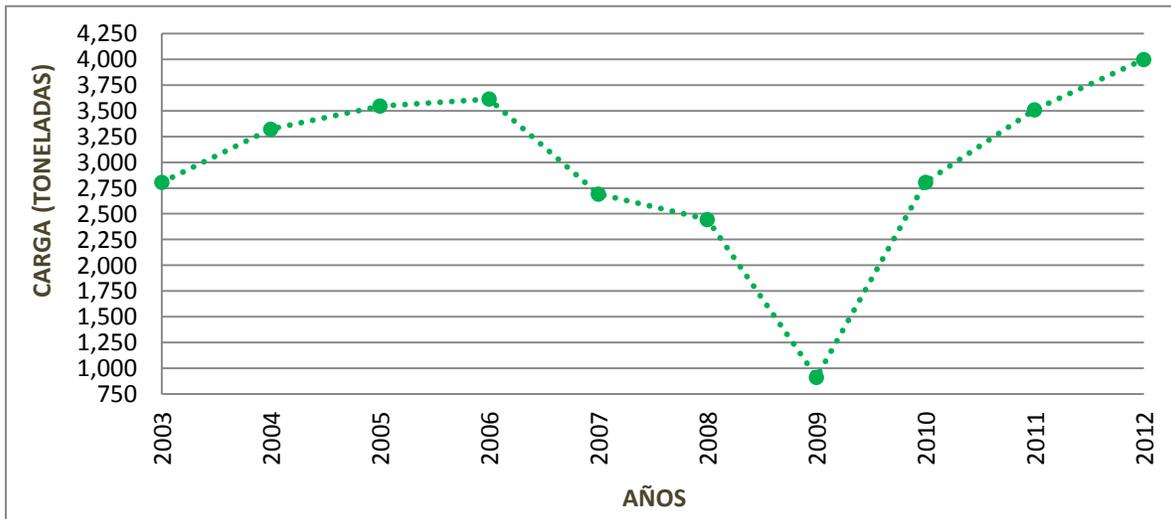
Figura 4.10 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Durango (2003 – 2012)

En general, los flujos de pasajeros del aeropuerto de Durango no presentan una tendencia, pero los comportamientos entre los meses de distintos años indican preliminarmente estacionalidad de la serie (Figura 4.9). Por otra parte, en relación con los flujos de carga de este aeropuerto, aunque hay un valor con un pico muy marcado, en 2007, en general la serie decrece en relación con el tiempo, por lo que preliminarmente se podría decir que la serie presenta tendencia (Figura 4.10).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

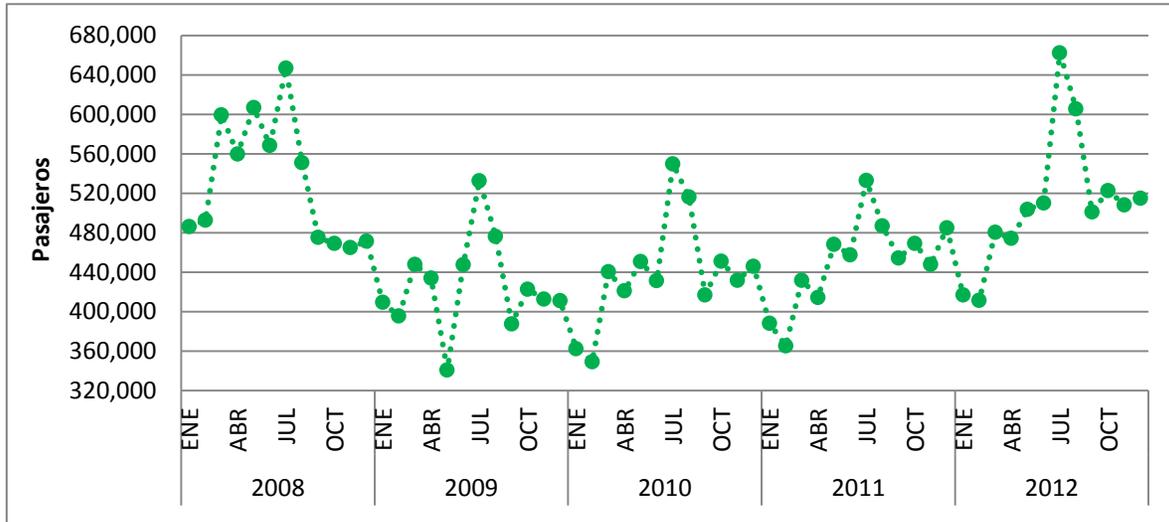
Figura 4.11 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Mazatlán (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

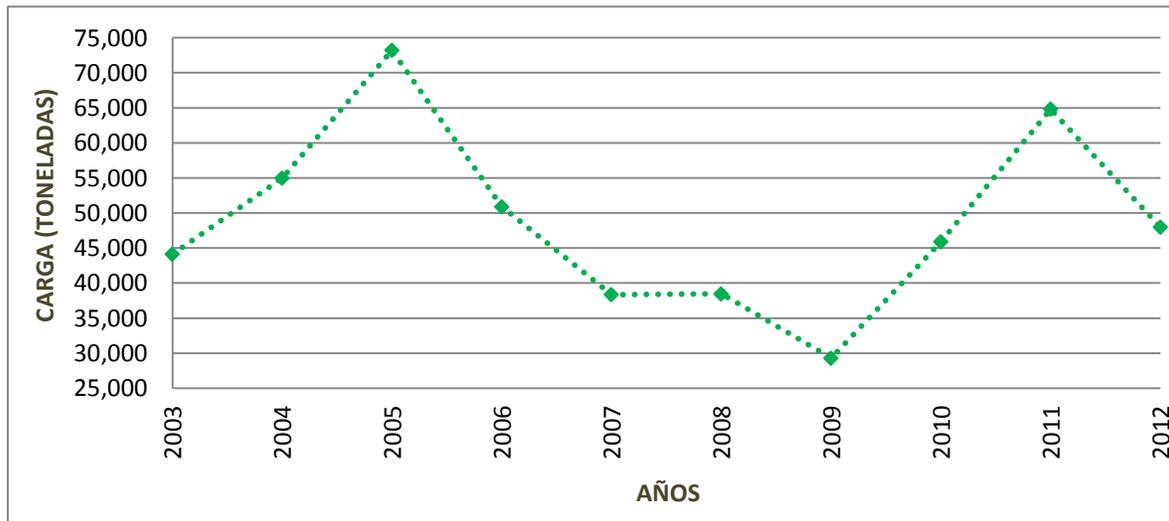
Figura 4.12 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Mazatlán (2003 – 2012)

En relación con la serie de tiempo de pasajeros, para el aeropuerto de Mazatlán (Figura 4.11), se puede observar una ligera tendencia de decremento continuo durante el periodo analizado. Además, debido a los comportamientos mensuales de los flujos, es probable que la serie también presente estacionalidad. En lo que respecta a la serie de flujos de carga en este aeropuerto (Figura 4.12), se han observado fluctuaciones significativas. La más marcada corresponde al decremento presentado en 2009. Sin embargo, después de ese año se ha presentado una recuperación importante de estos flujos.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

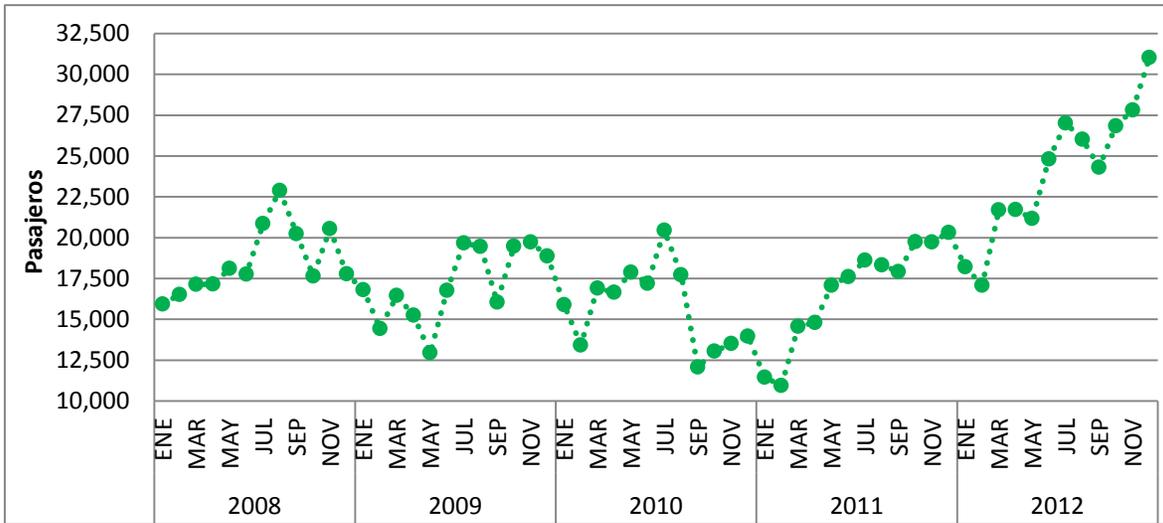
Figura 4.13 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Monterrey (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

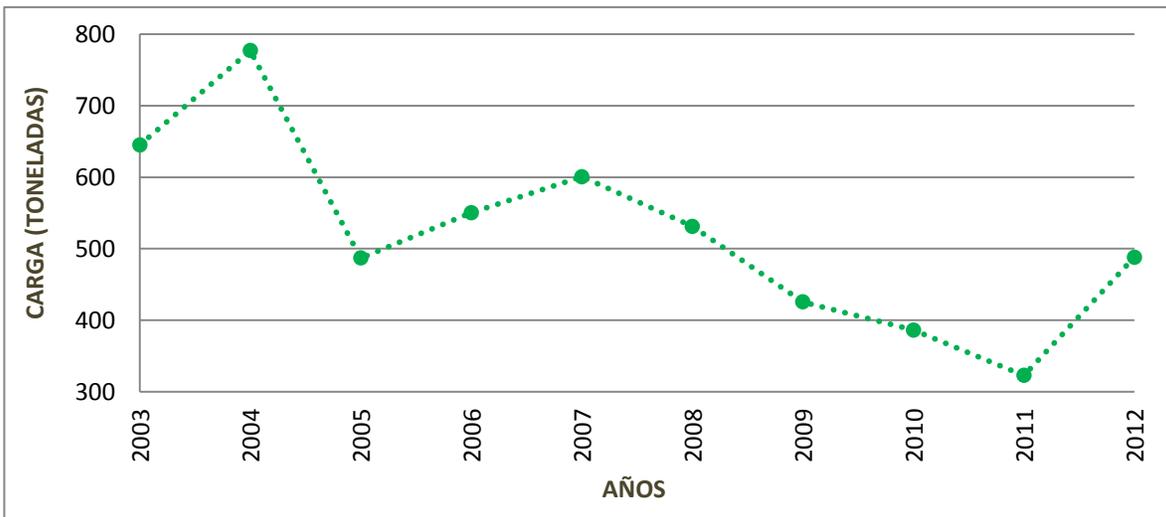
Figura 4.14 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Monterrey (2003 – 2012)

El comportamiento de los flujos de pasajeros en el aeropuerto de Monterrey, en apariencia señala que se trata de una serie estacionaria. Por otro lado, se observan comportamientos mensuales similares entre un año y otro, por lo que preliminarmente se puede decir que la serie presenta estacionalidad (Figura 4.13). Por otro lado, la serie de tiempo para los flujos de carga de este aeropuerto presenta grandes fluctuaciones, sin presentar una tendencia evidente (Figura 4.14).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

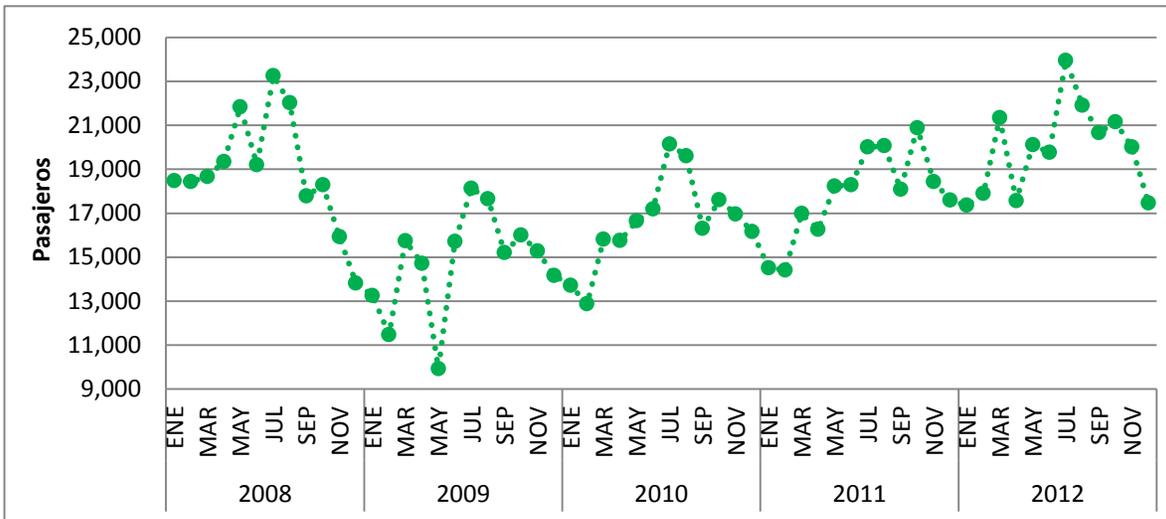
Figura 4.15 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Reynosa (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

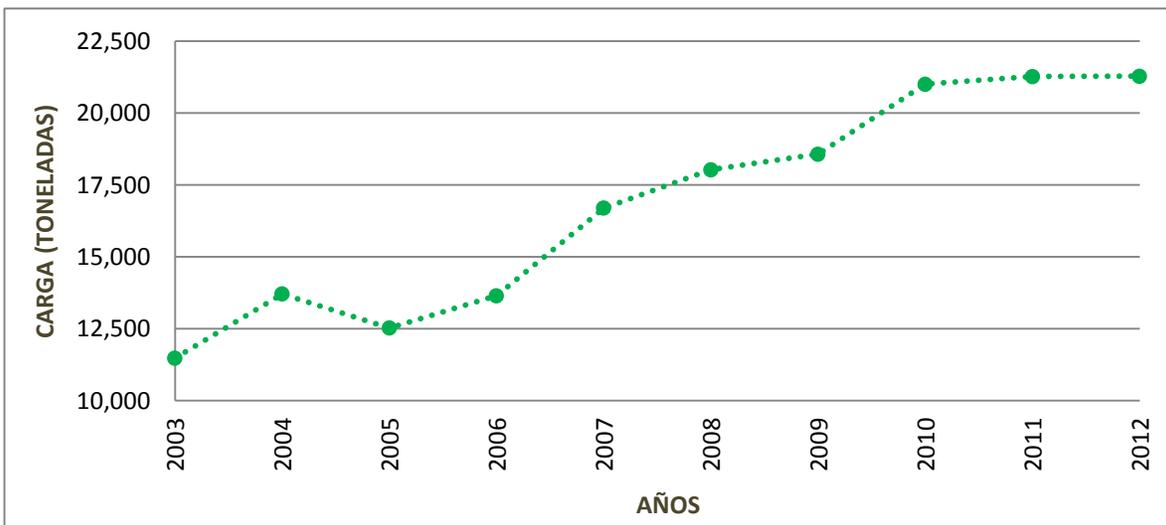
Figura 4.16 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Reynosa (2003 – 2012)

La serie de tiempo de pasajeros del aeropuerto de Reynosa (Figura 4.15), presenta en general dos comportamientos, uno estacionario entre 2008 y 2010, y otro con tendencia creciente entre 2011 y 2012. Por otro lado, aunque no es tan evidente, el comportamiento mensual de la serie entre los distintos años es semejante, por lo que preliminarmente se puede decir que presenta estacionalidad. Por su parte, la serie de carga de este aeropuerto (Figura 4.16) en apariencia presenta una tendencia descendente.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

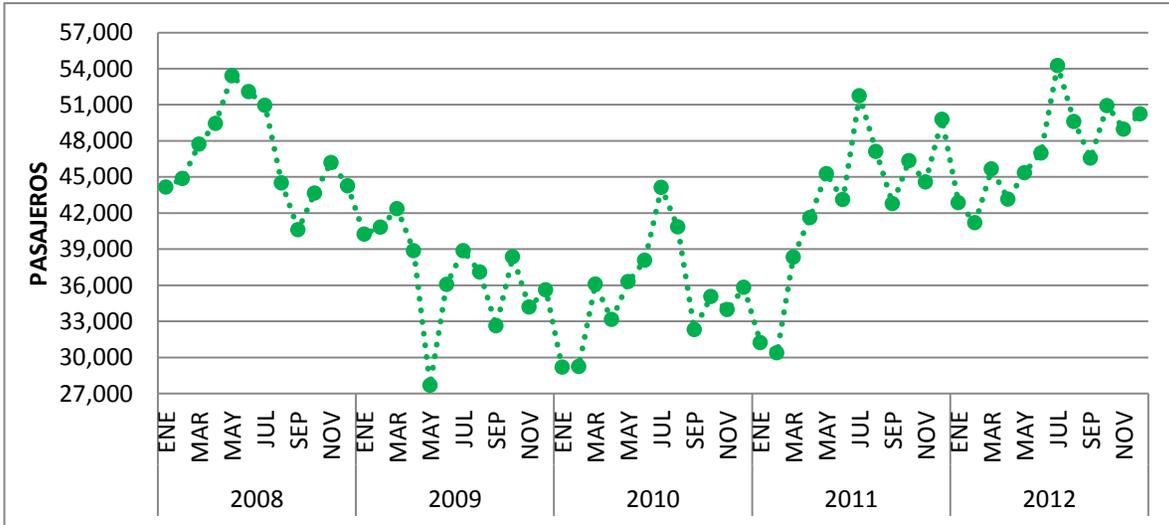
Figura 4.17 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de San Luis Potosí (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

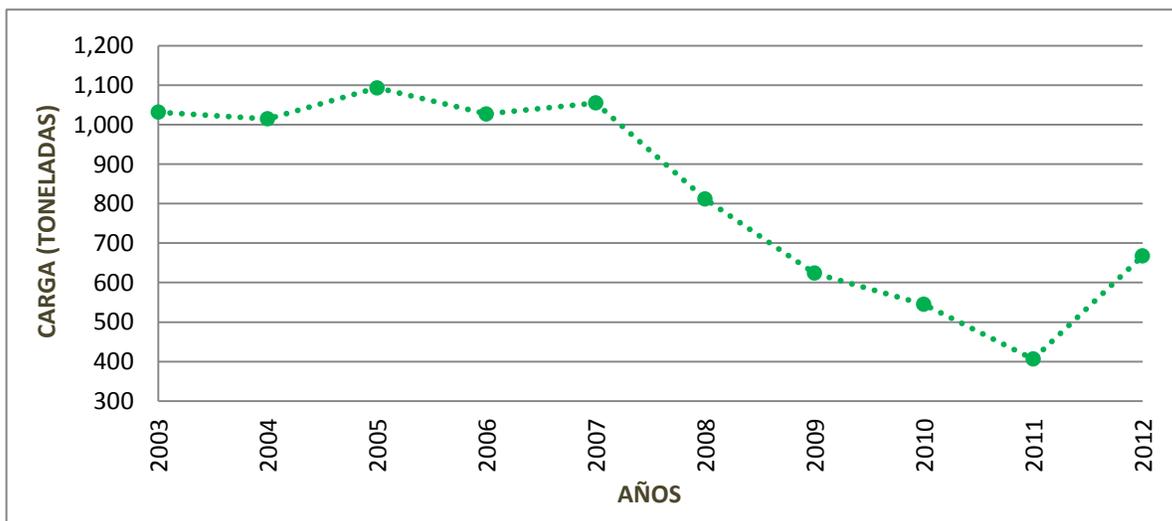
Figura 4.18 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de San Luis Potosí (2003 – 2012)

Los flujos de pasajeros del aeropuerto de San Luis Potosí, presentan una aparente tendencia de crecimiento entre 2009 y 2012. Además, se observa que en determinados meses se presenta una tendencia similar año con año, por ejemplo, el pico de julio, por lo cual se puede suponer estacionalidad en la serie (Figura 4.17). Por su parte, los flujos de carga de este aeropuerto, en general presentan una tendencia de crecimiento (Figura 4.18).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

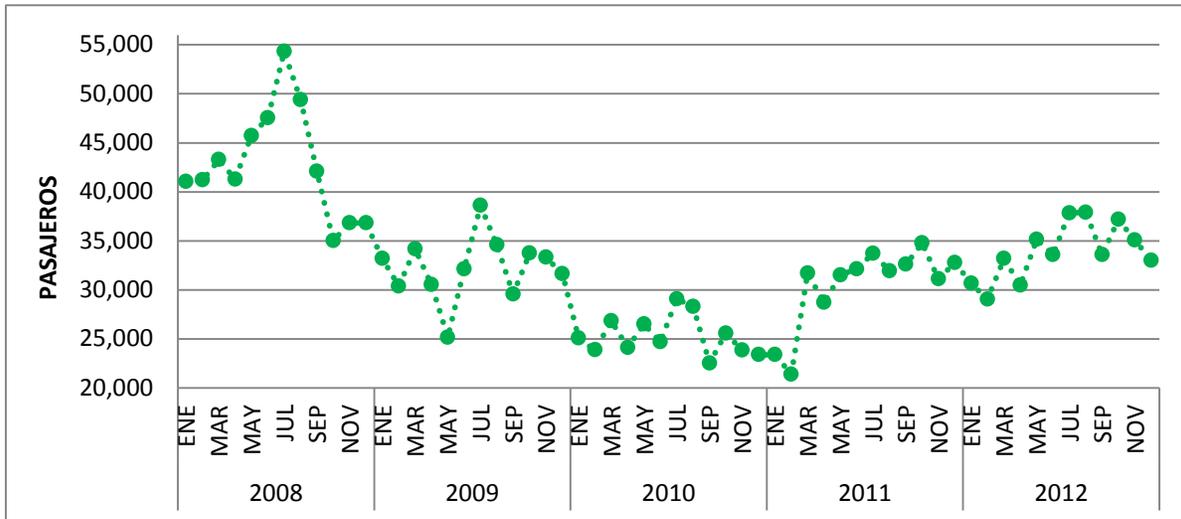
Figura 4.19 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Tampico (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.20 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Tampico (2003 – 2012)

La serie de tiempo de pasajeros del aeropuerto de Tampico (Figura 4.19), presenta en apariencia dos tendencias, la primera decreciente entre 2008 y 2009, y la segunda creciente entre 2010 y 2012. Además, debido a los comportamientos se puede decir, al menos en forma preliminar, que la serie no presenta estacionalidad. Por su parte, la serie de tiempo de carga aunque presentó un periodo de estabilidad, entre 2003 y 2007, posteriormente, presentó una tendencia decreciente, entre 2008 y 2011 (Figura 4.20).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

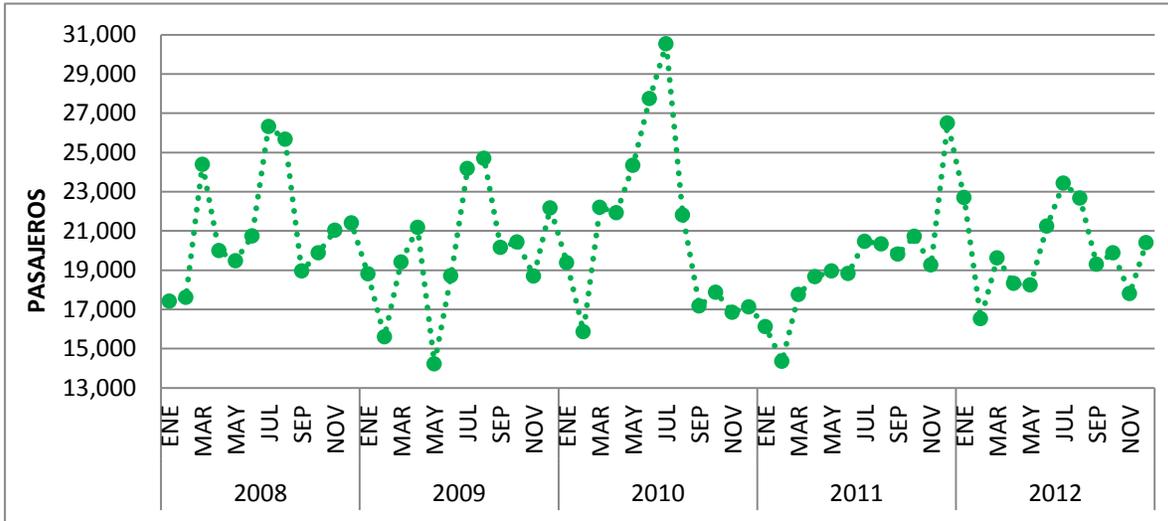
Figura 4.21 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Torreón (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

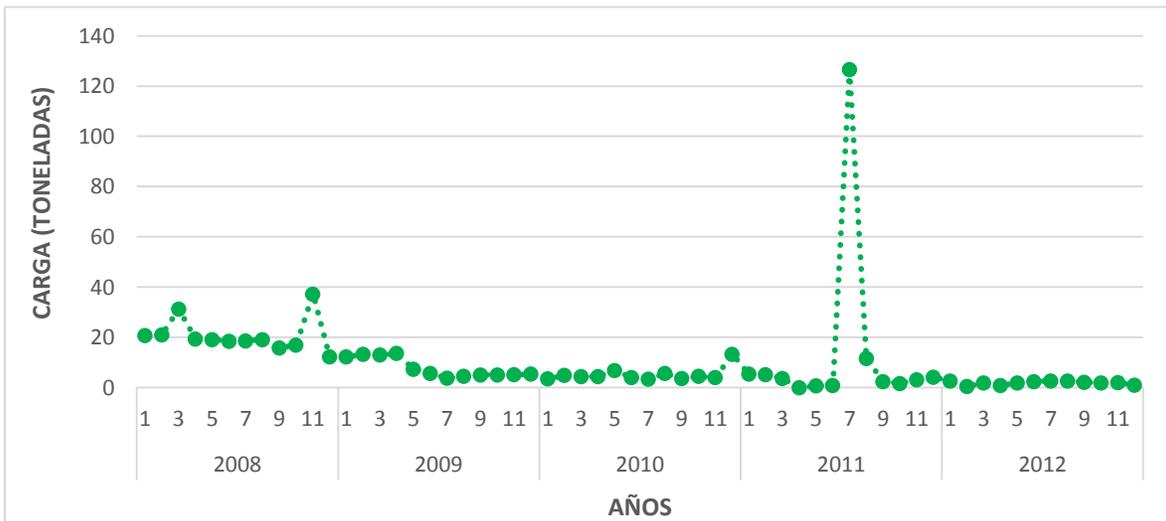
Figura 4.22 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Torreón (2003 – 2012)

La serie de tiempo de pasajeros del aeropuerto de Torreón (Figura 4.21), en general presenta una tendencia negativa entre 2008 y 2009, y una ligera tendencia de crecimiento entre 2010 y 2012. Además, con base en la similitud de los comportamientos mensuales de cada año, hay indicios de que esta serie presenta estacionalidad. Por otro lado, en relación con los flujos de carga en este aeropuerto (Figura 4.22), se observa en general una tendencia decreciente.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

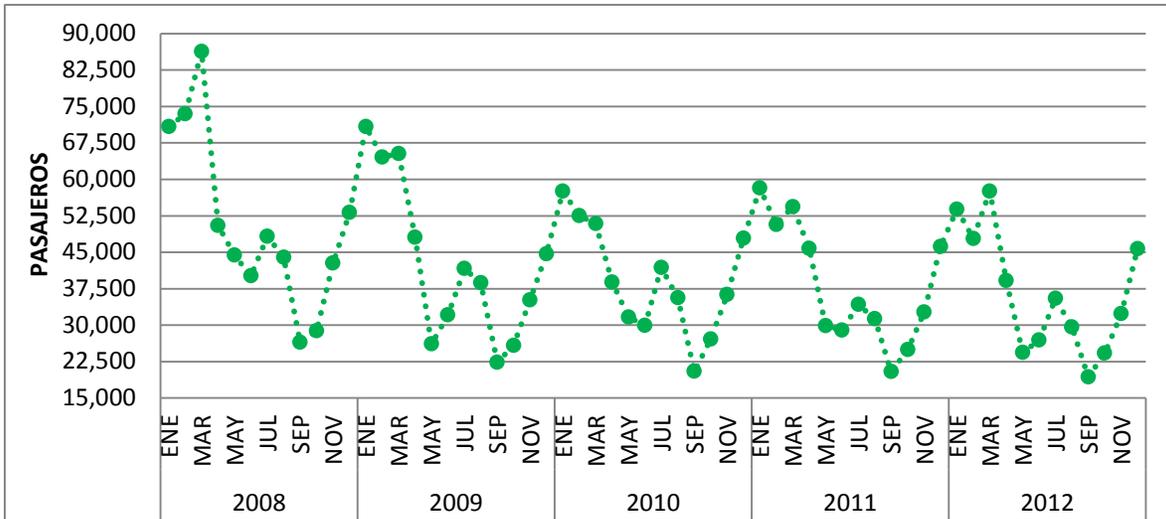
Figura 4.23 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Zacatecas (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

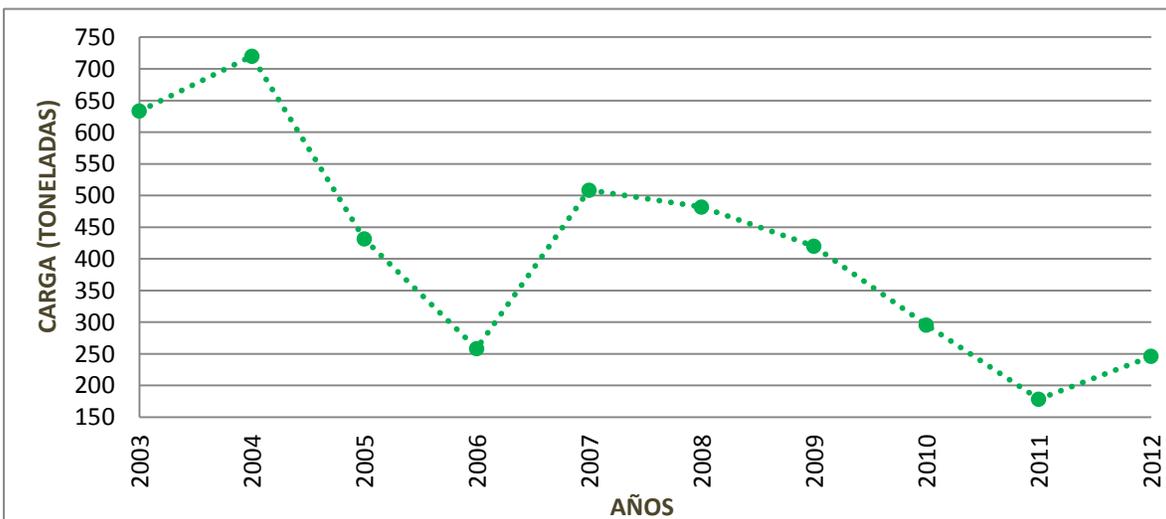
Figura 4.24 Serie de tiempo de carga mensual en el aeropuerto de Zacatecas (2008 – 2012)

Los flujos de pasajeros en el aeropuerto de Zacatecas (Figura 4.23), en apariencia no presentan una tendencia marcada. Sin embargo, el comportamiento mensual de un año con otro es similar, por lo que tentativamente la serie presenta estacionalidad. Por su parte, la serie de tiempo de carga (Figura 4.24), presenta una marcada tendencia decreciente. También, es evidente la presencia de algunos datos atípicos, por ejemplo, el pico de julio de 2011. Lo relevante en este caso, es la escasa carga manejada y su vertiginosa disminución, por lo que este aeropuerto tiene una enorme oportunidad de mejora para incrementar estos flujos.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.25 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el aeropuerto de Zihuatanejo (2008 – 2012)

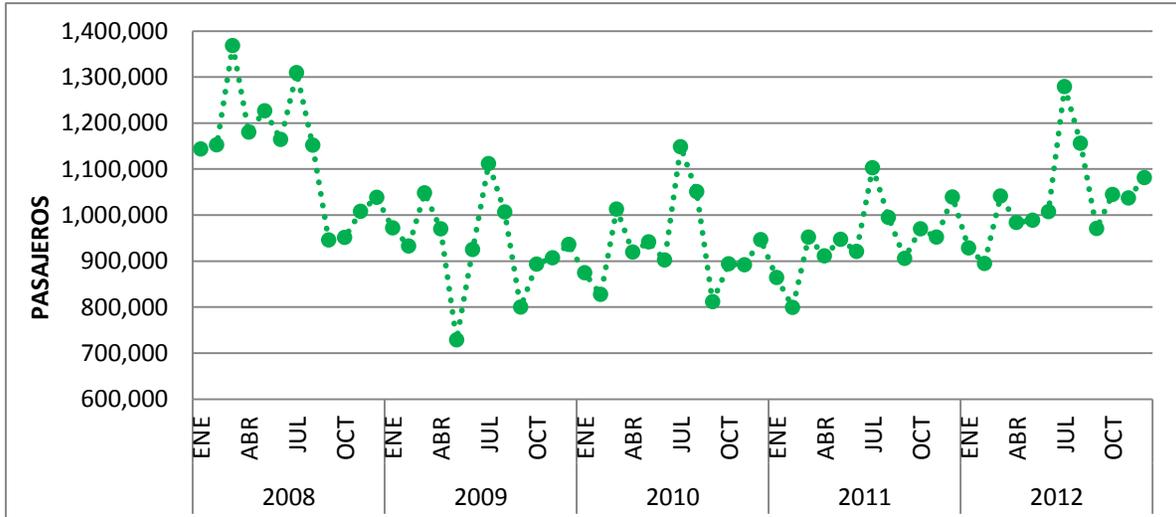


Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.26 Serie de tiempo de carga anual en el aeropuerto de Zihuatanejo (2003 – 2012)

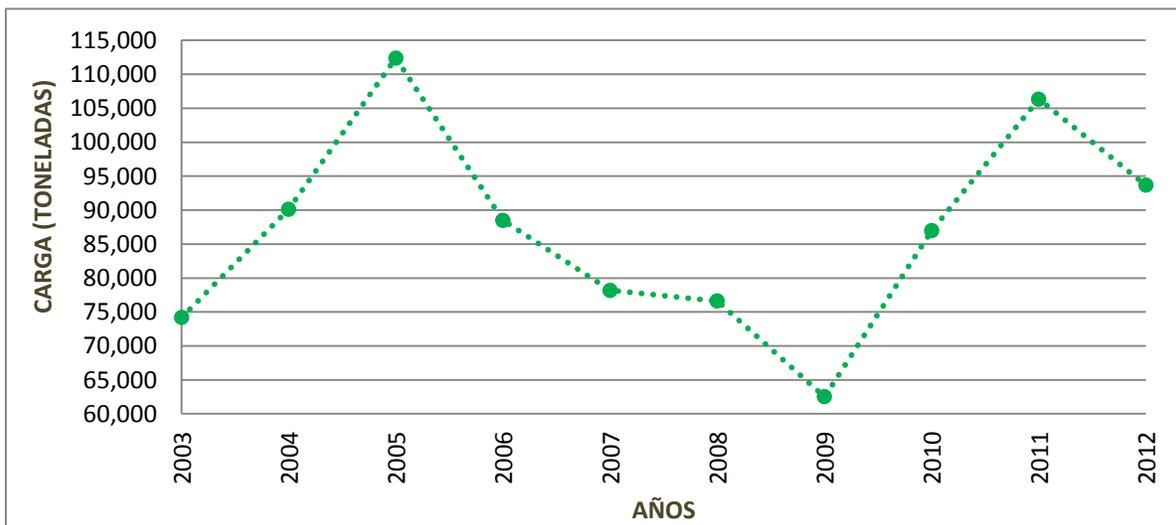
4. Aplicación de la metodología con base en modelos de pronósticos para la actividad aérea del grupo OMA

En la serie de tiempo de pasajeros del aeropuerto de Zihuatanejo (Figura 4.25), se observa una ligera tendencia a decrecer. Además, debido a una similitud marcada en el comportamiento de los flujos mensuales que se repite anualmente, se considera que esta serie presenta estacionalidad. En cuanto a los flujos de carga en este aeropuerto (Figura 4.26), en general se presenta también, una tendencia decreciente.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.27 Serie de tiempo de pasajeros mensuales en el grupo OMA (2008 – 2012)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.28 Serie de tiempo de carga anual en el grupo OMA (2003 – 2012)

La serie de tiempo de pasajeros para todo el grupo OMA (Figura 4.27), en apariencia presentó una tendencia a disminuir entre 2008 y parte de 2009, pero se observó una tendencia a crecer a partir de mediados de 2009 y hasta 2012. Además, dado que se observa un comportamiento similar mensual que se repite anualmente, se supone que la serie presenta estacionalidad. En cuanto a la serie de carga de todo el grupo OMA (Figura 4.28), se presentan fluctuaciones significativas en el periodo analizado, por lo que se podría suponer que esta serie no presenta tendencia.

4.3 Determinación de los componentes de las series de tiempo de los aeropuertos del grupo OMA

Existen ciertas pruebas estadísticas que permiten detectar de manera precisa si una serie de tiempo presenta o no tendencia, así como la existencia o inexistencia de estacionalidad. Estas pruebas son aplicadas, con objeto de seleccionar dentro de todo el universo de modelos de pronósticos, solamente los que se adapten a las condiciones de tendencia y estacionalidad, para cada serie bajo estudio del grupo OMA.

En el capítulo anterior se realizó una descripción de cada una de las pruebas de tendencia y estacionalidad que se pueden utilizar, las cuales son:

Pruebas utilizadas para detectar tendencia:

- Prueba de Pearson
- Prueba de Mann Kendall
- Prueba de mínimos cuadrados

Prueba utilizada para detectar estacionalidad:

- Prueba de mínimos cuadrados

A continuación se presentan los resultados de las pruebas señaladas anteriormente. En particular, se muestran los coeficientes obtenidos para cada serie de tiempo. Debido a que las series de tiempo para los flujos de carga aérea sólo presentan diez datos, se utilizó en este caso la prueba de Pearson para determinar la existencia o no de tendencia.

4.3.1 Pruebas para detectar tendencia

4.3.1.1 Prueba de Pearson

En esta prueba se estima el estadístico “t”, y después, su valor absoluto se compara con el valor “t” obtenido en tablas.

Las pruebas de hipótesis son:

$H_0: \rho = 0$, la serie no presenta tendencia

$H_a: \rho \neq 0$, la serie presenta tendencia

La zona de rechazo de H_0 es la siguiente: $|t_r| > t$, si esto sucede se concluye que la serie presenta tendencia. En la prueba de Pearson se considera un alfa de 5%, es decir, un nivel de confianza igual a 95%.

Tabla 4.4 Resultados de la prueba de Pearson para detectar tendencia en las series de tiempo

Aeropuertos	Serie	t estimado	t tablas	Prueba de hipótesis	Tendencia
Acapulco	Pasajeros	-9.0906	2.0017	Rechazar H_0	SÍ
	Carga	0.5758	2.3060	No Rechazar H_0	No
Chihuahua	Pasajeros	0.8500	2.0017	No Rechazar H_0	No
	Carga	-0.3496	2.3060	No Rechazar H_0	No
Ciudad Juárez	Pasajeros	-2.5948	2.0017	Rechazar H_0	SÍ
	Carga	-1.4052	2.3060	No Rechazar H_0	No
Culiacán	Pasajeros	2.5050	2.0017	Rechazar H_0	SÍ
	Carga	3.4795	2.3060	Rechazar H_0	SÍ
Durango	Pasajeros	0.8192	2.0017	No Rechazar H_0	No
	Carga	-2.5498	2.3060	Rechazar H_0	SÍ
Mazatlán	Pasajeros	-3.3011	2.0017	Rechazar H_0	SÍ
	Carga	0.0004	2.3060	No Rechazar H_0	No
Monterrey	Pasajeros	-0.0269	2.0017	No Rechazar H_0	No
	Carga	-0.3949	2.3060	No Rechazar H_0	No
Reynosa	Pasajeros	3.7299	2.0017	Rechazar H_0	SÍ
	Carga	-3.4068	2.3060	Rechazar H_0	SÍ
San Luis Potosí	Pasajeros	2.4296	2.0017	Rechazar H_0	SÍ
	Carga	11.2090	2.3060	Rechazar H_0	SÍ
Tampico	Pasajeros	-3.1734	2.0017	Rechazar H_0	SÍ
	Carga	-4.7686	2.3060	Rechazar H_0	SÍ
Torreón	Pasajeros	-3.3507	2.0017	Rechazar H_0	SÍ
	Carga	-3.5524	2.3060	Rechazar H_0	SÍ
Zacatecas	Pasajeros	-0.7656	2.0017	No Rechazar H_0	No
Zihuatanejo	Pasajeros	-3.6556	2.0017	Rechazar H_0	SÍ
	Carga	-3.5681	2.3060	Rechazar H_0	SÍ
Grupo OMA	Pasajeros	-1.6170	2.0017	No Rechazar H_0	No
	Carga	0.2863	2.3060	No Rechazar H_0	No

Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Los resultados obtenidos en la Tabla 4.4, para cada serie de tiempo, posteriormente serán comparados con los resultados de las demás pruebas, para determinar la tendencia considerando todo el conjunto de resultados.

4.3.1.2 Prueba de Mann Kendall

Para esta prueba se utilizó el complemento del programa de Excel, XLSTAT 2013. El cual fundamenta sus resultados en las siguientes hipótesis:

$H_0: \rho = 0$, la serie no presenta tendencia

$H_a: \rho \neq 0$, la serie presenta tendencia

Por lo tanto, si $P < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la serie tiene tendencia.

El valor de α establecido es igual a 0.05, es decir, se considera un nivel de confianza igual a 95%.

Tabla 4.5 Resultados de la prueba de Mann Kendall, para detectar tendencia en las series de tiempo

Aeropuertos	Serie	Valor P	Alfa	Prueba de hipótesis	Tendencia
Acapulco	Pasajeros	0.0001	0.05	Rechazar H_0	Sí
Chihuahua	Pasajeros	0.425	0.05	No rechazar H_0	No
Ciudad Juárez	Pasajeros	0.545	0.05	No rechazar H_0	No
Culiacán	Pasajeros	0.005	0.05	Rechazar H_0	Sí
Durango	Pasajeros	0.195	0.05	No rechazar H_0	No
Mazatlán	Pasajeros	0.001	0.05	Rechazar H_0	Sí
Monterrey	Pasajeros	0.588	0.05	No rechazar H_0	No
Reynosa	Pasajeros	0.002	0.05	Rechazar H_0	Sí
San Luis Potosí	Pasajeros	0.008	0.05	Rechazar H_0	Sí
Tampico	Pasajeros	0.002	0.05	Rechazar H_0	Sí
Torreón	Pasajeros	0.058	0.05	No rechazar H_0	No
Zacatecas	Pasajeros	0.511	0.05	No rechazar H_0	No
Zihuatanejo	Pasajeros	0.003	0.05	Rechazar H_0	Sí
Grupo OMA	Pasajeros	0.495	0.05	No rechazar H_0	No

Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

4.3.1.3 Prueba de mínimos cuadrados

Esta prueba tiene la finalidad de detectar la existencia de tendencia.

Esta prueba se fundamenta en establecer un modelo de regresión lineal, con L-1 variables artificiales, ajustado en una matriz de identidad para cada periodo. Con

base en este modelo se obtiene el estadístico para el predictor “t”. Posteriormente, su valor absoluto se comparará con un valor “t” estimado. La prueba de hipótesis a probar es la siguiente:

$H_0: \rho = 0$, la serie no presenta tendencia

$H_a: \rho \neq 0$, la serie presenta tendencia

La zona de rechazo de H_0 es la siguiente: $|t_r| > t$, si esta condición se presenta se concluye que la serie presenta tendencia. El valor de α será nuevamente igual a 0.05.

Tabla 4.6 Resultados de la prueba de mínimos cuadrados, para detectar tendencia en las series de tiempo

Aeropuertos	Serie	t estimado	t tablas	Prueba de hipótesis	Tendencia
Acapulco	Pasajeros	-16.57	2.012	Rechazar H_0	Sí
Chihuahua	Pasajeros	0.740	2.012	No rechazar H_0	No
Ciudad Juárez	Pasajeros	-2.240	2.012	Rechazar H_0	Sí
Culiacán	Pasajeros	2.650	2.012	Rechazar H_0	Sí
Durango	Pasajeros	0.880	2.012	No rechazar H_0	No
Mazatlán	Pasajeros	-5.470	2.012	Rechazar H_0	Sí
Monterrey	Pasajeros	-0.310	2.012	No rechazar H_0	No
Reynosa	Pasajeros	2.640	2.012	Rechazar H_0	Sí
San Luis Potosí	Pasajeros	2.410	2.012	Rechazar H_0	Sí
Tampico	Pasajeros	-3.540	2.012	Rechazar H_0	Sí
Torreón	Pasajeros	-3.290	2.012	Rechazar H_0	Sí
Zacatecas	Pasajeros	-1.790	2.012	No rechazar H_0	No
Zihuatanejo	Pasajeros	-9.420	2.012	Rechazar H_0	Sí
Grupo OMA	Pasajeros	-1.700	2.012	No rechazar H_0	No

Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Con base en los resultados obtenidos en cada prueba de tendencia, se debe elaborar un cuadro comparativo de cada una de las pruebas, con la finalidad de obtener conclusiones para cada una de las series de tiempo.

En la Tabla 4.7, se presenta el cuadro comparativo señalado antes. También, se ha definido en éste, para cada serie de tiempo, si se presenta tendencia o no. Se han remarcado en rojo aquellas series en las que no se detectó tendencia. Esta tabla servirá posteriormente para seleccionar los modelos de pronósticos adecuados a probar en cada serie de tiempo.

Tabla 4.7 Cuadro comparativo de pruebas de tendencia, para las series de tiempo

Aeropuertos	Serie	Pruebas			Tendencia
		Pearson	Mann Kendall	Mínimos cuadrados	
Acapulco	Pasajeros	Tendencia	Tendencia	Tendencia	Sí
	Carga	Sin tendencia	-	-	No
Chihuahua	Pasajeros	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia	No
	Carga	Sin tendencia	-	-	No
Ciudad Juárez	Pasajeros	Tendencia	Sin tendencia	Tendencia	Sí
	Carga	Sin tendencia	-	-	No
Culiacán	Pasajeros	Tendencia	Tendencia	Tendencia	Sí
	Carga	Tendencia	-	-	Sí
Durango	Pasajeros	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia	No
	Carga	Tendencia	-	-	Sí
Mazatlán	Pasajeros	Tendencia	Tendencia	Tendencia	Sí
	Carga	Sin tendencia	-	-	No
Monterrey	Pasajeros	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia	No
	Carga	Sin tendencia	-	-	No
Reynosa	Pasajeros	Tendencia	Tendencia	Tendencia	Sí
	Carga	Tendencia	-	-	Sí
San Luis Potosí	Pasajeros	Tendencia	Tendencia	Tendencia	Sí
	Carga	Tendencia	-	-	Sí
Tampico	Pasajeros	Tendencia	Tendencia	Tendencia	Sí
	Carga	Tendencia	-	-	Sí
Torreón	Pasajeros	Tendencia	Sin tendencia	Tendencia	Sí
	Carga	Tendencia	-	-	Sí
Zacatecas	Pasajeros	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia	No
Zihuatanejo	Pasajeros	Tendencia	Tendencia	Tendencia	Sí
	Carga	Tendencia	-	-	Sí
Grupo OMA	Pasajeros	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia	No
	Carga	Sin tendencia	-	-	No

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Pruebas para detectar estacionalidad

4.3.2.1 Prueba de mínimos cuadrados para estacionalidad

Una prueba paramétrica más compleja, pero más poderosa para determinar la estacionalidad de una serie, utiliza el análisis de regresión de mínimos cuadrados y las variables de los indicadores estacionales. En efecto, el método se ajusta a una tendencia lineal de mínimos cuadrados a cualquiera y_t (caso aditivo), o $\log y_t$ (caso multiplicativo), para eliminar en caso necesario la tendencia. Luego, se ajustan las variables indicadoras de estacionalidad con los residuos y se prueba el ajuste del modelo. Los modelos de regresión utilizados se muestran en la Figura 4.29.

Modelos de regresión estacionales

Caso Aditivo:
$$y_t = \frac{\beta_0 + \beta_1 t}{T_t} + \frac{S_1 x_1 + S_2 x_2 + \dots + S_L x_L}{S_t} + \frac{\varepsilon_t}{I_t}$$

Caso Multiplicativo:
$$y'_t = \log y_t = \beta'_0 + \beta'_1 t + S'_1 x_1 + S'_2 x_2 + \dots + S'_L x_L + \varepsilon'_t$$

Así que

$$y_t = \frac{\beta_0 (\beta_1)^t}{T_t} * \frac{S_1^{x_1} * S_2^{x_2} * \dots * S_L^{x_L}}{S_t} * \frac{\varepsilon_t}{I_t}$$

Donde

$$\beta_0 = e^{\beta'_0} \quad \beta_1 = e^{\beta'_1} \quad \varepsilon_t = e^{\varepsilon'_t} \quad S_l = e^{S'_l} \quad l = 1, 2, \dots, L$$

Fuente: Farnum y Stanton, 1989.

Figura 4.29 Modelos de regresión estacional, para los casos aditivo y multiplicativo, de la prueba de mínimos cuadrados

Considere que:

$$\sum S_i = 0 \text{ (caso aditivo)}$$

$$\sum S'_i = 0 \text{ (caso multiplicativo)}$$

En donde se definen a x_1, x_2, \dots, x_L , como las variables indicadoras de estacionalidad, de modo que:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{en la } i - \text{ésima estación,} \\ 0 & \text{de otro modo} \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots, L$$

Los programas y fórmulas de regresión habituales no funcionan con estos modelos, debido a que el conjunto de indicadores estacionales es redundante. Las restricciones de suma igual a cero, señaladas antes, para el caso aditivo y multiplicativo, tienen que ser utilizadas con el fin de resolver S_1, S_2, \dots, S_L o $S'_1,$

S'_2, \dots, S'_L . Hay varias formas de lograr esto, la más fácil consiste en utilizar sólo L-1 de las partes estacionales. El L-esimo estacional se absorbe en los otros coeficientes y la regresión regular puede llevarse a cabo.

Las etapas de este procedimiento se describen a continuación.

Paso 1.

Ajustar un modelo de regresión con una tendencia lineal y L - 1 variables artificiales estacionales, y determinar:

SSR (tendencia + estacional) = variabilidad explicada por el modelo total de tendencia/estacional

SSE (tendencia + estacional) = variabilidad no explicada por el modelo total de tendencia/estacional.

Paso 2.

Utilizar una prueba t con $n - L - 1$ grados de libertad (GL), determinar si el coeficiente de tendencia lineal (β_1 o β'_1 en los modelos estacionales) es significativo, como sigue:

Procedimiento de prueba: Prueba de significancia de la tendencia.	
	$H_0: \beta_1 = 0$ (ó $\beta'_1 = 0$)
	$H_a: \beta_1 \neq 0$ (ó $\beta'_1 \neq 0$)
Estadístico de prueba:	$t = \frac{\hat{\beta}_1}{s\hat{\beta}_1}$ (ó $t = \frac{\hat{\beta}'_1}{s\hat{\beta}'_1}$)
Regla de decisión:	Rechazar H_0 si $ t > t_{\frac{\alpha}{2}} (GL = n - L - 1)$ De otra manera no rechazar H_0 .
Conclusión:	Rechazar $H_0 \rightarrow$ tendencia es significativa (β_1 ó $\beta'_1 \neq 0$). No rechazar $H_0 \rightarrow$ tendencia no es significativa.

Fuente: Farnum y Stanton, 1989.

Figura 4.30 Pruebas de hipótesis para la tendencia

Paso 3.

Si la tendencia no es significativa, se establece el modelo sin un componente de tendencia ($\beta_1 t$ o $\beta'_1 t$), es decir, L - 1 estaciones, con lo cual:

SSR (estacional solamente) = Variabilidad explicada solamente por el modelo estacional.

SSE (estacional solamente) = Variabilidad no explicada solamente por el modelo estacional.

Los cálculos realizados para los contrastes de hipótesis de estacionalidad, cuando no existe tendencia, se muestran en la Figura 4.31.

Procedimiento de prueba: Tendencia no significativa.

$$H_0: S_1 = S_2 = \dots = S_{L-t} = 0 \text{ (ó } S'_i = 0)$$

$$H_a: S_i \neq 0 \text{ para algunas estaciones (ó } S'_i \neq 0)$$

Estadístico de prueba:
$$F = \frac{MSR(\text{Estacional})}{MSE(\text{Estacional})}$$

Donde

$$MSR(\text{Solamente estacional}) = \frac{SSR(\text{Solamente estacional})}{L-1}$$

$$MSE(\text{Solamente estacional}) = \frac{SSE(\text{Solamente estacional})}{n-L}$$

Donde

MSR = Cuadrado medio de la regresión

MSE = Cuadrado medio del error

SSR = Suma de cuadrados de la regresión

SSE = Suma de cuadrados del error

Regla de decisión: Rechazar H_0 si $F > F_\alpha$ con $GL = L - 1, n - L$.

De otra manera no rechazar H_0 .

Conclusión: Rechazar $H_0 \rightarrow$ concluye con $(1 - \alpha) * 100\%$ de confianza que existe estacionalidad.

No rechazar $H_0 \rightarrow$ algún tipo de apoyo para los modelos no estacionales.

Fuente: Farnum y Stanton, 1989.

Figura 4.31 Pruebas de hipótesis para la estacionalidad cuando la tendencia no es significativa

Paso 4.

Ajustar un modelo de regresión con solamente tendencia lineal ($\beta_0 + \beta_1 t$ o $\beta'_0 + \beta'_1 t$), sin variables estacionales artificiales, para determinar:

SSE (tendencia) = Variabilidad explicada por el modelo con solamente tendencia lineal.

Además, calcular la cantidad de mejora obtenida mediante la adición de un componente estacional como:

SSR (estacional) = Cantidad de mejora proporcionada por el componente estacional = SSR (tendencia + estacional) – SSR (tendencia).

Paso 5.

Probar la significancia de la estacionalidad cuando la tendencia es relevante, estimando:

$$F = \frac{MSR (Estacional)}{MSE (Tendencia + Estacional)}$$

Donde

$$MSR (Estacional) = \frac{SSR (Estacional)}{L-1}$$
$$MSE (Tendencia + Estacional) = \frac{SSE (Tendencia + Estacional)}{n - L - 1}$$

Utilizando valores críticos de la distribución F con $GL = (L - 1, n - L - 1)$.

Procedimiento de prueba: Tendencia es significativa.

$$H_0: S_1 = S_2 = \dots = S_{L-t} = 0 \text{ (ó } S'_i = 0)$$
$$H_a: S_i \neq 0 \text{ para algunas estaciones (ó } S'_i \neq 0)$$

Estadístico de prueba: $F = \frac{MSR (Estacional)}{MSE (Tendencia+Estacional)}$

Regla de decisión: Rechazar H_0 si $F > F_\alpha$ con $GL = L - 1, n - L - 1$.
De otra manera no rechazar H_0 .

Conclusión: Rechazar $H_0 \rightarrow$ concluye con $(1 - \alpha) * 100\%$ de confianza que existe estacionalidad.
No rechazar $H_0 \rightarrow$ algún tipo de apoyo para los modelos no estacionales.

Fuente: Farnum y Stanton, 1989.

Figura 4.32 Pruebas de hipótesis para la estacionalidad cuando la tendencia es significativa

Para las series de tiempo de carga aérea, esta prueba no se aplicará ya que en ese caso sólo se utilizan datos anuales, en los que no se puede observar la estacionalidad.

La prueba de hipótesis para la tendencia es la siguiente:

$H_0: \rho = 0$, la serie no presenta tendencia

$H_a: \rho \neq 0$, la serie presenta tendencia

La zona de rechazo de H_0 es, $|t| > t$, bajo esta consideración se rechaza la hipótesis nula y como conclusión se considera que la serie presenta tendencia. El valor de α será igual a 0.05, es decir, la prueba tendrá un 95% de confianza.

Para la segunda parte, que aplica a la detección de la estacionalidad, la prueba de hipótesis es:

$H_0: \rho = 0$, la serie no presenta estacionalidad

Ha: $\rho \neq 0$, la serie presenta estacionalidad

La zona de rechazo de H_0 es, $F_{calc} > F_{tab}$, esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y como conclusión se considera que la serie presenta estacionalidad. También, en este caso el valor de α es igual a 0.05.

Los resultados se muestran en la Tabla 4.8. Se observa que en cuatro series de tiempo de pasajeros no se presentan estacionalidad. Sin embargo, en la mayoría de los casos si se presenta, como era de esperarse, debido a que se supone que los flujos de pasajeros están influenciados periódicamente por intervalos de vacaciones regulares cada año.

Tabla 4.8 Resultados de la prueba de mínimos cuadrados, para detectar estacionalidad en las series de tiempo

Aeropuertos	Serie	F estimado	F tablas	Prueba de hipótesis	Estacionalidad
Acapulco	Pasajeros	14.55	2.00	Rechazar H_0	Sí
Chihuahua	Pasajeros	7.78	2.00	Rechazar H_0	Sí
Ciudad Juárez	Pasajeros	1.48	2.00	No rechazar H_0	No
Culiacán	Pasajeros	2.68	2.00	Rechazar H_0	Sí
Durango	Pasajeros	3.32	2.00	Rechazar H_0	Sí
Mazatlán	Pasajeros	29.50	2.00	Rechazar H_0	Sí
Monterrey	Pasajeros	3.39	2.00	Rechazar H_0	Sí
Reynosa	Pasajeros	1.49	2.00	No rechazar H_0	No
San Luis Potosí	Pasajeros	2.23	2.00	Rechazar H_0	Sí
Tampico	Pasajeros	1.32	2.00	No rechazar H_0	No
Torreón	Pasajeros	1.18	2.00	No rechazar H_0	No
Zacatecas	Pasajeros	4.30	2.00	Rechazar H_0	Sí
Zihuatanejo	Pasajeros	66.53	2.00	Rechazar H_0	Sí
Grupo OMA	Pasajeros	2.70	2.00	Rechazar H_0	Sí

Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

4.4 Establecimiento de los modelos cuantitativos a ser probados en cada una de las series de tiempo del grupo OMA

En la Tabla 4.9 se muestra un cuadro resumen de los resultados de las pruebas de tendencia y estacionalidad, de cada uno de los aeropuertos del grupo OMA y de su conjunto. Se marcaron con color rojo los resultados en donde las pruebas estimaron que no se presentó tendencia o estacionalidad.

Con base en la Tabla 4.9, se establecieron los distintos modelos de pronósticos a considerar (Tabla 4.10), para cada serie de tiempo.

Tabla 4.9 Cuadro resumen de los resultados de las pruebas de tendencia y estacionalidad, de los aeropuertos del grupo OMA y de su conjunto

Aeropuerto	Serie	Pruebas	
		Tendencia	Estacionalidad
Acapulco	Pasajeros	Sí	Sí
	Carga	No	-
Chihuahua	Pasajeros	No	Sí
	Carga	No	-
Ciudad Juárez	Pasajeros	Sí	No
	Carga	No	-
Culiacán	Pasajeros	Sí	Sí
	Carga	Sí	-
Durango	Pasajeros	No	Sí
	Carga	Sí	-
Mazatlán	Pasajeros	Sí	Sí
	Carga	No	-
Monterrey	Pasajeros	No	Sí
	Carga	No	-
Reynosa	Pasajeros	Sí	No
	Carga	Sí	-
San Luis Potosí	Pasajeros	Sí	Sí
	Carga	Sí	-
Tampico	Pasajeros	Sí	No
	Carga	Sí	-
Torreón	Pasajeros	Sí	No
	Carga	Sí	-
Zacatecas	Pasajeros	No	Sí
Zihuatanejo	Pasajeros	SI	Sí
	Carga	SI	-
Grupo OMA	Pasajeros	No	Sí
	Carga	No	-

Nota: Los guiones indican que no se realizó la prueba respectiva. Este fue el caso para las pruebas de estacionalidad de la serie de carga aérea.

Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Tabla 4.10 Modelos a probar sobre cada serie de tiempo de pasajeros y carga, de los aeropuertos del grupo OMA y de su conjunto

Serie	Modelos a probar
Pasajeros Acapulco	<ul style="list-style-type: none"> Descomposición Holt Winters ARIMA
Carga Acapulco	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de tendencias Actualización
Pasajeros Chihuahua	<ul style="list-style-type: none"> Descomposición Holt Winters

4. Aplicación de la metodología con base en modelos de pronósticos para la actividad aérea del grupo OMA

Serie	Modelos a probar
	<ul style="list-style-type: none"> • ARIMA
Carga Chihuahua	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros Ciudad Juárez	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Suavización exponencial doble • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga Ciudad Juárez	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros Culiacán	<ul style="list-style-type: none"> • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga Culiacán	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros Durango	<ul style="list-style-type: none"> • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga Durango	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros Mazatlán	<ul style="list-style-type: none"> • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga Mazatlán	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros Monterrey	<ul style="list-style-type: none"> • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga Monterrey	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros Reynosa	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias

Serie	Modelos a probar
	<ul style="list-style-type: none"> • Suavización exponencial doble • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga Reynosa	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros San Luis Potosí	<ul style="list-style-type: none"> • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga San Luis Potosí	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros Tampico	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Suavización exponencial doble • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga Tampico	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros Torreón	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Suavización exponencial doble • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga Torreón	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de tendencias • Actualización
Pasajeros Zacatecas	<ul style="list-style-type: none"> • Descomposición • Holt Winters • ARIMA
Carga Zacatecas	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguno

Serie	Modelos a probar
Pasajeros Zihuatanejo	<ul style="list-style-type: none">• Descomposición• Holt Winters• ARIMA
Carga Zihuatanejo	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de tendencias• Actualización
Pasajeros grupo OMA	<ul style="list-style-type: none">• Descomposición• Holt Winters• ARIMA
Carga grupo OMA	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de tendencias• Actualización

Fuente: Elaboración propia.

Cabe recordar que los modelos ARIMA funcionan bien para grandes cantidades de datos, por eso no fueron considerados para ser probados sobre las series de tiempo de carga aérea.

El paso siguiente consiste en aplicar los modelos de pronósticos señalados antes, en cada serie de tiempo. Esto con el objeto de medir el desempeño de cada modelo y para comprobar los supuestos de normalidad e independencia.

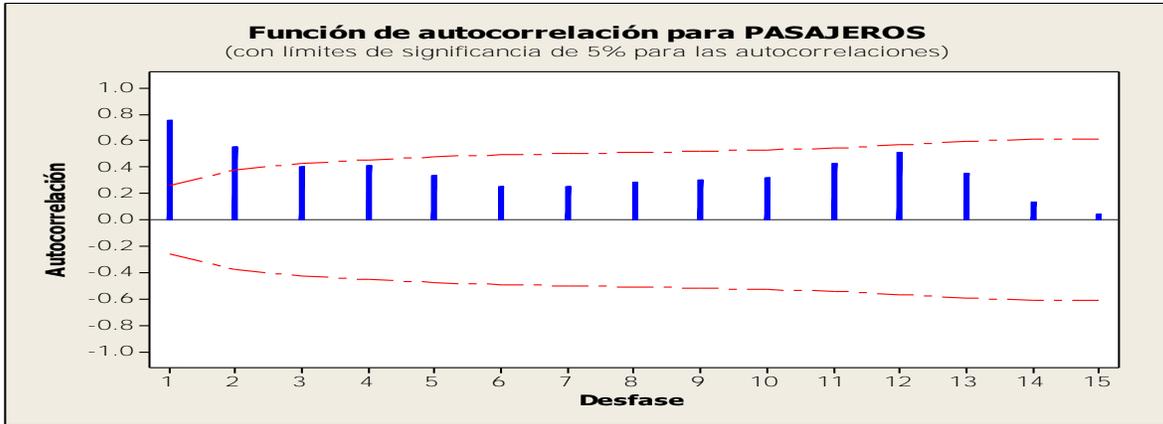
4.5 Determinación de los residuos y de las medidas de desempeño, para cada modelo probado en las series de tiempo

4.5.1 Serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco

4.5.1.1 Modelo ARIMA

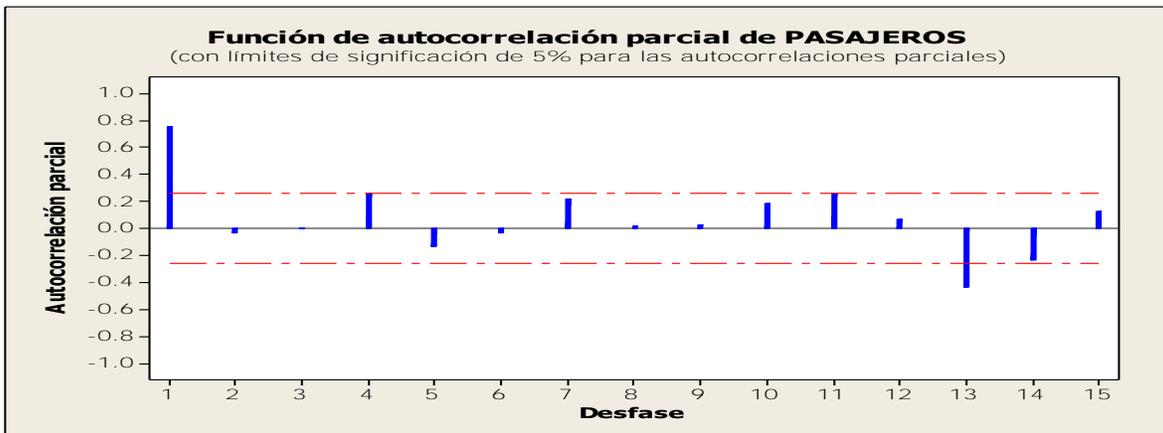
Para este tipo de modelo en particular, el análisis es más complejo. Afortunadamente, para su estimación existe una función directa en el programa MINITAB. Para ello, se inicia con el análisis de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial de la serie original, como se muestra en las Figuras 4.33 y 4.34 respectivamente.

Cabe recordar que, como cada año tiene 12 meses, la zona no estacional se considerará como L-3, lo que significa que dicha zona se ubica desde el desfase 1 hasta el desfase 9. La zona estacional se ubica después de estos desfases.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Figura 4.33 Función de autocorrelación para la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco

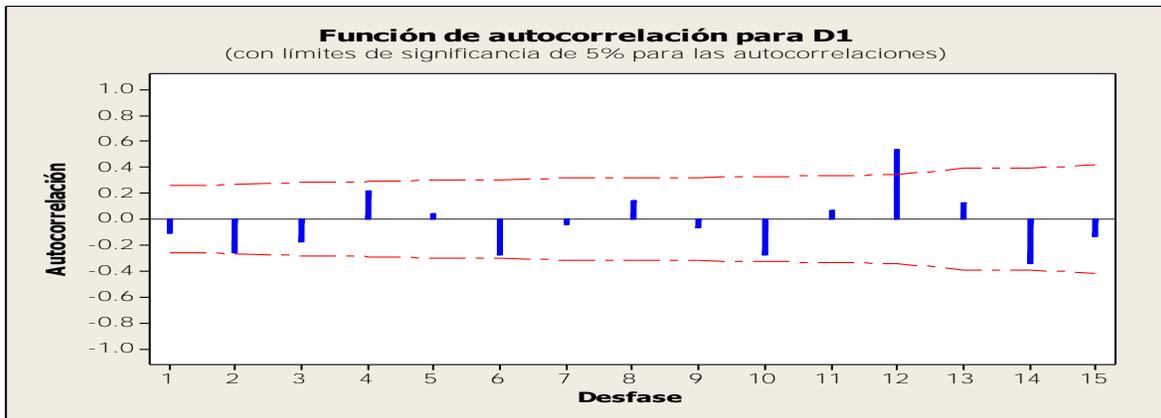


Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Figura 4.34 Función de autocorrelación parcial para la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco

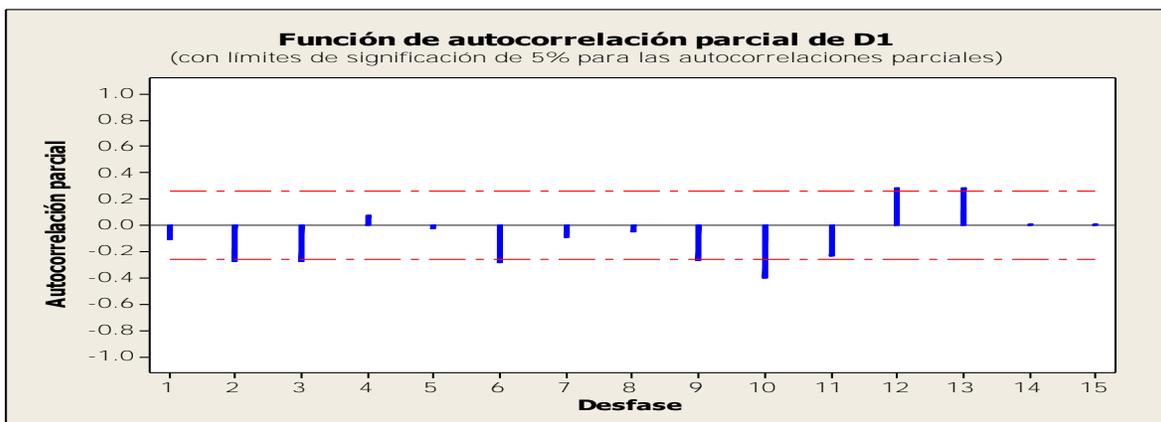
Se observa que si sólo se considera la función de autocorrelación (FAC) o la función de autocorrelación parcial (FACP), no es posible definir algún modelo en particular. Sin embargo, llama la atención que la FAC se corta de forma extremadamente lenta, lo que significa que la serie presenta tendencia. Por tal motivo, se aplicarán las primeras diferencias, para tratar de convertir la serie en estacionaria y poder determinar algún modelo tentativo.

En las Figuras 4.35 y 4.36 se presentan la FAC y la FACP de las primeras diferencias.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Figura 4.35 Función de autocorrelación, para las primeras diferencias de la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco



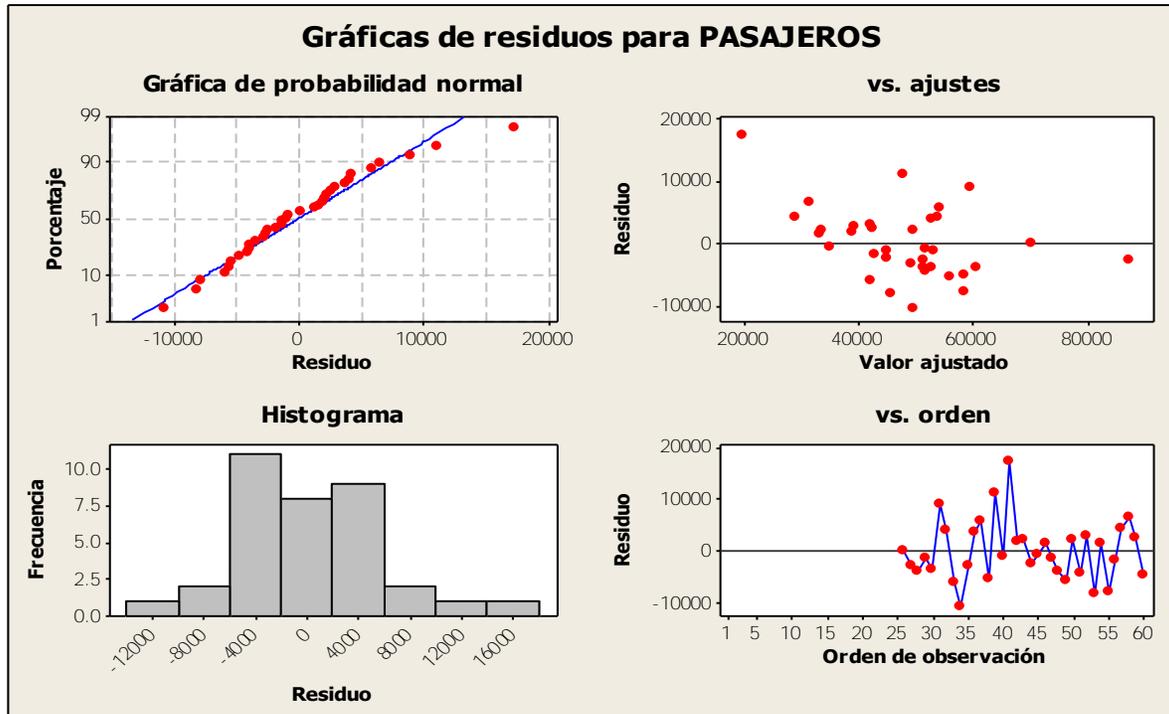
Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Figura 4.36 Función de autocorrelación parcial, para las primeras diferencias de la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco

Se observa que la FACP para las primeras diferencias (Figura 4.36), se extingue con mayor rapidez que la FAC (Figura 4.35). Esto podría significar la existencia de un modelo autorregresivo de orden 2 (AR2), ya que hay espigas en el desfase 2 y 3, seguido de su truncamiento; o también, podría indicar la existencia de un modelo de media móvil de orden 1 (MA1), en el desfase 6, seguido de su extinción progresiva.

En el caso del comportamiento estacional, se observa de forma marcada en el desfase 12, y debido a que se extinguen progresivamente a partir de ese desfase, se puede suponer tentativamente que en la parte estacional se presenta un modelo autorregresivo de orden 1 (AR1) y un modelo MA1.

Posteriormente, se probó cada una de las combinaciones anteriores, pero como ninguna satisfizo los criterios de selección para un modelo ARIMA confiable, se modificó la diferencia estacional y se establecieron dos diferencias. El modelo obtenido fue el siguiente: ARIMA (0,1,1)(1,2,1) con constante. Con base en este modelo se obtuvieron las medidas de desempeño que se muestran en la Figura 4.37.

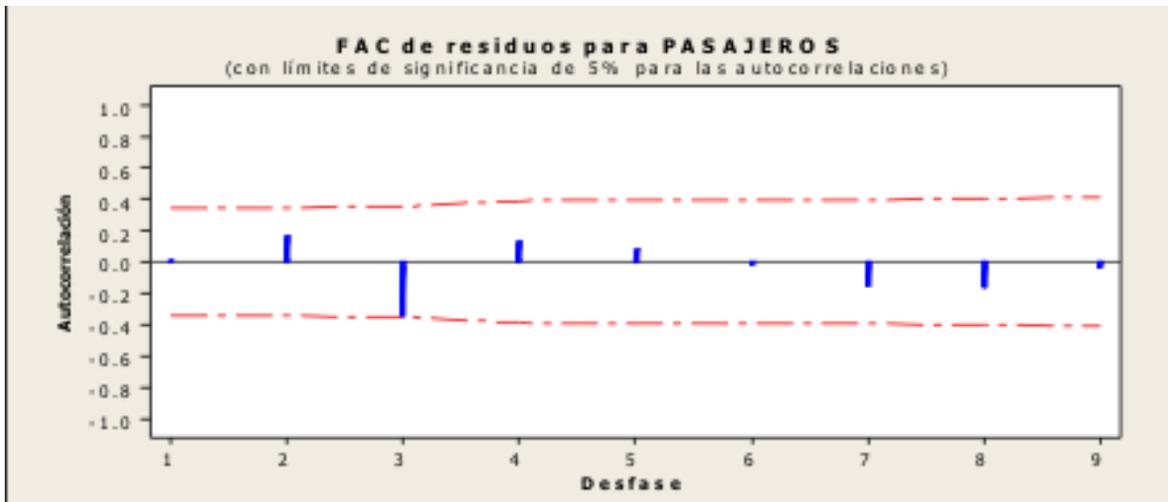


Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Figura 4.37 Graficas de residuos para el modelo ARIMA (0,1,1)(1,2,1) con constante, de la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco

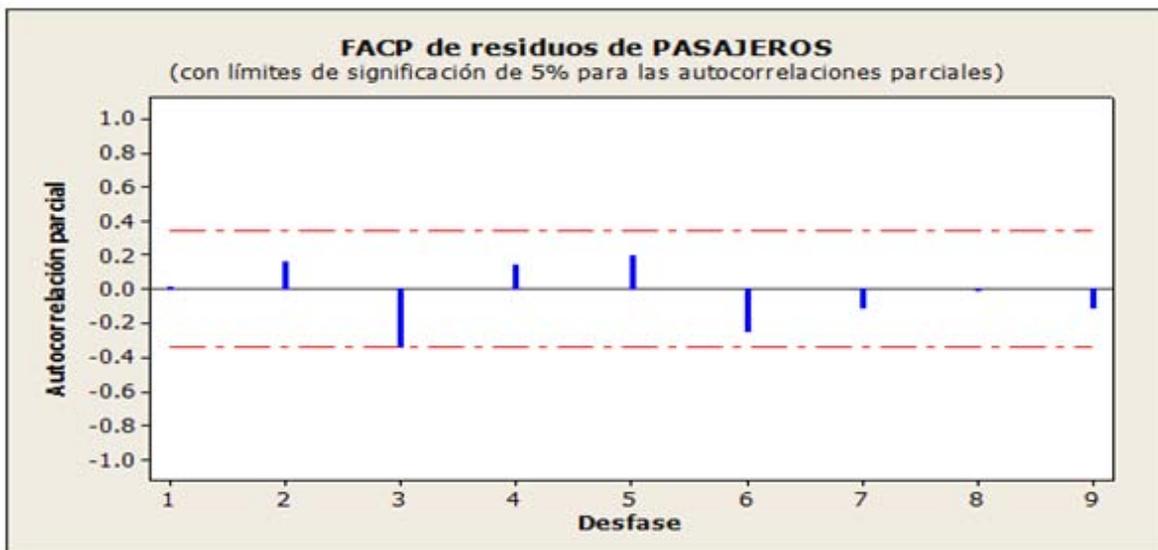
En el recuadro superior izquierdo de la Figura 4.37, se observa que los residuos se ajustan a la normal, ya que muy pocos se alejan de la línea azul. Mientras que en el recuadro superior derecho, se aprecia que los datos se distribuyen arriba y abajo de la línea horizontal (eje cero).

En las Figuras 4.38 y 4.39 se presentan la función de autocorrelación y la función de autocorrelación parcial de los residuos del modelo ARIMA, para la serie de tiempo de pasajeros del aeropuerto de Acapulco. Se observa que en ambos casos, la autocorrelación en ningún desfase supera los límites de control (líneas rojas), por lo que se puede establecer que el modelo es confiable.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Figura 4.38 FAC para los residuos del modelo ARIMA (0,1,1)(1,2,1) con constante, de la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Figura 4.39 FACP para los residuos del modelo ARIMA (0,1,1)(1,2,1) con constante, de la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco

En cuanto a los criterios de selección para el modelo (Figura 4.40), en el caso del valor T, todos los valores absolutos son mayores a 2. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que todos los parámetros son significativos para el modelo.

```

Estimados finales de los parámetros

Tipo      Coef  SE Coef  T      F
SAR 12   -0.9719  0.1009  -9.64  0.000
MA 1     0.5410  0.1510   3.58  0.001
SMA 12   0.7600  0.2036   3.73  0.001
Constante 611.2   122.1    5.01  0.000

Diferenciación: 1 regular, 2 estacional de orden 12
Número de observaciones: Serie original 60, después de diferenciar 35
Residuos:      SC = 1114666150 (se excluyeron pronósticos retrospectivos)
               CM = 35956973  GL = 31

Estadística Chi-cuadrada modificada de Box-Pierce (Ljung-Box)

Desfase    12    24    36    48
Chi-cuadrada 13.0  23.0  *    *
GL          8    20    *    *
Valor P     0.113  0.290  *    *
    
```

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Figura 4.40 Criterios de selección para el modelo ARIMA (0,1,1)(1,2,1) con constante, de la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco

En resumen, para esta serie de tiempo el modelo con el mejor desempeño fue el ARIMA (Tabla 4.11). Sin embargo, todavía falta verificar los supuestos de normalidad e independencia, esta tarea se describirá en el inciso siguiente, en donde además se establecerá el modelo recomendable para cada serie de tiempo.

Tabla 4.11 Medidas de desempeño del modelo ARIMA (0,1,1)(1,2,1) con constante, de la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco

Medida	Valor
MAD (Desviación media absoluta)	4422.86
MSE (Error cuadrático medio)	31847020.17
MAPE (Error promedio porcentual absoluto)	9.70
RMSE (Raíz cuadrada del error cuadrático medio)	5,643.32

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

En las Tablas 4.12 y 4.13 se presentan las medidas de desempeño para las series de tiempo de pasajeros y carga, respectivamente.

Tabla 4.12 Medidas de desempeño de los modelos probados en las series de tiempo de pasajeros del grupo OMA

Aeropuerto	Serie	Modelo	Medidas de Desempeño			
			MAD	MSE	MAPE	RMSE
Acapulco	Pasajeros	Descomposición	5187.00	41875044.00	9.00	6471.09
		Holt Winters	5800.00	55022489.00	10.00	7417.71
		ARIMA	4422.86	31847020.17	9.70	5643.32
Chihuahua	Pasajeros	Descomposición	4088.00	27768293.00	6.00	5269.56
		Holt Winters	4089.00	25317691.00	6.00	5031.67
		ARIMA	3148.87	18221691.98	4.76	4268.69
Ciudad Juárez	Pasajeros	TL	9097.00	125516029.00	16.00	11203.39
		TE	8752.00	126211924.00	15.00	11234.41
		TC	6102.00	58606274.00	11.00	7655.47
		Descomposición	8130.00	99659062.00	14.00	9982.94

4. Aplicación de la metodología con base en modelos de pronósticos para la actividad aérea del grupo OMA

Aeropuerto	Serie	Modelo	Medidas de Desempeño			
			MAD	MSE	MAPE	RMSE
		Holt Winters	3898.00	23210176.00	7.00	4817.69
		SED	5783.00	53531120.00	10.00	7316.50
		ARIMA	2348.40	9428474.40	4.45	3070.58
Culiacán	Pasajeros	Descomposición	5723.00	51209913.00	6.00	7156.11
		Holt Winters	5381.00	52091537.00	6.00	7217.45
		ARIMA	4166.72	25709174.64	4.48	5070.42
Durango	Pasajeros	Descomposición	1381.00	3315676.00	10.00	1820.90
		Holt Winters	1137.00	2477542.00	8.00	1574.02
		ARIMA	904.73	1476508.69	6.88	1215.12
Mazatlán	Pasajeros	Descomposición	2904.00	17189626.00	5.00	4146.04
		Holt Winters	4593.00	33114235.00	8.00	5754.50
		ARIMA	3408.35	19218611.35	6.47	4383.90
Monterrey	Pasajeros	Descomposición	41446.00	2652324123.00	9.00	51500.72
		Holt Winters	23535.00	894249649.00	5.00	29904.01
		ARIMA	17707.38	527298988.28	3.96	22962.99
Reynosa	Pasajeros	TL	2839.00	13176412.00	16.00	3629.93
		TE	2776.00	13137939.00	16.00	3624.63
		TC	2136.00	6975423.00	13.00	2641.10
		Descomposición	2465.00	10167642.00	14.00	3188.67
		Holt Winters	1673.00	4456686.00	10.00	2111.09
		SED	1758.00	4818785.00	10.00	2195.17
		ARIMA	1112.15	1895554.66	6.32	1376.79
San Luis Potosí	Pasajeros	Descomposición	1649.00	4441470.00	10.00	2107.48
		Holt Winters	1259.00	2372334.00	8.00	1540.24
		ARIMA	854.40	1128013.68	4.97	1062.08
Tampico	Pasajeros	TL	5335.00	42607737.00	14.00	6527.46
		TE	5395.00	42754554.00	14.00	6538.70
		TC	3402.00	18977805.00	8.00	4356.35
		Descomposición	5193.00	35508652.00	13.00	5958.91
		Holt Winters	2877.00	13789910.00	7.00	3713.48
		SED	3560.00	18511103.00	9.00	4302.45
		ARIMA	2755.93	13744746.54	7.14	3707.39
Torreón	Pasajeros	TL	4995.00	39139398.00	16.00	6256.15
		TE	4944.00	39024982.00	16.00	6247.00
		TC	3272.00	16231942.00	10.00	4028.89
		Descomposición	4868.00	32519563.00	16.00	5702.59
		Holt Winters	2543.00	10697716.00	8.00	3270.74
		SED	2994.00	14131137.00	9.00	3759.14
		ARIMA	2067.36	6903848.26	6.92	2627.52
Zacatecas	Pasajeros	Descomposición	1646.00	5237318.00	8.00	2288.52
		Holt Winters	2251.00	8021823.00	11.00	2832.28
		ARIMA	1754.49	5426861.30	8.83	2329.56
Zihuatanejo	Pasajeros	Descomposición	2677.00	15517322.00	6.00	3939.20
		Holt Winters	4160.00	43498302.00	9.00	6595.32
		ARIMA	2386.04	10467955.66	6.70	3235.42
Grupo OMA	Pasajeros	Descomposición	77785.00	9450090541.00	8.00	97211.58
		Holt Winters	43805.00	3020440049.00	5.00	54958.53
		ARIMA	38592.08	2739214542.31	3.97	52337.51

Nota: SED = Suavización exponencial doble; TC, TE y TL = Tendencia cuadrática, exponencial y lineal, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Tabla 4.13 Medidas de desempeño de los modelos probados en las series de tiempo de carga del grupo OMA

Aeropuerto	Medidas	Modelos						
		TL	TE	TC	PM2	PM3	SE	SED
Acapulco	MAD	701	680	422	474	468	377	396
	MSE	568155	613326	260917	399517	366686	461100	457263
	MAPE	55	47	31	28	28	21	24
	RMSE	753.76	783.15	510.80	632.07	605.54	679.04	676.21
Chihuahua	MAD	1335	1313	1285	1296	1211	1635	2174
	MSE	2889865	2961962	2781296	2625786	2346595	3652401	5661708
	MAPE	25	23	24	21	20	26	37
	RMSE	1699.96	1721.03	1667.72	1620.42	1531.85	1911.12	2379.43
Ciudad Juárez	MAD	429	432	410	356	310	407	524
	MSE	221658	225325	212547	203585	168954	289894	372334
	MAPE	16	16	15	14	12	15	20
	RMSE	470.80	474.68	461.02	451.20	411.04	538.41	610.19
Culiacán	MAD	514	542	467	534	461	615	577
	MSE	366293	410525	253176	392596	324969	570166	577115
	MAPE	10	11	10	10	8	12	12
	RMSE	605.22	640.72	503.16	626.57	570.06	755.09	759.68
Durango	MAD	41.73	41.48	40.13	44.62	40.92	52.29	55.36
	MSE	3216.52	3451.9	3006.55	3581.87	2981.89	5005.9	4761.92
	MAPE	17.10	16.12	17.38	20.23	19.06	23.83	24.48
	RMSE	56.71	58.75	54.83	59.84	54.60	70.75	69.00
Mazatlán	MAD	633	655	536	661	628	685	763
	MSE	686524	724782	537923	571248	500394	786867	971149
	MAPE	35	34	30	33	31	34	38
	RMSE	828.56	851.34	733.43	755.80	707.38	887.05	985.46
Monterrey	MAD	9633	9639	9265	11231	10202	10959	16986
	MSE	149315762	151365108	137422608	149974148	130911612	177664361	631673623
	MAPE	21	20	20	23	21	25	35
	RMSE	12219.48	12303.05	11722.73	12246.39	11441.66	13329.07	25133.11
Reynosa	MAD	69.01	67.87	69.01	77.59	73.44	95	70.96
	MSE	6407.83	6240.26	6066.56	8323.05	6587.24	12802.10	6884.21
	MAPE	13.89	13.47	13.77	16.99	16.07	20.3	14.25
	RMSE	80.04	78.99	77.88	91.23	81.16	113.14	82.97
San Luis Potosí	MAD	736	847	739	1098	1050	1331	1064
	MSE	768592	951226	763527	1892290	1802744	2267788	1387644
	MAPE	5	5	5	6	6	9	7
	RMSE	876.69	975.30	873.80	1375.60	1342.66	1505.91	1177.98
Tampico	MAD	110.4	120.8	103.4	107.1	98.6	108.8	113.4
	MSE	14645.8	17422.3	13857.3	15985.5	14016	19767.5	20730.6
	MAPE	15.6	16.0	15.1	17.0	16.0	16.1	15.0
	RMSE	121.01	131.99	117.71	126.43	118.38	140.59	143.98
Torreón	MAD	115.1	120.9	116.4	106.3	104.5	148.2	142.5
	MSE	21327.4	20805.3	19941.2	17802.6	15912.7	35622.9	31263.9
	MAPE	17.2	17.3	16.7	17.3	17.2	20.9	20.9
	RMSE	146.03	144.24	141.21	133.42	126.14	188.74	176.81
Zacatecas	-	-	-	-	-	-	-	-
Zihuatanejo	MAD	83.0	85.2	82.3	110.8	103.7	118.5	203.3
	MSE	10712.5	10787.3	10621.0	16330.5	14411.5	21921.8	62516.6
	MAPE	24.2	23.7	23.9	35.7	33.9	36.5	48.3
	RMSE	103.50	103.86	103.05	127.79	120.04	148.06	250.03
Grupo OMA	MAD	11209	11208	10312	12701	11574	14623	19714
	MSE	200495939	201774199	187979903	196286598	175021142	276242136	831279149
	MAPE	13	13	12	14	13	16	23
	RMSE	14159.65	14204.72	13710.57	14010.23	13229.55	16620.53	28831.91

Nota: PM2 y PM3 = Promedios móviles de 2 y 3 periodos, respectivamente; SE = Suavización exponencial simple; SED = Suavización exponencial doble; TC, TE y TL = Tendencia cuadrática, exponencial y lineal, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

4.6 Comprobación y selección de un modelo con base en los supuestos de normalidad e independencia

Dado que los modelos de series de tiempo siguen de manera general los principios de la regresión lineal, es importante determinar si los residuos de los modelos de pronósticos probados, cumplen con los supuestos estadísticos de normalidad e independencia. Si se cumple el primer supuesto, esto indicaría que el modelo tiene una distribución que se ajusta a la normal; y si se cumple el supuesto de independencia, esto indicaría que los errores se comportan aleatoriamente y, por lo tanto, el modelo sería adecuado ya que no presentaría tendencia alguna en sus residuos.

Supuesto de normalidad

Para determinar si los errores siguen o no una distribución normal se utilizan las pruebas de Anderson – Darling, Ryan - Joiner y el contraste de Kolmogorov – Smirnov.

Prueba de Anderson – Darling

Es una prueba no paramétrica para determinar si los datos de una muestra provienen de una distribución específica. La hipótesis a comparar es la siguiente:

H_0 : Los errores siguen una distribución normal

H_a : Los errores no siguen una distribución normal

La zona de rechazo de H_0 para esta prueba es, *valor* $P < \alpha$, si esta condición es verdadera se rechaza H_0 , lo que significa que los errores no se comportan de manera normal. En caso contrario, se acepta H_0 , y se concluye que los errores siguen una distribución normal, el alfa utilizado fue igual a 0.05.

Prueba de Ryan - Joiner

Es una prueba no paramétrica para probar si una muestra proviene de una distribución específica. La hipótesis que considera es la siguiente:

H_0 : Los errores siguen una distribución normal

H_a : Los errores no siguen una distribución normal

La zona de rechazo de H_0 para esta prueba es, *valor* $P < \alpha$, si esta condición es verdadera se rechaza H_0 , lo que quiere decir que los errores no se comportan de manera normal. En el caso contrario, se acepta H_0 y se concluye que los errores siguen una distribución normal, nuevamente se utiliza un alfa igual a 0.05.

Prueba de Kolmogorov - Smirnov

Es una prueba no paramétrica, que permite probar si los datos de una muestra aleatoria se comportan como una función de densidad determinada. Se debe tener presente que sólo aplica a variables continuas. La prueba de hipótesis a contrastar es:

H_0 : Los errores siguen una distribución normal

H_a : Los errores no siguen una distribución normal

La zona de rechazo de H_0 para esta prueba es, *valor* $P < \alpha$, si esta condición se cumple, se rechaza H_0 , lo que implica que los errores no se comportan de manera normal. En el caso contrario, se acepta H_0 y se concluye que los errores siguen una distribución normal.

Para la realización de las pruebas anteriores, en cada uno de los modelos de pronósticos establecidos, se utilizó el programa MINITAB. El criterio de decisión establecido fue: si los errores de la serie presentan normalidad en al menos dos pruebas, no se rechaza H_0 .

Supuesto de independencia

La hipótesis de que las observaciones muestrales son independientes es una hipótesis básica en el estudio de los modelos de regresión. Con ello, se supone que los errores son variables aleatorias independientes. La ausencia de aleatoriedad entre las observaciones es muy difícil de corregir, y es especialmente grave ya que puede invalidar por completo las conclusiones del análisis estadístico.

Prueba de rachas

Un método no paramétrico para probar aleatoriedad es la prueba de rachas. Esta prueba considera la secuencia de símbolos idénticos contenidos entre dos símbolos diferentes, o entre uno, y el inicio o el final de la secuencia. Si hay demasiadas o muy pocas rachas, se tiene un indicio de falta de aleatoriedad. Por lo tanto, la prueba de hipótesis a probar es:

H_0 : Los errores siguen un modelo sin tendencia con errores independientes.

H_a : Los errores tienen tendencia y/o los errores presentan autocorrelación.

La zona de rechazo de H_0 es la siguiente, *valor* $P < \alpha$, si esta condición es verdadera, los errores presentan tendencia y/o errores de autocorrelación. En caso contrario, se acepta H_0 , y se concluye que los errores siguen un modelo sin tendencia con errores independientes. Se considera un alfa igual a 0.05 para esta prueba.

Cabe señalar que en el caso de las series de tiempo de carga aérea, debido a que están conformadas con relativamente pocos datos, no es conveniente decidir sobre un modelo recomendable con base en los supuestos de normalidad e independencia. Por tal motivo, dichos supuestos sólo serán comprobados para las series de tiempo de pasajeros. Para la serie de carga aérea, el modelo idóneo se seleccionará con base en el que minimice la mayor cantidad de medidas de desempeño. En las tablas siguientes se presentan los resultados de las pruebas de normalidad e independencia por aeropuerto, para cada una de las series de tiempo de pasajeros.

Tabla 4.14 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Acapulco

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Acapulco	Pasajeros	Descomposición	0.263	0.036	1.5	0	Sí	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.007	0.01	0.01	0.017	No	No
	Pasajeros	ARIMA	0.467	0.1	0.15	0.764	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Tabla 4.15 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Chihuahua

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Chihuahua	Pasajeros	Descomposición	0.385	0.1	0.15	0	Si	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.025	0.049	0.066	0	No	No
	Pasajeros	ARIMA	0.142	0.01	0.15	0.206	Si	Si

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Para la serie de pasajeros de los aeropuertos de Acapulco (Tabla 4.14) y Chihuahua (Tabla 4.15), el único modelo que cumple con los supuestos de normalidad e independencia, y por ende el más confiable para realizar los pronósticos, es el modelo ARIMA (0,1,1)(1,2,1) con constante.

Tabla 4.16 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Ciudad Juárez

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Ciudad Juárez	Pasajeros	Tendencia lineal	0.111	0.1	0.098	0	Sí	No
	Pasajeros	Tendencia exponencial	0.026	0.049	0.115	0	No	No
	Pasajeros	Tendencia cuadrática	0.411	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Descomposición	0.01	0.01	0.01	0	No	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.905	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Suavización exponencial doble	0.354	0.1	0.15	0.937	Sí	Sí
	Pasajeros	ARIMA	0.166	0.1	0.15	0.313	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

En el caso del aeropuerto de Ciudad Juárez (Tabla 4.16), dos modelos cumplen con los supuestos de normalidad e independencia, el modelo de suavización exponencial doble y el modelo ARIMA. Por lo cual, en el siguiente inciso se realizará el desempate, con base en las medidas de desempeño de estos modelos.

Tabla 4.17 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Culiacán

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Culiacán	Pasajeros	Descomposición	0.415	0.1	1.5	0	Sí	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.113	0.1	0.15	0.003	Sí	No
	Pasajeros	ARIMA	0.927	0.1	0.15	0.636	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Tabla 4.18 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Durango

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Durango	Pasajeros	Descomposición	0.005	0.01	0.029	0	No	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.005	0.01	0.01	0.043	No	No
	Pasajeros	ARIMA	0.573	0.1	0.15	0.185	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Tabla 4.19 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Mazatlán

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Mazatlán	Pasajeros	Descomposición	0.011	0.01	0.034	0	No	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.409	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	ARIMA	0.053	0.031	0.077	0.761	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Tabla 4.20 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Monterrey

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Monterrey	Pasajeros	Descomposición	0.005	0.015	0.028	0	No	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.319	0.058	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	ARIMA	0.249	0.039	0.15	0.885	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Para los aeropuertos de Culiacán (Tabla 4.17), Durango (Tabla 4.18), Mazatlán (Tabla 4.19) y Monterrey (Tabla 4.20), el único modelo que cumple con los supuestos de normalidad e independencia es el ARIMA. Por tal motivo, éste será seleccionado para establecer los pronósticos correspondientes en las series de pasajeros.

Tabla 4.21 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Reynosa

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson	Ryan	Kolmogorov	Rachas		
Reynosa	Pasajeros	Tendencia lineal	0.724	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Tendencia exponencial	0.435	0.1	0.115	0	Sí	No
	Pasajeros	Tendencia cuadrática	0.73	0.1	0.15	0.004	Sí	No
	Pasajeros	Descomposición	0.426	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.138	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Suavización exponencial doble	0.503	0.1	0.15	0.821	Sí	Sí
	Pasajeros	ARIMA	0.971	0.1	0.15	0.287	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Para la serie de pasajeros del aeropuerto de Reynosa (Tabla 4.21), hay dos modelos que cumplen con los supuestos de normalidad e independencia, el de suavización exponencial doble y el ARIMA. Con base en sus medidas de desempeño se seleccionará el modelo a utilizar para los pronósticos.

Tabla 4.22 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de San Luis Potosí

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson	Ryan	Kolmogorov	Rachas		
San Luis Potosí	Pasajeros	Descomposición	0.027	0.016	0.071	0	No	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.528	0.1	0.15	0.001	Sí	No
	Pasajeros	ARIMA	0.474	0.1	0.15	0.713	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Para el aeropuerto de San Luis Potosí (Tabla 4.22), el único modelo que cumple con los supuestos de normalidad e independencia es el ARIMA. Por tal motivo, éste será seleccionado para establecer los pronósticos correspondientes en las series de pasajeros.

En el caso del aeropuerto de Tampico (Tabla 4.23), el modelo de suavización exponencial doble y el modelo ARIMA, cumplen con los supuestos de normalidad e independencia para la serie de pasajeros. Por tal motivo, en el siguiente inciso se compararan sus medidas de desempeño, para seleccionar al que minimice el error de estimación.

Tabla 4.23 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Tampico

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Tampico	Pasajeros	Tendencia lineal	0.565	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Tendencia exponencial	0.523	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Tendencia cuadrática	0.018	0.078	0.041	0	No	No
	Pasajeros	Descomposición	0.044	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.005	0.01	0.04	0.02	No	No
	Pasajeros	Suavización exponencial doble	0.103	0.01	0.15	0.189	Sí	Sí
	Pasajeros	ARIMA	0.102	0.01	0.15	0.761	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Para los aeropuertos de Torreón (Tabla 4.24), Zacatecas (Tabla 4.25), Zihuatanejo (Tabla 4.26) y para el conjunto de aeropuertos del grupo OMA (Tabla 4.27), el único modelo que cumple con los supuestos de normalidad e independencia es el ARIMA. Por tal motivo, éste será seleccionado para establecer los pronósticos en las series de pasajeros respectivas.

Tabla 4.24 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Torreón

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Torreón	Pasajeros	Tendencia lineal	0.758	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Tendencia exponencial	0.682	0.1	0.15	0	Sí	No
	Pasajeros	Tendencia cuadrática	0.156	0.045	0.15	0.01	Sí	No
	Pasajeros	Descomposición	0.119	0.1	0.133	0	Sí	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.162	0.052	0.15	0.04	Sí	No
	Pasajeros	Suavización exponencial doble	0.43	0.1	0.141	0.033	Sí	No
	Pasajeros	ARIMA	0.215	0.1	0.15	0.758	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Tabla 4.25 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Zacatecas

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson Valor P	Ryan Valor P	Kolmogorov Valor P	Rachas Valor P		
Zacatecas	Pasajeros	Descomposición	0.005	0.01	0.015	0.01	No	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.839	0.1	0.15	0.002	Sí	No
	Pasajeros	ARIMA	0.604	0.1	0.15	0.63	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Tabla 4.26 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Zihuatanejo

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson	Ryan	Kolmogorov	Rachas		
			Valor P	Valor P	Valor P	Valor P		
Zihuatanejo	Pasajeros	Descomposición	0.005	0.01	0.01	0.439	No	Sí
	Pasajeros	Holt Winters	0.005	0.01	0.01	0.02	No	No
	Pasajeros	ARIMA	0.698	0.1	0.15	0.851	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

Tabla 4.27 Pruebas de normalidad e independencia de los modelos de pronósticos, para la serie de pasajeros del grupo OMA

Aeropuerto	Serie	Modelo	Prueba				Normalidad	Independencia
			Anderson	Ryan	Kolmogorov	Rachas		
			Valor P	Valor P	Valor P	Valor P		
Grupo OMA	Pasajeros	Descomposición	0.005	0.01	0.026	0	No	No
	Pasajeros	Holt Winters	0.598	0.035	0.15	0.01	Sí	No
	Pasajeros	ARIMA	0.286	0.1	0.15	0.093	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC y el programa MINITAB.

4.7 Selección de un modelo de pronósticos con base en las medidas de desempeño

Existen varias medidas de desempeño para definir el rendimiento de un modelo, las cuales pueden ser evaluadas sobre cualquier lapso de tiempo (t). Para ello, los residuos resultantes de la serie de tiempo son denotados por e_1, e_2, \dots, e_n , en donde n es el número de periodos.

Las medidas más utilizadas y recomendadas son las que se describen a continuación:

Desviación media absoluta (*median absolute deviation, MAD*)

Mide la precisión con base en el promedio de las magnitudes de los errores del pronóstico. Considera valores absolutos para evitar el manejo de magnitudes positivas y negativas.

$$MAD = \frac{\sum |e_t|}{n}$$

Error cuadrático medio (*mean squared error, MSE*)

Aunque es similar a la MAD, en este caso la estimación se obtiene al elevar los errores al cuadrado

$$MSE = \frac{\sum e_t^2}{n}$$

Raíz cuadrada del error cuadrático medio (*root-mean-square error*, RMSE)

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

Error promedio porcentual absoluto (*mean absolute percentage error*, MAPE)

Se expresa como un porcentaje del error relativo, para introducir una única escala de evaluación.

$$MAPE = \frac{\sum |e_t/y_t|}{n} * 100\%$$

En el inciso anterior se determinó que al menos un modelo, para cada aeropuerto, cumplió con los supuestos de normalidad e independencia. Sin embargo, en tres aeropuertos (Ciudad Juárez, Reynosa y Tampico), dos modelos cumplieron con dichos supuestos, por lo que a continuación se realizará la discriminación, con base en sus medidas de desempeño, para sólo elegir a uno.

Tabla 4.28 Comparación de medidas de desempeño, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Ciudad Juárez

	Suavización exponencial doble	ARIMA
Medida	Valor	Valor
MAD	5,785	2,348.1
MSE	53,549,579.0	9,447,048.5
MAPE	10.0	4.4
RMSE	7,317.7	3,073.6

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC.

Tabla 4.29 Comparación de medidas de desempeño, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Reynosa

	Suavización exponencial doble	ARIMA
Medida	Valor	Valor
MAD	1,673.0	1,113.5
MSE	4,458,403.0	1,899,665.3
MAPE	10.0	6.3
RMSE	2,111.49	1,378.28

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC.

Tabla 4.30 Comparación de medidas de desempeño, para la serie de pasajeros del aeropuerto de Tampico

	Suavización exponencial doble	ARIMA
Medida	Valor	Valor
MAD	3,818.0	2,885.6
MSE	23,992,916.0	14,904,905.2
MAPE	10.0	8.2
RMSE	4,898.26	3,860.69

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la DGAC.

De acuerdo con las medidas de desempeño estimadas mediante las técnicas de suavización exponencial doble y ARIMA, en los aeropuertos de Ciudad Juárez (Tabla 4.28), Reynosa (Tabla 4.29) y Tampico (Tabla 4.30), el modelo que minimizó los criterios en los tres casos fue el ARIMA, y por lo tanto, éste fue seleccionado para establecer los pronósticos de pasajeros en dichos aeropuertos.

Con estos últimos resultados se ha determinado que, en el caso de las series de pasajeros, los modelos ARIMA son los que minimizan la mayor cantidad de medidas de desempeño y, además, cumplen con los supuestos de normalidad e independencia. En la Tabla 4.31 se resumen las características de los modelos ARIMA planteados, por aeropuerto, para cada una de las series de pasajeros establecidas.

Tabla 4.31 Modelos ARIMA a utilizar, para realizar los pronósticos de las series de tiempo de pasajeros del grupo OMA

Aeropuerto	Modelo
Acapulco	ARIMA (0,1,1)(1,2,1) con constante
Chihuahua	ARIMA (0,1,1)(0,1,1) con constante
Ciudad Juárez	ARIMA (1,1,0)(0,1,1) con constante
Culiacán	ARIMA (1,1,0)(0,1,1) con constante
Durango	ARIMA (1,0,0)(0,1,1) sin constante
Mazatlán	ARIMA (1,0,0)(2,1,0) sin constante
Monterrey	ARIMA (0,1,1)(1,1,1) con constante
Reynosa	ARIMA (0,1,0)(1,1,1) con constante
San Luis Potosí	ARIMA (0,1,1)(2,1,1) con constante
Tampico	ARIMA (0,1,0)(1,0,0) sin constante
Torreón	ARIMA (0,1,1)(0,1,1) con constante
Zacatecas	ARIMA (0,2,1)(0,0,2) sin constante
Zihuatanejo	ARIMA (1,0,0)(0,1,1) con constante
Grupo OMA	ARIMA (1,0,1)(0,2,2) sin constante

Fuente: Elaboración propia.

En relación con los modelos ARIMA, cabe señalar que los tres primeros dígitos corresponden a la parte no estacional ($L - 3$) de las FAC y FACP. El primero corresponde a los comportamientos autorregresivos (AR), el segundo a las diferencias estacionales, y el tercero a los comportamientos de medias móviles (MA). Por otra parte, los tres últimos dígitos, corresponden a la parte estacional de las FAC y FACP. El primero de estos, es el establecido para los comportamientos autorregresivos (AR), el segundo corresponde a las diferencias estacionales, y el último a los comportamientos de medias móviles (MA). En todos los casos se señala si el modelo tiene o no constante. Por último, todos los modelos considerados fueron analizados en 12 estaciones, es decir, en periodos mensuales.

En lo que respecta a las series de tiempo para la carga aérea, la mayoría presentó más de un modelo con potencial para obtener los pronósticos. En la Tabla 4.32 se presenta un resumen de los modelos seleccionados para realizar los pronósticos. El criterio seguido consistió en seleccionar aquel modelo que minimizó el mayor número de medidas de desempeño.

Tabla 4.32 Modelos seleccionados para realizar los pronósticos de las series de tiempo de carga del grupo OMA

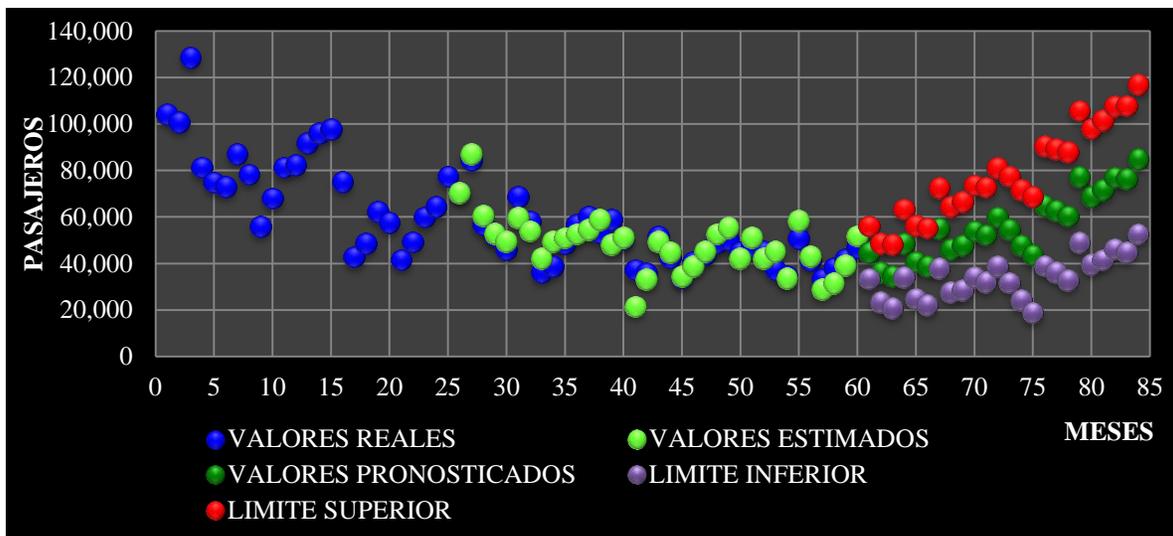
Aeropuerto	Modelo
Acapulco	Tendencia cuadrática
Chihuahua	Promedio móvil centrado de longitud 3
Ciudad Juárez	Promedio móvil centrado de longitud 3
Culiacán	Tendencia cuadrática
Durango	Promedio móvil centrado de longitud 3
Mazatlán	Tendencia cuadrática
Monterrey	Tendencia cuadrática
Reynosa	Tendencia cuadrática
San Luis Potosí	Tendencia cuadrática
Tampico	Tendencia cuadrática
Torreón	Promedio móvil centrado de longitud 3
Zacatecas	No determinado
Zihuatanejo	Tendencia cuadrática
Grupo OMA	Tendencia cuadrática

Fuente: Elaboración propia.

4.8 Pronósticos de las series de tiempo de los aeropuertos del grupo OMA

En el caso de los flujos de pasajeros, los pronósticos que se presentan a continuación comprenden los años 2013 y 2014, lo cual corresponde en las figuras siguientes, al periodo que incluye del mes 61 al mes 84 (24 meses). La serie de tiempo para realizar estas estimaciones, correspondió a los años 2008 a 2012. En las figuras siguientes este intervalo comprende los meses 1 a 60 (5 años). Observe que en las figuras, para los flujos de pasajeros, además de presentar los valores reales, los estimados y los pronosticados, también, se muestran los límites de control, superior e inferior, de cada pronóstico.

En el caso de los flujos de carga aérea, el pronóstico estimado fue sólo para el año 2013. Para realizar estas estimaciones, la serie de tiempo utilizada correspondió a los años 2003 a 2012.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.41 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Acapulco, para el periodo 2013 – 2014

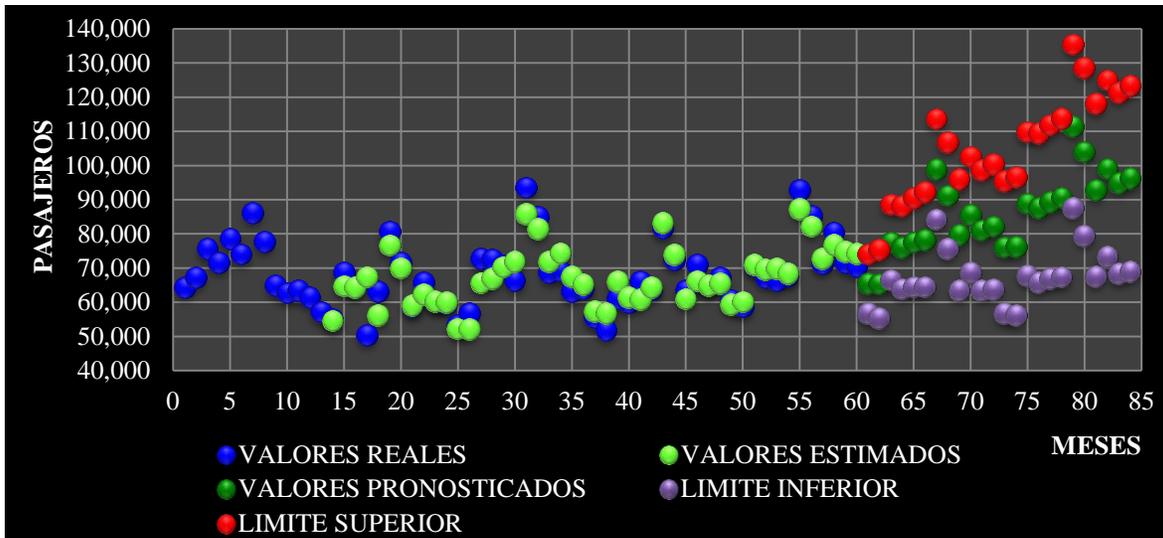


Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.42 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Acapulco, para el año 2013

En la Figura 4.41, se observa que la cantidad de pasajeros en el aeropuerto de Acapulco desde 2008 y hasta 2012 había estado disminuyendo continuamente. Sin embargo, de acuerdo con los valores pronosticados se observa que la cantidad de pasajeros en dicho aeropuerto se incrementará paulatinamente. En este caso y en los siguientes se estableció un intervalo de confianza igual a 95%.

En relación con los flujos de carga aérea en el aeropuerto de Acapulco (Figura 4.42), a partir de 2006 han decrecido notablemente. Afortunadamente, en 2011 y 2012 se ha presentado una recuperación significativa. De acuerdo con los resultados de un modelo ajustado, con tendencia cuadrática, se estimó que la carga para 2013 será mayor a la cantidad observada en 2012, pronosticándose casi 3,600 toneladas.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

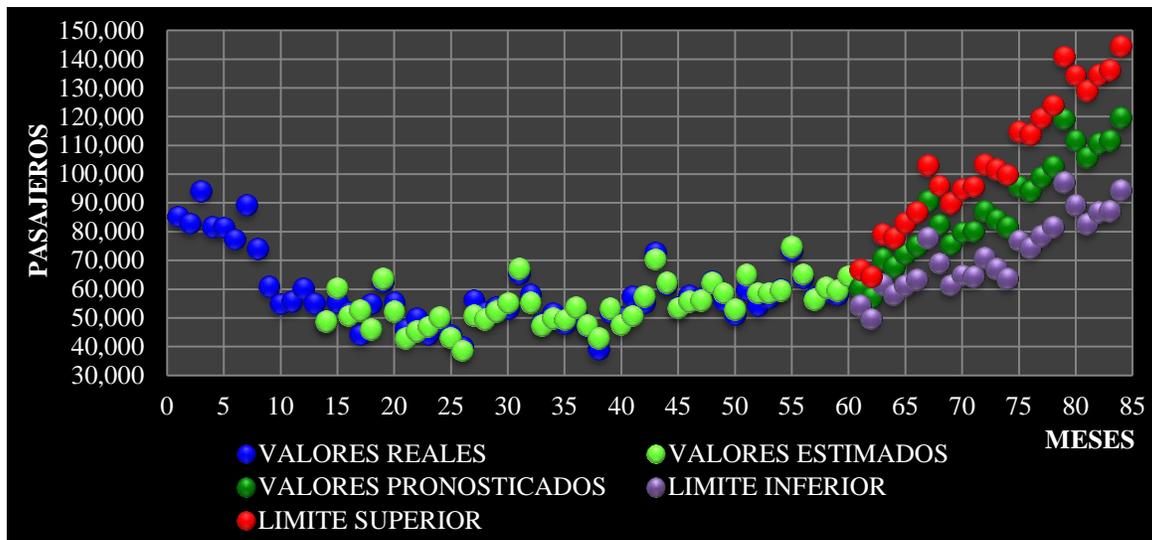
Figura 4.43 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Chihuahua, para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.44 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Chihuahua, para el año 2013

De acuerdo con los pronósticos, para los flujos de pasajeros en el aeropuerto de Chihuahua (Figura 4.43), para los próximos dos años habrá un incremento sostenido de estos flujos. En cambio, en el caso de la carga aérea para este aeropuerto, el pronóstico estimado para el año 2013, establece que la carga manejada será igual a la de 2012, lo que corresponde a aproximadamente 5,700 toneladas (Figura 4.44).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

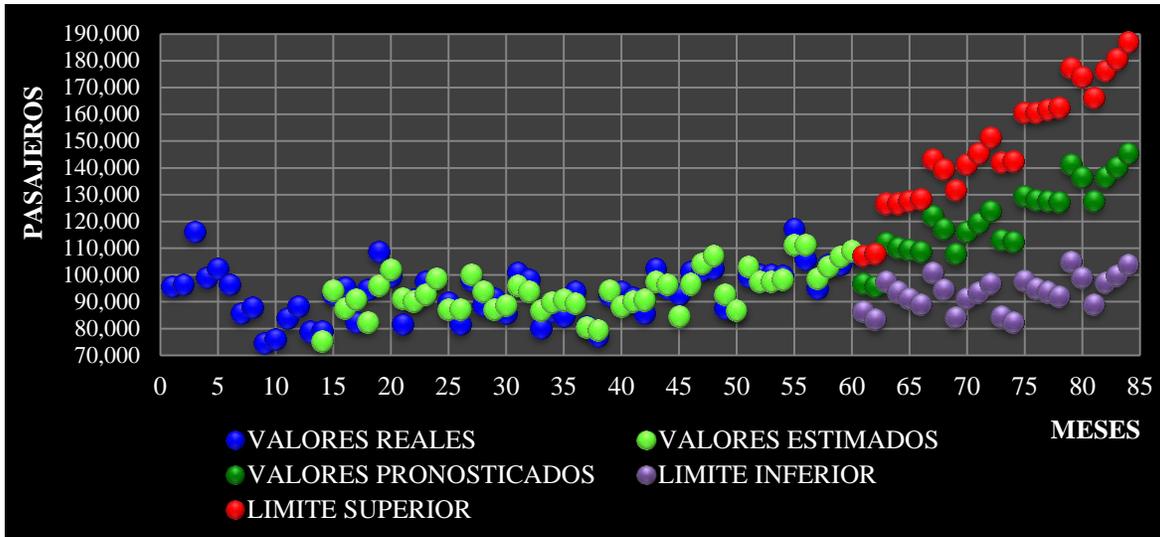
Figura 4.45 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Ciudad Juárez, para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.46 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Ciudad Juárez, para el año 2013

El pronóstico del movimiento de pasajeros en el aeropuerto de Ciudad Juárez, estima que habrá un crecimiento significativo de estos flujos, al menos en los próximos dos años (Figura 4.45). Por su parte, en relación con la carga aérea, debido a las fluctuaciones que ésta ha presentado, el modelo utilizado pronostica que estos flujos se estabilizarán en 2013, por lo que su magnitud corresponde a la manejada en 2012 (Figura 4.46).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

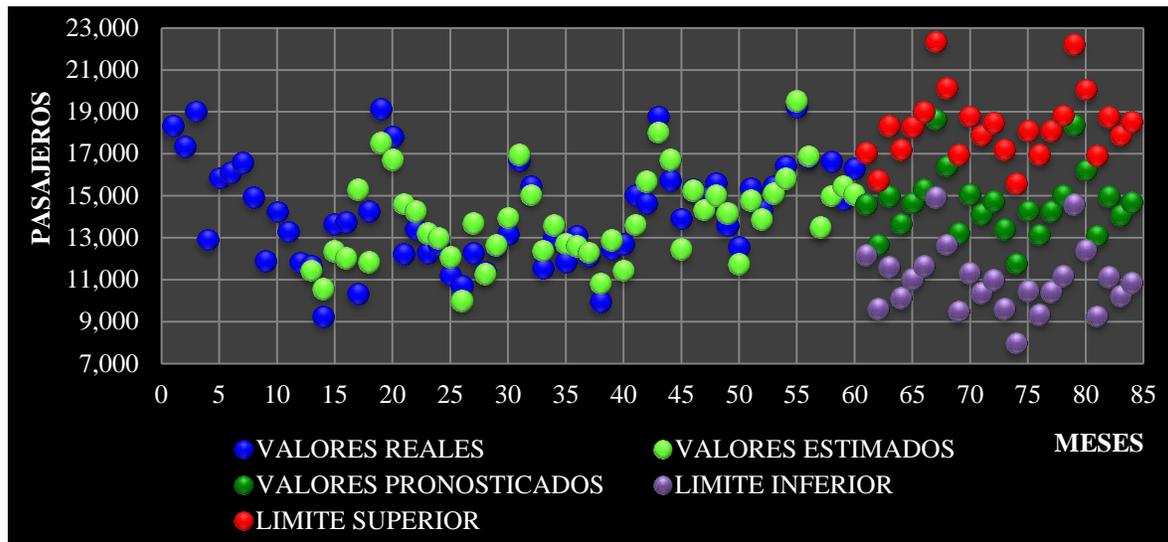
Figura 4.47 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Culiacán, para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.48 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Culiacán, para el año 2013

De acuerdo con las estimaciones del pronóstico realizado, en el caso del aeropuerto de Culiacán, los flujos de pasajeros se incrementarán en los años 2013 y 2014 (Figura 4.47). En contraste, de acuerdo con el modelo de pronóstico para la carga aérea, en el año 2013 se manejará una carga ligeramente menor a la de 2012. El valor pronosticado es de aproximadamente 5,400 toneladas (Figura 4.48).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

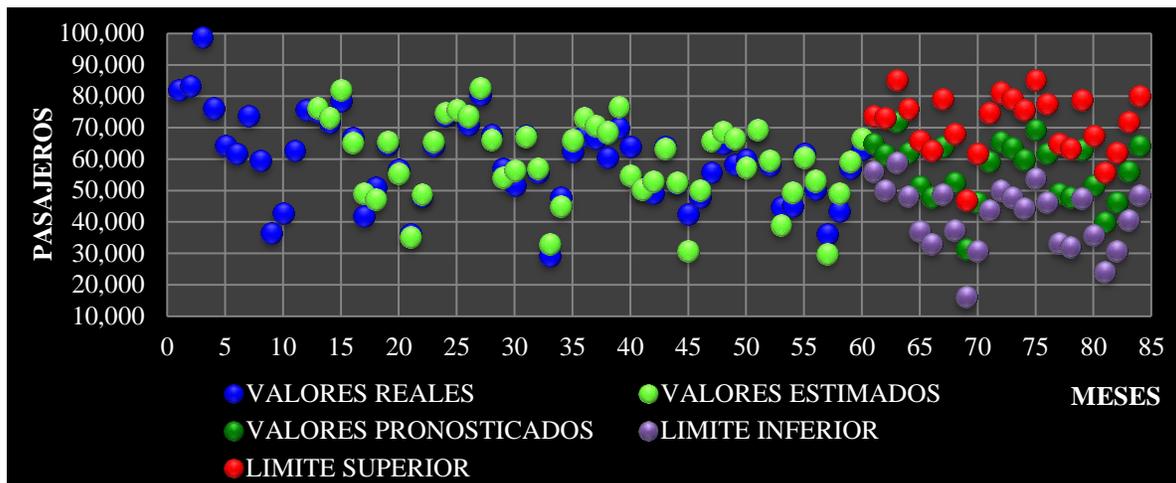
Figura 4.49 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Durango, para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.50 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Durango, para el año 2013

En el caso del aeropuerto de Durango, los flujos de pasajeros estimados, se ajustan en muy buena medida con los valores reales, los cuales presentan una ligera tendencia de crecimiento (Figura 4.49). Sin embargo, los valores pronosticados para los años 2013 y 2014, aunque tienen variaciones estacionales, en general presentan estancamiento, es decir, sin tendencia a crecer o decrecer. Por su parte, el pronóstico de los flujos de carga aérea, para el año 2013 (Figura 4.50), estima que se presentará un estancamiento en sus valores, dado que el valor estimado para ese año es igual al presentado en 2012, el cual corresponde a casi 175 toneladas.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

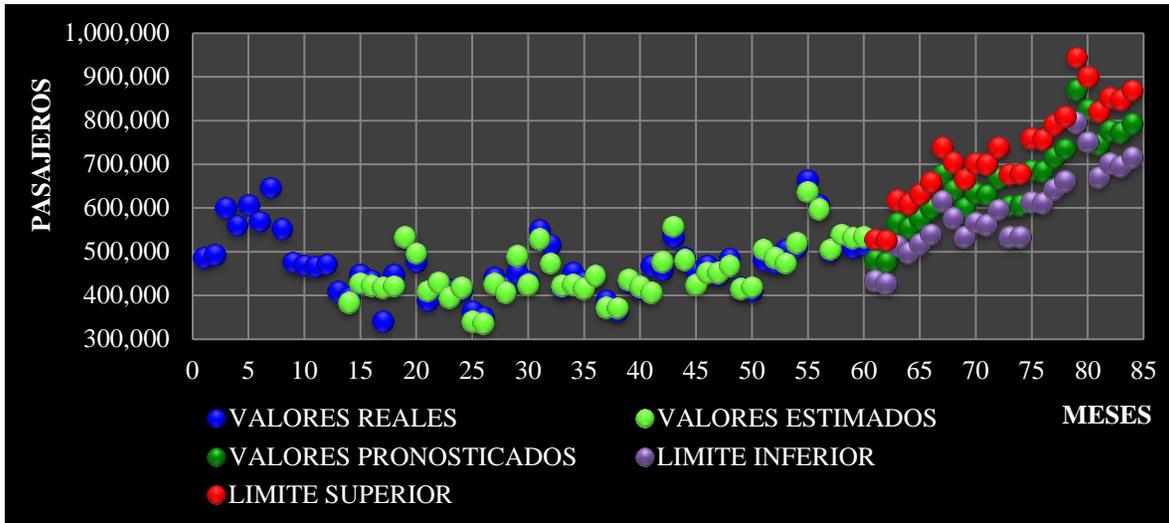
Figura 4.51 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Mazatlán para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.52 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Mazatlán, para el año 2013

El pronóstico del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Mazatlán, para el periodo 2013 – 2014, estima que se mantendrá casi el mismo nivel, con respecto a los años anteriores. Aunque se presentará un comportamiento estacional (Figura 4.51). En relación con el flujo de carga aérea, el pronóstica estima que este aeropuerto continuará con su recuperación, iniciada desde 2010 (Figura 4.52). Para 2013, el valor estimado de la carga a atender es mayor a 4,100 toneladas.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

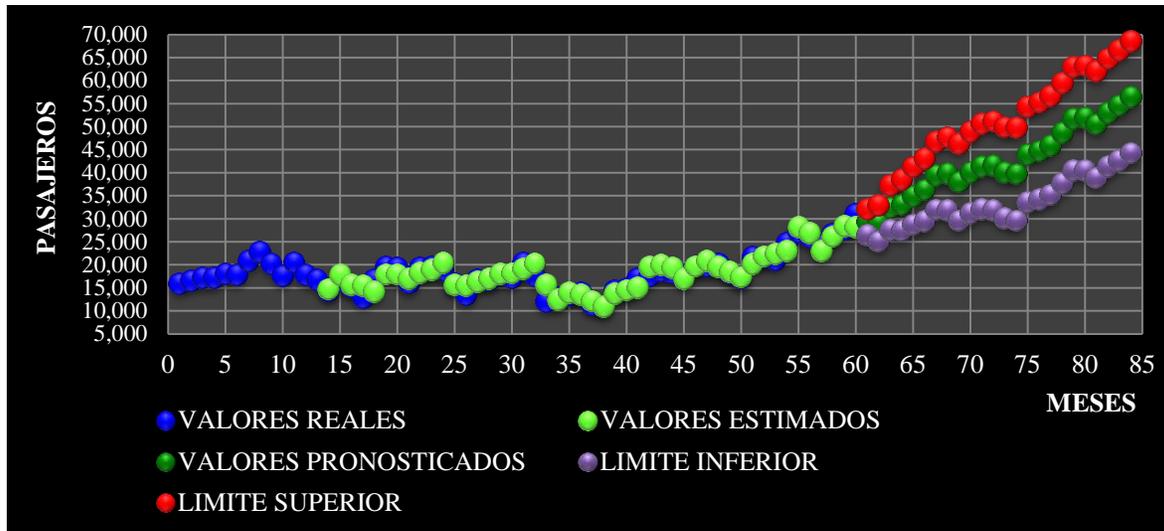
Figura 4.53 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Monterrey, para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.54 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Monterrey, para el año 2013

Con base en el pronóstico del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Monterrey, se estima un crecimiento importante de sus magnitudes, durante el periodo 2013 – 2014 (Figura 4.53). Observe en este caso, como los límites de control se estrechan más con el valor pronosticado. En relación con la carga aérea, aunque los valores reales muestran fluctuaciones significativas, el pronóstico para 2013 establece que habrá un crecimiento con respecto al año anterior. La magnitud pronosticada es de aproximadamente 56,000 toneladas (Figura 4.54).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

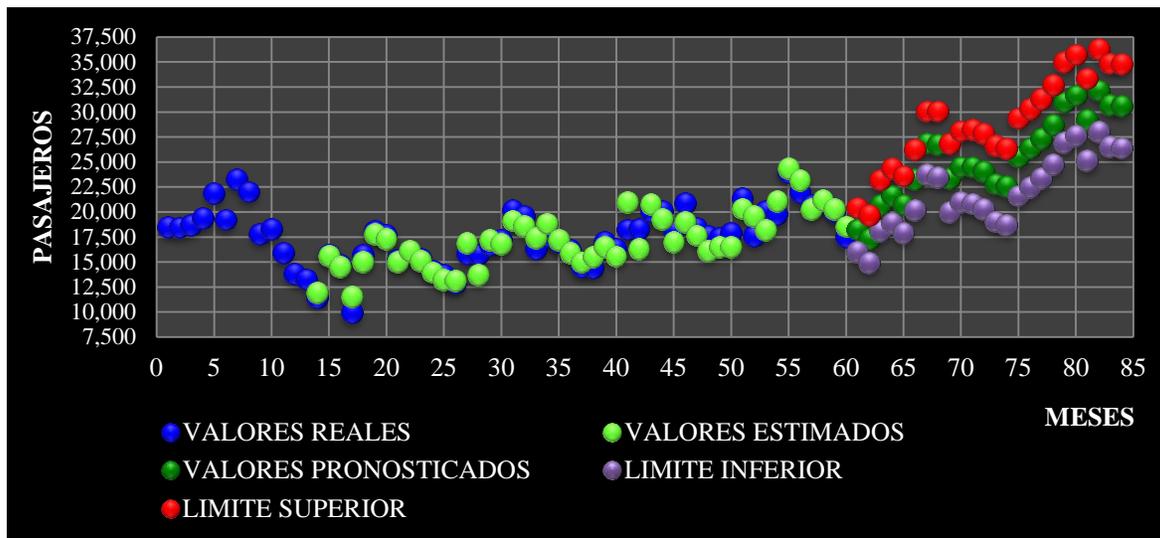
Figura 4.55 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Reynosa, para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.56 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Reynosa, para el año 2013

De acuerdo con el modelo de pronóstico, se estima que el aeropuerto de Reynosa incrementará sus flujos de pasajeros en forma importante durante los años 2013 y 2014 (Figura 4.55). En cambio, para la carga aérea en este aeropuerto, el modelo utilizado pronostica una tendencia decreciente, al menos para el año 2013. El valor estimado para este año es de aproximadamente 390 toneladas (Figura 4.56).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

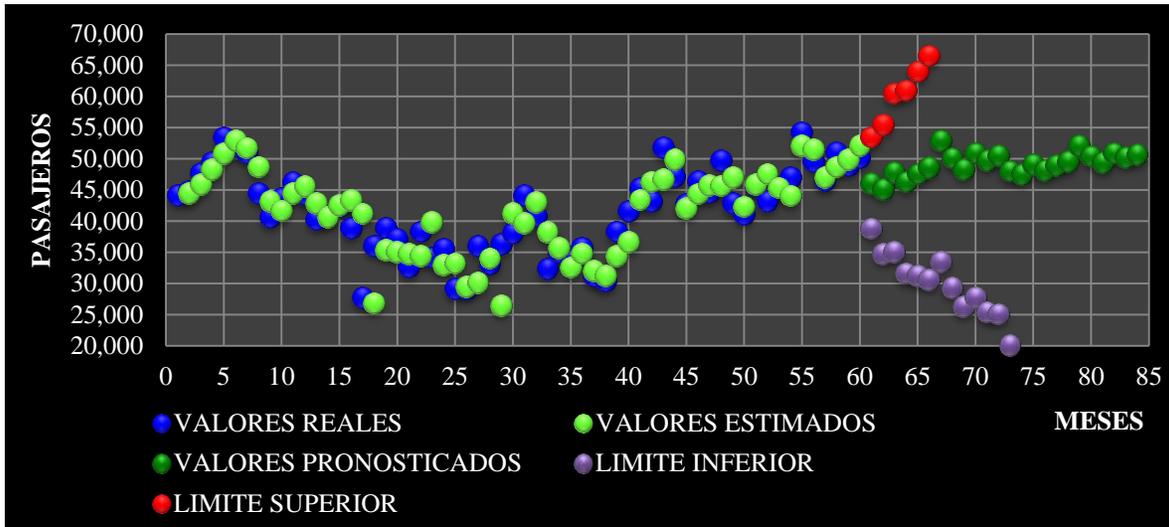
Figura 4.57 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de San Luis Potosí, para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.58 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de San Luis Potosí, para año 2013

Para el aeropuerto de San Luis Potosí, el modelo de pronóstico estima que los flujos de pasajeros en el periodo 2013 – 2014, tenderán a crecer (Figura 4.57). La misma situación se presenta en el caso de la carga aérea, manteniendo su tendencia sostenida de crecimiento. Para el año 2013, el pronóstico de carga aérea en este aeropuerto, es mayor a 23,250 toneladas (Figura 4.58).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.59 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Tampico, para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.60 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Tampico, para el año 2013

De acuerdo con el modelo de pronóstico del flujo de pasajeros, para el aeropuerto de Tampico, se estimó que en 2013 y 2014 se presentará un ligero incremento en su magnitud, con estacionalidad poco marcada. Observe que en esta serie, los límites de control superior e inferior, son divergentes en relación con los valores pronosticados, debido a la incertidumbre establecida por el modelo (Figura 4.59). En cambio, el flujo de carga aérea pronosticado para 2013 en este aeropuerto, presenta una tendencia a decrecer. El valor estimado para este año es de apenas 352 toneladas, valor mucho menor con respecto al año 2012 (Figura 4.60).



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.61 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Torreón, para el periodo 2013 – 2014

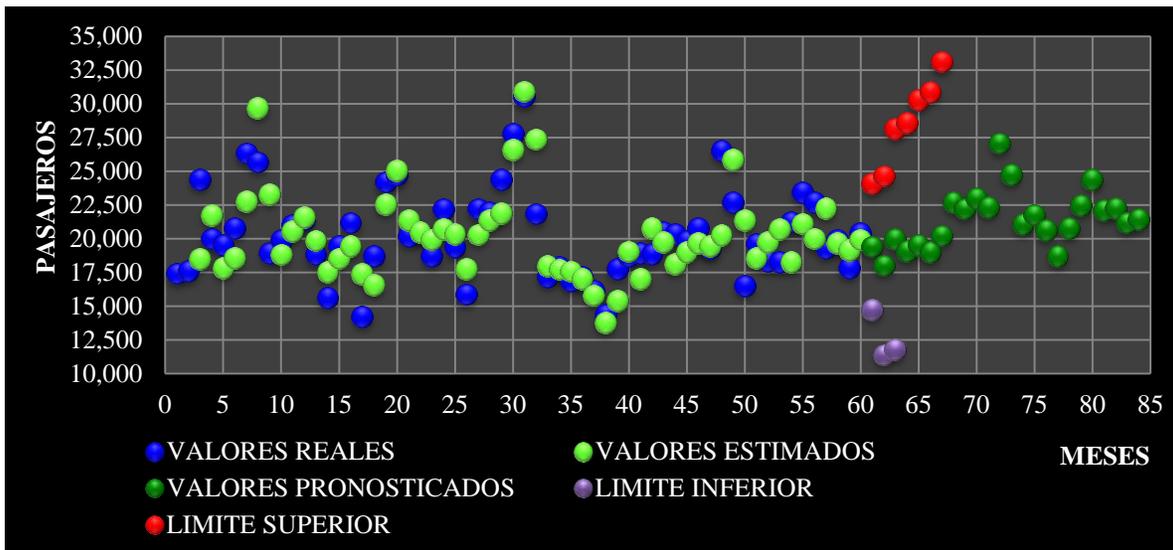


Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.62 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Torreón, para el año 2013

En la Figura 4.61 se presentan los resultados del modelo de pronóstico del flujo de pasajeros, para el aeropuerto de Torreón. Se observa que la cantidad de pasajeros estimada para 2013 y 2014 crecerá, además, se presentará un comportamiento estacional en dicho periodo.

Por otra parte, con base en el pronóstico de los flujos de carga aérea para 2013, se estima que en el aeropuerto de Torreón, estos flujos se mantendrán sin cambios en relación con 2012, por lo que su valor será igual a aproximadamente 611 toneladas (Figura 4.62).

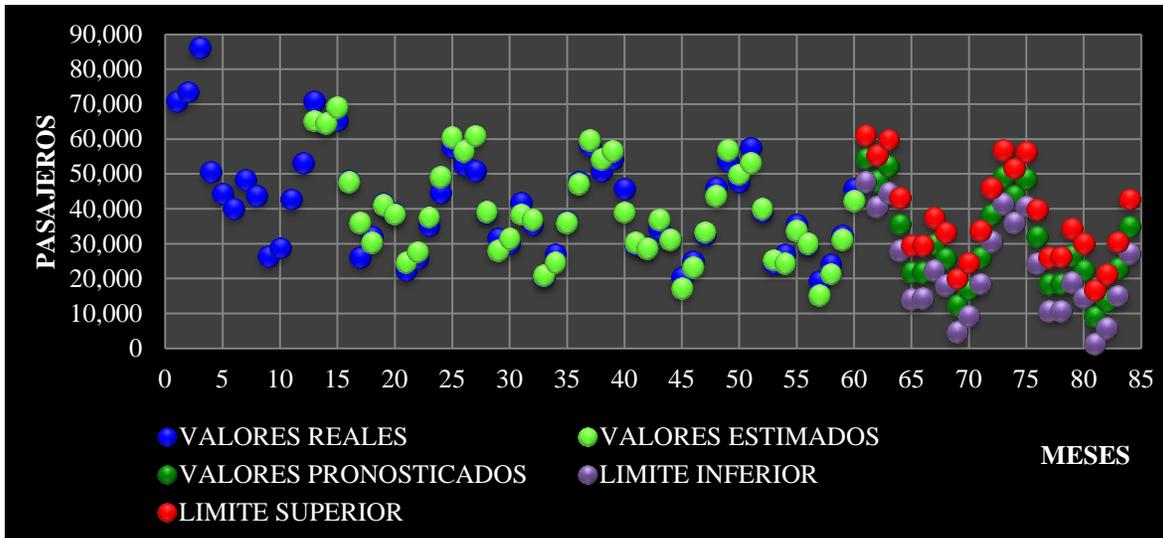


Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.63 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Zacatecas, para el periodo 2013 – 2014

De acuerdo con el modelo de pronóstico de los flujos de pasajeros, para el aeropuerto de Zacatecas, se estima que éstos crecerán ligeramente durante los años 2013 y 2014. Además, se presentará un marcado comportamiento estacional. También, en esta serie se observa una divergencia significativa de los intervalos de confianza (límites superior e inferior), lo cual se relaciona con la incertidumbre de los pronósticos (Figura 4.63).

Por otro lado, como fue señalado antes, debido a que la carga aérea manejada en el aeropuerto de Zacatecas ha presentado magnitudes muy reducidas y con una tendencia decreciente desde 2008, no se pudo establecer un modelo adecuado para realizar los pronósticos respectivos. No obstante, es evidente que en el rubro de carga, este aeropuerto tiene grandes oportunidades de mejora.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.64 Pronósticos del flujo de pasajeros en el aeropuerto de Zihuatanejo, para el periodo 2013 – 2014

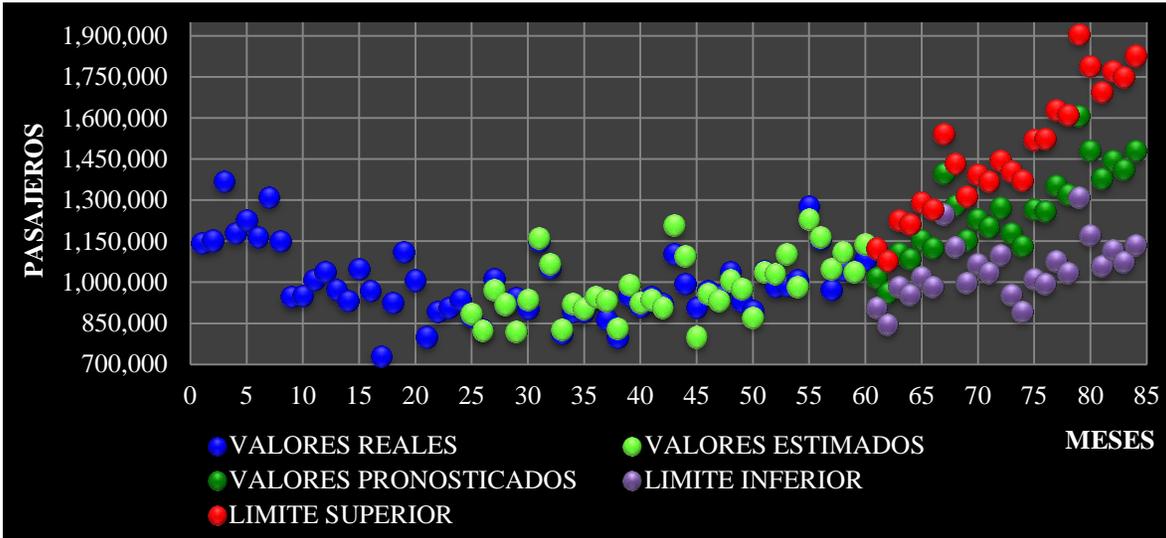


Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.65 Pronóstico de la carga a atender en el aeropuerto de Zihuatanejo, para el año 2013

En la Figura 4.64 se presentan los resultados de las estimación del modelo de pronóstico, para el aeropuerto de Zihuatanejo. Se puede observar cómo los valores estimados resultaron ser muy cercanos a los valores reales, con una muy buena reproducción de la estacionalidad. En cuanto a los valores pronosticados, para 2012 y 2013, se observa una tendencia a decrecer, pero siguiendo un patrón estacional marcado. En este caso los intervalos de confianza son muy cercanos a los valores pronosticados, por lo que se podría esperar que

estos valores no disten muchos de los que se presenten en realidad. Por lo anterior, y considerando que este es un aeropuerto turístico, las oportunidades de mejora son muy grandes. En el caso de la carga aérea, el pronóstico para 2013 estima que se presentará un decremento de su magnitud, en relación con 2012. La magnitud pronosticada es de aproximadamente 196 toneladas.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.66 Pronósticos del flujo de pasajeros en el grupo OMA, para el periodo 2013 – 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGAC.

Figura 4.67 Pronóstico de la carga a atender en el grupo OMA, para el año 2013

El modelo de pronóstico de los flujos de pasajeros, para todo el conjunto de aeropuertos del grupo OMA, establece una tendencia de crecimiento de sus magnitudes para el periodo 2013 - 2014. También, se estima la presencia de picos asociados con un comportamiento estacional (Figura 4.66).

En el rubro de carga aérea, para el conjunto de aeropuertos del grupo OMA, el pronóstico establece que se presentará crecimiento para el año 2103, aunque sin alcanzar los valores de 2011. La magnitud estimada para 2013 fue de aproximadamente 100 mil toneladas.

4.9 Resumen de los principales resultados

A continuación se presenta un resumen de los principales resultados:

- Grupo OMA en 2012 se posicionó como el tercer grupo aeroportuario del país en cuanto a vuelos (21%), pasajeros (19%) y carga nacionales (24%). En el aspecto internacional se posicionó en el cuarto lugar en vuelos (11%) y pasajeros (6%), y en tercer lugar en cuanto a carga (7%). Por último, este grupo se ubicó en tercer lugar en cuanto a vuelos totales (18%) y carga total (13%), mientras que en pasajeros totales se ubicó en el cuarto sitio (15%).
- Grupo OMA en 2012 tuvo un incremento en cuanto a sus operaciones aéreas (187,374 operaciones), y en la cantidad de pasajeros atendidos (12,409,862). Sin embargo, en relación con la carga tuvo un ligero decremento, con respecto a 2011 (93,679 toneladas). Por otro lado, la mayoría de los vuelos, pasajeros y carga transportada en 2012, correspondieron al servicio regular nacional, en seguida se ubicaron los servicios de fletamento nacional, regular internacional y fletamento internacional.
- Los tres aeropuertos principales, del grupo OMA, en el rubro de vuelos durante 2012 fueron Monterrey (62,784 vuelos), Culiacán (16,092 vuelos) y Chihuahua (13,349 vuelos). En el rubro de pasajeros los tres principales fueron Monterrey (5,231,914 pasajeros), Culiacán (1,201,332 pasajeros) y Chihuahua (805,595 pasajeros), y en cuanto a la carga aérea, los tres primeros fueron San Luis Potosí (21,186 toneladas), Monterrey (19,054 toneladas) y Culiacán (5,761 toneladas).
- En cuanto a la TCMA del grupo OMA, para el periodo 2003 – 2012, se presentó un decremento de 82.96% en vuelos; un incremento de 92.28%, en cuanto a pasajeros atendidos; y un incremento en la carga de 86.21%. Para el periodo 2011 – 2012, el grupo OMA tuvo un incremento en cuanto a vuelos (4.44%) y pasajeros (9.24%), y una disminución de 11.96% en carga atendida.
- En forma individual la TCMA de los aeropuertos del grupo OMA, durante el periodo 2003 – 2012, fue positiva en el caso de pasajeros atendidos para todos los aeropuertos, excepto para Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo. En cuanto a los vuelos la tasa fue negativa para todos, excepto para Reynosa y San Luis Potosí.

Por último, para la carga los aeropuertos que presentaron una tasa positiva fueron Acapulco, Chihuahua, Ciudad Juárez, Culiacán, Mazatlán, Monterrey y San Luis Potosí.

- En forma individual para cada aeropuerto del grupo OMA en el último periodo analizado (2011 – 2012), en cuanto a vuelos se observó que Acapulco, Culiacán, Mazatlán, Zacatecas y Zihuatanejo, presentaron tasas negativas. En el caso de los pasajeros, los aeropuertos de Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo presentaron tasas negativas. Por último, se observaron tasas negativas para la carga aérea en los aeropuertos de Monterrey, Torreón, San Luis Potosí y Zacatecas. Cabe resaltar que los aeropuertos de Monterrey y San Luis Potosí manejan una mayor cantidad de carga que los otros aeropuertos del grupo OMA, sin embargo, en este último periodo se observa que están perdiendo terreno en este rubro.
- Todos los aeropuertos de grupo OMA, en 2012, presentaron subutilización en sus instalaciones para pasajeros. Los mayores valores correspondieron a Acapulco (95.81%), Mazatlán (92.16%), Zacatecas (92.08%), Durango (91.62%) y Zihuatanejo (90.90%).
- El grupo OMA, en 2012, presentó una conectividad nacional de 73.5%, y los tres aeropuertos que destacaron más en este rubro fueron Monterrey (55.8%), San Luis Potosí (42.6%) y Acapulco (39.7%). Por otra parte, en ese año el grupo OMA tuvo una conectividad internacional de 28.2%, en este caso, los tres aeropuertos más destacados fueron Monterrey (15.6%), Acapulco y Mazatlán (7.58%).

4.10 Medidas para equilibrar la oferta con la demanda

En aquellos aeropuertos con baja actividad o subutilización de sus instalaciones, se recomiendan las siguientes estrategias para equilibrar la oferta con la demanda.

- 1. Establecimiento de un paquete ampliado de servicios.** Lo que se busca con esta estrategia es mejorar la posición del aeropuerto en el mercado, pero como proveedor de servicios múltiples y no concentrado en un conjunto de servicios genéricos únicamente relacionados con las operaciones aeronáuticas. Los servicios propuestos se describen a continuación.
 - a. Servicios de ventas comerciales.** Debe incluirse una variedad amplia de comercios para satisfacer las necesidades de los clientes. En este caso los clientes son los pasajeros, quienes estarán interesados principalmente por artículos de primera necesidad y por regalos o recuerdos para sus familiares y amistades. Pero también, incluye a las personas que acompañan, llevan o recogen a los pasajeros, las cuales deben ser atraídas para realizar algunas compras mientras permanecen en el aeropuerto. Además, deben considerarse como clientes a todos los empleados del aeropuerto y de las aerolíneas, éstos

requerirán servicios comerciales, ya sea por cuestiones de trabajo o por necesidades particulares. Por último, todos los residentes locales y cercanos al aeropuerto son también clientes potenciales, en este caso la demanda dependerá de la calidad ofrecida, del número de comercios y de sus horarios de servicio.

b. Servicios turísticos. Consiste en presentar al aeropuerto como un destino turístico del lugar. Este concepto requiere aplicar una estrategia de mercado creativa para atraer demanda adicional. Por ejemplo, los entusiastas de la aviación son un grupo objetivo de este enfoque. En algunos casos los aeropuertos se han convertido en “organizadores de eventos”, fomentando una imagen distinta capaz de generar demanda complementaria durante los periodos de baja actividad. La aplicación de esta estrategia ha demostrado que esta diversificación de servicios genera demanda adicional en las tiendas y en los servicios de comida del aeropuerto.

c. Servicios de congresos. Esta estrategia consiste en ofrecer ciertas instalaciones dentro del aeropuerto, como sedes para congresos. En esta estrategia los aeropuertos tienen dos ventajas competitivas. En primer lugar, la mayoría de las veces las terminales aéreas pueden fácilmente acondicionar y dedicar espacios para la realización de congresos. Este supuesto se cumple particularmente cuando la infraestructura de la terminal en su fase de diseño consideró un enfoque modular. La segunda ventaja se debe a que los eventos realizados dentro de la terminal aérea minimizan los tiempos de viaje de los participantes. Esta ventaja es evidente en el caso de reuniones cortas o de un sólo día, en donde el impacto de los traslados a otra ubicación, generaría mayor consumo de recursos económicos o de tiempo. Sin embargo, en los casos que los congresos no se puedan realizar dentro de las instalaciones del aeropuerto, también, se pueden ofrecer servicios de traslado a los hoteles o lugares en donde se realizarán los congresos, facilitando así la movilidad de los participantes. De acuerdo con la ICCA (*International Congress and Convention Association*, <http://www.iccaworld.com/>), en el rubro de turismo de congresos internacionales, México se ubicó en el lugar 23, en 2012, con 163 congresos en dicho año. Dentro de esta clasificación, la primera ciudad relacionada con los aeropuertos del grupo OMA fue Monterrey, con 6 congresos realizados en 2012. Existen otras dos ciudades afiliadas a esta organización y relacionadas con el grupo OMA, pero que no figuraron en algún congreso internacional en 2012, éstas fueron Chihuahua (ExpoChihuahua) y Zacatecas (Palacio de Convenciones Zacatecas). Los congresos nacionales e internacionales son una importante plataforma para atraer más turismo en los aeropuertos que administra el grupo OMA.

d. Servicios logísticos. Los aeropuertos han participado tradicionalmente como socios del sector industrial en su conjunto, únicamente en las actividades de embarque y desembarque de bienes y materiales del mercado internacional. Es decir, la infraestructura aeroportuaria no ha sido integrada con las cadenas logísticas de las empresas, su participación se ha acotado regularmente como un punto de transferencia de bienes, con un papel de facilitador en la cadena. Sin embargo, actualmente los aeropuertos tienen la oportunidad de desarrollar

servicios enriquecidos de carga. Por ejemplo, la transformación parcial de productos o componentes, podría ayudar a reducir los costos de producción de los bienes y los tiempos de traslado.

e. Servicios de consultoría. Los mejores operadores de aeropuertos en su tipo, pueden eventualmente implementar esquemas de asistencia o consultoría a nuevos administradores del negocio aeroportuario o a operadores existentes. Por ejemplo, cuando entra en servicio una nueva infraestructura o hay una ampliación. En este caso lo que se vende es la transferencia de experiencia, habilidades y competencias, en general, el saber cómo hacerlo (*know-how*). En particular, el enfoque se relaciona, por ejemplo, con actividades técnicas de proyectos de ingeniería y de administración financiera, y con la implementación de contratos de administración (Jarach, 2001).

2. Estrategias para la reutilización de las instalaciones aeroportuarias. Son un conjunto de medidas para aprovechar de manera específica los espacios de las terminales aéreas que ya no se utilizan o están subutilizados.

a. Establecimiento de arrendatarios de remplazo. Si alguna aerolínea por su situación económica o por cualquier otra razón deja de operar en alguna terminal aérea, ésta dejará espacios en edificios especializados, como hangares o instalaciones para el mantenimiento o para el manejo de carga, y por lo tanto, afectará la rentabilidad económica de la terminal. Por lo cual, una opción es buscar para estas instalaciones una aerolínea de remplazo que tenga características similares a la anterior, con la finalidad de darle uso a las instalaciones que no están siendo utilizadas.

b. Reutilización Adaptativa. Es el proceso de adaptar viejas estructuras a nuevos propósitos. Aunque este esquema tiene sus raíces en los reacondicionamientos urbanos, su aplicación en los aeropuertos inició en proyectos para la preservación de patrimonios históricos, que tenían la finalidad de integrar elementos arquitectónicos relevantes, en programas para la modernización de terminales aéreas

c. Demolición. Como su nombre lo indica, consiste en demoler una instalación para destinar dicho lugar a otro fin. Esta decisión se toma cuando: el costo de mantener la instalación actual es muy elevado; el terreno es necesario para otro uso; los sistemas existentes en dicha instalación son obsoletos o altamente especializados; el acceso al aeropuerto necesita ser restringido y asegurado; el administrador del aeropuerto no dispone del capital para renovar la instalación y esta opción es la menos costosa (ACRP, Synthesis 25, 2011).

5 Conclusiones y recomendaciones

Se estableció una metodología con base en modelos de pronósticos para realizar el diagnóstico de la actividad aérea comercial del grupo OMA, la cual puede ser aplicada en el diagnóstico de los otros grupos aeroportuarios del país. Se describió cada una de las etapas de la metodología y se elaboró un diagrama de flujo con cada paso seguido para facilitar su aplicación.

Con base en la aplicación de la metodología se obtuvieron pronósticos mensuales para las series de pasajeros de cada aeropuerto de grupo OMA y del grupo en su conjunto, proyectados hacia los años 2013 y 2014. En el caso de la carga, las proyecciones sólo fueron para el año 2013.

En el ámbito nacional el grupo OMA en 2012, ocupó el tercer lugar en importancia en cuanto a vuelos, pasajeros y carga atendida, solo por abajo del AICM (primer lugar) y del grupo GAP (segundo lugar). Mientras que en el ámbito internacional se ubicó en cuarto lugar en vuelos y pasajeros, y en cuanto a carga aérea mantuvo la tercera posición.

Los aeropuertos de grupo OMA más importantes en 2012, en cuanto a número de vuelos y pasajeros fueron Monterrey, Culiacán y Chihuahua; y en cuanto a cantidad de carga, San Luis Potosí, Monterrey y Culiacán.

En relación con la TCMA del grupo OMA, para el periodo 2011 - 2012, los aeropuertos que han presentado valores negativos en cuanto a vuelos, fueron Acapulco, Culiacán, Mazatlán, Zacatecas y Zihuatanejo; para pasajeros Acapulco, Mazatlán y Zihuatanejo; y para carga Monterrey, San Luis Potosí y Zacatecas.

Todos los aeropuertos de grupo OMA en 2012 presentaron subutilización de su infraestructura para atender pasajeros. En cuanto a conectividad dicho grupo tuvo presencia en más del 78% de los aeropuertos nacionales y más del 28% en los aeropuertos internacionales.

Los aeropuertos de grupo OMA con mayor conectividad en el ámbito nacional, en 2012, fueron Monterrey, San Luis Potosí y Acapulco. El primero debido a que se relaciona con la tercera ciudad más importante del país; el segundo se relaciona con la actividad logística del centro de intercambio intermodal, de una importante empresa de paquetería y mensajería; y el último, está vinculado con un relevante destino turístico de playa. En el ámbito internacional, los aeropuertos de grupo OMA con mayor conectividad, en 2012, fueron Monterrey, Mazatlán y Acapulco. En el caso de los aeropuertos de Acapulco y Mazatlán, se debe buscar aprovechar su significativa conectividad nacional e internacional para tratar de incrementar su actividad, en cuanto a vuelos y pasajeros atendidos, dado que en los últimos años han presentado TCMA negativas en estos rubros.

Con base en los resultados de los pronósticos para pasajeros y carga aérea, en los aeropuertos del grupo OMA, se concluye lo siguiente:

- Se estimó que para el aeropuerto de Acapulco, en 2013 y 2014, se presentará una recuperación en la cantidad de pasajeros atendidos, y que la carga aérea continuará creciendo en 2013.
- En el caso de Chihuahua, se estima una mayor afluencia de pasajeros en 2013 y 2014, y una ligera disminución de la carga atendida en 2013.
- En cuanto a Ciudad Juárez se estima muy poco crecimiento en el flujo de pasajeros, durante 2013 y 2014, pero se prevé que la carga aérea crecerá ligeramente en 2013.
- Para el aeropuerto de Culiacán, se estima un aumento en la cantidad de pasajeros atendidos en 2013 y 2014, y se prevé que la cantidad de carga atendida en 2013 sea menor a la registrada en 2012.
- En el aeropuerto de Durango, se estima una disminución en la cantidad de pasajeros, en 2013 y 2014, así como en la cantidad de carga atendida en 2013.
- En el caso de los aeropuertos de Mazatlán y Monterrey, se prevé un ligero aumento en la cantidad de pasajeros para 2013 y 2014, y un crecimiento en la cantidad de carga atendida en 2013.
- Se estimó que el aeropuerto de Reynosa presentará un aumento en la cantidad de pasajeros en 2013 y 2014, en cambio la cantidad de carga decrecerá en 2013.
- En cuanto al aeropuerto de San Luís Potosí, se estima que la cantidad de pasajeros se incrementará en 2013 y 2014, al igual que la carga aérea en 2013.
- Se estima que en el aeropuerto de Tampico en ciertos meses de 2013 y 2014, habrá una menor cantidad de pasajeros, en comparación con los mismos meses de años anteriores. En cuanto a la carga aérea, se prevé una ligera disminución para 2013.
- Se prevé que en el aeropuerto de Torreón, se presentará un ligero incremento en la cantidad de pasajeros en 2013 y 2014, mientras que para la carga habrá un decremento en 2013.
- Para el aeropuerto de Zacatecas, se estima que la cantidad de pasajeros decrecerá en algunos meses de 2013 y 2014, en comparación con los mismos meses de años anteriores.

- Para el caso del aeropuerto de Zihuatanejo, se estima que en 2013 y 2014, la cantidad de pasajeros seguirá disminuyendo, del mismo modo se prevé que en 2013 también disminuya el flujo de carga aérea.
- Para el grupo OMA en general, la estimación para 2013 y 2014, estableció que la cantidad de pasajeros irá en aumento mes con mes, y que la cantidad de carga en 2013 será mayor que la registrada en 2012.

Para equilibrar la oferta con la demanda en los aeropuertos con baja actividad aérea se recomendaron dos medidas. La primera, establece un paquete ampliado de servicios para mejorar el posicionamiento de los aeropuertos en el mercado, como un proveedor de servicios múltiples; y la segunda, definió un conjunto de medidas para aprovechar de manera específica los espacios de las terminales aéreas.

Finalmente, como líneas de investigación futuras se propone continuar con el diagnóstico de la actividad aérea comercial de los otros grupos aeroportuarios.

6 Bibliografía

Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA). 1996. Sistema Estadístico Aeroportuario. XII Edición. México.

Airport Cooperative Research Program (ACRP), Synthesis 25. 2011. Strategies for Reuse of Underutilized or Vacant Airport Facilities. Transportation Research Board. Washington D.C. USA.

Bowerman Bruce L., Anne B. Koehler y Richard T. O'Connell. 2007. Pronosticos, series de tiempo y regresion. Un enfoque aplicado. Cenage Learning. México.

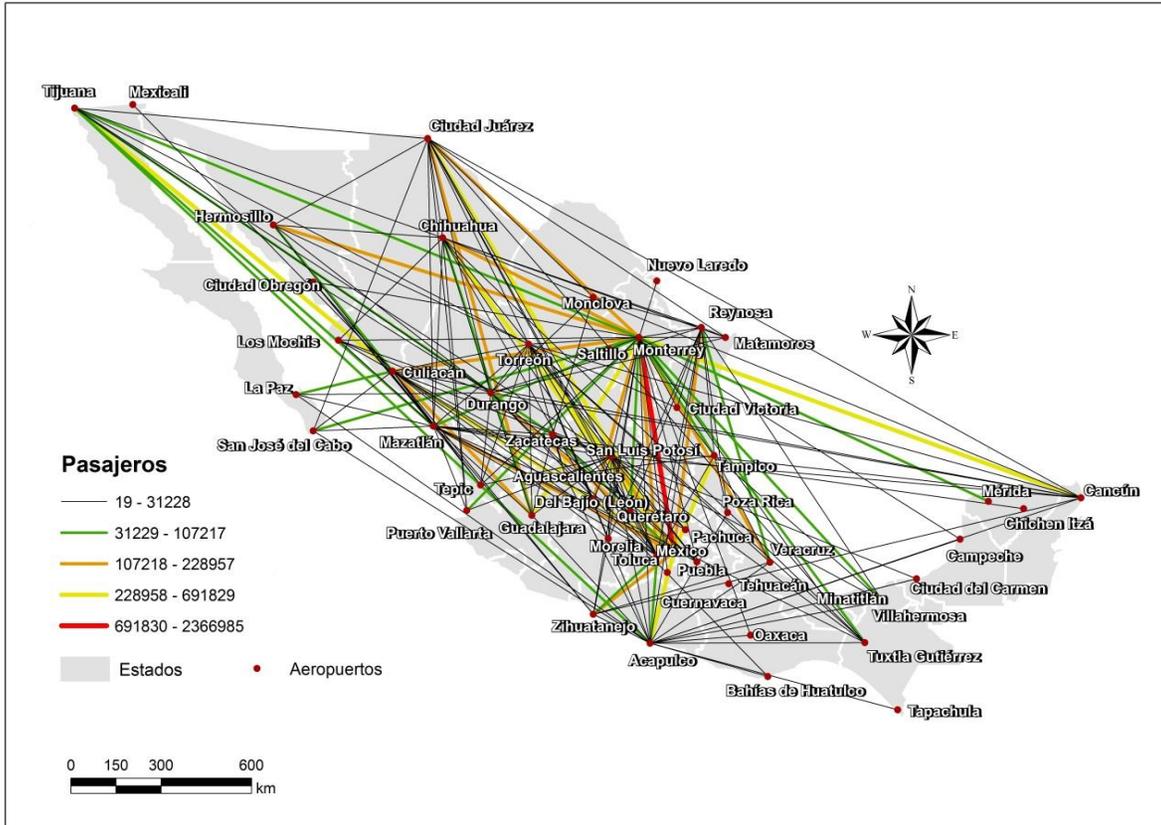
Farnum Nicholas R. and L. Stanton. 1989. Quantitative forecasting methods. PWS-Kent Pub. Co. USA.

Gobierno de la República (GR). 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Estados Unidos Mexicanos. México. Disponible en: <http://pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf>

Jarach, David. 2001. The evolution of airport management practices: towards a multi-point, multi-service, marketing-drive firm. Journal of Air Transport Management, Volume 7, Number 2, March 2001. USA.

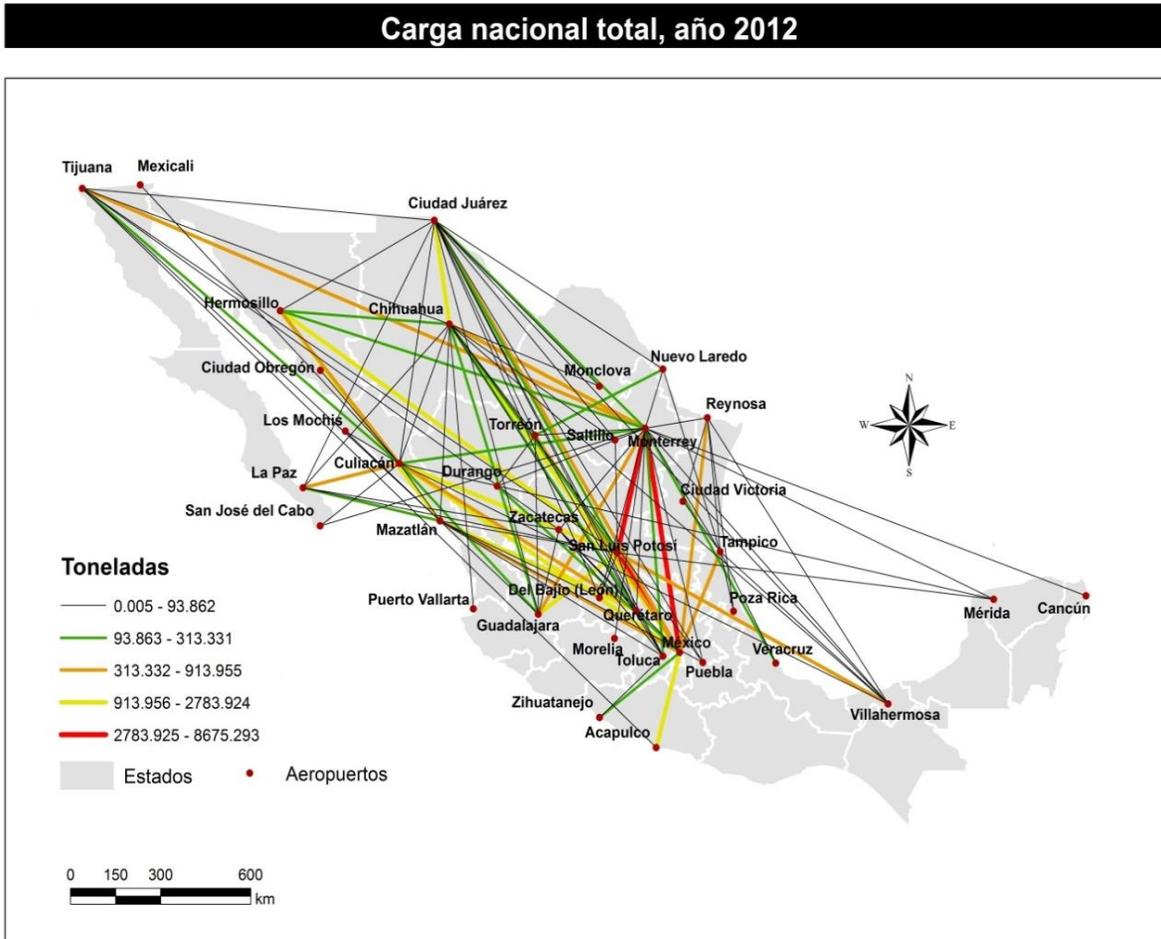
Anexo 1 Flujos de pasajeros y carga del grupo OMA en 2012

Pasajeros nacionales totales, año 2012



Fuente: Elaboración propia con base en información de la DGAC.

Figura A1.1 Flujos de pasajeros atendidos en los aeropuertos del grupo OMA con los nodos nacionales, en 2012



Fuente: Elaboración propia con base en información de la DGAC.

Figura A1.2 Flujos de carga atendida en los aeropuertos del grupo OMA con los nodos nacionales, en 2012

Pasajeros internacionales en grupo OMA, en 2012.



Fuente: Elaboración propia con base en información de la DGAC.

Figura A1.3 Flujos de pasajeros atendidos en los aeropuertos del grupo OMA con los nodos internacionales, en 2012

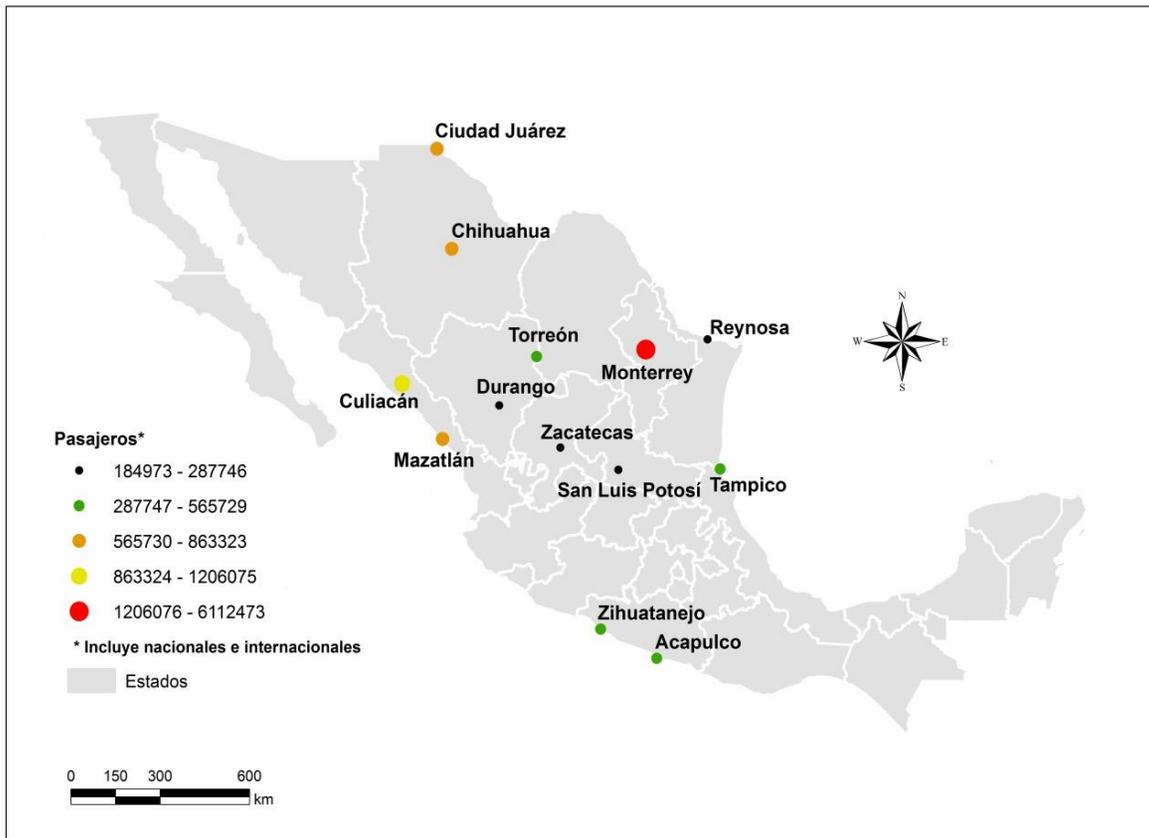
Carga internacional en grupo OMA, en 2012.



Fuente: Elaboración propia con base en información de la DGAC.

Figura A1.4 Flujos de carga atendida en los aeropuertos del grupo OMA con los nodos internacionales, en 2012

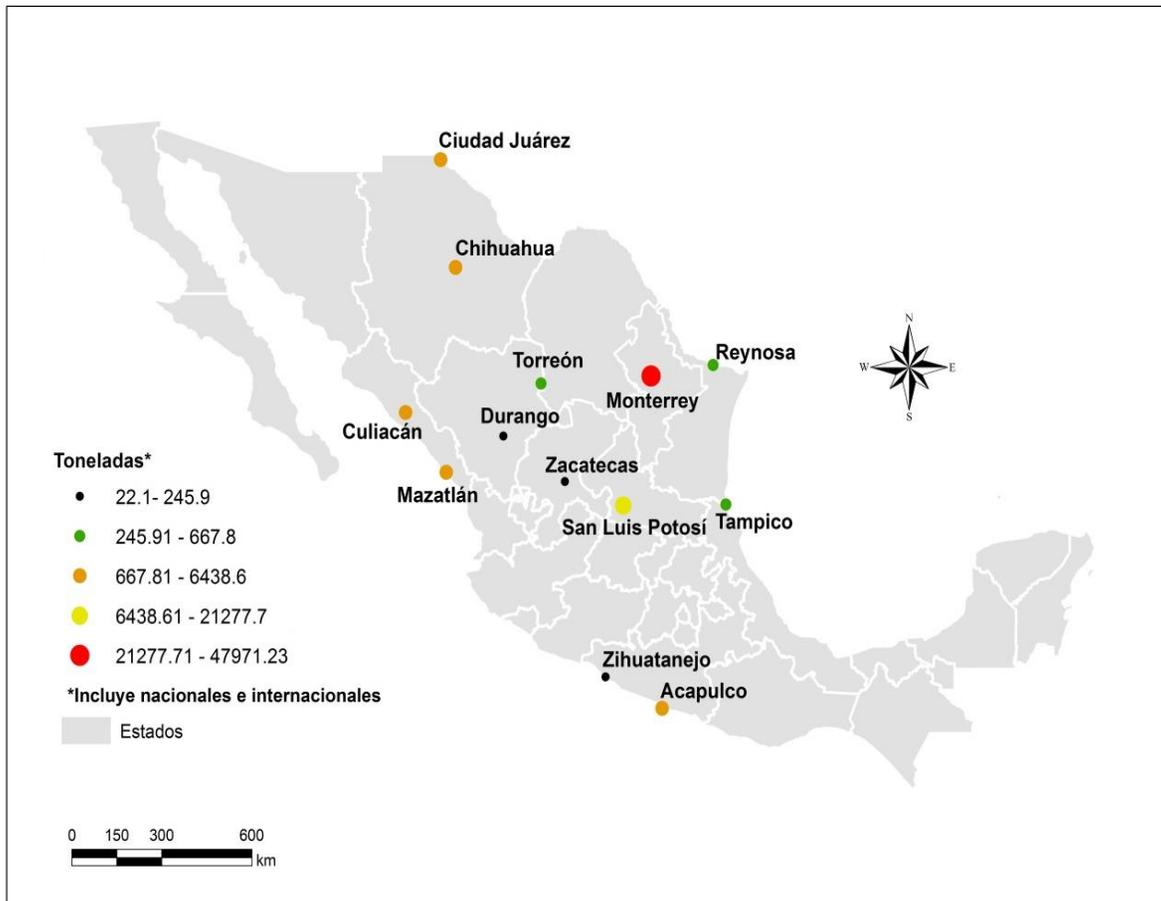
Pasajeros totales en los aeropuertos del grupo OMA, año 2012



Fuente: Elaboración propia con base en información de la DGAC.

Figura A1.5 Pasajeros totales atendidos en los aeropuertos del grupo OMA, en 2012

Carga total en los aeropuertos del grupo OMA, año 2012



Fuente: Elaboración propia con base en información de la DGAC.

Figura A1.6 Carga total atendida en los aeropuertos del grupo OMA, en 2012



Carretera Querétaro-Galindo km 12+000
CP 76700, Sanfandila
Pedro Escobedo, Querétaro, México
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>