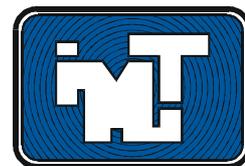




ISSN 0188-7297



EL TRANSPORTE AÉREO DE CARGA DOMÉSTICA EN MÉXICO

Oscar Armando Rico Galeana

Publicación Técnica No. 168
Sanfandila, Qro, 2001

**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**El transporte aéreo de carga
doméstica en México**

Oscar Armando Rico Galeana

**Publicación Técnica No. 168
Sanfandila, Qro, 2001**

Este trabajo fue realizado en el Instituto Mexicano del Transporte por el M. en I. Oscar Armando Rico Galeana, Investigador Titular de la División de Formación Profesional del IMT, adscrita a la Coordinación Operativa. Durante el estudio se contó con el apoyo del Ing. Francisco Heredia Iturbe, especialista en transporte aéreo de la Coordinación de Integración del Transporte del IMT, del Geog. Miguel Angel Backhoff Pöhls, titular de la Unidad de Sistemas de Información Espacial del IMT y del Tec. Juan Carlos Vázquez Paulino, experto en sistemas de información geográfica. Adicionalmente, el proyecto contó con el importante apoyo institucional del Dr. Guillermo Torres Vargas, titular de la División de Formación Profesional. A todos ellos se les reconoce y agradece su amable disposición y ayuda invaluable.

Índice

Resumen	III
Abstract.....	V
Resumen ejecutivo.....	VII
1 Etapas de desarrollo del transporte aéreo de carga en México.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Primera etapa, 1920 a 1940: Los inicios	5
1.3 Segunda etapa, 1940 a 1960: Consolidación	6
1.4 Tercera etapa, 1960 a 1982: Nacionalización.....	10
1.5 Cuarta etapa, 1982 a 1990: Crisis económica, privatización y desregulación.....	13
1.6 Quinta etapa, 1990 – 2000: Reestructuración, crisis financiera y la creación de CINTRA	16
2 Panorama general del subsector aéreo de carga en 1998.....	27
2.1 Introducción	27
2.2 Distribución de la carga transportada por tipo de servicio y categoría de empresa	27
2.3 Distribución de la carga transportada en el ámbito doméstico por tipo de servicio y categoría de empresa.....	31
2.4 Empresas de transporte aéreo que ofrecieron servicios de carga en el ámbito doméstico	35
3 Aspectos generales de la movilidad doméstica de mercancías por transporte aéreo	41
3.1 Introducción	41
3.2 Principales fuentes de información para el estudio	42
3.3 Enlaces origen – destino en los que se registraron flujos de carga doméstica y su distribución por sentido	44
3.4 Terminales aéreas que registraron movimientos de carga doméstica en 1999.....	47
3.5 Jerarquización estructural de las terminales aéreas utilizando el método de Nyusten y Dacey	54
3.6 Jerarquización de los enlaces en el sistema utilizando la curva de Pareto	59

3.7	Definición de las redes total, básica y estratégica	64
3.8	Distancia promedio de viaje en el transporte aéreo de carga doméstica.....	65
4	La red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica en México.....	71
4.1	Introducción	71
4.2	Los enlaces en la red: Identificación de los principales corredores en el sistema	72
4.3	Las terminales en la red: jerarquización por tamaño usando el método de Zipf	80
4.4	Las terminales en la red: jerarquización estructural usando el método de Nyusten y Dacey	87
5	Modelación matemática de la interacción espacial en la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica.....	91
5.1	Introducción	91
5.2	El modelo de generación	93
5.3	El modelo de atracción.....	102
5.4	El modelo gravitacional de distribución	107
6	Conclusiones.....	115
7	Bibliografía	121
	Anexo 1: Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México	125
	Anexo 2: Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999	137
	Anexo 3: Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica manejada en las terminales aéreas en 1999.....	151
	Anexo 4: Definición de términos y conceptos estadísticos utilizados en el reporte.	155

Resumen

En este estudio se ha buscado determinar las características, componentes, relaciones estructurales y funcionamiento general del sistema mexicano de transporte aéreo de carga doméstica. El marco conceptual y las herramientas utilizadas provienen principalmente de la geografía del transporte, la teoría de redes y la modelación matemática del transporte.

La investigación incluye un análisis de la evolución del transporte aéreo de carga en su contexto histórico, en el que se definen sus principales etapas de desarrollo técnico – económico y se identifican los eventos más relevantes ocurridos en cada uno de esos periodos.

También se presenta un panorama actual del subsector, utilizando la estadística básica generada por la DGAC de la SCT. El panorama se construye con base en la distribución de la carga transportada entre los tipos de servicios y empresas que operan en el país.

Partiendo del análisis cuantitativo de los flujos de carga registrados entre los pares origen – destino en el año de 1999, se identifican las terminales y enlaces que conforman la red de transporte aéreo de carga doméstica, determinando sus principales características operativas y haciendo un análisis introductorio de su morfología en yuxtaposición con la geografía física y económica de México.

Utilizando la curva de distribución de Pareto se clasifican los enlaces de la red, definiéndose dos subsistemas denominados Red Básica y Red Estratégica. A partir de la red estratégica se identifican las terminales y corredores más importantes del sistema y los patrones generales de movilidad de mercancías en el país. Utilizando un modelo basado conceptualmente en la Regla de distribución de Zipf, se propone una jerarquización funcional de los nodos en la red y utilizando el método de Nyusten y Dacey, se determinan las relaciones estructurales que existen entre las terminales del sistema.

Finalmente, se presentan tres modelos matemáticos que buscan replicar, respectivamente, los fenómenos de generación y atracción de carga, así como la interacción espacial que existe entre los nodos de la red. Los modelos de generación y atracción son regresiones lineales múltiples que relacionan la carga generada y atraída con la población del municipio y la distancia promedio de viaje. El modelo de interacción espacial es de tipo gravitacional, linealizado por medio de una transformación logarítmica. Los tres modelos fueron calibrados a partir de datos empíricos, utilizando la técnica de los mínimos cuadrados.

The air transportation of domestic freight in Mexico.

This study has pretended to determine the characteristics, components, structural relations and general functioning of the Mexican air transportation system of domestic freight. The conceptual framework and technical tools come mainly from transport geography, network theory and transport modelling.

The study includes an analysis of the evolution of freight air transportation on its historic context, defining its main technical and economic development stages and identifying the most relevant events occurred on these periods.

A description of the current subsector situation is presented also. The analysis is based on the governmental basic statistics related to the transported freight by the different classes of airlines and services operating in Mexico.

Based on a quantitative analysis of the 1999 origin – destination freight flows, the links and nodes conforming the domestic air transportation network are identified, and their main operative characteristics determined. Additionally, an introductory analysis of the network morphology upon the economic and physical geography of Mexico is discussed.

By means of the Pareto's distribution curve, two subsystems are defined over the global network, these subsystems are named Basic Network and Strategic Network. From the strategic network the national most relevant nodes and freight corridors are identified, as the general merchandise mobility patterns. Using a Zipf's Law based model, a functional nodes classification is proposed, and using the Nyusten and Dacey method, the structural relations among the airports are determined.

Finally three numerical models are constructed in order to replicate the generation – attraction phenomena, and the spatial interaction existing among the network nodes. The generation and attraction models are multiple linear regressions between the generated freight, population and mean travel distance. The spatial interaction model is gravitatory, linearized by a logarithmic transformation. The three models were calibrated using empirical data by means of the least squares method.

Resumen ejecutivo

En 1999, el total de carga transportada por el subsector aéreo en México fue de cerca de 500 mil toneladas. En la década de los noventa la carga transportada ha crecido anualmente con una tasa media de 12.8%, lo cual ha provocado que el monto total absoluto se haya triplicado en ese periodo. Esta cantidad representa un volumen importante que no se había registrado previamente en nuestro país.

Sin embargo, es importante tener presente que la gran mayoría de la carga transportada por vía aérea en México, es internacional. Para el año 1999, el 75.6% de la carga tuvo origen o destino fuera del territorio nacional y, por lo tanto, el complementario 24.4% corresponde a la carga transportada en el ámbito doméstico, lo cual representa cerca de 120 mil toneladas. El presente estudio trata con el segmento doméstico del subsector.

La concentración del transporte aéreo de carga en el segmento internacional se explica a partir de las evidentes ventajas comparativas del transporte aéreo en los grandes recorridos y las dificultades de transferencia de la carga a través de puertos y fronteras; pero también, porque la reestructuración de las actividades productivas a nivel mundial, ha promovido el intercambio de mercancías con alta densidad económica, siendo este segmento de mercado en el que el transporte aéreo tiene un mayor nivel de competitividad, en comparación con los modos de transporte tradicionalmente utilizados en el comercio internacional.

Adicionalmente, la concentración en el segmento internacional, también se explica por la existencia de esquemas de organización logística diferentes en los dos ámbitos de comercio. En las cadenas de transporte internacional es más común que se recurra al uso de una mayor variedad de modalidades de transporte, incluyendo el aéreo; mientras que, en las cadenas domésticas se mantiene una visión tradicional, utilizándose de manera sistemática el autotransporte, aun en algunos casos en que claramente resulta más conveniente utilizar otros modos o esquemas de transporte.

El hecho de que el segmento doméstico tenga un subdesarrollo relativo respecto al internacional, le otorga la oportunidad de un rápido desarrollo en el mediano plazo, aprovechando las condiciones favorables que resultan de la expansión que ha tenido el segmento internacional, como son el establecimiento de servicios especializados e innovadores, y la adquisición de tecnología moderna para el procesamiento y manejo de la carga en las terminales.

De hecho, no se debe dejar de considerar que la carga doméstica también ha presentado una tasa de crecimiento significativa en los últimos años (8%, entre 1993 y 1999), lo cual indica una importante dinámica propia y sugiere que este segmento comienza a aprovechar las circunstancias favorables mencionadas.

Una señalada característica del subsector, encontrada al analizar la información estadística de la DGAC, es la preponderancia de los servicios regulares sobre los

de fletamento, ya que los primeros representan el 93.7% de las operaciones en el ámbito doméstico y el 77.5% en el internacional.

A este respecto, es conveniente señalar que la práctica común actual es transportar la carga en el compartimento de equipaje de los servicios de pasajeros, aprovechando el espacio remanente. Por este motivo, cuando se hace referencia a los servicios regulares, se tiene que tener en cuenta que se está haciendo referencia a los servicios regulares de transporte de pasajeros.

Esta situación ofrece una idea del carácter secundario que el transporte de carga tiene para la mayoría de las empresas de transporte aéreo y es el origen de muchos de los problemas que actualmente enfrenta esta actividad para su desarrollo comercial, aunque, evidentemente, es consecuencia de los bajos volúmenes de demanda que existen en muchas de las rutas atendidas por las aerolíneas.

Las aerolíneas nacionales son clasificadas por la DGAC en troncales, regionales, exclusivas de carga y exclusivas de fletamento. En 1999, las empresas troncales tuvieron una presencia preponderante al transportar el 67.7% del total de la carga atendida por las empresas nacionales. Le siguieron en importancia las empresas exclusivas de carga, con una participación del 26% y quedando muy abajo las empresas regionales y las exclusivas de fletamento, con el 5.4% y el 0.9%, respectivamente.

Las empresas exclusivas de carga se dedicaron casi en la totalidad de sus movimientos a la atención de los servicios internacionales, puesto que estos representaron el 98.6% de sus operaciones; para las otras tres categorías empresariales el mercado principal fue el doméstico. Las empresas especializadas en el transporte de carga surgieron en el mercado nacional a mediados de los años noventa y su dedicación casi exclusiva a los intercambios internacionales es un reflejo de la existencia del conocido proceso económico de mayor demanda – mayor producción – especialización – economías de escala – competitividad, que se espera resulte fortalecido en el segmento internacional y que finalmente incorpore al segmento doméstico después de algún tiempo.

Con base en el análisis cuantitativo de los flujos de carga registrados en los pares origen – destino, se determinó que el sistema mexicano de transporte aéreo de carga doméstica se estructuró, en 1999, a partir de una red de 62 terminales y 254 enlaces que las interconectaron.

En función de las intensidades de flujo de carga, se identificaron seis corredores principales en el sistema, cinco de ellos interconectando a la Ciudad de México con Tijuana, Monterrey, Guadalajara, Mérida y Cancún, y uno interconectando a Tijuana y Guadalajara. En todos estos casos la intensidad de flujo de carga anual fue superior a las seis mil toneladas.

Con objeto de establecer un sistema de importancias relativas entre las terminales de la red, que permitiera definir su jerarquía desde un enfoque cuantitativo, se utilizó un procedimiento matemático conocido como “regla rango – tamaño”, o “Ley de Zipf”, que establece una relación funcional entre los valores de la carga manejada en cada una de las terminales y su rango dentro del sistema.

De acuerdo al modelo de Zipf, las primeras cuatro terminales en el país ocupan sus rangos correspondientes de manera indiscutible, siendo en orden, México, Tijuana, Guadalajara y Monterrey. Esto no ocurre con las dos terminales siguientes, puesto que ambas resultaron con una misma jerarquía, correspondiente al nivel seis. Estas seis terminales, que se pueden considerar las más grandes e importantes en el sistema, manejan un volumen anual de carga en un amplio intervalo que va de las seis mil, a las setenta y cinco mil toneladas anuales.

Complementariamente, se utilizó el método de Nyusten y Dacey para establecer un sistema de jerarquización estructural entre las terminales que integran al sistema, clasificándolas en las categorías dominante, sub-dominante y periférica.

Al aplicar el método, se encontró que el centro, o núcleo dominante de todo el sistema es la Ciudad de México y que los principales nodos sub-dominantes son las ciudades de Tijuana y Monterrey.

Las regiones de influencia de los nodos dominante y subdominantes, quedaron conformadas de la siguiente manera: la Ciudad de México domina a todas las terminales del sistema de manera directa o indirecta; Tijuana tiene su área de influencia en la región del Bajío, subdominando a Zacatecas, Aguascalientes, del Bajío, Morelia, Uruapan, Tépíc y Cuernavaca; y por su parte, Monterrey tiene su área de influencia en la región del noreste, con una prolongación hacia el centro del país, subdominando a Monclova, Piedras Negras, San Luis Potosí, Querétaro y Puebla.

Una característica operativa destacable que se encontró en los enlaces y terminales del sistema, es que presentan una marcada asimetría direccional en los flujos de carga que atienden, de tal manera que, en la mayoría de los casos, la intensidad del flujo que va desde los núcleos dominante y subdominantes hacia la periferia, es mayor que la de los movimientos que se realizan en sentido inverso. Este comportamiento evidencia que los principales nodos de la red realizan fundamentalmente una función de abasto, o distribución dentro del sistema, más que de recolección.

Geográficamente se observa que los arcos con mayores niveles de asimetría direccional conectan al núcleo central dominante, con ciudades localizadas en zonas costeras cuya vocación es fundamentalmente turística, como Zihuatanejo, San José del Cabo, Puerto Vallarta, Acapulco y Cancún. En todos estos casos es muy probable que la causa del desequilibrio sea la falta de actividades económicas generadoras de la carga de exportación regional que pudiera compensar la fuerte demanda de productos que son necesarios para atender las cuantiosas poblaciones flotantes y locales de estas ciudades.

Otra observación de naturaleza geográfica es que tres de los seis corredores principales en el sistema, conectan a la Ciudad de México con los dos extremos más alejados de ella, el primero hacia el noroeste con Tijuana, y los otros dos hacia el oriente, con Mérida y Cancún en la península de Yucatán. Otros dos corredores conectan a la Ciudad de México con Guadalajara y Monterrey, y el sexto conecta a Tijuana con Guadalajara.

Respecto a la localización de las terminales en el territorio nacional, se encontró que su distribución en el espacio geográfico no es homogénea, siendo su presencia más escasa en las entidades federativas que rodean al Distrito Federal y más abundante en la periferia del territorio, tanto en las fronteras, como en los litorales de ambos océanos. La localización remota de los nodos principales del sistema, respecto al núcleo central, localizado en la Ciudad de México, explica que la distancia promedio de viaje en transporte aéreo, calculada como una función de la longitud de los arcos y su intensidad de uso, y que resultó de 1,126.8 kilómetros, sea mucho mayor que las distancias promedio de viaje que la literatura especializada en las estadísticas del sector, reporta para los otros modos de transporte en el país.

A partir del esquema general de la movilidad de mercancías por vía aérea en México, se concluye que el sistema privilegia la interconexión del centro político – económico de la República, con todos los extremos geográficos del país, tanto en las fronteras, como en los litorales de ambos océanos. Este perfil característico evidencia las ventajas competitivas del transporte aéreo en los recorridos de mayor longitud dentro de la geografía del país y la dependencia funcional de muchas localidades en la periferia del territorio nacional respecto al núcleo central dominante.

También se observa que la red conecta a la Ciudad de México con la mayoría de las capitales políticas de las entidades federativas y algunas localidades con accesibilidad terrestre restringida, especialmente en las penínsulas de Baja California y de Yucatán. Esta peculiaridad evidencia la función estructurante del sistema aéreo de transporte en el contexto de la organización político económica del territorio y la función de modo de transporte alternativo al autotransporte en los casos de accesibilidad terrestre restringida.

Otra característica que se encontró en los enlaces de la red es una significativa heterogeneidad en los valores de la intensidad de flujo de carga que se registraron en cada uno de ellos, tomando valores en un amplio rango que va desde unos cuantos kilogramos, hasta más de diez mil toneladas al año. Con objeto de buscar la existencia de algún patrón numérico de comportamiento en la distribución de la carga en los enlaces, se estudió su participación relativa acumulada, encontrándose que la curva de distribución sigue de manera cercana la conocida regla de Pareto, en la que al 20% de los casos, corresponde el 80% de la participación acumulada en un sistema.

El comportamiento paretiano de la distribución de la carga en los 254 enlaces de la red permitió realizar una categorización de la misma, segmentándola en dos subconjuntos a los que se denominó “Red Básica” y “Red Estratégica”. La red básica es el subconjunto de 87 enlaces y 50 terminales que acumulan el 95% de la carga transportada, y la red estratégica es el subconjunto de 40 enlaces y 32 terminales que acumulan el 80.5% de la carga transportada en el sistema.

Evidentemente la red estratégica es formada exclusivamente por los nodos y arcos más importantes y su estudio permite no sólo encontrar los patrones generales de movilidad, sino también identificar los componentes de mayor

relevancia dentro del sistema global, manteniendo su estructura general de organización espacial.

La red estratégica tiene un número muy pequeño de arcos (40) en comparación con el número de nodos (32), por lo que su índice de conectividad es bastante bajo y cercano al valor mínimo posible. Por su baja conectividad, la red estratégica presenta una configuración estructural de tipo árbol, en la que cada par de nodos tienden a estar conectados por un solo arco, sin formar triángulos.

Cerca del 90% de los arcos de la red estratégica están conectados con la Ciudad de México, lo que le otorga una característica estructura radial hacia un núcleo central, formando una especie de erizo marino, muy claramente definido especialmente hacia el sur y sureste.

Otro segmento de la red estratégica que destaca con una configuración diferente es el que se forma con la ciudad de Tijuana como núcleo central; en este caso también se tiene una configuración arbórea, pero por la localización de Tijuana en el extremo noroeste del país, no toma forma de erizo, sino de cono, con Tijuana en el vértice y la región del bajío en la base. La superposición de estas dos configuraciones (erizo y cono) forma la estructura general de la red estratégica.

En el estudio se construyeron tres modelos matemáticos para replicar el comportamiento de los flujos de carga en el sistema de transporte aéreo de carga doméstica, un modelo de generación de carga, otro de atracción, y el tercero, de distribución, mismo que se definió con base en un criterio gravitacional. Los tres modelos fueron calibrados utilizando técnicas tradicionales de análisis de regresión lineal, aunque en el caso del modelo gravitacional, se utilizó un procedimiento de transformación logarítmica para linealizar la función.

Los modelos de generación y atracción de carga, resultaron con un alto coeficiente de determinación al relacionar la carga generada y atraída en cada una de las terminales, con la población del municipio en el año 2000 y con la distancia promedio de viaje hacia las terminales con las que sostiene intercambio de flujo de carga. El buen ajuste del modelo a los datos, indica que es posible su utilización para la predicción de los flujos que se generaran en las terminales ante posibles cambios en el valor de las variables independientes.

Por su parte, el modelo gravitacional de distribución, relaciona matemáticamente la intensidad de flujo de carga en cada uno de los enlaces, con los valores de la carga generada y atraída en los nodos origen y destino del movimiento, así como con la distancia que existe entre ellos. Aunque el coeficiente de determinación obtenido no es tan alto como en el caso de los modelos de generación y atracción, explica alrededor del 60% de las variaciones de la variable dependiente, confirmando el comportamiento gravitacional de los nodos y las interrelaciones en el sistema.

Un resultado destacable en el modelo gravitacional, que se considera una peculiaridad típica de un sistema de transporte aéreo, es que el signo del exponente de la distancia resultó positivo, lo cual significa que la distancia se comporta como un factor que promueve, o aumenta, la intensidad de los intercambios, esto es que, a mayor distancia, mayor flujo de carga.

Este comportamiento se considera una peculiaridad, debido a que en la mayoría de los casos, especialmente en los sistemas de transporte terrestres, la distancia actúa como un factor de impedancia o resistencia que limita la intensidad de flujo, comportándose, de hecho, de acuerdo con el principio gravitacional Newtoniano.

El comportamiento de la distancia, como factor promotor de la intensidad de los intercambios, en el caso del transporte aéreo se explica en función de que su esfera de competitividad frente a otros modos, particularmente el autotransporte, comienza a crecer a partir de cierta distancia crítica, de tal manera que es mayor en los viajes de largo recorrido. En este caso, el signo positivo del exponente indica que los arcos más largos presentan, en promedio, mayores flujos de carga. A partir de este resultado se puede afirmar que el modelo está reflejando fielmente el comportamiento de los datos con que ha sido calibrado.

Mediante el análisis del comportamiento histórico y de la organización del subsector aéreo de carga en México, se concluye que uno de los problemas más importantes que ha de superarse para el desarrollo de esta actividad, deriva del hecho de que para las principales aerolíneas, los servicios de transporte de carga son una actividad secundaria, complementaria al transporte de pasajeros, que constituye la prioridad comercial de las empresas.

La especialización de las aerolíneas en el transporte de pasajeros ha provocado que, en el ámbito doméstico, no se haya desarrollado un buen nivel de oferta de infraestructura y equipo especializados en el manejo de carga, así como la existencia de bajos niveles de servicio e integración logística con los usuarios. Esta situación, junto con los fletes elevados, ha reforzado la tendencia de recurrir al autotransporte como primera opción y alimenta un círculo negativo de poca demanda, bajas economías de escala, bajas utilidades, y bajo interés comercial.

En este esquema general de poca o limitada especialización en el transporte aéreo de carga doméstica, el crecimiento constante de la demanda se explica por la existencia de nichos de mercado en que este modo tiene ventajas comparativas absolutas sobre cualquier otra modalidad y por la existencia de un grupo creciente de usuarios que están recurriendo a fórmulas logísticas más sofisticadas, en las que tienen mayor valor los atributos de servicio característicos del transporte aéreo.

En la última década, la estructura general de organización del sistema nacional de transporte ha registrado cambios significativos que promueven la participación de modos de transporte de carga tradicionalmente relegados, como el aéreo, e incluso el ferrocarril, lo cual se refleja en el surgimiento de empresas aéreas exclusivas de carga, en la construcción de nuevas terminales especializadas.

Por lo anterior, es posible afirmar que el transporte aéreo de carga parece tener un futuro cada vez más promisorio en México, tanto en el ámbito internacional, como en el doméstico.

Es posible que el factor clave en el futuro desarrollo de esta industria resida en la posibilidad de alcanzar niveles atractivos de rentabilidad económica, a partir de volúmenes de demanda que produzcan economías de escala y que justifiquen

mayores tendencias de especialización comercial y tecnológica por parte de los prestadores de servicios.

Para las empresas involucradas en la prestación de estos servicios, tanto transportistas, como agentes logísticos, resultará conveniente aprovechar las oportunidades que ofrece este modo de transporte con evidentes ventajas comparativas en un buen número de nichos de mercado y cuyo desarrollo comercial muestra atractivas tasas de crecimiento.

De manera complementaria, también resulta conveniente incrementar la investigación académica sobre las características generales del fenómeno, de tal manera que se aumente el acervo cognoscitivo respecto a los patrones de movilidad de mercancías en el país y las dificultades que enfrenta el desarrollo del subsector.

Esta información es útil, tanto para el sector privado, que realizará las inversiones y administrará la operación, como para el sector gubernamental, que regula la prestación de los servicios públicos de transporte, buscando fomentar el desarrollo económico del país y la satisfacción de las necesidades de movilidad de la sociedad.

1 Etapas de desarrollo del transporte aéreo de carga en México

1.1 Introducción

La aviación civil en México surgió desde época muy temprana, prácticamente desde su nacimiento en el ámbito mundial. En los años veinte, el transporte aéreo encontró una nación con infraestructura de transporte terrestre escasa y maltratada. El conflicto revolucionario se había prolongado por más de una década y quizás la estrategia militar más recurrente, en casi todos los bandos, fue la de destruir, con encono, la joven infraestructura ferroviaria.

Las peculiaridades de la compleja geografía mexicana: territorio extenso y variado, accidentada orografía, diferencias altimétricas notables, etcétera; que tanto dificultaban y dificultan la construcción, operación y desarrollo del transporte terrestre, fueron factores que contribuyeron a dar la bienvenida a una nueva modalidad de transporte que se caracterizaba por requerir relativamente modestas inversiones en infraestructura y equipo, así como por superar rápidamente las topografías complejas y las grandes distancias. Aunque, por supuesto, en muchos casos su utilización se viera restringida por sus limitaciones operativas típicas: reducida capacidad de carga y, en consecuencia, un relativamente alto costo unitario de transporte.

No obstante la predominancia de las cargas pesadas y voluminosas, fruto de una economía fundamentalmente agrícola y extractiva, desde esa época hubo productos y negocios que, al no soportar las dilatadas e inseguras travesías ferroviarias o carreteras, se convirtieron en usuarios naturales del transporte aéreo y demandaron sus servicios de manera creciente. Casos arquetípicos fueron el correo, el dinero, las medicinas, y algunos cuantos productos agrícolas con alta densidad económica, como el café y el chicle.

Esta situación se ha mantenido prácticamente constante hasta la fecha y exceptuando un pequeño periodo de crisis en los años cincuenta y otro mucho más serio en los ochenta, la demanda de transporte aéreo de carga en México no ha dejado de crecer a lo largo de sus ocho décadas de historia, en algunos periodos de manera pausada, pero en otros, con un ritmo muy intenso. Lo anterior no significa, sin embargo, que este modo de transporte haya alguna vez destacado significativamente en el manejo nacional de la carga, ni siquiera en la proporción que pudiera esperarse, considerando la dimensión territorial y demás peculiaridades geo-económicas de nuestro país.

Una de las limitaciones más importantes, que el transporte de carga por vía aérea ha debido enfrentar, es la marcada preferencia comercial de las aerolíneas por el transporte de pasajeros.

Casi desde el principio, el transporte de carga ha sido un servicio colateral de poca significancia en la economía de las empresas¹ y cuya función básica fue la de cubrir la capacidad remanente de espacio en los compartimentos de equipaje de las aeronaves. La poca importancia comercial de este mercado ha provocado en las empresas cierto grado de desatención mercadológica y operativa, que se refleja en la ausencia de servicios sofisticados y condiciones más especializadas para el manejo de la carga, así como un bajo nivel de integración logística de los prestadores de servicios con los usuarios y la escasez de empresas exclusivas para atender esta actividad.

Probablemente los bajos volúmenes de demanda nunca justificaron una mayor atención por parte de las aerolíneas, pero también es probable que esta actitud haya encauzado gran parte de la demanda real y potencial, hacia el autotransporte, modalidad que desde hace décadas asumió el liderazgo nacional en el transporte de carga, con todas las implicaciones positivas y negativas que derivan de sus características técnicas, económicas y operativas.

En este esquema de reparto de funciones entre modos, *cuasi* planificado centralmente y en el que al autotransporte correspondió el transporte de carga, el crecimiento de la demanda de transporte de carga aérea se explica sólo por la existencia de nichos de mercado en que este modo tuvo ventajas comparativas absolutas sobre cualquier otra modalidad. Nichos o segmentos de demanda que, ante la falta de opciones o competencia entre los modos de transporte, evidentemente hubieron de amoldarse a las condiciones de oferta establecidas por los prestadores de servicios y las regulaciones gubernamentales.

Los cambios en la estructura económica nacional a partir de los años ochenta y el mayor nivel de interrelación comercial y logístico con los mercados del exterior, se espera impulsen un proceso de reordenamiento al interior del sistema nacional de transporte, que promueva mayores niveles de participación de algunos modos tradicionalmente relegados, como el ferrocarril y el transporte aéreo de carga.

Los nuevos esquemas de organización de los mercados de transporte se basan en el establecimiento de políticas liberales de apertura a la competencia económica, tanto intramodal como intermodal, buscando abrir posibilidades a los usuarios para poder elegir, tanto entre prestadores de servicios como entre modos de transporte, haciendo su comportamiento económico más racional y canalizando con ello la demanda hacia las modalidades más adecuadas desde el punto de vista técnico – económico, cuando existe oferta disponible. Esto probablemente se esté reflejando en las significativas tasas de crecimiento de la carga transportada por vía aérea en la década de los noventa², en el surgimiento de empresas exclusivas de carga en el mismo periodo y en la preocupación de las autoridades

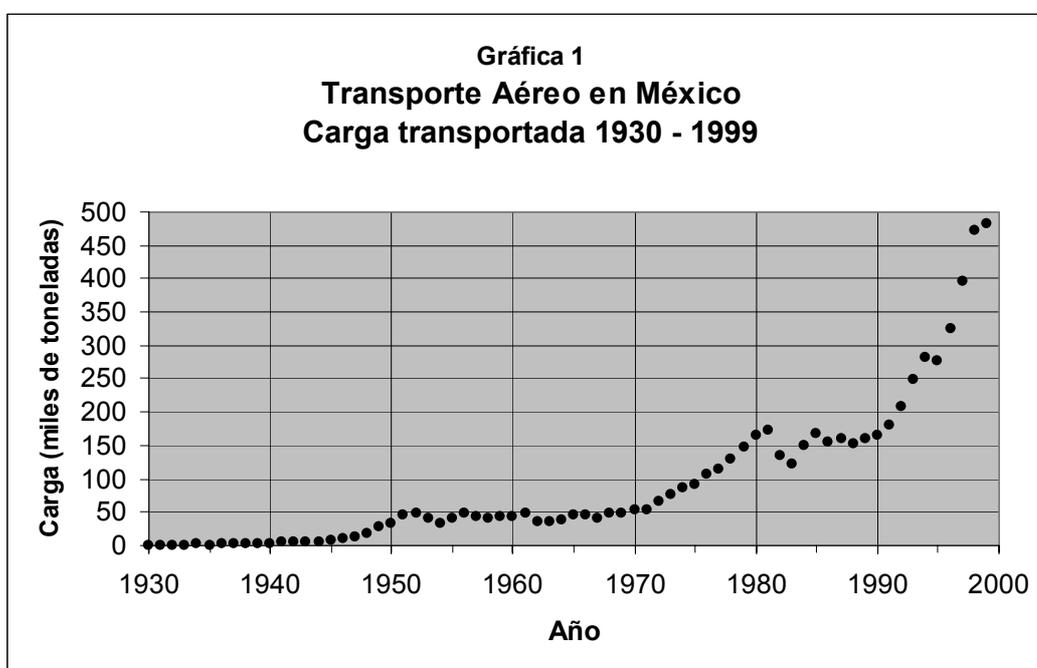
¹ Una estimación reciente (Herrera; 2000) indica que, a lo más, llega a ser 15% de las utilidades en los servicios regulares.

² De acuerdo a Francisco Heredia (Heredia,1999b) la demanda de transporte aéreo de carga en México creció con una tasa promedio anual de 11.1% entre 1990 y 1995, mientras que el promedio mundial, en el mismo periodo, fue de 2.78%.

por construir terminales especializadas en los principales aeropuertos del país (Herrera; 2000).

De acuerdo a las diversas características que el subsector ha ido presentando y las circunstancias en que se ha desenvuelto, en este trabajo se ha dividido el desarrollo del transporte aéreo de carga en México, *grosso modo*, en cinco grandes etapas:

- I. Los inicios, de 1920 a 1940.
- II. Consolidación, de 1940 a 1960.
- III. Nacionalización, de 1960 a 1982.
- IV. Crisis económica, privatización y desregulación, de 1982 a 1990.
- V. Reestructuración, crisis financiera y fusión empresarial, de 1990 a 2000.



Nota: La carga incluye movimientos domésticos e internacionales

Fuentes: 1) Anuarios Estadísticos, SCT, SIC, SPP. Tomado de Esparza, Rafael. "La Aviación". SCT, 1987.
2) DGAC, SCT. Tomado de: Heredia Francisco, El transporte aéreo de carga en México. IMT Publicación Técnica 124
3) DGAC, SCT. La Aviación Mexicana en Cifras 1992 – 1998.

En el cuadro 1.1 se presentan la carga transportada y los ritmos de crecimiento para una selección de años en las etapas de desarrollo antes señaladas. Por su parte, la gráfica 1 muestra la serie de datos de la carga manejada por el subsector entre 1930 y 1999, donde se puede ubicar las etapas de desarrollo propuestas.

Cuadro 1.1
Etapas de desarrollo del transporte aéreo de carga en México
1930 - 1998

Etapa de desarrollo	Año	Carga transportada (miles de toneladas)	T.C.M.A en el periodo entre renglones	T.C.M.A en toda la etapa
1ª Etapa: Los inicios	1930	0.1		47.2%
	1935	1.2	74.4%	
	1940	3.5	24.3%	
2ª Etapa: Consolidación	1940	3.5		13.3%
	1945	7.6	16.8%	
	1950	33.9	35.0%	
	1955	40.2	3.5%	
	1960	42.2	1.0%	
3ª Etapa: Nacionalización	1960	42.2		7.1%
	1965	44.4	1.1%	
	1970	52.1	3.2%	
	1975	91.7	12.0%	
	1980	165.4	12.5%	
4ª Etapa: Crisis económica, privatización y desregulación	1980	165.4		-1.1%
	1982	135.0	-9.7%	
	1984	148.5	4.9%	
	1986	156.0	2.5%	
	1988	151.3	-1.5%	
5ª Etapa: Reestructuración, crisis financiera y Fusión	1990	164.0	4.1%	14.2%
	1992	207.7	12.6%	
	1994	281.6	16.4%	
	1996	325.9	7.6%	
	1998	473.2	20.5%	

Notas: 1 T.C.M.A. Tasa de crecimiento media anual (exponencial).
2 La carga incluye movimientos domésticos e internacionales.

Fuentes: 1 Anuarios estadísticos, SCT, SIC, SPP. Tomado de Esparza, Rafael, "La Aviación", SCT, 1987.
2 DGAC, SCT. Tomado de: Heredia, Francisco, "El transporte aéreo de carga en México, Publicación Técnica 124, IMT.
3 DGAC, SCT, "La aviación mexicana en cifras 1992 – 1998"

En los siguientes puntos se presenta una breve reseña sobre algunos aspectos destacados del subsector aéreo en los periodos antes señalados. La extensión de la presentación se ha limitado en función del objetivo meramente informativo e

introdutorio del presente capítulo. Para ahondar en la información y su análisis, se recomienda al lector recurrir a algunos de los documentos que se presentan en la bibliografía al final de este reporte.

1.2 Primera etapa, 1920 a 1940: Los inicios

La primera concesión de la aviación comercial mexicana se otorgó en julio de 1921 a una empresa³ formada por ciudadanos estadounidenses y que poco tiempo después se convertiría en la Compañía Mexicana de Aviación (CMA). La ruta otorgada unía la capital de la república con la zona petrolera del noreste y la frontera con los Estados Unidos. Las compañías petroleras utilizaban los servicios de esta empresa para transportar la paga semanal de los trabajadores y realizar fotografías de los campos y zonas de potencial explotación; el gobierno mexicano, para transportar el correo internacional entre la Ciudad de México, el puerto marítimo de Tampico (proveniente de Europa) y el puerto fronterizo en Matamoros (proveniente de los EE.UU.).

Pocos años después, en 1929, la Compañía Mexicana de Aviación fue adquirida por la empresa estadounidense Pan-American Airways (PANAM)⁴ como parte de su expansión estratégica en Latinoamérica⁵. La capacidad económica y de expansión comercial de esta transnacional, fueron determinantes para que en unos pocos años la CMA se convirtiera en la empresa de transporte aéreo más importante de México, ejerciendo gran presión sobre algunas pequeñas empresas que intentaron competir infructuosamente con ella⁶.

En el sureste, en 1933, donde las carreteras tardarían muchos años más para llegar, Francisco Sarabia⁷ fundó la empresa “Transportes Aéreos de Chiapas”,

³ Compañía Mexicana de Transportación Aérea, S.A., fundada por L.A. Winship y Harry J. Lawson.

⁴ En enero de 1929 la oficina postal de los EE.UU. abrió a concurso un atractivo contrato para transportar el correo aéreo entre México y ese país. La ruta sería Brownsville, Tampico, México. En esta ruta la CMA tenía grandes ventajas competitivas, pues desde 1928 transportaba el correo proveniente de Europa, desde Tampico a la Ciudad de México. Antes de un mes la PANAM había logrado convencer a los dueños de la Mexicana (también norteamericanos) en aceptar el doble del valor de la CMA en acciones de PANAM. El 15 de febrero la Mexicana ganó el contrato con la oficina postal y el 10 de marzo el servicio se inauguró con un sonado vuelo a cargo del legendario piloto Charles Lindbergh. La CMA fue parte de PanAm hasta 1967.

⁵ PANAM había comenzado a operar en México desde 1926 bajo el nombre, significativo, de “Colonial Airways”.

⁶ Tres ejemplos en esta época son las empresas Pickwick Airways, la Corporación Aeronáutica de Transportes, S.A. y Líneas Aéreas Occidentales, S.A.

⁷ Francisco Sarabia fue uno de los pilotos mexicanos más legendarios. Realizó varias proezas y el 24 de mayo de 1939 logró romper el récord impuesto por Amelia Earhart al volar a Nueva York, sin escalas, desde la Ciudad de México, en 10 horas y 47 minutos. Dos semanas después, de regreso a México, despegando de Washington D.C. se apagó el motor de su aeronave, precipitándose al río Potomac. Sarabia quedó fatalmente atrapado en la cabina, sin que se le pudiera rescatar a tiempo.

operando inicialmente una ruta entre la costa del Soconusco y la zona de los "Altos" (Tuxtla – San Cristobal), y ampliándose al año siguiente hacia Tabasco y Yucatán. Esta empresa transportaba productos agrícolas de alta densidad económica, como café del Soconusco o chicle de Tabasco, cuyo comercio se encontraba seriamente limitado por la inaccesibilidad de la región. Sarabia, por ser un piloto muy destacado y uno de los pocos empresarios mexicanos de la época, logró el apoyo del entonces Presidente de la República, Lázaro Cárdenas, para expandir sus rutas y alcanzar un rápido éxito con su empresa de transporte aéreo, misma que al poco tiempo enfrentaría graves problemas administrativos, como consecuencia de la muerte prematura de Sarabia en 1939.

La otra empresa que llegaría a destacar notablemente en el panorama aéreo nacional, Aeronaves de México (Aeroméxico), fue fundada en 1934, por un pequeño grupo de inversionistas mexicanos⁸, buscando aprovechar el enorme potencial turístico de Acapulco, destino de playa de gran belleza, pero con graves problemas de accesibilidad por la complicada orografía de la Sierra Madre del Sur.

Aunque la intención original de Aeroméxico fue la de atender tan sólo esa primera ruta, su éxito fue sorprendentemente grande⁹ y casi inmediatamente adquirió otras pequeñas empresas que tenían concesiones en Guerrero y Michoacán. En las dos décadas siguientes se consolidaría como la segunda empresa más importante en el país.

Respecto a la carga transportada, los registros estadísticos muestran, en estos primeros años, crecimientos muy grandes en términos relativos, pero en realidad modestos en términos absolutos, pues al final del periodo, en 1940, el total de toneladas transportadas fue de un poco más de 3,500.

Quizás los hechos más destacables de esta primera etapa sean la creación de las dos empresas más importantes del país, cada una operando en uno de los dos extremos laterales del territorio, de algunas otras que después finalmente serían absorbidas por las dos primeras y el establecimiento del transporte aéreo como una opción nueva, con características operativas completamente opuestas a las del ferrocarril, que era la modalidad dominante en esos años. También es conveniente señalar que en este periodo ocurre el nacimiento del autotransporte, modalidad que recibiría un enorme apoyo por parte del Estado, a través de grandes inversiones en infraestructura básica, y que paulatinamente tomaría el liderazgo del transporte de carga y pasajeros.

1.3 Segunda etapa, 1940 a 1960: Consolidación

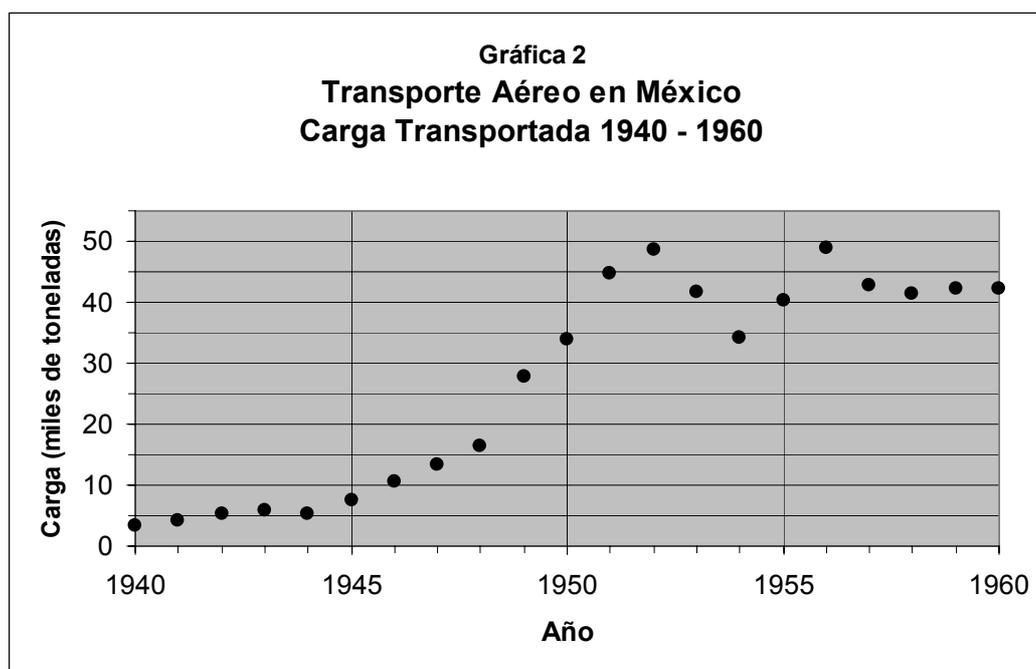
Este segundo periodo coincide en sus inicios con el desarrollo de la segunda guerra mundial. En los años de la guerra, entre 1940 y 1945, la demanda de transporte de carga se mantiene aproximadamente estable alrededor de las 5,000

⁸ Los dos principales fueron los señores Antonio Díaz Lombardo y Enrique Barragán.

⁹ Para 1965 Aeroméxico ya tenía once vuelos diarios entre México y Acapulco.

toneladas anuales, pero en los siete años de la posguerra, partiendo de 1945 y hasta 1952, la carga atendida por el subsector se incrementa notablemente, con una tasa de crecimiento media anual de más del 30%, pasando de 7,500 a 48,500 toneladas, como se puede apreciar en la gráfica 2. En la historia de la aviación mexicana, no se ha repetido un periodo con una tendencia de crecimiento relativo tan grande en los volúmenes de carga transportados, y de hecho el récord de las 50,000 toneladas, que casi se alcanzó en 1952 y 1956, sólo fue superado hasta 1970.

En estos años de crecimiento de la demanda de transporte de carga, Mexicana de Aviación estableció un servicio semiespecializado para este mercado con cinco aviones Douglas C-47 y un C-54 que operaban en todas las rutas concesionadas a la empresa y ofrecían servicios bajo contrato de fletamento. Un poco después, en 1956, se adquirieron tres aviones Fairchild C-82 Cargopacket, especialmente diseñados para transportar carga aérea (Ruiz; 1999).



Nota: La carga incluye movimientos domésticos e internacionales

Fuente: Anuarios Estadísticos, SCT, SIC, SPP. Tomado de Esparza, Rafael. "La Aviación". SCT, 1987.

Cabe destacar que después de la etapa de enorme crecimiento de la posguerra, que coincide íntegramente con el periodo presidencial de Miguel Alemán, los volúmenes de carga transportada tuvieron un comportamiento irregular con un fuerte descenso en 1953 y 1954, otro buen ascenso en 1955 y 1956, un descenso en 1957 y 1958, y finalmente una estabilización en 1959 y 1960, alrededor de las 40,000 toneladas.

Se tiene la impresión de que este periodo de cambios de tendencia en la demanda de transporte aéreo de carga, responde a una cierta inestabilidad en la economía general del país, identificada al inicio de los periodos de gobierno de los presidentes Ruiz Cortínez y López Mateos¹⁰ y a una reestructuración importante en la participación empresarial en el mercado, que se observó al final del periodo que estamos analizando.

En los años de la guerra y especialmente en el periodo de crecimiento de la posguerra surgieron varias empresas pequeñas y se consolidaron la mayoría de las que ya operaban desde la etapa anterior. Aeroméxico y Mexicana siguieron expandiéndose de manera notable, cada una en su porción lateral del territorio nacional. Mexicana cubrió la porción oriental del país, desde Laredo y Matamoros, hasta Mérida, y Aeroméxico se expandió a toda la región de la costa occidental, incluyendo Tijuana y la península de la Baja California.

Las rutas del norte – occidente, desde entonces y hasta la fecha, tienen una importancia destacada dentro del sistema nacional de transporte aéreo, ya que, por su lejanía respecto al centro del país y su relativa inaccesibilidad carretera, poseen condiciones especialmente favorables para las características operativas y económicas del transporte aéreo. La ruta de Acapulco y las de Mazatlán, La Paz, Hermosillo y Tijuana, siempre han sido un mercado relevante para Aeroméxico y explican en cierta medida su éxito comercial en este segundo periodo de desarrollo.

Se puede afirmar que, sí en el periodo anterior se cimentó la plataforma de desarrollo de la Compañía Mexicana de Aviación, Aeronaves de México tuvo su formación definitiva entre 1940 y 1960. Fueron varios los hechos que resultaron estratégicos en este proceso, pero indiscutiblemente destacan la adquisición de acciones de Aeroméxico por parte de PANAM, en 1941, la compra de LAMSA (Líneas Aéreas Mexicanas, S.A.) en 1949, Aerovías Reforma en 1953, y la nacionalización en 1959.

El “boom” económico de la posguerra imprimió una fuerte dinámica de crecimiento en Aeroméxico, que se puede percibir en la expansión de sus rutas y la adquisición de las empresas mencionadas en el párrafo anterior, pero también en la constante innovación tecnológica de sus aeronaves. En 1946 se incorpora el primer Douglas DC-3 a la flota, este avión con capacidad para transportar 24 pasajeros, tenía aproximadamente el doble de potencia y capacidad de carga que los pequeños aviones con que se contaba previamente. En 1949 se comienza a usar los DC-4, que a su vez prácticamente doblaban la capacidad de los DC-3, con más de cuarenta asientos, cuatro poderosos motores y una mucho mayor independencia de vuelo, necesarios para cubrir la creciente demanda hacia Acapulco y las enormes distancias hacia las nuevas rutas del norte – occidente. En 1954 se adquirieron los nuevos Convair 340, en 1957 los Bristol-Britannia de

¹⁰ Adolfo Ruiz Cortínez inicia su mandato en 1952, en 1953 el PIB nacional tuvo un crecimiento de tan sólo 0.15% (Islas;1990). Adolfo López Mateos inicia su periodo de gobierno en 1958, el PIB crece en 1959 en 3.02% (Islas; 1990). La tasa de crecimiento del PIB en esos años en general solía ser muy alta, alcanzando valores de más del 10%.

92 pasajeros para atender la ruta recién obtenida a Nueva York, y en 1959, ya nacionalizada la empresa, con un préstamo de Nafinsa se adquirieron seis DC-6, que vinieron a cambiar radicalmente el perfil comercial de Aeroméxico.

Por su parte, Mexicana de Aviación, fuertemente impulsada por PANAM desde Estados Unidos, no se quedaba atrás en la expansión de rutas y la innovación tecnológica de sus aeronaves, pero sentía una presión creciente por parte de Aeroméxico, que de algún modo venía siendo apoyada por parte del gobierno mexicano¹¹ y en la que tenía intereses accionarios el expresidente Miguel Alemán (Ruiz; 1999).

La relación entre el gobierno y la Pan American había sido un tanto tirante desde hacía muchos años y uno de los puntos de diferencia tenía que ver con las condiciones de nacionalidad y contratación de los pilotos¹². En 1957, con apoyo discreto del gobierno, los accionistas mexicanos de Aeroméxico readquirieron las acciones de la empresa que permanecían en poder de PANAM y en 1958 se constituyó el sindicato nacional de pilotos aviadores (ASPA) que incluía a los trabajadores de Aeroméxico, Mexicana, "Guest" y "Tigres Voladores". ASPA se declaró en huelga el 23 de enero de 1959 y a los cinco días el gobierno de la República requisó todas las compañías para garantizar la continuidad del servicio. El 28 de julio de 1959, Aeronaves de México se convierte en propiedad del Estado por decreto presidencial. Los contratos colectivos de trabajo entre Aeroméxico, Mexicana y ASPA se firmarían unos meses después. El sindicato de sobrecargos, ASSA, se formó en mayo de 1960 y ese mismo año se estrenaría con una huelga exitosa para lograr su reconocimiento.

La década de los sesenta inició con una industria aérea radicalmente distinta a la que inició el segundo periodo de desarrollo en 1940. En estos años se registraron importantes cambios estructurales que definieron el perfil que tomaría la industria del transporte aéreo en las siguientes décadas. Mexicana y Aeroméxico se consolidaron como las empresas más importantes en el país, expandiendo sus rutas mediante nuevas concesiones o mediante la adquisición de otras pequeñas empresas que se rindieron ante la evolución tecnológica y comercial de los líderes, o que no pudieron salir adelante con los vaivenes de una economía cada vez más influenciada por las políticas y los ciclos gubernamentales. Una de las dos principales empresas nacionalizada, sin conflictos con el sector privado doméstico, y la otra, manteniéndose, exitosamente, en manos de una de las aerolíneas

¹¹ En 1957, después de varios años de estarla negociando, Mexicana estaba prácticamente segura de que se le otorgaría la concesión de la ruta a Nueva York e incluso adquirió cuatro costosos DC-7 para atender ese mercado. El gobierno otorgó la ruta a Aeroméxico y en compensación le dejó la exclusividad a Mexicana para Los Angeles (que ya previamente atendía), San Antonio y Chicago (Ruiz; 1999).

¹² En 1932 la PANAM creó una empresa denominada Aerovías Centrales, S.A., con objeto de tomar las rutas de otra empresa que se había declarado en quiebra. En 1935, el Secretario de Comunicaciones, Francisco Mújica, hombre muy cercano al presidente Cárdenas, expidió una ley que obligaba a que los pilotos de aeronaves comerciales, con matrícula mexicana, fueran mexicanos por nacimiento. PANAM se mostró sumamente inconforme y en vez de cumplir con la citada ley, prefirió disolver Aerovías Centrales.

extranjeras más grandes del mundo. Y, finalmente, una base laboral fuertemente organizada a través de dos sindicatos nacionales, que se convertirían en actores destacados en las décadas por venir para el subsector.

1.4 Tercera etapa, 1960 a 1982: Nacionalización

En 1960 inicia la era de las aeronaves impulsadas por turborreactores en México, sus ventajas fueron tales que tan sólo en una década, prácticamente substituirían a las aeronaves de hélice en la aviación troncal. Mexicana fue la pionera de la nueva tecnología poniendo en servicio los elegantes De Havilland-Comet, de fabricación británica y con capacidad para 81 pasajeros, en julio. Para noviembre, Aeroméxico comenzó a volar sus Douglas DC-8, equipados con cuatro turbinas Pratt & Whitney. Este avión fue el prototipo de las aeronaves modernas; con capacidad para 118 pasajeros, podía despegar con un peso máximo de 130 mil kilogramos y alcanzar velocidades de 0.88 Mach a 13,000 metros de altura. El DC-8 fue hasta 1977, el avión oficial de la presidencia de la República¹³, transportando a las autoridades en un gran número de giras, especialmente internacionales¹⁴.

Concretando la tendencia iniciada en los cincuenta, a principios de los sesenta, Aeroméxico, ya nacionalizada, incorporó otras tres aerolíneas que se habían declarado en quiebra: Aerolíneas Mexicanas, Trans Mar de Cortés y Guest. Especialmente importante fue esta última, pues trajo consigo la ruta transatlántica hacia Madrid y París, así como el servicio hacia Sudamérica, vía Panamá y Bogotá.

Observando las nuevas rutas que se iban incorporando, se puede afirmar que, mientras la década de los cincuenta fue el periodo en que Aeroméxico vivió su máxima tendencia de expansión doméstica, la década de los sesenta correspondió a su expansión internacional. De gran importancia, para el logro de este objetivo, fue contar con los recién adquiridos DC-8, aviones que permitían grandes velocidades y recorridos, por sus destacadas características técnicas.

En contraste, mientras Aeroméxico se convertía en el centro de los afanes de modernidad del gobierno mexicano en el sector transporte, e instrumento destacado en sus objetivos de integración social y política, la CMA se vio agobiada por una larga serie de problemas laborales y financieros que la llevarían hacia cambios muy importantes en su organización interna e incluso en su régimen de propiedad.

Cuando en agosto de 1959 se constituyó el sindicato de pilotos (ASPA) los directivos estadounidenses de Mexicana se negaron a reconocerlo, fundándose en

¹³ En este año el presidente López Portillo adquirió dos Boeing 727 para el Estado Mayor Presidencial, relevando a Aeroméxico de esta tarea.

¹⁴ Es históricamente conocido el gran número de giras internacionales de trabajo que atendieron los presidentes Adolfo López Mateos y Luis Echeverría Álvarez. Esta novedosa forma de ejercer la política exterior, seguramente se vio favorecida por la movilidad que otorgaba el desarrollo tecnológico de la aviación mexicana.

que la Ley Federal del Trabajo los consideraba empleados de confianza. Para confirmar su posición, rescindieron el contrato de trabajo del que en ese momento era el Secretario General de ASPA. La respuesta fue una huelga general en los primeros días de 1960, con una inmediata requisición gubernamental (y la modificación de la Ley Federal del Trabajo), de la que saldrían, meses después, Aeroméxico nacionalizada y Mexicana seriamente afectada financieramente, en parte, por la duración del conflicto, y en parte, porque justamente en esos meses fueron adquiridos los primeros aviones turbopropulsados. El contrato colectivo de trabajo, entre la CMA y ASPA, se firmó en mayo de ese 1960.

A finales de ese mismo año se presentó una nueva huelga, ahora de los trabajadores de tierra y los sobrecargos, con objeto de lograr el reconocimiento de sus respectivos sindicatos. Por parte de ASPA se tendrían todavía otras dos huelgas más, la primera en abril de 1961 y la segunda en noviembre de 1964. En 1965, tratando de aliviar sus problemas financieros, la CMA vendió al gobierno federal los aeropuertos que mantenía bajo su propiedad, recibiendo por ellos poco más de 100 millones de pesos, que casi se transfirieron íntegros al IMSS, PEMEX y la Secretaría de Hacienda, por adeudos no cumplidos. En septiembre de 1967, poco después de que se había decidido comenzar a substituir la flota con los modernos Boeing 727, Mexicana se declaró en suspensión de pagos. Los acreedores llegaron incluso a tomar bajo su control dos de los tres aviones recién comprados y la situación llegó a ser prácticamente insostenible.

A finales de ese mismo 1967 la situación comenzaría a mejorar debido a una serie de cambios radicales en la estructura organizacional y accionaria de la empresa. Los funcionarios mexicanos ocuparon los puestos de mayor jerarquía administrativa, substituyendo a los estadounidenses, y poco después se lograría que las acciones bajo propiedad de PANAM fueran adquiridas por inversionistas nacionales. Con esto, se ampliaron notablemente las posibilidades de negociación, tanto con los acreedores, como con los sindicatos, y se cerró un largo capítulo de problemas con la empresa transnacional, obteniéndose que por primera vez en su historia, la Mexicana, efectivamente lo fuera. En 1969 se logró levantar la suspensión de pagos y la empresa volvió a mostrar tendencias de crecimiento, contando con seis Boeing 727-100, cuatro DH-Comet y seis DC-6. En pocos años se desharían de los Douglas y los Comet, concretando la decisión estratégica de mantener su flota formada exclusivamente con aviones Boeing 727, simplificando con ello la logística del mantenimiento y, en consecuencia, disminuyendo los tiempos y costos asociados.

Los diez años entre 1970 y 1980 fueron de intenso crecimiento para la aviación mexicana en casi todos los órdenes y también en los volúmenes de carga transportada. Mientras que entre 1960 y 1970 la cifra se mantuvo casi estática entre las cuarenta y cincuenta mil toneladas anuales¹⁵, entre 1970 y 1981 creció intensamente, con una tasa promedio anual de casi 12%. La carga transportada alcanzó, por primera vez en la historia, la cifra de las cincuenta mil toneladas en 1970, dobló a cien mil en 1976 y casi triplicó en 1979 (147,629 toneladas). La

¹⁵ La tasa de crecimiento media anual de la carga transportada fue de 2.1% entre 1960 y 1970.

cantidad máxima en el periodo se alcanzó en 1981, con más de ciento setenta y tres mil toneladas.

Por el notable crecimiento y desarrollo de las dos principales aerolíneas entre 1970 y 1980, se podría tener la tentación de llamar a estos años la “década de oro” de la aviación mexicana, sin embargo, no se puede pasar por alto que en este periodo también se incubaron una serie de grandes problemas que saldrían a la luz a partir de 1982 y que combinados con la crisis económica generalizada en el país, llevarían a las empresas a una de las etapas más difíciles de su historia.

Aeroméxico, desde finales de los sesenta comenzó a comprar aviones Douglas DC-9 para complementar su flota, y en 1973 dos DC-10-30, con capacidad para transportar más de 300 pasajeros, pero que, en general, no fueron rentables financieramente¹⁶. La empresa creció enormemente al amparo de las finanzas públicas y año tras año tuvo una mayor demanda tanto de pasajeros como de carga, sin embargo, también año tras año los resultados financieros fueron cada vez peores, haciéndose necesarios cuantiosos subsidios para mantenerla operando (Ruiz; 1999). En 1977 se hicieron un par de estudios, muy detallados, con objeto de reducir las crecientes pérdidas de la empresa, se encontraron serios problemas en los aspectos operativo, laboral y técnico¹⁷ que finalmente no se pudieron resolver. Todavía a finales de 1979 se realizó un contrato de compra, con la empresa Mac Donnell/Douglas, por varios miles de millones de pesos para adquirir dos DC-10-15, diez DC-9-32 y seis DC-9-80. La dinámica de la economía en su conjunto, los beneficios sociales y el crecimiento de la demanda en el subsector, parecían justificar y sostener esos ritmos y volúmenes de endeudamiento, pero desafortunadamente no fue así, e incluso, en 1982, hubo que desistirse de los dos últimos aviones que faltaban por recibirse.

Por su parte, Mexicana de Aviación mostraba un crecimiento sostenido con buenos resultados financieros. En 1980, transportó 8 millones 152 mil pasajeros y operaba con una flota de cuarenta y dos Boeing 727 y tres Douglas DC-10-15 que volaban en promedio doce horas diarias (Ruiz;1999). A escala mundial, era la cuarta aerolínea más antigua en servicio, ocupaba el 24º lugar por su desempeño y se le consideraba la aerolínea con mayor desarrollo en los últimos años. Sin embargo, todo esto se logró también con un creciente apoyo del gobierno mexicano, que otorgaba subsidios a la empresa, y que paulatinamente fue adquiriendo una mayor participación como accionista.

¹⁶ El caso de los DC-10 es digno de un análisis particular, debido a que fue un avión que causó muchos problemas a escala mundial, por sus altos costos de operación, restricciones operativas y fallas técnicas. En el caso de las aerolíneas mexicanas, el DC-10 fue más una fuente de problemas y pérdidas que de utilidades, especialmente para Aeroméxico, pues se sabe que muchos vuelos no eran rentables económicamente, al estar el punto de equilibrio por encima de la capacidad, pero que, sin embargo, se atendían con base en criterios distintos a los financieros.

¹⁷ En lo operativo existían una serie de rutas que no eran racionales desde los puntos de vista técnico y económico; en lo laboral, se habían otorgado condiciones de trabajo y contratación que resultaban una carga importante para la empresa; en lo técnico se tenían problemas logísticos y de ingeniería, especialmente en el mantenimiento, por la diversidad de aeronaves en operación y la poca rentabilidad de los DC-10.

Para 1982 el Estado era propietario del 58% de las acciones de la CMA. Fue en este punto, cuando se tomó la decisión de tomar el control administrativo de la empresa, substituyéndose al Presidente del Consejo y al Director General, por el Secretario de Comunicaciones y Transportes y por el Director General de Aeroméxico, respectivamente. Estas designaciones crearon la posibilidad de que las dos aerolíneas troncales se fusionaran, al ser ambas propiedad de la nación, pero también despertó reacciones en oposición dentro de algunos sectores al interior de la CMA. En noviembre de ese mismo 1982, pocos días antes del cambio de administración federal, estalló una huelga en la empresa, causando una situación crítica, al sumarse a los problemas por la caída de la demanda en ese año, consecuencia de la crisis económica que se vivía a nivel nacional. El nuevo gobierno, reubicó en su puesto al antiguo director general, con la intención de resolver el problema laboral, como efectivamente ocurrió.

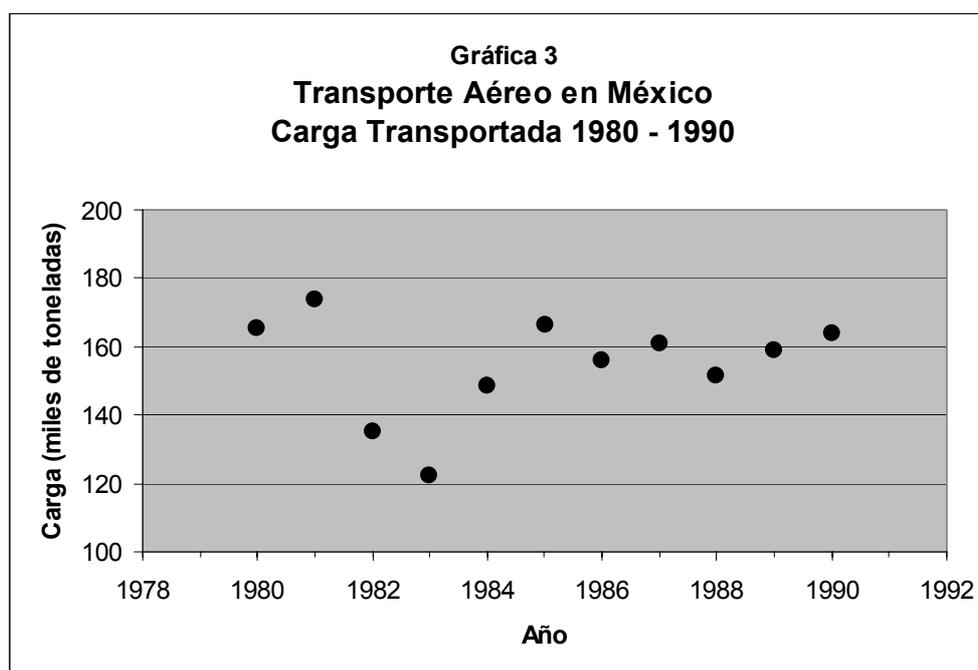
En la última década del periodo 1960 – 1982, Aeroméxico y Mexicana tuvieron un brillante crecimiento, dominando abrumadoramente el mercado nacional y manteniendo una importante presencia en las rutas internacionales. Contrastablemente, en los mercados regionales, atendidos por las aerolíneas troncales, comenzaron a gestarse problemas de ineficiencia, tanto para las aerolíneas, como para los usuarios. El crecimiento de las empresas en términos de instalaciones equipo y cobertura fue muy notable, pero en gran medida sostenido por las finanzas públicas, especialmente en el caso de Aeroméxico, empresa que tenía graves problemas deficitarios. Para el final del periodo, el gobierno mexicano había asumido el pleno control de ambas aerolíneas y buscaba lograr un futuro planificado y controlado para el subsector aéreo nacionalizado.

1.5 Cuarta etapa, 1982 a 1990: Crisis económica, privatización y desregulación

A partir de 1982, México se vio envuelto durante varios años en una profunda crisis económica. En los dos sexenios anteriores se habían contratado enormes deudas con acreedores extranjeros; confiando, primero, en la capacidad de crecimiento de la economía nacional, y después, en la cuantía de los yacimientos petroleros descubiertos en el Golfo de Campeche. La caída de los precios internacionales del petróleo, la devaluación de nuestra moneda frente al dólar, la fuga de capitales y el crecimiento del servicio de la deuda externa crearon una situación de inflación incontrolable y llevaron al país a una virtual suspensión de pagos de la deuda externa.

Como consecuencia de la muy desfavorable situación económica en el país y de fuertes presiones por parte de los organismos internacionales, tanto acreedores, como reguladores del comercio, el gobierno mexicano emprendió en esos años una serie de cambios radicales en materia de política económica y administración pública. El modelo general de actuación del Estado y de la regulación económica comenzó a cambiar rápidamente de una posición teórica proteccionista hacia una liberalista. Se transformó el modelo de desarrollo económico basado en la

substitución de importaciones, por un modelo basado en la promoción de las exportaciones. Al mismo tiempo se inició la llamada Reforma Económica, por medio de la cual se redujo drásticamente la participación del Estado en la economía, privatizándose las empresas paraestatales, disminuyendo notablemente la regulación económica de los mercados y adelgazando la administración pública. Estos cambios se han realizado durante tres sexenios, en el periodo 1982 – 2000.



Nota: La carga incluye movimientos domésticos e internacionales

Fuentes: 1) Anuarios Estadísticos, SCT, SIC, SPP. Tomado de Esparza, Rafael. "La Aviación". SCT, 1987.
2) Dirección General de Aeronáutica Civil, SCT. Tomado de: Heredia Iturbe Francisco, El transporte aéreo de carga en México. IMT Publicación Técnica 124

Los años entre 1982 y 1989 fueron muy difíciles para el subsector aeronáutico, principalmente por la disminución de la demanda, consecuencia de la crisis económica, y por los problemas financieros que agobiaban a las dos empresas troncales, ante la disminución de recursos disponibles en el erario público. Los problemas señalados se reflejan en el comportamiento de los volúmenes de carga atendidos en el sistema, pues a partir de 1981 se tuvieron varios años en que se redujo de manera significativa la cantidad de toneladas transportadas, como se puede apreciar en la gráfica 3.

La capacidad de respuesta por parte de la administración de las dos empresas paraestatales fue ampliamente rebasada por la rapidez y dimensión de los

problemas financieros, no obstante que se hizo un gran esfuerzo para ubicar y atacar las causas de la situación deficitaria, no muy diferentes a las encontradas a finales de los años setenta, pero que estaban agravadas por el monto de los endeudamientos contraídos a finales del periodo anterior.

En 1988, las autoridades de Aeroméxico, ante la determinación gubernamental de no seguir financiando el déficit de la empresa, intentaron implementar una importante reestructuración técnica y operativa, con objeto de racionalizar el funcionamiento de la empresa; sin embargo, encontraron una fuerte oposición por parte del sindicato de trabajadores, que se fueron a la huelga en abril de ese año, calculando que el gobierno accedería a sus peticiones, como siempre lo había hecho. Sin embargo, en esta ocasión la respuesta fue declarar la quiebra de la empresa, solicitando a las autoridades la designación de un síndico para que se hiciera cargo de la liquidación. Esta función fue asumida por BANOBRAS, organismo que procedió a la liquidación de los trabajadores conforme a la ley, y a organizar una sindicatura que se hiciera cargo de los activos y rutas, con objeto de restablecer el servicio lo más pronto posible, lo cual se consiguió en menos de un mes.

Acto seguido, el gobierno mexicano puso en venta los bienes que habían sido de Aeroméxico, los cuales fueron adquiridos por un grupo de inversionistas privados¹⁸ quienes constituyeron una empresa denominada Aerovías de México, S.A. de C.V. que conservó el nombre comercial de Aeroméxico. La nueva empresa contrató a gran parte de los empleados y trabajadores que habían sido liquidados por Aeronaves, pero sin las condiciones laborales que habían regido la antigua relación entre empresa y trabajadores. De esta manera Aeroméxico regresaría a ser una empresa privada, después de veintiocho años de haber sido nacionalizada en 1959.

En el caso de Mexicana, al año siguiente, en 1989, el gobierno regresaría el control administrativo de la empresa al sector privado, mediante la venta de 25% del capital social de la empresa. El nuevo consejo directivo decidió el cambio de razón social de la empresa por el de Corporación Mexicana de Aviación, para mantener las siglas CMA, conservando el nombre comercial de Mexicana.

Las intenciones fundamentales de la privatización de las aerolíneas fueron el lograr captar recursos frescos para permitir su crecimiento y la renovación de las flotas, así como establecer condiciones favorables para la reestructuración operativa, de tal suerte que se pudiera obtener una mayor eficiencia y finalmente rentabilidad. Para ello se tenía esperanza en que el control de las variables macroeconómicas en la economía nacional, permitiría estabilizar la paridad monetaria, adquirir créditos del exterior y recuperar las tendencias de crecimiento de la demanda.

De manera paralela a la privatización de las dos aerolíneas troncales, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes dio a conocer, en 1988, el nuevo “Esquema Rector del Sistema Nacional de Transporte Aéreo” que establecía una

¹⁸ Fueron accionistas el grupo Icaro, encabezado por Gerardo de Prevoisin, ASPA y BANCOMER.

importante reestructuración de las rutas en el mercado doméstico, clasificando los diferentes destinos y sus enlaces en tres categorías jerarquizadas por la longitud y el volumen de demanda. Las tres categorías establecidas fueron “troncal-nacional”, “troncal-regional” y “regional-alimentador”. Se propuso que Aeroméxico y Mexicana se concentraran en el nivel troncal-nacional atendiendo los grandes corredores. En el nivel troncal-regional se establecieron dos grandes zonas a lo largo del país, una en el occidente y otra en el golfo –caribe, que serían atendidas probablemente por Aerocalifornia y Aviaca respectivamente. En el tercer nivel, regional-alimentador, se propusieron cinco centroides de concentración en las ciudades de Hermosillo, Monterrey, Guadalajara, Oaxaca y Mérida, desde donde operarían empresas como Aerocozumel, Aerocaribe, Aerovías Oaxaqueñas, y Aeromar.

El esquema rector reconocía el error de haber privilegiado la presencia preponderante de Aeroméxico y Mexicana en la aviación nacional en todos sus niveles de demanda, obligando a estas aerolíneas a atender rutas que no les resultaban rentables e inhibiendo el establecimiento de empresas especializadas en estos segmentos de mercado. Evidentemente, el esquema rector también liberaba a las recientemente privatizadas empresas troncales de atender rutas que les resultaban con poco beneficio económico y abría posibilidades de actuación a nuevas empresas, obteniéndose el beneficio adicional de fomentar un mayor nivel de competencia en el subsector.

Si bien no puede considerarse que el esquema rector represente una modificación formal al marco regulatorio de la industria, puesto que no establece nuevas condiciones para el otorgamiento de concesiones o liberación de las tarifas, sí establece un nuevo sistema de organización de los servicios en el territorio nacional y sienta las bases para una mayor facilidad de ingreso a los nuevos prestadores del servicio, atendiendo principalmente los segmentos de segundo y tercer nivel de la industria. Se puede decir que la privatización de las empresas troncales y la publicación del esquema rector, fueron los cimientos para intentar establecer un mercado de transporte aéreo que privilegiara la participación del sector privado y que estuviera organizado bajo un esquema de mayores niveles de competencia y libertad de acceso.

Como se verá a continuación, en la década de los noventa, el subsector aeronáutico respondería activamente al nuevo sistema de organización establecido por el esquema rector, aún a pesar del lastre que significó la persistencia de los problemas financieros en la mayoría de las empresas.

1.6 Quinta etapa, 1990 – 2000: Reestructuración, crisis financiera y la creación de CINTRA

La respuesta del subsector aeronáutico a la privatización de las dos empresas troncales y a la reestructuración propuesta por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través del nuevo esquema rector, fue muy positiva, especialmente en el nivel de la aviación regional.

En la Publicación Técnica 123¹⁹ del Instituto Mexicano del Transporte, “La Reestructuración del Transporte Aéreo en México, 1987 – 1996” (Heredia; 1999a), el autor hace un detallado análisis de los cambios observados en el subsector a raíz de la puesta en marcha del esquema rector. En los resultados de ese estudio se identifican cambios importantes en el número y tipo de empresas registradas, en el número y tipo de las aeronaves, en la distribución de la demanda entre los tres niveles de aviación, y finalmente en la estructura de rutas en el sistema. Es digno de mención el hecho de que en el Esquema Rector no se contemple ningún aspecto específico relacionado con el transporte de carga, por esa razón y por la carencia de información en el periodo analizado, en el estudio de Heredia no se incluye esta submodalidad, sin embargo, sí se destaca el hecho de que en este periodo surgen por primera vez empresas dedicadas exclusivamente al transporte de carga.

Cuadro 1.2
Empresas de transporte aéreo registradas en México
1992 - 1996

Tipo de empresas	1987	1992	1996
Troncales	2	2	3
Regionales	6	16	13
De fletamento	0	5	6
Total	8	23	22

Fuente: Heredia Iturbe, Francisco. La reestructuración del transporte aéreo de carga en México, 1987 – 1996. Publicación Técnica 123. Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, México. 1999. p. XI.

En el periodo entre 1987 y 1996 el número de empresas registradas creció notablemente, pero muy especialmente en los segmentos dedicados a la aviación regional y el fletamento, como se puede apreciar en el cuadro 1.2.

Cabe mencionar que en este periodo, aunque las estadísticas no lo hacen evidente y el resultado neto finalmente es positivo, no sólo se incorporaron nuevas aerolíneas, sino que también algunas tuvieron que abandonar el negocio. Este fue el caso de siete empresas regionales y otras siete de fletamento (Heredia;1999a), siendo el más notable el de la aerolínea SARO, que suspendió operaciones en 1995, pero que llegó a tener una flota relativamente importante, atendiendo rutas en la región del noreste.

La otra empresa que surgió en este periodo y llegó a ocupar un puesto relevante en el subsector fue TAESA. Esta empresa inició modestamente, en 1988, con dos

¹⁹ Heredia Iturbe, Francisco. La reestructuración del transporte aéreo de carga en México, 1987 – 1996. Publicación Técnica 123. Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, México. 1999.

aeronaves destinadas al servicio de vuelos ejecutivos. En febrero de 1991, comenzó a prestar servicios regulares entre México y Saltillo, con un Boeing 727-100, para julio de ese año ya contaba con 10 aeronaves de ese tipo, y en 1993 estaba constituida plenamente como la tercera aerolínea troncal – nacional del país, con una flota de 92 aeronaves y 2,400 empleados, cubriendo 27 destinos nacionales y cinco en los EE.UU. (Ruiz; 1999).

Cuadro 1.3
Pasajeros transportados en servicios domésticos, operación regular y fletamento, por tipo de empresa 1992 – 1996
(miles de pasajeros)

Tipo de Empresa	1987	Participación relativa	1992	Participación relativa	1996	Participación relativa	TCMA
Troncales	9,168	91.1 %	11,198	76.2 %	10,888	73.8 %	1.93 %
Regionales	900	8.9 %	3,487	23.7 %	3,499	23.7 %	16.28 %
Fletamento	0	0 %	1	0.1 %	366	2.5	----
Total	10,068	100 %	14,686	100 %	14,753	100 %	4.34 %

Fuente: Heredia Iturbe, Francisco. La reestructuración del transporte aéreo de carga en México, 1987 – 1996. Publicación Técnica 123. Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, México. 1999. p. 13.

El estudio de Heredia muestra que las aerolíneas no sólo crecieron en número, sino también en la cantidad y calidad de sus aeronaves. La flota conjunta creció de 100 aviones en 1987 a 224 en 1996, incorporando vehículos de tecnología avanzada como los Airbus – 320 y los Boeing 757 y 767, y desincorporando las aeronaves más antiguas como los DC-8 y especialmente los desastrosos DC-10. La duplicación de las aeronaves en operación, también duplicó la capacidad de oferta de las aerolíneas, pasando de 14,427 a 27,455 asientos disponibles simultáneamente.

No obstante el crecimiento de la oferta en el sector, de acuerdo a Heredia, el cambio más significativo registrado como consecuencia de la reestructuración del sistema aéreo, fue la redistribución de la demanda de transporte de pasajeros, entre los tres niveles de la aviación, como se muestra en el cuadro 1.3.

En este cuadro, destaca el incremento en la participación de las aerolíneas regionales entre 1987 y 1992, casi cuadruplicada en los cuatro años siguientes a la puesta en marcha del esquema rector. Este crecimiento hace evidente la necesidad de movilidad en el mercado regional que había sido desatendida previamente por las aerolíneas troncales y las condiciones de apertura económica establecidas por la SCT, a partir de 1988.

En el mismo cuadro 3 se observa que a pesar del incremento en la participación de las aerolíneas regionales, las troncales también registraron una tendencia creciente en los volúmenes de pasajeros transportados, si bien modesta en comparación a las primeras, al menos positiva.

Para Aeroméxico y Mexicana, no obstante la mejoría en los volúmenes de demanda atendidos, los primeros cinco años de la presente década estuvieron marcados por los problemas financieros que se arrastraban desde el periodo anterior y por una serie de dificultades derivadas de malos manejos administrativos y financieros en los más altos niveles de sus estructuras organizacionales (Ruiz; 1999).

En el proceso de privatización de las aerolíneas, resultó que ambas compartían varios accionistas; como consecuencia de esto y de los problemas financieros que se estaban enfrentando, en febrero de 1993 se anunció que se llevaría a cabo la suscripción de un pacto estratégico entre las dos empresas, con objeto de generar economías de escala, aumentar la eficiencia en algunas de las actividades que se pudieran compartir y enfrentar la guerra tarifaria con un mejor nivel de competitividad. En esa fecha, también se anunció el nombramiento de Gerardo de Provoisin como presidente del consejo de administración de ambas empresas. La gestión de Provoisin duró poco más de un año y terminó enfrentando serios problemas legales ante acusaciones de malos manejos de los recursos financieros de las empresas, especialmente Aeroméxico.

A finales de 1994 las dos aerolíneas enfrentaron una situación financiera sumamente difícil, que las puso prácticamente al borde de la quiebra. La crisis económica nacional, que se desató en diciembre de 1994, llegó en el peor momento para las dos empresas aéreas, agudizando todavía más la situación de sus pasivos y disminuyendo los volúmenes de demanda.

Aeroméxico y Mexicana al paso de los años habían venido desarrollando e incorporando una cantidad significativa de empresas filiales, dedicadas tanto a la prestación de servicios de transporte aéreo²⁰, como a otras actividades relacionadas²¹, que hacían muy complicada la reestructuración financiera y la negociación con los organismos acreedores. Por este motivo y con la intención adicional de permitir a las empresas fortalecer su competitividad, en mayo de 1995 se creó la empresa controladora CINTRA S.A. de C.V. (Corporación Internacional de Aviación) como tenedora de las acciones de las dos aerolíneas (incluyendo a las filiales), con los objetivos de: “servir de instancia armonizadora de intereses entre accionistas y acreedores de ambas empresas; promover la inyección de recursos a dichas empresas bajo criterios de equidad y racionalidad económica; establecer la misión y plan estratégico de cada empresa y fomentar alianzas con

²⁰ Aeroperú, Aerolitoral, Aeromexpress, Aeromextur, Aeromonterrey, Aerolibertad, Aerocozumel y Aerovías Caribe.

²¹ Sertel, Sabre de México, SEAT, Turborreactores, Datatronic, Servicios Operativos Aéreos, etcétera.

otras aerolíneas para enfrentar la competencia en los mercados internacionales (Heredia; 2000)²².

La creación de CINTRA generó cierto nivel de inconformidad entre las otras aerolíneas nacionales, sobre todo, por la posibilidad de una concentración económica que afectara la igualdad de condiciones de competencia. Por ese motivo, la Comisión Federal de Competencia (CFC) intervino para revisar las condiciones en que se estaba planteando la integración de las empresas, su situación financiera y la organización económica de ese mercado. La resolución de la CFC se dio a conocer en agosto de 1995, autorizando la conformación de CINTRA, pero condicionada a una serie de restricciones tendientes a evitar el comportamiento monopólico de la empresa. Por ejemplo, se exigió que las dos aerolíneas y la controladora, mantuvieran consejos de administración por separado, que se estableciera un sistema de información adecuado, para que la CFC pudiera monitorear constantemente la situación de la competencia y las tarifas en cada segmento de mercado, e incluso se dejó abierta la posibilidad de que se regulara la tarifa de los servicios, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La estrategia de integrar parcialmente algunas de las actividades de Aeroméxico, Mexicana y sus filiales, a través de la controladora CINTRA, fue exitosa en el sentido de salvar a las empresas de una situación inminente de quiebra y fomentar en ellas mayores niveles de eficiencia que se reflejaron en la reactivación de sus actividades comerciales. Las empresas casi inmediatamente comenzaron a renovar algunas de sus aeronaves, adquirir otras nuevas, e incluso se retomaron las tendencias positivas de crecimiento en el manejo de carga y pasajeros. Esta reactivación de las actividades de las dos aerolíneas principales del país, se reflejó en las estadísticas nacionales de atención a la demanda, como se puede apreciar en la gráfica 4, en el caso particular del transporte de carga.

No obstante el éxito comercial de CINTRA, los problemas por señalamientos de comportamiento monopólico comenzaron a surgir casi inmediatamente. A poco más de un año de haberse conformado la empresa controladora, la CFC declaró que había detectado problemas en las tarifas de algunas rutas (en algunos casos hasta 30% arriba) y anunció que seguiría investigando al respecto. En los años siguientes se registraron varias quejas y declaraciones de la Asociación de Hoteleros y de la ANIERM²³, señalando la existencia de altas tarifas en el transporte de pasajeros y poca disponibilidad en el transporte de carga en operaciones de comercio exterior. En septiembre de 1999, la CFC hizo público, a través del diario oficial de la federación, el inicio de una investigación por concentración prohibida, considerando que los mercados potencialmente afectados eran los constituidos por el servicio público de transporte aéreo regular nacional, tanto de pasajeros como de carga; así como el servicio de transporte aéreo nacional no regular, en la modalidad de fletamento, tanto de pasajeros como

²² Heredia Iturbe, Francisco. Las aerolíneas mexicanas en la secuela de la privatización. Boletín Notas. Número 51. Marzo de 2000. Instituto Mexicano del Transporte. <http://www.imt.mx/>

²³ Asociación Nacional de Importadores y Exportadores de la República Mexicana.

de carga (Heredia; 2000). En ese momento, la balanza comenzó a inclinarse definitivamente hacia la decisión de desintegrar a la controladora.

El problema de CINTRA se complicó a finales de la década de los noventa, por el hecho de que sus pasivos fueron transferidos de las cuentas de las instituciones de crédito, al Instituto de Protección al Ahorro Bancario (IPAB), como consecuencia del proceso de rescate gubernamental de las instituciones bancarias. En octubre de 1999, al tomar posesión un nuevo presidente del Consejo de Administración de CINTRA, anunció que después de la última reestructuración accionaria de la empresa, el IPAB había asumido el control de la misma, al tener en su poder 52 % de sus acciones y que el gobierno federal tenía otro 11 % a través de NAFINSA. Con esto resultó que Aeroméxico y Mexicana volvieron a ser propiedad del Estado Mexicano, al menos de manera transitoria.

En este año (2000) el IPAB declaró que tenía la intención de vender a la brevedad posible las acciones de CINTRA que estaban en su poder. Para ese efecto solicitó a la CFC autorización para ofrecer las aerolíneas de manera conjunta, ya que de esa manera se estimaba que se podría obtener un mayor beneficio. La CFC declaró que, por razones de competencia en el mercado, las aerolíneas deberían venderse y operar por separado; para ese efecto, ordenó la desintegración de la controladora. Esta decisión causó un alto nivel de controversia en los sectores relacionados con el transporte aéreo, pues existen grupos con opiniones encontradas respecto a la conveniencia de mantener a las dos aerolíneas y sus empresas filiales, integradas bajo una empresa controladora.

Los argumentos en contra de la permanencia de CINTRA se basan en la posible afectación a los usuarios y a otros sectores económicos por la fijación de tarifas por encima de los precios de mercado a escala internacional, por la posible competencia desleal con otras aerolíneas y la consecuente inhibición del desarrollo de la industria con base en un número mayor de prestadores de servicio.

Los argumentos a favor se fundamentan en la generalizada práctica actual de formar alianzas estratégicas, tanto a escala internacional, como doméstica (considérese el caso de Canadá, por ejemplo), en el tamaño modesto de CINTRA a nivel internacional, en la cada vez mayor presión comercial de las aerolíneas extranjeras, en la presencia de importantes economías de escala en la industria, y finalmente, en la afirmación de que la separación de CINTRA no promoverá *per se* un mayor nivel de competencia en el mercado nacional, debido a que las dificultades de ingreso y de alcanzar costos de producción competitivos dependen más del monto considerable de los costos de capital necesarios y de la poca escala de demanda en la mayoría de las rutas.

En esta controversia se debe tener claro que se están considerando al menos dos mercados diferentes: el doméstico y el internacional. Se tiene la impresión de que los argumentos a favor de la separación de las empresas que conforman a CINTRA son más sólidos cuando se piensa en el mercado doméstico, especialmente en el nivel regional, y a su vez, los argumentos a favor de mantener una corporación más poderosa, son congruentes con la intención de competir

exitosamente en el mercado internacional. En este orden de ideas, y por lo expuesto anteriormente, la separación de CINTRA dictaminada por la CFC, podría ayudar (aunque poco, en nuestra opinión) a que las tarifas domésticas no sufrieran una presión semi - monopólica a la alza, pero someterá a las dos aerolíneas principales del país a competir en condiciones menos ventajosas en el nivel internacional, lo cual podría llevarlas a restringirse cada vez más al mercado doméstico²⁴. Esta última situación podría ser el mejor arreglo del mercado en términos estrictamente económicos, pero siempre se tendrá la impresión de que es conveniente, por otras razones no necesariamente económicas, tener presencia nacional en las rutas internacionales que vinculan destinos de nuestro país.

Dentro de este esquema de ideas alrededor de la existencia de dos, o tres, mercados relevantes, podría plantearse la tesis de que las rutas del nivel regional, aún no tienen la madurez comercial de los mercados internacionales o las principales rutas troncales domésticas, y en este sentido, podría ser válido un esquema de organización económica diferenciado para los distintos mercados, de tal manera que los segmentos internacional y troncal operaran en un ambiente de mayor apertura de las fuerzas del mercado, y los segmentos regionales se organizaran bajo un esquema de mayor regulación. Esta posibilidad de organización diferenciada de los mercados del transporte aéreo, necesariamente implica una participación más activa por parte del Estado Mexicano y en particular de la SCT, lo cual requeriría de estudios más profundos sobre el tema.

En lo que se refiere a la infraestructura del sector aeronáutico, al igual que en las otras modalidades de transporte, en la década de los noventa se ha implementado un proceso de disminución paulatina de la participación directa del Estado en su administración, abriéndose mayores posibilidades de actuación al sector privado.

El Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000 contempla un proceso de apertura a la inversión privada en el Sistema Aeroportuario Mexicano²⁵, habiéndose publicado los lineamientos generales de este proceso en el Diario Oficial de la Federación en febrero de 1988.

Para la consecución de este objetivo se conformaron cuatro grupos aeroportuarios denominados: Grupo Centro-Norte, Grupo Ciudad de México, Grupo Pacífico y Grupo Sureste. Estos cuatro grupos integran a los 35 principales aeropuertos del país, que representan el 60% de los actualmente administrados por el organismo

²⁴ En 1998 se transportaron en México 35.2 millones de pasajeros, de los cuales tan sólo 33.6% fueron atendidos por las aerolíneas nacionales. En el mismo año se transportaron 473 mil toneladas de carga, en este rubro la participación nacional fue de 38.6%.

²⁵ La red federal de terminales aéreas está integrada por 58 aeropuertos, 16 de ellos clasificados como nacionales, y los otros 42, como internacionales.

público Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) y que en conjunto manejaron en 1995 el 96.8% del total de pasajeros y 95.8% de la carga (Heredia; 1998)²⁶.

El proceso de privatización se ha planteado en dos fases. En un principio las sociedades controladoras, poseedoras de los títulos de concesión, tendrán una participación estatal mayoritaria, pero incluyendo socios comerciales privados que aportarán entre 10% y 15% del capital social y que se incorporarán mediante licitaciones públicas. En la segunda etapa se planea emitir acciones representativas del capital de las sociedades controladoras, para colocarlas en los mercados de valores nacional e internacionales, previéndose que los inversionistas extranjeros podrán participar hasta con 49% de estas acciones.

En la actualidad se ha concretado la licitación de los grupos aeroportuarios del Sureste, Pacífico y Centro – Norte.

Otro de los hechos importantes acaecidos recientemente en el subsector, fue la quiebra y posterior puesta en venta de TAESA. Previamente ya se ha señalado el crecimiento impresionante que esta empresa registró a principios de esta década, pasando de ser una aerolínea que ofrecía servicios de taxi aéreo hasta alcanzar la tercera posición en el cuadro de empresas a nivel nacional, llegando a manejar alrededor del 10% del mercado troncal. La aerolínea TAESA brinda uno de los mejores ejemplos de posibilidades de actuación empresarial, bajo el nuevo ambiente de oportunidades y riesgos, que se estableció con el proceso de desregulación registrado en el subsector en la década de los noventa.

En términos generales, han sido dos los mecanismos sobre los que la autoridad gubernamental ha actuado en el esquema de desregulación de los servicios de transporte aéreo: la facilidad de acceso a los mercados²⁷ y la libertad de establecer tarifas. Ambos mecanismos se modificaron informalmente desde la entrada en operación del esquema rector, propuesto por la SCT, en 1988, y formalmente por medio de la Ley de Aviación Civil publicada en mayo de 1995.

TAESA aprovechó las posibilidades abiertas bajo el nuevo esquema rector, ampliando su participación en el mercado, primero en el segmento de la aviación regional y después en el nivel troncal – nacional. La expansión de su cobertura fue a la par con el crecimiento de su flota y organización empresarial; para ello, evidentemente, fue necesario invertir una cantidad importante de capital, proveniente tanto de inversionistas privados, como del mercado de dinero. También tuvo que enfrentar y resolver problemas técnico – operativos, cada vez

²⁶ Heredia Iturbe Francisco. El proceso de apertura a la inversión en el sistema aeroportuario mexicano. Instituto Mexicano del Transporte, Boletín “Notas” N° 42, septiembre de 1998. <http://www.imt.mx>

²⁷ En el caso del transporte aéreo, los servicios regulares se siguen considerando servicios públicos y por tanto sujetos a concesión, la concesión se otorga sobre rutas específicas. Los servicios que se ofrecen de manera no regular, se sujetan a un régimen de prestación bajo permiso. La facilidad de acceso se manifiesta en el hecho de que la autoridad no puede negar el otorgamiento de concesiones o permisos mediante el argumento de saturación de las rutas. Cualquier persona, moral o física, en su caso, que cumpla con los requisitos de ley, tendrá derecho a recibir la autorización para operar en el mercado.

más complejos, como la administración del mantenimiento de sus aeronaves apegándose a la estricta normatividad internacional.

Una de las estrategias mercadotécnicas característica de TAESA, fue la de ofrecer tarifas muy bajas y por lo tanto atractivas para los usuarios, llegando incluso a enfrentar señalamientos de competencia desleal por parte de sus principales competidores. Las bajas tarifas producían índices de rentabilidad muy castigados, en el caso que los hubiera, que se empezaron a reflejar en una menor disponibilidad de recursos para atender aspectos importantes, como el mantenimiento de los aviones, o la contratación de pilotos y personal suficientemente calificado y con amplia experiencia, además de poder responder efectivamente a los requerimientos de sus acreedores.

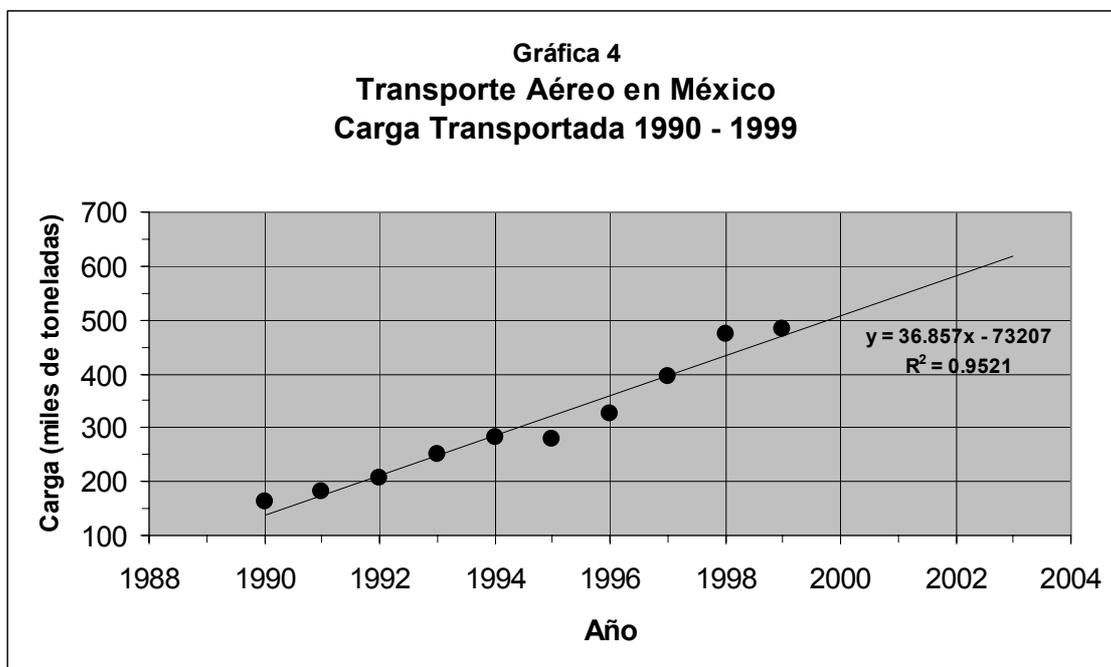
A finales de 1999 una aeronave de TAESA tuvo un grave accidente en las afueras de la ciudad de Uruapan, Michoacán y en parte por esto, los problemas se le vinieron encima, teniendo que suspender operaciones al poco tiempo y declararse finalmente en quiebra. Actualmente sus activos se encuentran en proceso de venta. La experiencia fallida de TAESA parece dejar claro que en este negocio no es fácil crecer y sostenerse de manera competitiva, sin una sólida base de sustentación formada por recursos, y habilidades técnicas, administrativas y mercadotécnicas, corroborando que las dificultades de ingreso y permanencia en el mercado, van más allá de conseguir capital y obtener una concesión por parte de la autoridad.

Para terminar este capítulo, conviene señalar que el transporte aéreo de carga parece tener un futuro cada vez más promisorio en México, debido a que sus características técnico – económicas le permiten responder eficientemente a los requerimientos de las actividades económicas y comerciales privilegiadas por el nuevo modelo de desarrollo.

Es posible, que el factor clave en el desarrollo de esta industria resida en la posibilidad de alcanzar niveles atractivos de rentabilidad económica, a partir de volúmenes de demanda que justifiquen mayores tendencias de especialización por parte de los prestadores de servicios. Este es un proceso normal en todas las esferas de la producción: el aumento de la demanda promueve la especialización, tanto funcional como tecnológica; la especialización aumenta la eficiencia en el proceso de producción, por mayor rendimiento de los insumos; esto se traduce en mayores márgenes de utilidad y mejores niveles de competitividad, estableciéndose el círculo virtuoso de desarrollo.

En este sentido no dejará de ser importante el desarrollo de la infraestructura necesaria para manejar las mercancías en terminales y facilitar la imprescindible coordinación con las otras modalidades de transporte, esto es uno de los aspectos de la especialización tecnológica necesaria en el subsector. Pero, también importante será la evolución en las prácticas logísticas de productores y otros agentes que intervienen en el diseño y operación de las cadenas de transporte, de tal forma que se diversifiquen las soluciones y se enriquezcan cualitativamente. Hay indicios de que las antiguas soluciones simplistas de transporte, basadas preponderantemente en el autotransporte, comenzaran a ser un lastre en la

productividad de muchas actividades y que cada vez se otorga mayor valor a la logística como elemento que coadyuva a la competitividad económica y comercial.



Nota: La carga incluye movimientos domésticos e internacionales

Fuentes:

- 1) Dirección General de Aeronáutica Civil, SCT. Tomado de: Heredia Iturbe Francisco, El transporte aéreo de carga en México. IMT Publicación Técnica 124.
- 2) Dirección General de Aeronáutica Civil, SCT. La Aviación Mexicana en Cifras 1992 – 1998.
- 3) Dirección General de Aeronáutica Civil, SCT. Registros digitalizados de estadísticas del movimiento de carga en 1999.

Tal vez como un reflejo de las tendencias señaladas, la carga transportada por vía aérea en México ha crecido de manera importante entre 1990 y 1999, pasando de 164,000 a 482,700 toneladas, casi triplicándose, con una tasa promedio anual de 12.7%. Esta tendencia de crecimiento es muy superior a la registrada en cualquiera de los otros modos de transporte e indica claramente un mayor dinamismo en este subsector.

En la gráfica 4 se muestran los volúmenes de carga transportados desde 1990 y hasta 1999. También se incluye la línea de tendencia, calculada por el método de los mínimos cuadrados, que nos permite hacer un pronóstico de los valores esperados para los años próximos siguientes. De acuerdo a esta proyección, se espera que la carga se incremente en 37,000 toneladas promedio por año, sobrepasando las 500,000 en el 2,000, y las 600,000 en el 2,003. Si bien esta proyección se hace como una serie de tiempo y no considera los efectos de otras variables explicativas, se considera altamente probable, especialmente porque el

pronóstico es a mediano plazo. Uno de los factores que pudiera incidir negativamente en el desempeño del subsector es la desintegración de las empresas que conforman CINTRA, pero el efecto sería en el corto plazo y sería de esperarse que en el mediano y largo plazo la tendencia de crecimiento se sostenga, como consecuencia del comportamiento de la demanda.

Conviene mencionar que del monto total de casi quinientas mil toneladas transportadas en 1999, poco menos de ciento cincuenta mil corresponden al mercado doméstico, segmento que es el objeto de estudio del presente proyecto. En los siguientes capítulos se presenta un análisis del comportamiento del subsector en el ámbito doméstico.

2 Panorama general del subsector aéreo de carga en 1998

2.1 Introducción

En este capítulo se presenta un panorama de la industria del transporte aéreo de carga en México, a partir del análisis de los volúmenes de carga transportados y las empresas que operaron en el mercado en el año de 1998. Estos dos indicadores forman parte de la estadística básica generada por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y la información utilizada fue tomada de la publicación: “La Aviación Mexicana en Cifras, 1992 – 1998” (SCT-DGAC; 1999).

La información que se presenta en este capítulo corresponde al año de 1998 y la que se presenta en los dos capítulos siguientes, al año 1999. No fue posible homogeneizar la información fuente de todos los capítulos debido a que en el momento en que se hicieron los análisis de la información para este capítulo segundo, no se contaba con la versión 1999 de la publicación “La Aviación Mexicana en Cifras”, pero sí se contaba con los registros digitalizados de la DGAC para el año 1999, mismos que no incluyen la desagregación por empresa. Por ese motivo y con el afán de presentar la información más reciente en todos los casos, la información referente a las empresas y los volúmenes de carga atendidos por categoría de servicio corresponde al año 1988 y la información referente a los pares origen – destino, que se analiza en los capítulos III, IV, y V, corresponde al año 1999.

2.2 Distribución de la carga transportada por tipo de servicio y categoría de empresa

El presente estudio se concentra en el segmento doméstico del transporte aéreo de carga, sin embargo, con objeto de establecer un marco de referencia general que permita cuantificar la proporción que representan los movimientos domésticos, respecto al total de la carga transportada en el país, en esta primera sección del capítulo se analiza la distribución de los volúmenes de carga entre todas las diferentes categorías taxonómicas que utiliza la DGAC, para presentar y ordenar sus estadísticas. Esta información se presenta concentrada en el cuadro 2.1.

La primera gran clasificación que se considera, es entre aerolíneas nacionales y extranjeras. En el cuadro se observa que, del gran total de 473,168.3 toneladas transportadas en 1988, las aerolíneas extranjeras movieron 290,475, cantidad que equivale al 61.4%. De aquí que, en consecuencia, corresponda a las aerolíneas nacionales, el complementario 38.6%.

Considerando que las empresas extranjeras están impedidas legalmente para transportar carga doméstica, es conveniente analizar la participación de las dos categorías, nacionales y extranjeras, exclusivamente respecto al movimiento de carga internacional. De esta manera, la participación de las aerolíneas extranjeras es aún mayor, alcanzando el 81.05% del total de las 358,351.3 toneladas de carga internacional que se transportaron en ese año, y correspondiendo a las nacionales un modesto 18.95%.

Cuadro 2.1
Carga transportada por vía aérea en 1998
Distribución por tipo de servicio, origen y categoría de empresa
 Toneladas

Aerolíneas Nacionales				Aerolíneas Extranjeras		
Servicio	Empresas	Carga Doméstica	Carga Internacional	Carga Internacional	Empresas	Servicio
Regular	Troncales	101,620	28,633	225,635	Regulares	Regular
	Regionales	10,339	168			
	Exclusivas de carga	690	21,318			
	Subtotal	112,649	50,119			
	Subtotal Regular	162,768		225,635	Subtotal Regular	
Fletamento	Troncales	272	364	20,816	Regulares	Fletamento
	Regionales	73	0.3			
	Exclusivas de carga	430	17,393			
	Exclusivas de fletamento	1,393	0	44,024	Fletamento	
	Subtotal	2,168	17,757.3	64,840	Subtotal Fletamento	
	Subtotal Fletamento	19,925.3				
Subtotales Doméstica e Internacional		114,817	67,876.3			
Total Nacionales		182,693.3		290,475	Total Extranjeras	
Gran Total		473,168.3				

Fuente: Elaboración propia con información de la SCT – DGAC. “La Aviación Mexicana en Cifras 1992 – 1998”

En el cuadro se observa que, en 1988, se transportaron en México 114, 817 toneladas de carga en servicios de cabotaje, o domésticos. Esta cantidad equivale tan solo al 24.26% del total de la carga transportada en todo el sistema. Esta cifra y las señaladas en los párrafos anteriores, muestran claramente que en el transporte de carga por vía aérea de nuestro país, existe una gran preponderancia del segmento de mercado internacional y de las aerolíneas extranjeras.

Considerando que en México el volumen total de las actividades económicas relacionadas con el exterior es menor al correspondiente interno, la preponderancia de la carga internacional en el transporte aéreo, nos sugiere la conclusión de que este modo de transporte es proporcionalmente mucho menos utilizado para transportar carga en los intercambios domésticos que en los internacionales.

Una explicación para la situación anterior, podría estructurarse a partir de las ventajas y pertinencia del transporte aéreo en los grandes recorridos, pero también en función de la existencia de esquemas logísticos diferentes en los dos ámbitos de comercio, de tal suerte que se privilegia al transporte aéreo en las soluciones adoptadas para los intercambios internacionales. El corolario de la conclusión, es que el transporte aéreo de carga en el ámbito doméstico tiene un cierto grado de subdesarrollo y que en función del nivel interno de las actividades económicas, es de esperar que esta actividad tenga potencialidades importantes de expansión, lo cual se corrobora por las tendencias de crecimiento de la carga doméstica en los últimos años²⁸.

En el caso de las aerolíneas nacionales, la DGAC clasifica los servicios que éstas prestan como regulares y de fletamento, según sean realizados bajo un itinerario preestablecido o bajo un contrato específico. De acuerdo con los datos del cuadro 2.1, la gran mayoría de la carga transportada por las aerolíneas nacionales se realiza dentro de los servicios regulares, con una participación de éstos que alcanza el 89.1% del total²⁹.

El segundo criterio de clasificación de las aerolíneas nacionales, se refiere al tipo de empresa que realiza los servicios, existiendo en nuestro país empresas troncales, regionales, exclusivas de carga y exclusivas de fletamento.

El criterio de clasificación que utiliza la DGAC para distinguir entre empresas troncales y regionales, no responde a un criterio cuantitativo riguroso, y depende, en general, del alcance y la capacidad de sus aeronaves, de tal manera que considera troncales a las que utilizan aeronaves con alcance y capacidad media y

²⁸ Entre 1990 y 1998, la tasa de crecimiento media anual de la carga doméstica transportada por vía aérea fue de 14.2%. Esta cifra se calculó a partir de los datos anuales de carga transportada publicados por la DGAC que se presentan en el capítulo anterior.

²⁹ En este punto es pertinente señalar que en México, con excepción de las empresas exclusivas de carga, la carga aérea se transporta de manera conjunta con los servicios de pasajeros, por este motivo, se debe considerar que, por servicios regulares, prácticamente se entiende servicios regulares de pasajeros.

alta; y regionales, a aquellas empresas que utilizan aeronaves de alcance y capacidad media y baja³⁰.

En los datos que aparecen en el cuadro 2.1 se observa que las empresas troncales tienen una participación mayoritaria, al haber transportado en 1988 un total de 130,889 toneladas, que corresponden al 71.64% del total de la carga transportada por las aerolíneas nacionales.

Respecto a las empresas regionales, no obstante el significativo crecimiento que registraron a partir de 1988, con la entrada en operación del nuevo esquema rector propuesto por la SCT, su participación es aún modesta, al transportar el 5.8% de la carga atendida por las aerolíneas nacionales. Por su parte, las empresas exclusivas de fletamento transportaron sólo el 7% del total de la carga de fletamento y menos del 1% del total de las aerolíneas mexicanas.

En el caso de las empresas exclusivas de carga, que aparecen en el país a partir de 1994, se observa que el principal mercado que atienden es el internacional, puesto que este tipo de carga representa el 97.2% de sus servicios, lo que sugiere un alto grado de especialización en este segmento. En el mercado doméstico, su participación respecto al total transportado por las aerolíneas nacionales es de 21.8%, cifra tres veces mayor a la que corresponde a las aerolíneas regionales.

Una particularidad interesante de las empresas exclusivas de carga es que, a diferencia de las empresas mixtas, la proporción entre el volumen de carga transportada en servicios regulares y bajo fletamento es mucho más equilibrada, siendo de 55.3% para los primeros y de 44.7% para los segundos.

En el cuadro 2.1 también se puede observar que los servicios domésticos representan el 62.8% de las actividades de las aerolíneas nacionales, mercado en el que gozan de exclusividad. De este hecho, y de su baja participación en el transporte de carga internacional, se concluye que el segmento doméstico tiene una especial relevancia para las aerolíneas nacionales, lo cual sugiere la pertinencia de una mayor atención comercial por parte de las empresas hacia este segmento de mercado.

Para el caso de las aerolíneas extranjeras, la clasificación de las empresas se encuentra dividida en únicamente dos categorías: regulares y exclusivas de fletamento; aunque es importante señalar que las aerolíneas regulares también ofrecen este último tipo de servicio. Sumando estas dos actividades, servicios regulares y servicios de fletamento, las empresas regulares tienen un amplia preponderancia, pues atienden el 84.8% del total de la carga manejada por las aerolíneas extranjeras.

Considerando exclusivamente el tipo de servicio, sin importar el tipo de empresa que lo presta, se observa que los servicios regulares equivalen al 77.7% de la

³⁰ También las rutas atendidas por las empresas se clasifican en troncales y regionales; sin embargo, en este caso los factores determinantes son la longitud y el volumen de demanda de la ruta. Por esta ambigüedad, es común encontrar casos de empresas troncales que atienden rutas regionales y viceversa.

carga atendida por las aerolíneas extranjeras, correspondiendo a los servicios de fletamento el complementario 22.3%.

De lo expuesto en esta sección, a manera de resumen, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- El transporte aéreo de carga en México se concentra principalmente en los servicios internacionales, puesto que la carga transportada en el ámbito doméstico representa tan sólo el 24.3% del total manejado en el sistema.
- Las aerolíneas mexicanas tienen una participación minoritaria en la actividad, dado que transportan el 38.6% del total de la carga manejada en el sistema y el 18.9% de la carga internacional.
- El segmento doméstico de la industria es relevante para las aerolíneas nacionales, puesto que representa el 62.8% de sus actividades. En este segmento gozan de exclusividad comercial.
- Los servicios regulares son los mayoritarios en la industria, puesto que representan el 89.1% de las actividades de las aerolíneas nacionales y el 77.7% de las extranjeras.
- Las empresas troncales dominan el segmento de las aerolíneas nacionales, puesto que transportan el 71.6% de la carga atendida por éste.
- Las empresas regionales tienen una participación muy modesta, puesto que representan el 5.8% del total en el segmento de las aerolíneas nacionales y el 2.2% del total en el sistema. Sin embargo, es todavía menor la participación de las empresas exclusivas de fletamento, pues no llega al 1% de las empresas nacionales.
- Las empresas exclusivas de carga, no obstante tener poco tiempo en el mercado, tienen una participación del 21.8% en el total de la carga transportada por las aerolíneas mexicanas y del 8.4% en el sistema. Estas empresas se especializan en la carga internacional, puesto que 97.2% de sus actividades son en este mercado.

2.3 Distribución de la carga transportada en el ámbito doméstico por tipo de servicio y categoría de empresa

Como se señala previamente, el presente estudio se concentra en el segmento doméstico del transporte aéreo de carga, esto es, en los movimientos de mercancías que se realizan entre pares origen – destino localizados exclusivamente dentro del territorio nacional mexicano. Las empresas extranjeras están imposibilitadas por Ley para realizar cualquier tipo de servicio de cabotaje en México, por ese motivo, los movimientos objeto del presente estudio son realizados exclusivamente por empresas nacionales.

En esta segunda sección del capítulo se trabaja con aquella parte de la información que, apareciendo en el cuadro 2.1, corresponde específicamente a los movimientos domésticos. En el cuadro 2.2 se presenta el extracto de la información mencionada, más dos columnas que presentan la participación relativa de cada una de las categorías con respecto a los totales.

De acuerdo al cuadro 2.2, el total de carga transportada en 1998, por vía aérea, en el ámbito doméstico, fue de 114, 817 toneladas. En la edición 1998 del Manual Estadístico del Sector Transporte (Balbuena, et. al.; en prensa), que publica anualmente el IMT, se observa que esta cifra equivale aproximadamente al 0.025% del total de la carga manejada en el país por todas las modalidades de transporte, total que para ese año alcanzó los 491.1 millones de toneladas³¹.

Cuadro 2.2
Carga doméstica transportada por vía aérea en 1998.
Distribución por tipo de servicio y categoría de empresa.
Toneladas

Servicio	Empresas	Carga Doméstica	Porcentaje del subtotal	Porcentaje del total
Regular	Troncales	101,620	90.2%	88.5%
	Regionales	10,339	9.2%	9.0%
	Exclusivas de carga	690	0.6%	0.6%
	Subtotal Regular	112,649	100%	98.1%
Fletamento	Troncales	272	12.5%	0.2%
	Regionales	73	3.4%	0.1%
	Exclusivas de carga	430	19.8%	0.4%
	Exclusivas de fletamento	1,393	64.3%	1.2%
	Subtotal Fletamento	2,168	100%	1.9%
Total Doméstico		114,817		100%

Fuente: Elaboración propia con información tomada de "La Aviación Mexicana en cifras 1992 – 1998". S.C.T. Dirección General de Aeronáutica Civil.

Con base en las cifras anteriores, se puede pensar, sin hacer mucha justicia al transporte aéreo, que su participación en el transporte de carga a nivel nacional es bastante modesta; sin embargo, conviene tener en cuenta, para hacer una mejor evaluación, que esta modalidad cumple una función muy específica e importante

³¹ La distribución modal de la carga en México, para 1998, fue la siguiente: Autotransporte 77.5% (380.8 millones de toneladas); Ferrocarril 15.5% (75.9 millones de toneladas); Marítimo – Portuario 7% (34.3 millones de toneladas); Aéreo 0.023% (0.112 millones de toneladas). cfr. Manual Estadístico del Sector Transporte, edición 1998. pp 89.

dentro del sistema nacional de transporte de carga, y que esta situación de baja participación relativa, no es una peculiaridad exclusiva de nuestro país, sino que es una situación relativamente común a nivel mundial³². La explicación de la baja participación del transporte aéreo de carga, en gran medida se centra en el hecho de que las aeronaves no son vehículos con amplia capacidad de carga, sino que sus atributos principales son la velocidad, la confiabilidad y la seguridad en el manejo de los envíos. Estas características restan al transporte aéreo posibilidades de servicio para una gran variedad de cargas voluminosas y pesadas, pero le otorgan una competitividad destacada en el transporte de otro tipo de mercancías, como son aquellas no muy grandes, relativamente ligeras, con alta densidad económica y que requieren ser transportadas con relativa urgencia.

Como ya se señaló en la sección anterior, la DGAC clasifica los servicios domésticos de transporte de carga aérea en dos tipos: regular y de fletamento. En el cuadro 2.2 se observa que la gran mayoría del transporte de carga aérea en México se realiza dentro de los servicios regulares, puesto que a éstos corresponde el 98.1% del total.

Conviene recordar que, con excepción de los servicios que prestan las empresas exclusivas de carga (0.6% del total), los servicios regulares a los que se hace referencia son servicios regulares de transporte de pasajeros, puesto que, como ya se ha mencionado, en México la carga se transporta normalmente aprovechando los espacios remanentes en los compartimentos de equipaje de las aeronaves que vuelan prestando servicios de pasajeros.

El hecho de que la mayoría del transporte de carga sea una actividad que se realiza como complemento al transporte de pasajeros, tiene algunas implicaciones importantes para su análisis. En primer lugar, es de esperar que las aerolíneas diseñen la estructura general de sus servicios otorgando prioridad a su mercado más importante, que en este caso es el transporte de pasajeros, y que, en consecuencia, la problemática particular del transporte de carga se aborde en función de una importancia secundaria. Esto abre la posibilidad de encontrar ciertos niveles de incongruencia entre los deseos o necesidades de movilidad de carga de los usuarios y los atributos característicos de la oferta, lo cual podría ser negativo en términos de la utilidad logística que los servicios de transporte deben generar a los usuarios.

Sin embargo, por el momento no se tienen elementos suficientes para determinar la proporción de viajes o de servicios de transporte de carga demandados o potenciales para los que la hipótesis planteada en el párrafo anterior sea una realidad o al menos una situación trascendente, e incluso se podría argumentar en su contra, que la demanda de servicios específicos de transporte, a través de contratos de fletamento, es muy pequeña (inferior al 2% de los casos) lo cual

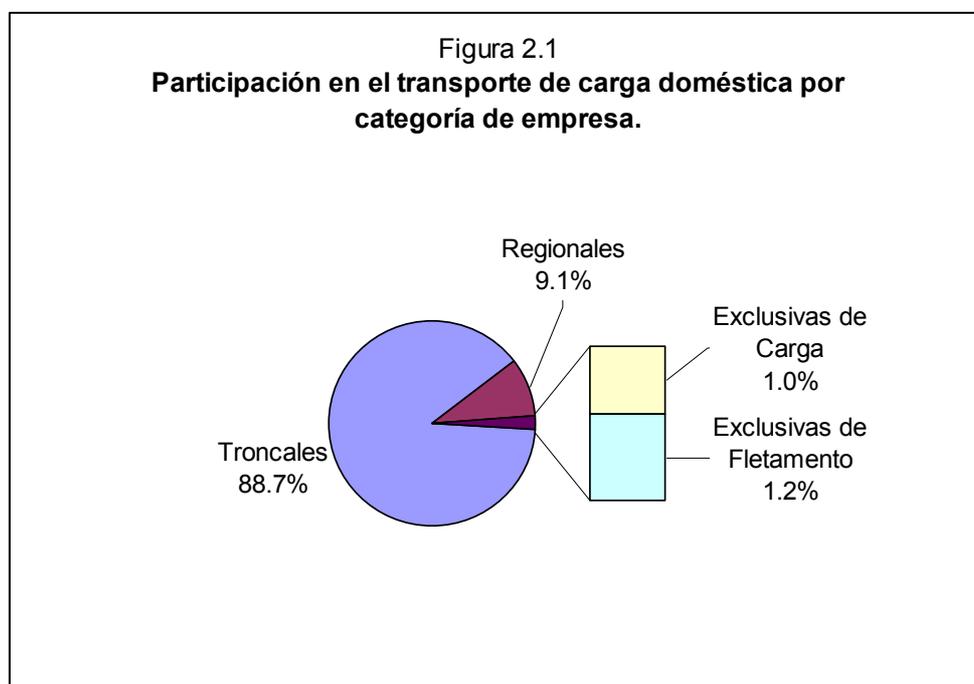
³² La participación del transporte aéreo en los tres países norteamericanos fue inferior al 1% del total de las toneladas – kilómetro atendidas en 1996. De hecho, la mayor participación porcentual corresponde a México con el 0.5% y la menor a Canadá, con el 0.2%. cfr. North American Transportation Highlights. U.S. Department of Transportation. Bureau of Transportation Statistics. Diciembre de 1999. pp 19.

podría implicar que los usuarios se encuentran satisfechos con las condiciones actuales de la oferta.

Pero la baja demanda de servicios de fletamento también se podría deber a que sus tarifas sean tan altas que hagan inviable esta opción para muchos embarques, teniendo entonces que recurrir a los servicios regulares, al autotransporte, o a la opción nula, es decir a no transportar.

Todas estas opciones son posibles y creemos que es importante realizar algunos estudios al respecto que lleven al conocimiento pleno de la situación de mercado de estos servicios, con el objeto de saber el nivel de integración logística y económica de los servicios aéreos de transporte de carga con la demanda actual en nuestro país.

Volviendo al cuadro 2.2, en él se observa que la participación más significativa en el transporte doméstico de carga por vía aérea, corresponde a las aerolíneas troncales con 90.2% de los servicios regulares, 12.5% de los de fletamento y 88.7% del total (ver la figura 2.1). Esta alta proporción implica que las empresas regionales mantienen todavía una participación mínima en la aviación comercial doméstica, del 9.1% del total, no obstante que su actuación se ha visto muy promovida, especialmente en el transporte de pasajeros, a partir de la entrada en operación del esquema rector propuesto por la SCT a finales de los años ochenta y que justamente buscaba que la distribución entre los distintos niveles de la aviación mexicana fuera más equilibrada, para evitar los problemas y vicios que se derivan de una presencia excesiva de la aviación de primer nivel o troncal.



La pequeñez relativa de la aviación regional trae varios problemas, dentro de los cuales destaca la necesidad de las aerolíneas de ajustar la escala de producción a los bajos volúmenes de demanda y la consecuente tendencia a la alza de las tarifas, lo cual actúa formando un círculo vicioso, en donde se abren posibilidades de falta de competencia o de tendencias a la monopolización de segmentos de mercado.

Para finalizar esta sección queremos señalar que, a diferencia de lo que ocurre en el mercado de transporte de carga internacional, en los movimientos de cabotaje las empresas especializadas en el transporte de carga tienen una participación muy marginal, que apenas alcanza el 1% del total, transportando un poco más de mil toneladas de carga al año. Lo reducido de esta cifra sugiere que el mercado doméstico de carga por vía aérea no ha sido explorado suficientemente por los usuarios, en sus sistemas logísticos de aprovisionamiento y distribución. También nos sugiere que la competencia del autotransporte es muy grande, no sólo en términos técnicos u operativos, sino también como fórmula de solución en el diseño de las cadenas de transporte.

2.4 Empresas de transporte aéreo que ofrecieron servicios de carga en el ámbito doméstico

En esta sección se identifica a las aerolíneas que transportaron carga doméstica en México en 1998 y su participación en el subsector.

En el año de 1998, quince empresas ofrecieron servicios de transporte aéreo de carga en el ámbito doméstico. Estas empresas se agrupan en cuatro categorías: troncales, regionales, exclusivas de carga y exclusivas de fletamento, como se puede observar en el cuadro 2.3.

En la primera sección de este capítulo se apuntó que la distinción que hace la DGAC entre las empresas de las categorías troncal y regional no responde a un criterio cuantitativo específico, ni tampoco al tipo de rutas que atienden, sino al tamaño y alcance de sus aeronaves, y que por ese motivo las empresas troncales pueden trabajar en rutas regionales y viceversa. La clasificación en las dos categorías restantes es más determinante, puesto que empresas exclusivas de carga y de fletamento, son aquellas que no transportan pasajeros, en el primer caso, y las que no realizan servicios regulares, en el segundo.

A partir del cuadro 2.3, se puede calcular que las cuatro empresas troncales (Aerovías de México, Mexicana de Aviación, Taesa y Aviacsa) representan el 26.6% del total de las quince empresas en el subsector, pero que, sin embargo, transportan ellas solas el 88.7% del total de la carga en el sistema. De manera complementaria, también se puede calcular que el restante 73.3% de las empresas (es decir las otras once) transportan sólo el 11.3% de la carga. Esta relación entre las proporciones señaladas se muestra gráficamente en la figura 2.2.

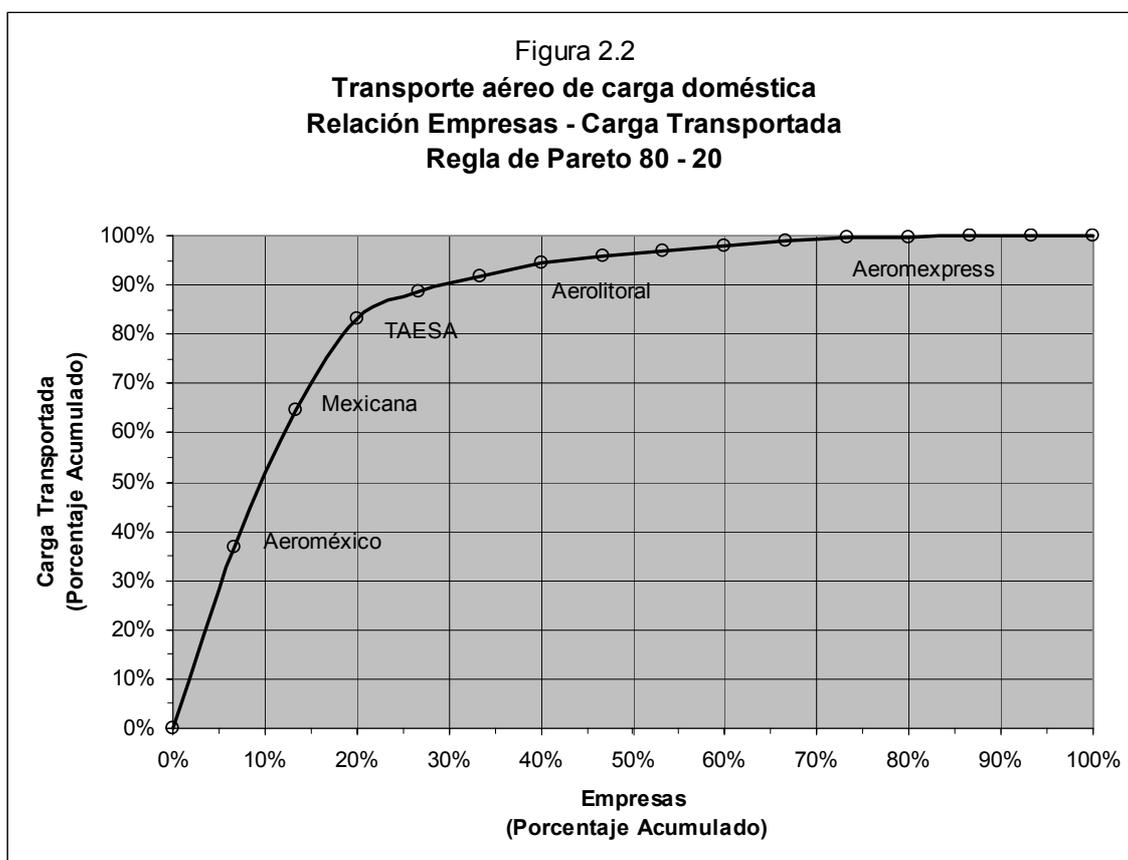
Cuadro 2.3
Aerolíneas que transportaron carga doméstica en 1998.
 (toneladas)

Líneas Aéreas	Carga Transportada			Porcentaje respecto al subtotal	Porcentaje respecto al total
	Regular	Fletamento	Subtotal		
Troncales	101,620	272	101,892	100%	88.7%
Aerovías de México	42,327	71	42,398	41.6%	36.9%
Mexicana de Aviación	31,687	90	31,777	31.2%	27.7%
Taesa	21,007	111	21,118	20.7%	18.4%
Aviacsa	6,599	0	6,599	6.5%	5.7%
Regionales	10,339	73	10,412	100%	9.1%
Aerolíneas Internacionales	3,306	52	3,358	32.3%	2.9%
Aerolitoral	3,166	21	3,187	30.6%	2.8%
Aeromar	1,471	0	1,471	14.1%	1.3%
Aerovías Caribe	1,171	0	1,171	11.2%	1.0%
Aeroejecutivo	1,070	0	1,070	10.3%	0.9%
Aerocozumel	155	0	155	1.5%	0.1%
Exclusivas de Carga	690	430	1,120	100%	1.0%
Aeromexpress	690	0	690	61.6%	0.6%
Aerotransportes Mas de Carga	0	341	341	30.4%	0.3%
Línea Aérea Mexicana de Carga	0	67	67	6.0%	0.1%
Aeropostal de México	0	22	22	2.0%	0.02%
Exclusivas de Fletamento	0	1,393	1,393	100%	1.2%
Servicios de Transporte Aéreo	0	1,393	1,393	100%	1.2%
Totales	112,649	2,168	114,817		100%

Fuente: Elaboración propia con información tomada de "La Aviación Mexicana en cifras 1992 – 1998". S.C.T. Dirección General de Aeronáutica Civil.

El patrón de concentración de las actividades en unas pocas empresas importantes es característico de muchas industrias³³ y sigue aproximadamente la llamada regla de Pareto u 80/20, en honor al economista italiano Wilfredo Pareto, quien a principios del siglo XX descubrió que esta relación de proporciones aparece como una constante, a lo largo de la historia, en muchos aspectos de la economía y particularmente en la distribución del ingreso entre la población.

En el caso mexicano, el 20% de las empresas, acumuladas de mayor a menor, corresponde a la suma de las tres primeras (Aeroméxico, Mexicana y TAESA), y les corresponde el 83% de la carga acumulada, por lo que la relación en este caso es 83/20, sumamente coincidente con el caso general Paretiano de 80/20.



En 1998, la empresa más importante en el manejo de la carga doméstica en México, fue Aerovías de México (Aeroméxico), manejando casi el 40% del total de la carga, seguida de cerca por Mexicana de Aviación (Mexicana) a la que correspondió casi el 30%. En ese año, también destacó TAESA, con casi 20% de

³³ Por ejemplo, se puede consultar la Publicación Técnica 100, del Instituto Mexicano del Transporte, donde se reporta una relación similar para la industria del autotransporte de carga en México.

participación; es interesante recordar, como ya se señaló en el primer capítulo de este reporte, que la aerolínea TAESA salió del mercado en el año 2000.

En la categoría de aerolíneas regionales, en el año de 1998 destacaron las empresas Aerolíneas Internacionales y Aerolitoral, cada una con un poco más del 30% de participación en ese segmento de la industria, pero con apenas 3% de participación a nivel global.

Dentro de las empresas exclusivas de carga, destaca notablemente Aeromexpress³⁴, con más de 60% de ese pequeño segmento, seguida de Aerotransportes Mas de Carga³⁵, y dejando las dos empresas restantes con una participación muy pequeña. Con objeto de valorar adecuadamente las actividades de transporte de estas empresas, es conveniente insistir en que su principal actividad se encuentra en el mercado internacional, ya que, para ese mismo 1998, Aeromexpress transportó 8,422 toneladas de carga tanto nacional como internacional y Aerotransportes Mas, la significativa cantidad de 29,885 toneladas, en esos dos rubros.

Adicionalmente, el caso de la empresa Aeromexpress merece otra aclaración especial, porque su importancia en el mercado de servicios de transporte aéreo de carga es mucho mayor a la que se podría inferir a partir del volumen doméstico que transportó en 1998. Aeromexpress es la empresa especializada en transporte de carga del corporativo CINTRA y, aparte de la carga que mueve por sí misma, con su única aeronave, tiene la función adicional de comercializar y organizar los movimientos de carga de Aeroméxico y Mexicana, por lo que el tamaño de sus actividades es realmente mucho mayor de lo que parece en las estadísticas de la DGAC.

El corporativo CINTRA agrupa a seis de las quince empresas que aparecen en el cuadro 2.3: Aerovías de México, Mexicana de Aviación, Aerolitoral, Aerovías Caribe, Aerocozumel, y Aeromexpress. Sumando la carga que transportaron estas seis empresas en 1998, se obtiene un total de 79,378 toneladas, equivalentes al 69.1% del total de la carga doméstica transportada en México. Esta cifra es un indicador de la enorme importancia que reviste CINTRA en la aviación comercial mexicana³⁶.

Como ya se mencionó en el capítulo anterior³⁷, actualmente el corporativo CINTRA se encuentra en proceso de desintegración por resolución de la Comisión Federal de Competencia, sin embargo, en los comunicados y en las notas periodísticas normalmente se hace referencia sólo a Aeroméxico y Mexicana y no

³⁴ Aeromexpress, como tal, posee una sola aeronave, un Boeing 727-2K5, pero se tiene noticia de que están por adquirir dos aeronaves de cabina ancha.

³⁵ Esta empresa tenía en 1998 un total de tres aeronaves: un Boeing 707-321C, y dos DC8-71.

³⁶ Considerando a CINTRA como una sola empresa, la distribución de las proporciones en la industria no cambia mucho, pues en este caso el 20% de las empresas (CINTRA y TAESA) atienden el 87.5% de la demanda, en vez del 83% anterior.

³⁷ v. pp. 20, 21, 22.

se ha aclarado cuál va a ser el futuro de las otras empresas que conforman al corporativo, incluyendo, por supuesto, a Aeromexpress, empresa de particular importancia para el tema que nos ocupa en este proyecto.

En nuestra opinión, existen al menos dos escenarios posibles para definir el futuro de las empresas que forman al corporativo CINTRA. El primero es que se separen Aeroméxico y Mexicana, regresando a la situación previa a la formación de CINTRA, lo cual implicaría que las empresas pequeñas regresaran a formar parte de sus organizaciones de origen, esto es que Aerolitoral y Aeromexpress sean parte de Aeromexico; y Aerocozumel y Aerocaribe de Mexicana. El segundo escenario consiste en la posible desintegración de todas las empresas, lo cual implicaría que cada una de las empresas se vendieran por separado. En nuestra opinión el primer escenario es el más probable.

En cualquiera de los dos escenarios expuestos, Aeromexpress tendrá que realizar un reajuste en su organización interna, buscando tener un mayor nivel de actividad por sí misma, puesto que en cualquier caso dejará de administrar parte de los movimientos que actualmente atiende. De hecho tenemos noticia de que esta empresa recientemente ha adquirido dos aeronaves Boeing de cabina ancha que le permitirán aumentar notablemente su capacidad de oferta en el futuro inmediato, mostrando claramente una estrategia de expansión *per se*.

3 Aspectos generales de la movilidad doméstica de mercancías por transporte aéreo

3.1 Introducción

El estudio de la organización espacial es un aspecto importante del análisis de las actividades humanas. Las particularidades físicas y económicas del medio geográfico tienen gran influencia en la localización de los asentamientos poblacionales en un territorio, así como en la definición de las características de las relaciones que se establecen entre ellos.

Las relaciones económicas y sociales que existen entre las regiones de una nación, se manifiestan por la movilidad de mercancías y personas a través del medio físico y el uso de tecnologías de transporte para la materialización de los desplazamientos. La estructura espacial de los sistemas de transporte, junto con los patrones de flujo de mercancías y personas entre las regiones o los centros de actividades, son expresiones relevantes de la organización espacial de una sociedad.

La eficiencia de los sistemas de transporte para satisfacer las necesidades de movilidad de la sociedad, es factor determinante para la capacidad de organización y apropiación del territorio de los grupos humanos. Las relaciones entre los núcleos de actividad se promueven y refuerzan en función del desarrollo y habilidad de los sistemas de transporte para establecer intercambios que resulten técnica y económicamente viables.

La relación entre la capacidad y eficiencia de los sistemas de transporte, la magnitud y naturaleza de los factores de impedancia a los desplazamientos, y los requerimientos de movilidad de una sociedad, determinan a su vez los patrones de los flujos de personas y mercancías, otorgando al transporte importantes atributos de naturaleza espacial y haciendo relevante la localización del origen y destino de los movimientos, la intensidad de los flujos que ocurren entre ellos y las posibles correlaciones con los atributos geográficos, tanto físicos como económicos, de los lugares y regiones en que los desplazamientos tienen lugar.

El conocimiento de las características espaciales de un sistema de transporte, permite evaluar sus atributos técnicos y operativos en función de su adecuación al modelo de organización espacial del sistema de actividades socio – económicas, complementando la visión tradicional de la ingeniería del transporte, más enfocada a la solución de problemas relacionados con la capacidad operativa del sistema y el crecimiento de la demanda en corredores específicos.

La geografía del transporte estudia e integra los diversos aspectos de la ciencia geográfica (físicos, económicos y humanos), en las localidades, corredores y

regiones en que opera un sistema de transporte, relacionándolos con la movilidad de personas y mercancías, desde el punto de vista de la organización espacial del territorio.

La abstracción y modelación de las características espaciales de un sistema de transporte normalmente se efectúa por medio de la teoría de redes y el uso de métodos numéricos que permiten explicar la relación funcional entre las variables.

Desde este enfoque, los componentes infraestructurales y flujos del sistema de transporte se pueden representar por una red de arcos y nodos que refleja las relaciones funcionales y estructurales que existen entre los componentes del sistema.

La teoría de redes permite realizar la caracterización de un sistema de transporte en términos de jerarquización, morfología y conectividad, así como definir rutas o conjuntos de enlaces y nodos con alguna propiedad en particular (longitud mínima, flujo máximo, etc.), por medio de la utilización de métodos numéricos de optimización matemática.

En este capítulo y el siguiente se ha buscado determinar algunas de las principales características espaciales del transporte aéreo de carga doméstica en México. Para tal efecto, al analizar la información de los flujos de carga transportados entre las ciudades y localidades del territorio nacional, se recurre al uso de algunos conceptos de la teoría de redes y la geografía del transporte.

Uno de los objetivos que se persiguen al analizar espacialmente el sistema de transporte de carga por vía aérea, consiste en determinar el orden de importancia de las terminales y los enlaces (corredores) dentro de la red, así como su morfología, conectividad y la orientación general de los patrones de flujo. Un segundo objetivo, consiste en la determinación de la cobertura y extensión de los servicios de transporte aéreo, respecto a los principales centros de población y de actividades económicas en el país.

3.2 Principales fuentes de información para el estudio

La información básica que se utilizó en los análisis realizados en este capítulo y los subsecuentes, son los registros de tráfico de carga entre pares de ciudades que genera anualmente la Dirección General de Aeronáutica Civil, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Los datos fuente fueron obtenidos en medios magnéticos y procesados con un manejador de bases de datos, hasta lograr los resultados deseados con distintos niveles de agregación.

Otros datos que se utilizaron adicionalmente, fueron las coordenadas de localización geográfica de las terminales aéreas y aeropistas del país, proporcionadas por la Dirección General de Planeación, de la propia SCT, así como las coordenadas de localización de las localidades de la República Mexicana generadas por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática).

Los registros de la DGAC, con los que se contó en medios magnéticos, corresponden al año de 1999.

A manera de complemento a la información sobre la participación de las empresas en el subsector, que se presenta en el capítulo segundo, en el cuadro 3.1 se muestra la distribución por tipo de servicio y categoría de empresa de la carga doméstica transportada por vía aérea en 1999. Este cuadro es equivalente al cuadro 2.2 que se presenta en el capítulo segundo con información de 1998.

Comparando los datos que aparecen en ambos cuadros, no se encuentra variación significativa en las proporciones de participación de los diferentes tipos de servicio respecto al total. En lo que respecta a los montos absolutos, entre 1998 y 1999 se observa un incremento de 3,117 toneladas en los servicios regulares y 198 toneladas en los de fletamento, para hacer un incremento total de 3,315 toneladas entre los dos años.

Cuadro 3.1
Carga doméstica transportada por vía aérea en 1999.
Distribución por tipo de servicio y categoría de empresa.
Toneladas

Servicio	Empresas	Carga Doméstica	Porcentaje del subtotal	Porcentaje del total
Regular	Troncales	105,178	90.85%	89.03%
	Regionales	10,171	8.79%	8.61%
	Exclusivas de carga	417	0.36%	0.35%
	Subtotal Regular	115,766	100%	98.0%
Fletamento	Troncales	165	6.97%	0.14%
	Regionales	309	13.06%	0.26%
	Exclusivas de carga	285	12.05%	0.24%
	Exclusivas de fletamento	1,607	67.92%	1.36%
	Subtotal Fletamento	2,366	100%	2.0%
Total Doméstico		118,132		100%

Fuente: Elaboración propia con información tomada de: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Aeronáutica Civil. La Aviación Mexicana en Cifras 1993 - 1999. Septiembre de 2000. ISBN 958-803-346-4

Una aclaración importante, respecto a la información analizada en este capítulo, es que en el procesamiento únicamente se consideraron los movimientos que corresponden a los servicios regulares, sin incluir los de fletamento. Conviene señalar que la exclusión de estos datos facilitó notablemente el procesamiento de las voluminosas bases de datos e insistir en que no afecta significativamente los

resultados, puesto que los servicios de fletamento representan sólo el 2% del total de la carga transportada en 1999, como se puede verificar en el cuadro 3.1.

3.3 Enlaces origen – destino en los que se registraron flujos de carga doméstica y su distribución por sentido

Al procesar los registros de las operaciones realizadas en 1999, se encontró que los movimientos de transporte aéreo de carga doméstica se realizaron a través de un total de 254 enlaces origen – destino diferentes que interconectan un total de 62 terminales ubicadas en otras tantas ciudades o localidades del país.

El cuadro A1.1 del anexo 1 de este reporte, presenta el listado de los 254 arcos en los que se registró movimiento de carga, incluyéndose el volumen de carga transportado en el año para ambos sentidos, el volumen de carga total y la distancia en kilómetros entre el origen y el destino³⁸ de cada uno de los enlaces. Se tomó la decisión de presentar esta información en un anexo, debido a que el cuadro ocupa once páginas y hubiera sido inconveniente incluirlo en el cuerpo del capítulo.

Dado que en el cuadro los 254 enlaces están ordenados de manera descendente en función de la intensidad de flujo total que fue transportada en el año, en él es factible identificar los principales corredores de transporte aéreo de carga doméstica en el país. Sin embargo, en este momento no ahondaremos al respecto, debido a que ese punto será tratado detalladamente en una parte posterior del trabajo.

Un aspecto característico de las cadenas de transporte que se establecen entre un par origen – destino, y que en nuestro caso puede ser analizado a partir del cuadro A1.1, es la distribución por sentido del flujo de carga, también conocido como simetría direccional.

En general, respecto al grado de simetría direccional en un arco de transporte, se puede afirmar que la situación más conveniente para el transportista, o productor del servicio, es que exista la mayor simetría posible, esto es que los flujos sean aproximadamente iguales en ambos sentidos, ya que de esta manera se evitan viajes en vacío y el consiguiente sobre costo para las operaciones que se realizan con carga. Sin embargo, se debe señalar que en el caso del transporte aéreo mexicano, este punto no es especialmente delicado para la rentabilidad de las empresas productoras, sin querer decir que no es importante, debido a que la mayoría de la carga en el país se transporta como un servicio conjunto al servicio

³⁸ La longitud de los arcos fue calculada a partir de la localización geográfica de las terminales, utilizando el sistema de mapeo computarizado Arc View 3.2 de la empresa ESRI. Las distancias están medidas en línea recta sobre una proyección cónica conforme (Lambert) del territorio nacional.

sustantivo, que es el transporte de pasajeros, y, por lo tanto, no representa la fuente de ingresos determinante de la empresa.

Pero, no obstante lo anterior, los arcos con mejores condiciones de simetría direccional necesariamente plantean menores problemas operativos y mejores índices de rentabilidad asociados a la actividad específica del transporte de carga, aún que esta sea simplemente una actividad marginal para la empresa. Además, de algún modo, también indican el nivel de equilibrio de la balanza comercial regional y en consecuencia el grado de dependencia o especialización de las localidades respecto a las actividades económicas sustantivas de la región, pudiendo afirmarse que a mayor simetría direccional en las cadenas de transporte, existe un intercambio de mercancías más balanceado (al menos en volumen) y posiblemente una mayor amplitud en la diversificación de las actividades productivas.

En el caso del transporte aéreo de carga en México, hemos encontrado que en la gran mayoría de los enlaces la distribución de la carga por sentido es muy asimétrica, al grado tal que esta condición se puede considerar una característica destacable del sistema nacional de transporte de carga por vía aérea. Esto se puede comprobar en el cuadro A.2.1 del anexo 2, en donde se han ordenado los 254 enlaces en función de su grado de simetría direccional, comenzando con aquellos en que existe menor desequilibrio entre la carga que fluye en ambos sentidos.

En el cuadro A.2.1 se puede observar que del total de los 254 enlaces, únicamente alrededor de 10 tienen una distribución equilibrada, cercana al 50/50, destacando, entre ellos, por su importancia en términos del volumen de carga anual transportada, sólo los pares Tijuana – Guadalajara (6,440 ton), Tijuana – Del Bajío (1,750 ton), y México – Monterrey (9,300 ton).

También se puede notar que sólo 64 pares (25% del total) tienen una distribución menor o igual al 60/40, proporción que se podría establecer como el límite superior para considerar los flujos en ambos sentidos relativamente equilibrados, puesto que a partir de la relación 66.6/33.3 el flujo en un sentido es mayor al doble del otro.

En el cuadro se puede verificar que en 167 de los 254 enlaces (65.7%) el flujo en un sentido es mayor al doble que el flujo en el sentido inverso (66/33), en 125 arcos la proporción es mayor al triple (75/25) y en 98 enlaces, mayor al cuádruple (80/20). A partir de la relación 90/10, la desproporción alcanza valores muy altos (59 casos) llegándose al punto extremo de 27 arcos en los que la asimetría direccional fue del 100%, aunque es conveniente señalar que todos estos casos tienen intensidades de flujo muy pequeñas y por lo mismo no tienen mucha trascendencia en el sistema en función de su contribución a la movilidad.

Con la intención de identificar los casos más importantes de enlaces con una fuerte asimetría direccional, tomamos el criterio de clasificar bajo esta categoría aquellos que hubieran tenido un flujo anual de más de 1,000 toneladas de carga y cuya proporción entre la carga en un sentido y el otro sea superior a una relación 66.6/33.3 (el doble de flujo en el sentido dominante).

Los catorce casos³⁹ que se muestran en el cuadro 3.2 son los que cumplen con el doble criterio señalado en el párrafo anterior y que, en consecuencia, se pueden considerar los enlaces más importantes en la red con problemas de asimetría direccional.

Cuadro 3.2
Enlaces importantes en la red doméstica de transporte aéreo de carga que presentan una fuerte asimetría direccional.

Nº	Origen	Destino	Carga anual en el arco (toneladas)	Proporción de la carga del origen al destino
1	México	Hermosillo	1,986.8	67.0%
2	México	Culiacán	1,323.2	67.9%
3	México	Mazatlán	1,018.0	70.1%
4	México	Villahermosa	2,870.2	72.9%
5	México	Chihuahua	1,491.1	73.1%
6	México	Acapulco	1,998.1	76.2%
7	México	Cancún	6,329.8	76.3%
8	México	Mexicali	1,909.5	76.6%
9	México	Tuxtla Gutiérrez	1,124.0	80.7%
10	México	Tampico	1,072.9	82.4%
11	México	Veracruz	1,878.4	84.0%
12	México	Puerto Vallarta	1,834.0	84.2%
13	México	San José del Cabo	1,334.6	89.8%
14	México	Zihuatanejo	1,282.6	93.8%

Nota: Enlaces con intensidad de flujo anual mayor a 1,000 toneladas y en los que el flujo en el sentido dominante es más del doble que en el sentido opuesto.

En esta lista, es muy notorio que los catorce casos en su totalidad tengan como origen a la Ciudad de México, lo cual es una clara evidencia de la función de México como núcleo distribuidor de carga en el sistema.

También es notable que diez de los casos tengan como nodo receptor a una ciudad mediana localizada en las zonas costeras del país, tres en el Golfo de California (Hermosillo, Culiacán y San José del Cabo), cuatro en el océano Pacífico (Mazatlán, Puerto Vallarta, Zihuatanejo y Acapulco), dos en el Atlántico (Tampico y Veracruz) y una importante en el mar Caribe (Cancún), y que los cuatro restantes sean ciudades medias localizadas en los extremos geográficos del territorio nacional, dos en el norte (Mexicali y Chihuahua), y dos en el sureste (Tuxtla Gutiérrez y Villahermosa).

Es lógico pensar que en los catorce casos señalados en el cuadro 3.2 se pueden encontrar como características coincidentes, al menos tres factores en especial:

³⁹ Guadalajara – Mexicali quedó fuera de la lista por muy poco, debido a que en ese enlace se transportaron 951.2 toneladas, con 68.5% de la carga saliendo de Guadalajara.

- a) Una fuerte necesidad de abastecimiento ágil de ciertos bienes de consumo desde la Ciudad de México.
- b) Una relativa inaccesibilidad (por distancia, tiempo o costo) utilizando otros modos de transporte, especialmente el autotransporte.
- c) La notable ausencia de cargas locales susceptibles de transportarse por vía aérea, como exportaciones regionales hacia el centro del país.

Aunque estas tres características deben ser comunes para todos los casos, las razones que las generan no son las mismas. Por ejemplo, Cancún, Acapulco, Zihuatanejo, Mazatlán, Puerto Vallarta y San José del Cabo, tienen una clara coincidencia en su fuerte vocación y especialización en actividades turísticas, y en la ausencia relevante de otras actividades económicas que puedan generar carga de exportación regional hacia el centro del país. En estas ciudades también existe una fuerte necesidad de abastecimiento de bienes de consumo desde la Ciudad de México, fundamentalmente para atender a la industria hotelera, la gran cantidad de población flotante y la población local que se dedica a los servicios turísticos. Cancún, San José del Cabo y Zihuatanejo, adicionalmente tienen problemas de accesibilidad por carretera y especialmente por ferrocarril.

En los casos de Mexicali, Hermosillo, Culiacán, Chihuahua, Villahermosa y Tuxtla Gutiérrez, la coincidencia se encuentra en el hecho de que son la capital política de sus respectivas entidades federativas, con concentraciones relativamente importantes de población, actividades económicas mayormente terciarias y una relativa inaccesibilidad terrestre desde el centro del país, explicada básicamente por las grandes distancias que hay que recorrer.

Los últimos dos casos, Tampico y Veracruz, evidentemente coinciden en su localización en la zona costera del Golfo de México y posiblemente en la presencia de cierto nivel de actividades turísticas y también petroleras, sin embargo, ciertamente son casos difíciles de explicar en términos de los factores expuestos previamente, dado que ninguna de estas ciudades es de difícil acceso por vía terrestre desde la Ciudad de México, ni carece de una buena diversidad en el tipo de las actividades económicas locales, especialmente Veracruz, ciudad que adicionalmente se encuentra muy cerca de la Ciudad de México, conectada por una abundante infraestructura carretera y ferroviaria.

3.4 Terminales aéreas que registraron movimientos de carga doméstica en 1999

Como ya se mencionó, los 254 arcos encontrados al procesar los registros de movimientos de carga aérea doméstica en 1999, interconectan a un total de 62 terminales a lo largo del territorio nacional. El listado de estas 62 localidades se presenta en el cuadro 3.3.

En el cuadro mencionado, las terminales están ordenadas de manera descendente en función del total de la carga transportada y adicionalmente se presenta información sobre:

- a) El número de destinos en el sistema a los que se envió carga desde la terminal en cuestión.
- b) El volumen de carga que fue enviado a esos destinos.
- c) El número de orígenes en el sistema desde los que se recibió carga en la terminal en cuestión.
- d) El volumen de carga recibida desde esos orígenes.
- e) La suma de la carga enviada y recibida, que constituye el volumen total de carga manejado en la terminal.
- f) El valor acumulado de la proporción, respecto al total, de la carga manejada en cada terminal.

Adicionalmente, en el mapa 3.1 se muestra la localización geográfica, dentro del territorio de la República Mexicana, de las terminales que aparecen en el cuadro 3.3.

En este mapa se puede observar una relativa profusión de localidades en el país en las que se realizaron servicios aéreos de transporte de carga⁴⁰, de hecho, al ser 62 terminales, en promedio corresponden a un poco menos de dos terminales por entidad federativa, sin embargo, claramente se observa que no hay una distribución homogénea en todo el país, sino que hay una menor densidad en las entidades más cercanas al Distrito Federal. De hecho el Estado de México e Hidalgo son las únicas entidades en que no se registraron movimientos de carga doméstica y por el contrario, en las entidades más alejadas (con la notable excepción de Veracruz) del centro del país, se puede notar una densidad mayor, siendo el máximo cuatro terminales por entidad, densidad que corresponde a los estados de Baja California Sur, Tamaulipas, Veracruz, Oaxaca y Chiapas.

También es digno de observarse que 25 terminales están localizadas en ciudades costeras del país y que justamente la mitad, 31, están localizadas en una “orilla” del territorio nacional, ya sea en una frontera o en un litoral.

Finalmente, queremos hacer notar que las terminales con mayor movimiento de carga están localizadas en ciudades importantes del interior de la República, importantes ya sea por su población, por su función política o por su importancia turística, lo cual permite correlacionar la existencia de la mayoría de los servicios aéreos de carga con las actividades que típicamente se realizan en las zonas urbanas, esto es secundarias y terciarias.

Algunas pocas terminales están ubicadas en localidades de baja importancia, pero que por alguna razón especial, como su inaccesibilidad o su asociación logística con alguna actividad industrial en una ciudad importante, tienen algunos pequeños flujos de carga por vía aérea, buenos ejemplos de estos casos son Guerrero Negro, Loreto, Monclova, Piedras Negras, Ixtepec y Palenque.

⁴⁰ Más adelante se verá que muchas de estas terminales atienden volúmenes muy pequeños de carga, por lo cual no todas son importantes para definir la estructura espacial del sistema.

Cuadro 3.3**Terminales aéreas que atendieron carga doméstica en 1999
Jerarquización en función de la carga total transportada**

Nº	Terminal	Número de destinos	Carga enviada (ton)	Número de orígenes	Carga recibida (ton)	Carga Total (ton)	Participación acumulada
1	México	53	54,231.2	54	27,585.0	81,816.2	35.34%
2	Tijuana	27	14,134.4	25	15,863.0	29,997.4	48.29%
3	Guadalajara	30	10,321.9	32	10,117.8	20,439.6	57.12%
4	Monterrey	32	8,220.5	29	6,498.8	14,719.3	63.48%
5	Cancún	13	1,549.6	10	5,595.4	7,144.9	66.57%
6	Mérida	15	2,989.9	13	4,059.9	7,049.8	69.61%
7	Hermosillo	17	2,006.7	16	2,849.3	4,856.1	71.71%
8	Culiacán	15	1,579.3	16	2,163.5	3,742.8	73.32%
9	Del Bajío	14	1,658.1	13	1,903.8	3,561.9	74.86%
10	Cd. Juárez	10	1,319.1	10	2,104.2	3,423.2	76.34%
11	La Paz	11	1,400.7	11	1,949.2	3,349.9	77.79%
12	Villahermosa	9	907.6	8	2,293.4	3,200.9	79.17%
13	Mexicali	4	787.4	5	2,233.4	3,020.8	80.47%
14	Acapulco	10	880.1	10	2,089.3	2,969.3	81.76%
15	Chihuahua	11	840.7	11	1,804.4	2,645.2	82.90%
16	Morelia	9	1,034.2	12	1,460.1	2,494.2	83.98%
17	San José del Cabo	7	261.4	7	2,227.1	2,488.5	85.05%
18	Puerto Vallarta	12	431.6	9	2,039.8	2,471.4	86.12%
19	Mazatlán	13	1,299.5	12	1,077.1	2,376.6	87.15%
20	Veracruz	10	392.9	10	1,693.1	2,086.0	88.05%
21	Zacatecas	6	844.7	6	1,229.4	2,074.0	88.94%
22	Oaxaca	11	799.2	11	1,186.5	1,985.7	89.80%
23	Tapachula	7	728.5	7	1,049.6	1,778.1	90.57%

Cuadro 3.3 (continúa)
Terminales aéreas que atendieron carga doméstica en 1999
Jerarquización en función de la carga total transportada

Nº	Terminal	Número de destinos	Carga enviada (ton)	Número de orígenes	Carga recibida (ton)	Carga Total (ton)	Participación acumulada
24	Aguascalientes	7	734.7	7	1,017.9	1,752.6	91.33%
25	Tampico	5	323.2	4	1,178.4	1,501.6	91.97%
26	Torreón	10	601.4	11	849.6	1,451.0	92.60%
27	Zihuatanejo	4	82.3	3	1,210.8	1,293.1	93.16%
28	Tuxtla Gutiérrez	7	276.8	8	1,007.3	1,284.1	93.71%
29	Uruapan	5	525.0	5	644.7	1,169.7	94.22%
30	Cuernavaca	6	492.4	6	627.1	1,119.5	94.70%
31	Cd. Obregón	8	385.8	9	620.6	1,006.5	95.14%
32	Reynosa	2	341.5	2	627.4	968.9	95.56%
33	Cd. del Carmen	5	274.4	6	649.7	924.1	95.95%
34	Nuevo Laredo	2	476.6	2	331.0	807.6	96.30%
35	Minatitlán	2	101.2	2	700.8	802.0	96.65%
36	Matamoros	2	416.2	2	289.3	705.5	96.95%
37	Los Mochis	7	319.4	9	378.2	697.6	97.26%
38	Huatulco	3	112.2	3	534.3	646.5	97.54%
39	Manzanillo	3	254.9	2	302.9	557.8	97.78%
40	Cozumel	3	161.0	3	337.9	498.9	97.99%
41	Durango	8	80.6	8	415.6	496.2	98.21%
42	Campeche	1	115.7	3	356.5	472.2	98.41%
43	Chetumal	2	56.8	5	393.3	450.0	98.60%
44	San Luis Potosí	5	123.9	5	323.7	447.6	98.80%
45	Saltillo	4	124.5	4	311.7	436.2	98.99%
46	Puebla	5	152.0	4	227.3	379.3	99.15%

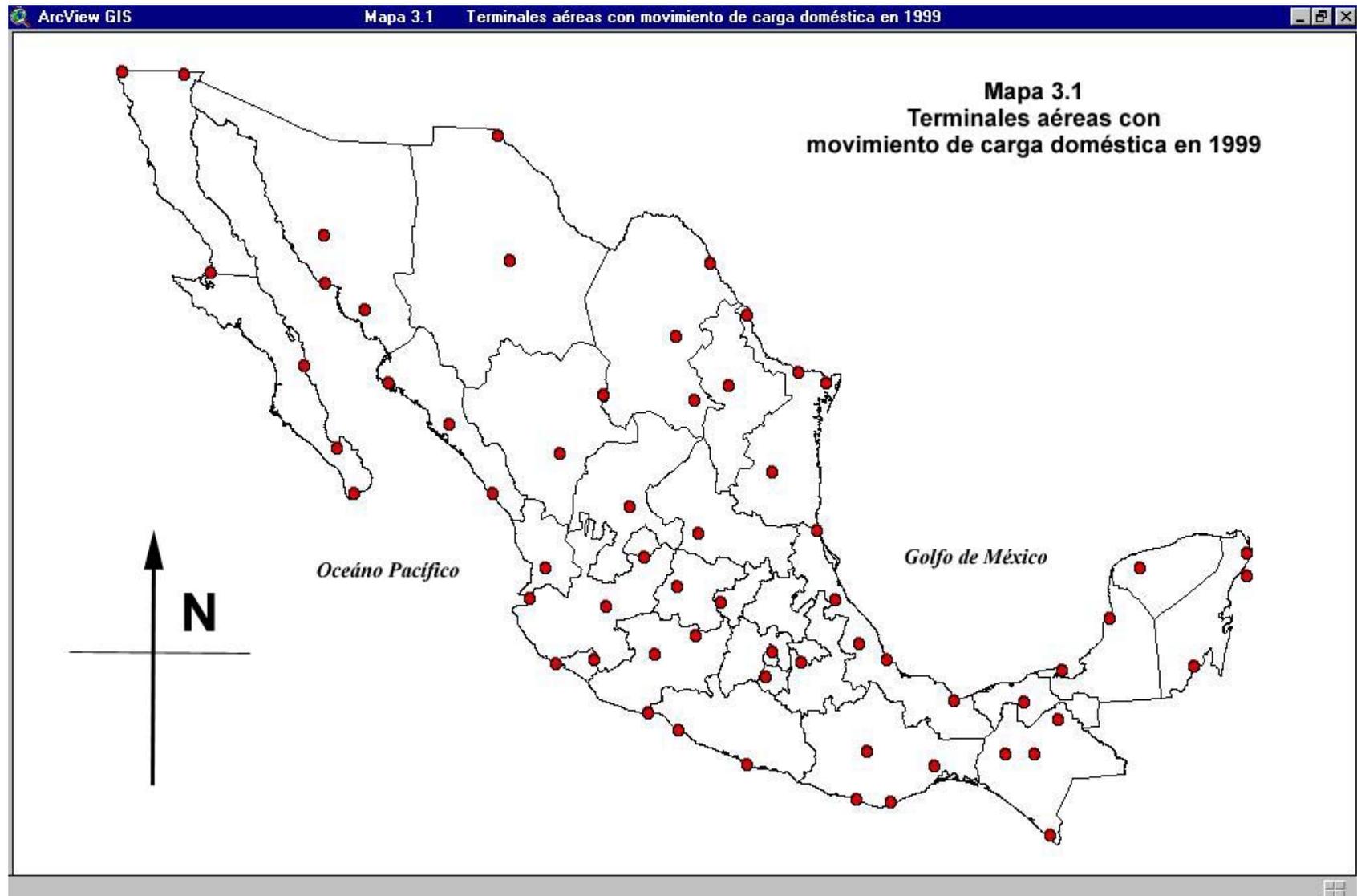
Cuadro 3.3 (final)

**Terminales aéreas que atendieron carga doméstica en 1999
Jerarquización en función de la carga total transportada**

Nº	Terminal	Número de destinos	Carga enviada (ton)	Número de orígenes	Carga recibida (ton)	Carga Total (ton)	Participación acumulada
47	Guaymas	2	235.3	3	121.5	356.8	99.31%
48	Cd. Victoria	1	46.9	1	245.4	292.3	99.43%
49	Lázaro Cárdenas	1	29.0	1	245.8	274.8	99.55%
50	Querétaro	4	105.1	4	139.2	244.3	99.66%
51	Ixtepec	1	29.6	2	146.5	176.1	99.73%
52	Poza Rica	3	14.6	5	118.1	132.7	99.79%
53	Colima	1	19.3	2	74.0	93.3	99.83%
54	Monclova	2	42.9	1	37.3	80.2	99.86%
55	Loreto	2	23.2	2	50.7	73.8	99.90%
56	Puerto Escondido	3	12.5	3	51.1	63.7	99.92%
57	Piedras Negras	2	22.0	3	36.8	58.7	99.95%
58	Guerrero Negro	1	19.1	1	24.4	43.6	99.97%
59	Jalapa	1	2.5	1	35.4	37.9	99.98%
60	Tepic	2	10.0	2	19.2	29.2	99.99%
61	San Cristóbal de Las Casas	2	0.2	1	6.0	6.1	100.00%
62	Palenque	0	0.0	1	0.028	0.028	100.00%

Notas:

- 1 Cálculo y elaboración propios, con base en los registros digitalizados de las operaciones de transporte aéreo de carga en México, para el año de 1999, de la Dirección General de Aeronáutica Civil, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- 2 La columna "Participación acumulada" se calculó sumando sucesivamente la participación relativa, en porcentaje, del total de la carga en cada terminal, contra el total de carga transportada.



Fuente: Elaboración propia con apoyo de la Unidad de Sistemas de Información Espacial del IMT.

La información mostrada en el cuadro 3.3 permite comenzar a establecer un patrón de jerarquización de las terminales en función de su importancia cuantitativa en el sistema nacional de transporte aéreo de carga doméstica. Los dos elementos fundamentales que se pueden tomar como punto de partida para aplicar este criterio son el volumen total de carga atendida en la terminal y el número de terminales que son enlazadas desde cada uno de los nodos en la red.

Con base en estos dos criterios, la Ciudad de México ocupa el primer lugar indiscutible, no sólo en comparación con las terminales más pequeñas, a las que supera de manera exagerada, sino incluso contra las terminales que le siguen en importancia, que son Tijuana, Guadalajara y Monterrey.

Con sus 81,816.2 toneladas atendidas en 1999, la terminal de México movió casi el triple de carga que Tijuana, el cuádruple que Guadalajara y cerca de seis veces la de Monterrey, constituyéndose en el centro más importante en el nivel nacional.

En 1999, la terminal de la Ciudad de México recibió carga desde 54 orígenes diferentes y envió carga hacia 53 destinos en la red. Sí se considera que el número total de posibles orígenes o destinos es de 62, fácilmente se puede calcular que su índice de conectividad es mayor al 85% en ambos sentidos, lo cual significa que tuvo relación casi con todas las terminales que manejaron carga por vía aérea en el país.

Las otras tres terminales importantes en el nivel nacional son Tijuana, Guadalajara y Monterrey, en este mismo orden, y no sólo por el manejo de carga, sino también en función de su conectividad, que ronda alrededor del 50% respecto al total de los nodos en el sistema.

Después de este segundo nivel jerárquico, vienen en tercer lugar las dos ciudades más importantes de la península de Yucatán, Mérida y Cancún, que atienden alrededor de 7,000 toneladas anuales de carga entre un promedio de 12 orígenes y destinos diferentes. En el cuarto y último nivel jerárquico importante, aparecen una decena de ciudades medias que mueven entre 2,000 y 5,000 toneladas con una conectividad cercana al 15% (10 terminales). Las restantes terminales mueven volúmenes pequeños de carga y tienen una conectividad cada vez menor, debido a que dependen casi por completo de unas cuantas conexiones, especialmente hacia la Ciudad de México.

A partir de los datos de los volúmenes de carga que fue enviada y recibida en la Ciudad de México, se puede confirmar, con estos datos agregados, la conclusión a la que se llega en el numeral anterior del capítulo, en el sentido de que la principal función de la Ciudad de México dentro del sistema, es más de distribución que de acopio, dado que 66.3% del total de la carga manejada en la terminal, fueron movimientos hacia su exterior.

Esta característica es compartida con la Ciudad de México, sólo por otras cinco terminales en el país (Guaymas, Nuevo Laredo, Matamoros, Monterrey y Mazatlán), de las cuales destaca, por el volumen de carga manejado, solamente Monterrey. Esto se puede verificar en el cuadro A3.1 del anexo 3, donde se muestra el listado de las 62 terminales en el país, ordenadas de mayor a menor en

función de la simetría direccional entre los volúmenes de carga que entraron y salieron del nodo en el año 1999.

En este cuadro se observa que sólo las siete terminales (11.3% del total) señaladas previamente, tienen una asimetría a favor de la carga que se expide, otras seis (9.7% del total) tienen una distribución aproximadamente simétrica y las restantes 49 (79%) son estaciones receptoras de carga, destacando por su importancia en términos de la carga manejada (más de 33/67 y 2,000 toneladas) los ocho casos que se muestran en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4

Terminales aéreas en el país con un flujo anual de carga doméstica mayor a 2,000 toneladas y que presentan una marcada asimetría direccional

Terminal Aérea	Asimetría direccional de los flujos de carga	Carga anual atendida (toneladas)
Chihuahua	32/68	2,645.2
Acapulco	30/70	2,969.3
Villahermosa	28/72	3,200.9
Mexicali	26/74	3,020.8
Cancún	22/78	7,144.9
Veracruz	19/81	2,086.0
Puerto Vallarta	17/83	2,471.4
San José del Cabo	11/89	2,488.5

El análisis de la distribución direccional de la carga en las terminales aéreas (agregando los valores de todos los enlaces que les convergen), confirma plenamente las conclusiones que se obtuvieron al analizar la simetría direccional en los enlaces de la red en el numeral anterior de este capítulo, tanto en la identificación de nodos con problemas de asimetría en los flujos de carga, como en la característica generalizada en el sistema de que la mayoría de las terminales funcionan más como centros receptores de carga, dependientes de unos cuantos nodos distribuidores en el sistema, que como fuentes generadoras.

3.5 Jerarquización estructural de las terminales aéreas utilizando el método de Nyusten y Dacey

Un aspecto destacado del análisis espacial de los sistemas de transporte es el conocimiento de la estructura de las relaciones jerárquicas que se establecen entre las terminales o nodos de la red.

La cuantificación de la carga manejada en cada uno de los nodos brinda elementos para determinar la importancia relativa de las terminales en términos de

su intensidad de uso, pero no aporta información respecto a las relaciones espaciales y funcionales que se establecen en el sistema.

Un método que permite establecer una estructura de relaciones entre los nodos de un sistema de transporte fue propuesto a principios de los años sesenta por los geógrafos norteamericanos John David Nyusten y Michael Francis Dacey⁴¹.

El método de Nyusten y Dacey se basa en el concepto de “flujo dominante” (Rabino y Occelli; 1996), para establecer tres categorías funcionales entre los nodos de una red, con base en la intensidad de las relaciones que existen entre ellos, clasificándolos en: dominantes, subdominantes y dependientes.

El criterio de clasificación es el siguiente (adaptado de Taafe, Gauthier y O’Kelly; 1996):

- a) Nodo o centro dominante es aquel cuyo enlace más importante lo conecta con un nodo de menor tamaño.
- b) Nodo dependiente (o dominado, o periférico) es aquel cuyo enlace más importante lo conecta con un nodo de mayor tamaño.
- c) Nodo o centro subdominante es aquel cuyo enlace más importante lo conecta con un nodo de mayor tamaño y que está conectado con, al menos, un nodo de menor tamaño por medio del enlace más importante de éste.

Cabe señalar que el método de Nyusten y Dacey al jerarquizar los nodos de una red por medio de los enlaces dominantes, formalmente construye una subred de tipo arbóreo⁴² en la que los centros dominantes forman los núcleos a los que convergen los arcos que conectan a los nodos periféricos.

En el caso de la red de transporte aéreo de carga doméstica, la importancia de los enlaces se ha determinado en función de la intensidad de flujo de carga anual y el tamaño de las terminales en función del volumen anual total de carga atendido.

Aplicando el método de Nyusten y Dacey hemos encontrado que en nuestro caso la red está estructurada espacialmente con base en un sólo centro o núcleo dominante, cinco centros subdominantes y 56 nodos dependientes.

El núcleo dominante del transporte aéreo de carga en México es indiscutiblemente la Ciudad de México, puesto que su conexión más importante la enlaza con Tijuana, que es una terminal de menor tamaño.

Los cinco centros subdominantes encontrados fueron, en orden de importancia por el número de sus nodos dependientes, Tijuana, Monterrey, La Paz, Hermosillo y

⁴¹ Nyusten y Dacey obtuvieron su doctorado en el Departamento de Geografía de la Universidad de Washington a finales de los años cincuenta y en 1961 publicaron el artículo: “A graph theory interpretation of nodal regions” (Nyusten y Dacey; 1961) en el cual plantearon el método al que hacemos referencia en este trabajo.

⁴² En teoría de redes, se llama árbol a una red conexa (todos los nodos de la red están unidos por al menos una cadena) con n nodos y $n-1$ arcos en la que no existen enlaces redundantes y por lo cual la cadena que enlaza dos nodos cualesquiera es única, sin que exista la posibilidad de hacer triangulaciones.

Cancún. Aunque es muy conveniente señalar que el caso de Cancún es verdaderamente irrelevante, porque el volumen de carga que se envía a su único nodo periférico (Palenque) es insignificante (28 kg), sin embargo, se incluye en el reporte con el afán de presentar completos los resultados encontrados.

Todos estos centros subdominantes tienen su enlace principal hacia la Ciudad de México (siendo, por tanto, directamente dependientes), al igual que las restantes 40 terminales que no dependen directamente de alguno de ellos. Por lo anterior, 45 terminales (73.7% del total) dependen de manera directa de la Ciudad de México y las restantes de manera indirecta.

No deja de ser sorprendente que la Ciudad de Guadalajara no haya resultado un centro subdominante dentro del sistema, considerando el volumen de carga que maneja anualmente y que, después de la Ciudad de México, es el nodo dentro de la red con mayor conectividad. Sin embargo, la potencia gravitacional de la Ciudad de México redujo la función de Guadalajara a la menor categoría en términos de jerarquía estructural.

El caso de Guadalajara nos invita a puntualizar que el método de Nyusten y Dacey es un criterio de categorización que permite estructurar jerárquicamente los nodos de una red únicamente desde el punto de vista funcional y no en términos de su importancia cuantitativa, pues desde el punto de vista del volumen de carga y la conectividad en la red, es claro que Guadalajara es más importante que todos los llamados centros subdominantes, excepto Tijuana.

La ciudad de Tijuana resultó ser el núcleo dominante de casi todas las terminales localizadas en la región del Bajío y su prolongación cercana hacía el occidente del país. Las ciudades cuyo flujo de intercambio principal se estableció con Tijuana, y por lo tanto se consideran dominadas por este núcleo, fueron: Zacatecas, Aguascalientes, Del Bajío, Morelia, Uruapan, Tepic y, fuera de esta región, únicamente Cuernavaca. Una característica interesante en el subsistema Tijuana es que para todos los nodos, excepto Aguascalientes, el sentido más importante en el flujo dominante es del centro hacia la periferia, lo cual significa que la función principal de Tijuana es más como distribuidor que como concentrador.

Con relación al subsistema Tijuana, el caso Guadalajara de nuevo merece un comentario especial, debido a que el volumen de carga que intercambia con este subcentro es muy importante y no mucho menor que el correspondiente a la Ciudad de México⁴³, lo cual abre la posibilidad de que en el futuro Guadalajara pudiera cambiar su núcleo de dominancia de México a Tijuana⁴⁴.

El segundo subcentro dominante, en orden de importancia, es la ciudad de Monterrey, a la cual resultaron integrados los nodos en Monclova, Piedras Negras,

⁴³ Ver el anexo 1.

⁴⁴ Extendiendo el comentario, es muy posible que existan otros nodos que actualmente dependen de México y que en el futuro puedan registrar una modificación respecto a su centro de dominancia, especialmente respecto a Tijuana o a la misma Guadalajara.

San Luis Potosí, Querétaro y Puebla, aunque cabe señalar que todos estos enlaces tienen intensidades de flujo más bien modestas.

El subsistema Monterrey tiene un claro perfil industrial en su composición, al integrar una serie de nodos caracterizados por la presencia de actividades económicas secundarias y localizados geográficamente alrededor del núcleo central en la porción nororiental del país. En este subsistema también el sentido de los flujos dominantes es del centro hacia la periferia.

El tercer subsistema está formado con la ciudad de La Paz como centro dominante y las ciudades de Guaymas y Loreto como nodos periféricos. En este caso, es claro que la estrecha relación, que se manifiesta a través de flujos aéreos de mercancías, se establece como consecuencia de la fuerte inaccesibilidad terrestre de La Paz y Loreto, resultado de su localización en el extremo sur de la península de la Baja California. Bajo este orden de ideas es perfectamente lógico el hecho de que en este caso el sentido de los flujos dominantes sea de Guaymas a La Paz, como alimentador, y de La Paz a Loreto, como distribuidor. Cabe recordar que La Paz es un centro subdominante porque su principal flujo de abastecimiento proviene de la Ciudad de México, complementado, sin embargo, desde las ciudades continentales en la costa de Sinaloa y Sonora. Lo que no deja de resultar curioso es que en este caso, de manera similar a Tijuana, el núcleo del subsistema esté localizado en la zona más alejada del centro, lo cual es debido a la diferencia de tamaños e importancia (en términos de población y organización político territorial) entre Guaymas y La Paz.

El cuarto y último subsistema (importante) dentro de la red, está formado por la Ciudad de Hermosillo, como centro, y Guerrero Negro, Baja California Sur, como único nodo periférico. Este caso es relevante, a pesar de que el flujo de carga entre los nodos es minúsculo, únicamente por el hecho de que la alejada y aislada localidad de Guerrero Negro está conectada a la red exclusivamente desde su centro dominante localizado en la zona continental.

El resumen de la categorización y las relaciones presentadas en esta sección se presenta en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5
Jerarquización estructural de las terminales aéreas por el
método de Nystuen y Dacey

Nº	Nodo	Tipo de Nodo	Centro dominante	Relación con el nodo dominante
1	Acapulco	Dependiente	México	Receptor
2	Aguascalientes	Dependiente	Tijuana	Emisor
3	Campeche	Dependiente	México	Receptor
4	Cancún	Subdominante	México	Receptor
5	Cd. del Carmen	Dependiente	México	Receptor
6	Cd. Juárez	Dependiente	México	Receptor
7	Cd. Obregón	Dependiente	México	Receptor
8	Cd. Victoria	Dependiente	México	Receptor
9	Colima	Dependiente	México	Receptor
10	Cozumel	Dependiente	México	Receptor
11	Cuernavaca	Dependiente	Tijuana	Receptor
12	Culiacán	Dependiente	México	Receptor
13	Chetumal	Dependiente	México	Receptor
14	Chihuahua	Dependiente	México	Receptor
15	Del Bajío	Dependiente	Tijuana	Receptor
16	Durango	Dependiente	México	Receptor
17	Guadalajara	Dependiente	México	Receptor
18	Guaymas	Dependiente	La Paz	Emisor
19	Guerrero Negro	Dependiente	Hermosillo	Receptor
20	Hermosillo	Subdominante	México	Receptor
21	Huatulco	Dependiente	México	Receptor
22	Ixtepec	Dependiente	México	Receptor
23	Jalapa	Dependiente	México	Receptor
24	La Paz	Subdominante	México	Receptor
25	Lázaro Cárdenas	Dependiente	México	Receptor
26	Loreto	Dependiente	La Paz	Receptor
27	Los Mochis	Dependiente	México	Receptor
28	Manzanillo	Dependiente	México	Receptor
29	Matamoros	Dependiente	México	Emisor
30	Mazatlán	Dependiente	México	Receptor
31	Mérida	Dependiente	México	Receptor
32	Mexicali	Dependiente	México	Receptor
33	México	Dominante		
34	Minatitlán	Dependiente	México	Receptor
35	Monclova	Dependiente	Monterrey	Receptor
36	Monterrey	Subdominante	México	Receptor
37	Morelia	Dependiente	Tijuana	Receptor
38	Nuevo Laredo	Dependiente	México	Emisor
39	Oaxaca	Dependiente	México	Receptor

Cuadro 3.5 (Continuación)
Jerarquización estructural de las terminales aéreas por el
método de Nystuen y Dacey

Nº	Nodo	Tipo de Nodo	Centro dominante	Relación con el nodo dominante
40	Palenque	Dependiente	Cancún	Receptor
41	Piedras Negras	Dependiente	Monterrey	Receptor
42	Poza Rica	Dependiente	México	Receptor
43	Puebla	Dependiente	Monterrey	Receptor
44	Puerto Escondido	Dependiente	México	Receptor
45	Puerto Vallarta	Dependiente	México	Receptor
46	Querétaro	Dependiente	Monterrey	Receptor
47	Reynosa	Dependiente	México	Receptor
48	Saltillo	Dependiente	México	Receptor
49	San Cristóbal Las Casas	Dependiente	México	Receptor
50	San José del Cabo	Dependiente	México	Receptor
51	San Luis Potosí	Dependiente	Monterrey	Receptor
52	Tampico	Dependiente	México	Receptor
53	Tapachula	Dependiente	México	Receptor
54	Tepic	Dependiente	Tijuana	Receptor
55	Tijuana	Subdominante	México	Receptor
56	Torreón	Dependiente	México	Receptor
57	Tuxtla Gutiérrez	Dependiente	México	Receptor
58	Uruapan	Dependiente	Tijuana	Receptor
59	Veracruz	Dependiente	México	Receptor
60	Villahermosa	Dependiente	México	Receptor
61	Zacatecas	Dependiente	Tijuana	Receptor
62	Zihuatanejo	Dependiente	México	Receptor

Fuente: Análisis propio.

3.6 Jerarquización de los enlaces en el sistema utilizando la curva de Pareto

Mediante un análisis de la estadística descriptiva de los datos que se presentan en el cuadro A1.1, se encontró que el rango de variación de los valores de la carga transportada en cada uno de los enlaces en el sistema es muy grande, teniéndose casos que van desde unos cuantos kilogramos al año, contra otros en los que se transportaron más de diez mil toneladas en el mismo periodo.

En el cuadro 3.6 se presentan los principales indicadores estadísticos para el conjunto de datos de la carga transportada en los 254 enlaces en el sistema.

Una de las primeras características que resultan evidentes al analizar los datos del cuadro A1.1 es que la gran mayoría de los enlaces tuvieron intensidades de flujo

muy pequeñas⁴⁵, lo cual hace que el valor medio de la carga transportada sea tan sólo un poco mayor a las cuatrocientas toneladas anuales, no obstante que en el sistema existe un arco en el que se atendieron más de once mil toneladas en el mismo periodo.

Cuadro 3.6

Indicadores estadísticos de la carga transportada en los 254 arcos de la red de transporte aéreo doméstico de carga en 1999
Datos de carga en toneladas

Indicador estadístico	Valor numérico
Media	455.64
Desviación estándar	1,294.71
Varianza de la muestra	1,676,286.53
Curtosis	34.66
Coefficiente de asimetría	5.54
Rango	11,029.755
Mínimo	0.001
Máximo	11,029.756
Suma	115,732.82
Número de datos	254

Fuente: Calculado en Microsoft Excel con base en los datos del anexo 1

Por su parte, la desviación estándar resulta mayor al valor numérico de la media y refleja el grado de dispersión de los datos respecto a la misma, confirmada por la amplitud del rango.

Los valores altos de la curtosis y el coeficiente de asimetría⁴⁶, señalan que la distribución de los datos está sesgada hacia los datos inferiores a la media (hacia la izquierda) y altamente concentrada en unos pocos intervalos, lo cual, en términos estadísticos, implica que la curva de la distribución es poco parecida a la curva de la distribución normal o Gaussiana, siendo positivamente asimétrica y leptocúrtica⁴⁷.

De lo anterior se concluye que los datos con intensidades de flujo pequeñas son mucho más abundantes en la población, que aquellos que tienen grandes intensidades de flujo de carga, lo cual hace que su histograma esté cargado hacia la izquierda y que presente un pico importante en esas categorías.

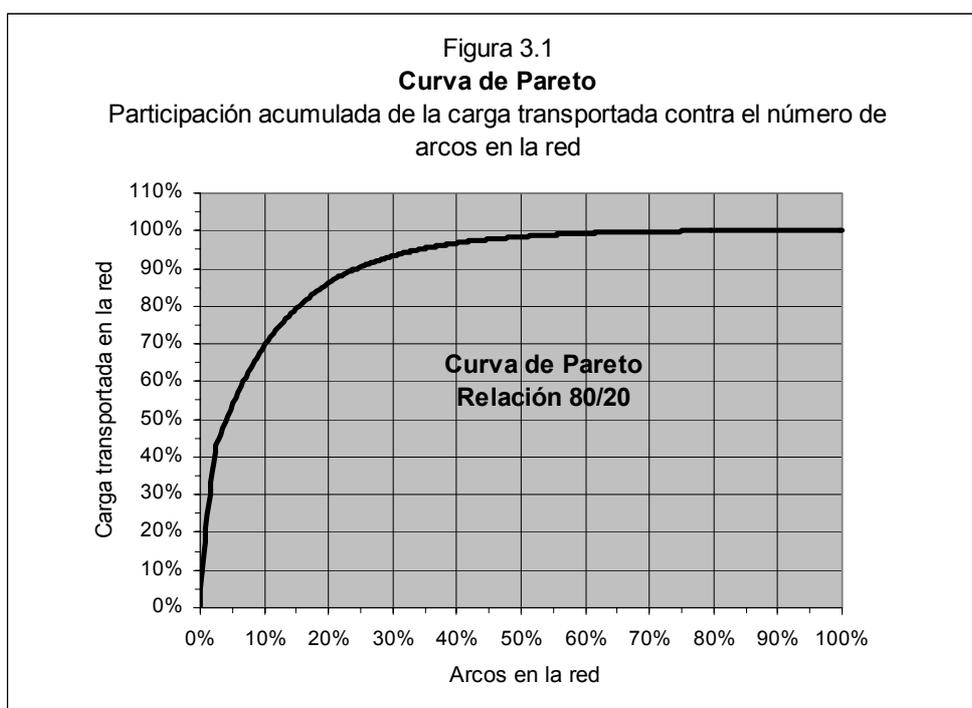
⁴⁵ 71.7% de los arcos tuvieron una intensidad de flujo anual menor o igual a las 500 toneladas.

⁴⁶ En el anexo 4 se presenta la definición y las fórmulas con que se calculan los indicadores estadísticos incluidos en el cuadro 3.2.

⁴⁷ Ver el anexo 4.

Sin embargo, es interesante señalar que no obstante su abundancia numérica (como datos en la población analizada), los enlaces con volúmenes pequeños de carga tienen una participación mínima en el total de la carga transportada en el sistema, lo cual crea algunos problemas cuando se pretende identificar los grandes patrones de movilidad, ya que sólo algunos enlaces resultan verdaderamente significativos en este sentido.

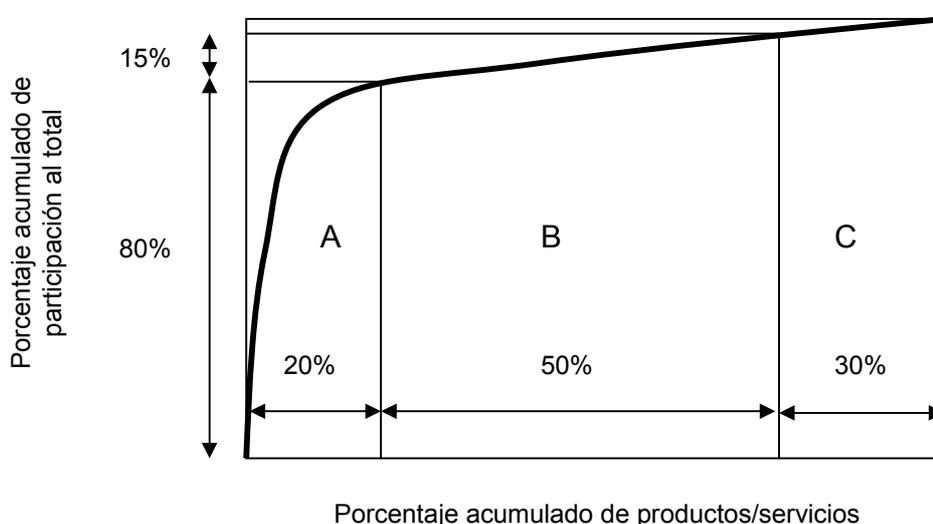
Ante la notable heterogeneidad en las características de los enlaces en el sistema y en su contribución a los grandes patrones de movilidad, se hizo necesario utilizar algún procedimiento para distinguir, del conjunto total de los arcos, algunos subconjuntos que tuvieran un mayor nivel de homogeneidad y que a la vez permitiera realizar una jerarquización de los mismos, en función de su importancia para la definición del esquema de movilidad de mercancías por vía aérea en el país.



Con el objetivo de proceder a su clasificación, los 254 arcos fueron ordenados de mayor a menor, en función de la carga total que circuló por ellos, calculando la participación porcentual acumulada de cada uno respecto al total, misma que aparece en la última columna del cuadro A1.1 en el anexo 1, y en la que se puede observar que con un número relativamente pequeño de arcos, se van alcanzando valores altos del total de la carga transportada en la red, lo cual indica claramente que existe un alto grado de concentración de la actividad en estos enlaces, mismos que constituyen los corredores principales en el sistema. La figura 3.1 muestra en forma gráfica el comportamiento referido.

La curva que aparece en la figura 3.1 asume una forma muy característica, conocida como curva de Pareto en honor del economista e ingeniero italiano Wifredo Pareto, quien a finales del siglo XIX encontró que la distribución del ingreso entre la población tiende a comportarse de manera muy similar en muchos países y aún en diferentes épocas, guardando una relación aproximadamente constante alrededor de los valores 80/20, donde el 80% del ingreso suele concentrarse alrededor del 20% de la población, y viceversa.

Figura 3.2
Sistema de clasificación ABC
Regla 80/20 o de Pareto

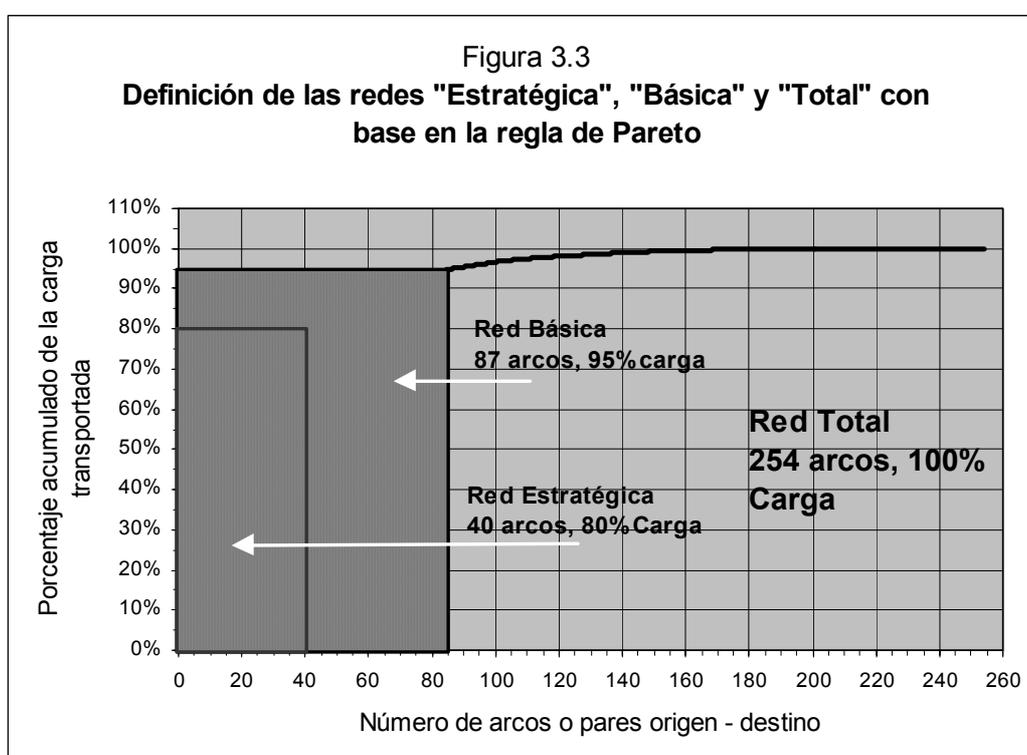


En otras investigaciones se ha encontrado que la relación 80/20 es característica de una gran cantidad de fenómenos económicos, y sociales⁴⁸, y que incluso es utilizada como criterio de clasificación para la toma de decisiones en algunos procesos de ingeniería y análisis logístico⁴⁹, llamándosele “técnica de clasificación ABC” (Cristopher, 1994; Ballou, 1992), y por medio de la cual se realiza un proceso de discriminación o clasificación entre grupos de objetos o servicios relativamente heterogéneos, con objeto de lograr crear tres subgrupos con características internas más homogéneas.

⁴⁸ Para un ejemplo relacionado con la industria del autotransporte de carga en México, ver la Publicación Técnica 100, del Instituto Mexicano del Transporte.

⁴⁹ En muchos casos de gestión de la ingeniería se hace necesario diferenciar de entre un amplia gama de objetos o servicios, aquellos que revisten mayor importancia y los que son relativamente irrelevantes. Normalmente la intención de la clasificación es aplicar de manera racional los recursos disponibles, aunque una segunda intención, más cercana a la que buscamos en nuestro caso, suele ser la de identificar grupos de objetos que tienen un conjunto de características más homogéneo, y entonces formar grupos diferenciados para otorgarles tratamientos distintos, más acordes con sus características particulares.

La técnica se puede aplicar cuando el fenómeno en estudio tiene una distribución de frecuencias acumuladas que se aproxima a la curva Pareto clásica. En esos casos, es factible identificar tres grupos distintos de objetos que tienen niveles descendientes de importancia respecto al fenómeno en su conjunto y que corresponden a tres áreas específicas bajo la curva de Pareto. Al primer grupo se le denomina "grupo A" y se forma con el 20% de los casos, mismos que suelen acumular alrededor del 80% de la participación respecto al total. El segundo grupo, denominado "grupo B" se forma con el siguiente 50% de los casos, que acumulan hasta el 95% de participación al total. El tercer y último grupo, llamado "grupo C", se forma con el restante 30% de los datos, que normalmente corresponde al restante 5% de participación al total. La figura 3.2 muestra gráficamente la formación general de los grupos ABC a partir de la curva de Pareto.



En el caso del transporte aéreo de carga, con base en la figura 3.1 y los datos que se muestran en el anexo 1, hemos podido confirmar que la distribución acumulada de la carga transportada en el sistema, contra la distribución acumulada de los arcos en la red, sigue de manera suficientemente cercana la curva de Pareto, con las dos intersecciones típicas en los pares (80.5% -- 15.7%) y (95.0% -- 34.2%), justificándose la utilización de la técnica "ABC" para realizar el agrupamiento y clasificación de los arcos en la red.

Aplicando la técnica de clasificación “ABC”, el primer conjunto de arcos, o grupo “A”, está formado por 40 pares origen – destino, que representan el 15.74% de los arcos y que acumulan el 80.5% del total de la carga transportada en el sistema. El segundo conjunto, o grupo “B”, está formado por los siguientes 47 arcos, que representan el siguiente 18.5% de los arcos y que participan con el 14.5% de la carga, alcanzando con ello el 95.04% del total. El tercer y último conjunto de arcos es el más numeroso, pero menos participativo, pues está formado por los restantes 167 arcos (65.74% del total), pero que atienden tan sólo el 4.96% de la carga en el sistema.

3.7 Definición de las redes total, básica y estratégica

Con base en los tres grupos de enlaces clasificados utilizando la técnica “ABC” y la curva de Pareto, en este estudio hemos definido tres subredes de trabajo. A la primera se le ha denominado “Red Estratégica” y está formada por los 40 arcos del grupo “A” y las 32 terminales que estos arcos interconectan. La segunda subred se ha denominado “Red Básica” y está formada por los 87 arcos que constituyen los grupos “A” y “B” y las 50 terminales que resultan interconectadas por ellos. Finalmente, se ha llamado “Red Total” al conjunto de los 254 arcos y las 62 terminales en los que se presentó algún movimiento de carga, por pequeño que fuera. La figura 3.3 muestra gráficamente la relación entre las tres subredes mencionadas.

Como se podrá confirmar en los puntos subsecuentes del reporte, la división de la red en las tres categorías señaladas, ha resultado muy conveniente para el análisis de la movilidad, para la presentación y manejo de la información y para la calibración de los modelos de generación, atracción y distribución de carga, que se presentan en uno de los capítulos siguientes.

En el cuadro 3.7 se muestran algunos de los indicadores estadísticos más relevantes para las tres subredes definidas.

En este cuadro se puede notar que, para los valores que corresponden a las tres redes, las diferencias más notables se encuentran en la carga promedio transportada anualmente en cada uno de los arcos, en la curtosis, el coeficiente de asimetría de la distribución de los datos y en el valor mínimo de la carga transportada en los arcos de la red.

La carga media y el valor mínimo de los datos crecen notablemente en el caso de la red estratégica y, en un comportamiento opuesto, la curtosis y el coeficiente de asimetría disminuyen.

Los valores positivos de la curtosis y el coeficiente de asimetría señalan que la forma general de la curva de distribución de los datos sigue siendo similar para las tres redes: sesgada hacia la izquierda de la media y concentrada en los intervalos que corresponden a las marcas de clase más pequeñas, esto es, positivamente asimétricas y leptocúrticas, sin embargo, el grado de curtosis y asimetría es mucho menor para las redes estratégica y básica que para la red total, lo cual

indica que los datos son menos heterogéneos y con una curva de distribución más cercana a la normal.

Cuadro 3.7
Principales indicadores estadísticos de las redes Estratégica, Básica y Total, de transporte doméstico de carga aérea en México.

	Red Estratégica	Red Básica	Red Total
Arcos	40	87	254
Nodos	32	50	62
Porcentaje de carga transportada en la red respecto al total	80.56%	95.04%	100%
Carga media anual por arco (toneladas)	2,330.85	1,264.32	455.64
Desviación estándar de la carga en los arcos (toneladas)	2,541.26	1,980.36	1,294.71
Curtosis de la distribución de los datos de carga en los arcos	4.08	11.31	34.66
Coficiente de asimetría de la distribución de los datos de carga en los arcos	2.22	3.32	5.54
Rango de los datos de carga en los arcos (toneladas)	10,290.89	10,860.76	11,029.76
Mínimo de los datos de carga en los arcos (toneladas)	738.87	168.99	0.001
Máximo de los datos de carga en los arcos (toneladas)	11,029.76	11,029.76	11,029.76
Suma de los datos de carga en los arcos (toneladas)	93,233.91	109,995.50	115,732.82

Fuente: Calculado en Microsoft Excel con base en los datos del anexo 1

3.8 Distancia promedio de viaje en el transporte aéreo de carga doméstica.

Una característica operativa que resulta interesante conocer de un sistema de transporte, es la longitud promedio de los desplazamientos que se realizan en su interior, o distancia promedio de viaje.

En el Manual Estadístico del Sector Transporte, que publica anualmente el IMT, la sección 4 se refiere al movimiento y tráfico doméstico de carga en México. En esta sección, en el cuadro 4.1.2 se reporta que las distancias promedio de los viajes de

transporte de carga para el año de 1997, fueron de 402 km para el autotransporte, 688 km para el modo ferroviario, 631 km para el marítimo y de 862 km para el transporte aéreo, aclarándose, sin embargo, que este último valor realmente corresponde a la distancia promedio de viaje en el servicio de pasajeros y que es calculada por la Dirección General de Aeronáutica Civil, considerando las diferentes rutas en la red y sus intensidades de tráfico, sobreentendiéndose que no se tiene el dato para el caso particular de los movimientos de carga, pero que se reporta el de pasajeros como una buena aproximación.

A partir de las bases de datos de la DGCAC, que registran la intensidad del tráfico de carga en todos los pares origen – destino en que se presentó algún movimiento y los datos de localización geográfica de las terminales aéreas y aeropistas del país, en el presente estudio nos fue posible calcular la longitud promedio de los viajes que fueron realizados durante la prestación de los servicios de transporte aéreo de carga, en el ámbito doméstico, para el año de 1999.

El primer paso consistió en procesar la base de datos de la DGAC hasta lograr agregar la información en los 254 diferentes arcos en los que se registraron movimientos de carga⁵⁰. A continuación se procedió a ligar la base de datos resultante del paso anterior, con las coordenadas de localización geográfica de las 62 terminales y aeropistas que fueron conectadas por los 254 arcos mencionados. La mayoría de las coordenadas de localización de terminales y aeropistas fue proporcionada por la Dirección General de Planeación de la SCT y sólo en algunos casos se recurrió a las coordenadas de ubicación de localidades generada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

El tercer paso consistió en transformar la base de datos, con las coordenadas de localización geográfica y los datos de tráfico de carga, en archivos compatibles con el programa Arc View, versión 3.2, del fabricante de software Environmental Systems Research Institute (ESRI). Arc View es un sistema de visualización y mapeo computarizado de datos geográficos, que permite el manejo de la información y su análisis numérico desde una perspectiva espacial. El manejo y presentación de la información mencionada, así como los cálculos realizados con el programa Arc View, fueron realizados por la Unidad de Sistemas de Información Geográfica, de la Coordinación de Vinculación Sectorial del IMT, a cuyo personal se le reconoce cumplidamente el apoyo y buena disposición para la realización de las mencionadas tareas en este estudio.

La distancia entre las terminales fue calculada en línea recta sobre la proyección cartográfica cónica conforme de Lambert (Robinson, Sale, et. al.; 1984) de la República Mexicana. Con objeto de verificar la exactitud de las distancias calculadas por este procedimiento, los resultados para algunos pares de ciudades

⁵⁰ En los servicios regular troncal y regular regional, incluyendo los movimientos de las empresas exclusivas de carga y excluyendo todo tipo de servicios de fletamento.

fueron comparados con las distancias correspondientes publicadas en el libro de itinerarios de la empresa Aeroméxico, sin encontrar diferencias significativas⁵¹.

Las distancias calculadas entre los 254 pares origen – destino, por el procedimiento descrito previamente, se presentan en el cuadro A1.1 del anexo 1 de este reporte.

Con el conjunto de datos de la longitud de los arcos en la red, es factible calcular el valor de su promedio aritmético simple, utilizando la siguiente expresión:

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n d_i$$

donde:

\bar{d} = Promedio aritmético simple de la longitud de los arcos en la red

d_i = Longitud del arco i ésimo

n = Número de datos

Por otra parte, con el conjunto de datos de la longitud de los arcos y las intensidades de flujo de carga en cada uno de ellos, se puede calcular un promedio aritmético ponderado en función de la intensidad de uso, utilizando la siguiente expresión:

$$\bar{d}_p = \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i$$

con:

$$f_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^n I_i}$$

donde:

\bar{d}_p = Promedio de la longitud de los arcos en la red, ponderado en función de la intensidad de flujo de carga (Distancia de viaje promedio).

⁵¹ Lo cual indica que las distancias señaladas en los itinerarios de Aeroméxico, también están calculadas sobre el segmento de recta que une origen y destino.

$f_i =$ Frecuencia relativa de la intensidad de flujo de carga en el arco i ésimo.

$d_i =$ Longitud del arco i ésimo

$I_i =$ Intensidad de flujo de carga en el arco i ésimo

$n =$ Número de datos

En el cuadro 3.8 se presenta el valor calculado con las expresiones anteriores, de los promedios aritméticos, simple y ponderado, de la longitud de los arcos para las redes Estratégica, Básica y Total, definidas previamente en el presente capítulo.

La diferencia fundamental entre el promedio simple y el ponderado es que el primero sólo considera el valor de cada uno de los datos *diferentes* que aparecen en una población o muestra, en cambio el promedio ponderado tiene en cuenta el *número de veces* que se presenta cada uno de los diferentes datos, de tal manera que los que se repiten con mayor frecuencia tienen una participación mayor en la formación del promedio, mismo que está en función de esa frecuencia de aparición.

En el caso de nuestro estudio, el promedio simple indica la longitud media de los arcos en la red de transporte aéreo de carga, sin considerar su intensidad de uso. En cambio, la longitud promedio, ponderada en función de la intensidad de flujo de carga, indica la longitud media de los viajes realizados sobre los arcos, puesto que refleja el número de veces que éstos fueron recorridos al prestarse los servicios de transporte de carga. De acuerdo con lo anterior, mientras que el promedio aritmético simple se puede considerar más como una característica física (geográfica) de la red, el promedio ponderado, representando una longitud media de transporte, se debe considerar más como una propiedad operativa del sistema.

En el cuadro 3.8 se observa que, en las tres redes analizadas, los promedios ponderados son mayores a los promedios simples. Esto se explica por el hecho de que muchos de los arcos que tienen mayor intensidad de uso, coincidentemente también son de los más largos en la red, como se puede confirmar en la tabla A1.1 del anexo 1, y como se detallará en otros puntos de este trabajo, puesto que se ha encontrado la interesante peculiaridad de que existe una correlación positiva entre la distancia que separa al origen con el destino del movimiento y la intensidad de flujo de carga que se transporta entre ellos.

Otra consecuencia de que muchos de los arcos con mayor intensidad de uso sean también de los de mayor longitud, es que la diferencia entre el promedio simple y el ponderado es menor en la red estratégica, que en la básica y en la total. La mayor diferencia en el caso de la red total se debe a que el promedio aritmético simple considera por igual todos los arcos de la red, incluyendo la gran multitud de arcos de pequeña longitud que presentaron baja intensidad de flujo y que no resultan significativos en la formación del promedio ponderado.

En el cuadro 3.8 también se observa que los tres promedios ponderados no son tan diferentes entre sí, como lo son los tres promedios simples. La explicación se encuentra en la acusada concentración de la carga manejada en el sistema en un número relativamente pequeño de arcos, mismos que se pueden considerar los más importantes de la red, desde el punto de vista de la participación en el transporte de carga y que son los que en mayor medida determinan el promedio ponderado en los tres casos.

Cuadro 3.8

Longitud promedio de los arcos y distancia promedio de viaje en el transporte doméstico aéreo de carga en 1999

Tipo de promedio	Red Estratégica	Red Básica	Red Total
Promedio simple de la longitud de los arcos de la red (kilómetros)	1,072.74	991.07	744.74
Promedio ponderado de la longitud de los arcos de la red (kilómetros) (Distancia promedio de viaje)	1,189.5	1,153.24	1,126.8

Notas:

- 1 Calculados con base en los datos del anexo 1.
- 2 El promedio simple se calculó dividiendo la suma de todas las distancias por el número de datos.
- 3 El promedio ponderado se calculó considerando la intensidad de flujo de carga como una medida del nivel de participación de la longitud de cada arco en la formación del promedio.

En el propósito de determinar la longitud de viaje promedio para el transporte aéreo de carga, por medio del procedimiento que hemos descrito en esta sección, causa cierta incertidumbre la existencia de casos en los que el enlace entre el origen y el destino se realice utilizando un punto intermedio como centro concentrador de la carga, debido a que entonces el desplazamiento se realiza mediante dos tramos de viaje que se constituyen en dos de los tres lados del triángulo que se forma con las tres terminales y la verdadera longitud (el viaje indirecto) tiende a ser subcalculada.

Sin embargo consideramos que, aún que es posible que esta situación exista, debido a que no todos los pares de ciudades gozan de enlace directo por parte de los servicios de transporte aéreo, estos casos son mucho más la excepción que la regla, puesto que este problema ocurre principalmente en los enlaces existentes entre dos terminales de poca importancia y estos casos no sólo son los menos, sino que además tienen poca significancia en cuanto a los volúmenes de carga transportados. Una confirmación a esta hipótesis es el hecho de que el valor de los tres promedios ponderados, correspondientes a las tres redes definidas previamente, tengan un valor muy similar entre sí, de alrededor de los 1,150

kilómetros, indicando que el problema enunciado ni siquiera está afectando el cálculo del promedio para la red total, misma que es la que tiene mayores probabilidades de ser afectada, dado que es la que mayormente incluye casos de enlaces que involucran terminales de menor importancia.

Por lo anterior, podemos afirmar con razonable certeza que la distancia promedio de viaje en el transporte aéreo de carga doméstica en México fue de alrededor de 1,150 kilómetros para el año de 1999.

Este valor es superior al que la DGAC reporta para el servicio de pasajeros (862 kilómetros) en 1997 y que el IMT utilizó en la versión del mismo año del Manual Estadístico del Sector Transporte. También es sensiblemente mayor que las distancias promedio reportadas para los otros tres principales modos de transporte en el país⁵², casi el doble que para los modos ferroviario y marítimo y casi el triple que para el autotransporte, confirmando sus ventajas comparativas en los largos recorridos.

⁵² Ferrocarril: 688 km; Marítimo (cabotaje): 631 km; Autotransporte: 402 km.

4 La red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica en México.

4.1 Introducción

En este capítulo se presenta un análisis de la estructura espacial de la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica en México. El principal objetivo consiste en la identificación de los más destacados corredores y localidades que integran el sistema, así como la identificación de los patrones más importantes de la movilidad de mercancías en el territorio nacional por este modo de transporte.

El estudio de la red se aborda desde la perspectiva de su organización espacial, destacando la localización geográfica de los orígenes y destinos, así como la orientación, longitud, sentido e intensidad de flujo de carga que caracterizan a los enlaces que los interconectan. Para destacar y cuantificar la importancia relativa de los núcleos centrales de actividades y los principales corredores de transporte dentro de la red, se utilizan algunos criterios y métodos tradicionales de jerarquización cuantitativa y espacial.

El concepto de red estratégica fue definido en el capítulo anterior utilizando la relación de Pareto 80/20 como criterio de clasificación y categorización de los enlaces en el sistema. La aplicación de esta regla se justifica en función de que la distribución de la carga transportada, contra el número de arcos en la red, sigue de manera cercana la distribución de Pareto y porque existe una enorme disparidad u heterogeneidad en su contribución cualitativa a la movilidad en el sistema, lo cual complica innecesariamente la elaboración de los esquemas de representación y análisis del fenómeno.

El principio fundamental de la categorización paretiana, consiste en agrupar los arcos con mayores intensidades de flujo de carga hasta formar un subconjunto que acumula el 80% del total de la carga transportada en el sistema, con la peculiaridad de que el número de arcos integrados a este grupo suele rondar alrededor del 20% del total de los enlaces en la red. La ventaja consiste en la identificación del núcleo más importante de datos y en la posibilidad de descartar un gran número de casos cuya exclusión no afecta la determinación de las características generales del objeto de estudio.

En nuestro caso, el 80.5% del total de la carga transportada en la red, se acumula integrando los primeros cuarenta enlaces más importantes en el sistema, mismos que equivalen tan solo al 15.74% del total de los arcos. Estos 40 enlaces principales interconectan a 32 terminales o localidades del espacio geográfico mexicano, formando en conjunto lo que hemos denominado la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica, porque incluye los componentes más relevantes del sistema, así como sus relaciones estructurales y funcionales.

4.2 Los enlaces en la red: Identificación de los principales corredores en el sistema

Los 40 enlaces que forman los arcos de la red estratégica, se muestran en el cuadro 4.1. La lista está ordenada de mayor a menor, en función de la intensidad de flujo de carga registrada en el arco en 1999.

En el cuadro 4.1 también se incluyen los volúmenes de carga por sentido, llamándose carga de “ida” a la que se transportó desde la localidad denominada “origen” hacia la localidad denominada “destino”, y “carga de regreso” a la que se transportó en el sentido inverso, esto es desde el “destino” hacia el “origen”. Las denominaciones de “origen” y “destino” se determinaron en función del sentido del flujo de carga más importante, de tal manera que, en cada caso, se consideró como “origen” a la localidad que generó más carga.

Del cuadro se puede observar que los volúmenes de carga transportados cubren un intervalo que va desde las 738.9 toneladas anuales (México – Minatitlán), hasta las 11,029.8 toneladas. Este último volumen se presentó en el arco que constituye la línea troncal más importante de la red y que enlaza las ciudades de México y Tijuana. Los dos corredores que le siguen en importancia son los que enlazan la Ciudad de México con Monterrey y con Guadalajara, respectivamente, con volúmenes anuales que rondan por las 9,000 y las 8,000 toneladas, en el mismo orden.

En un tercer nivel jerárquico se encuentran tres corredores con volúmenes anuales cercanos a las 6,500 toneladas, dos de ellos enlazan a la Ciudad de México con las principales ciudades de la Península de Yucatán, Mérida y Cancún, y el tercero conecta el núcleo central del extremo noroeste de nuestro país, Tijuana, con la principal ciudad del Bajío, Guadalajara.

A partir de este nivel se presentan dos grupos de enlaces con intensidades de flujo cada vez menores, los primeros alrededor de las 2,000 toneladas, y los siguientes de 1,000 toneladas o menos, todos estos arcos son relativamente secundarios en la red, pudiéndose considerar como los más importantes sólo a los seis mencionados en los párrafos anteriores.

Desde el punto de vista geográfico es interesante notar que estos seis corredores principales conectan el núcleo central del país, localizado en la Ciudad de México, con los núcleos de atracción localizados en los tres extremos geográficos más alejados del centro, Tijuana en el extremo noroeste, Monterrey en el extremo noreste, y Mérida – Cancún en el extremo occidental.

Los otros tres extremos geográficos están enlazados por arcos de cuarta categoría, el primero hacia Ciudad Juárez (1,910 ton), en la región norte – centro, el segundo hacia Acapulco (1,998.1 ton) en el sur, y el tercero a Villahermosa (2,870.2 ton), en la zona del sureste.

Cuadro 4.1**Enlaces que forman la Red Estratégica de transporte aéreo de carga doméstica en México (1999)**

Datos de carga en toneladas

Nº	Arco		Longitud del arco (km)	Carga de ida	Carga de regreso	Carga Total
	Origen	Destino				
1	México	Tijuana	2,294.9	6,757.4	4,272.4	11,029.8
2	México	Monterrey	705.9	4,812.6	4,480.8	9,293.4
3	México	Guadalajara	457.4	4,785.4	3,450.7	8,236.1
4	México	Mérida	994.3	3,848.3	2,663.0	6,511.3
5	Tijuana	Guadalajara	1,897.1	3,231.1	3,205.9	6,437.0
6	México	Cancún	1,280.1	4,832.7	1,497.1	6,329.8
7	México	Villahermosa	677.1	2,092.1	778.1	2,870.2
8	Tijuana	Morelia	2,116.8	1,277.4	954.7	2,232.1
9	México	Acapulco	305.8	1,522.3	475.8	1,998.1
10	México	Hermosillo	1,609.6	1,330.5	656.3	1,986.8
11	México	Cd. Juárez	1,534.6	1,173.8	736.6	1,910.4
12	México	Mexicali	2,171.0	1,462.9	446.5	1,909.5
13	México	Veracruz	304.1	1,578.8	299.6	1,878.4
14	México	Puerto Vallarta	658.7	1,544.2	289.8	1,834.0
15	Tijuana	Del Bajío	1,995.4	886.7	869.7	1,756.4
16	México	Tapachula	880.0	963.2	640.5	1,603.7
17	México	Oaxaca	363.9	944.7	647.8	1,592.5
18	México	Chihuahua	1,237.7	1,090.7	400.4	1,491.1
19	Tijuana	Zacatecas	1,761.9	769.0	604.8	1,373.8
20	México	San José del Cabo	1,180.4	1,198.1	136.5	1,334.6
21	México	Culiacán	1,043.7	898.9	424.3	1,323.2
22	México	Del Bajío	302.7	765.0	535.2	1,300.2
23	México	Zihuatanejo	324.1	1,203.3	79.4	1,282.6
24	México	La Paz	1,268.9	729.8	507.1	1,237.0
25	México	Tuxtla Gutiérrez	672.5	907.6	216.4	1,124.0
26	Monterrey	Guadalajara	663.9	699.8	391.1	1,090.9
27	México	Tampico	338.5	884.1	188.8	1,072.9
28	Tijuana	Uruapan	2,077.3	566.6	463.5	1,030.1
29	México	Mazatlán	847.4	713.9	304.1	1,018.0

Cuadro 4.1 (Continuación)

Enlaces que forman la Red Estratégica de transporte aéreo de carga doméstica en México (1999)

Datos de carga en toneladas

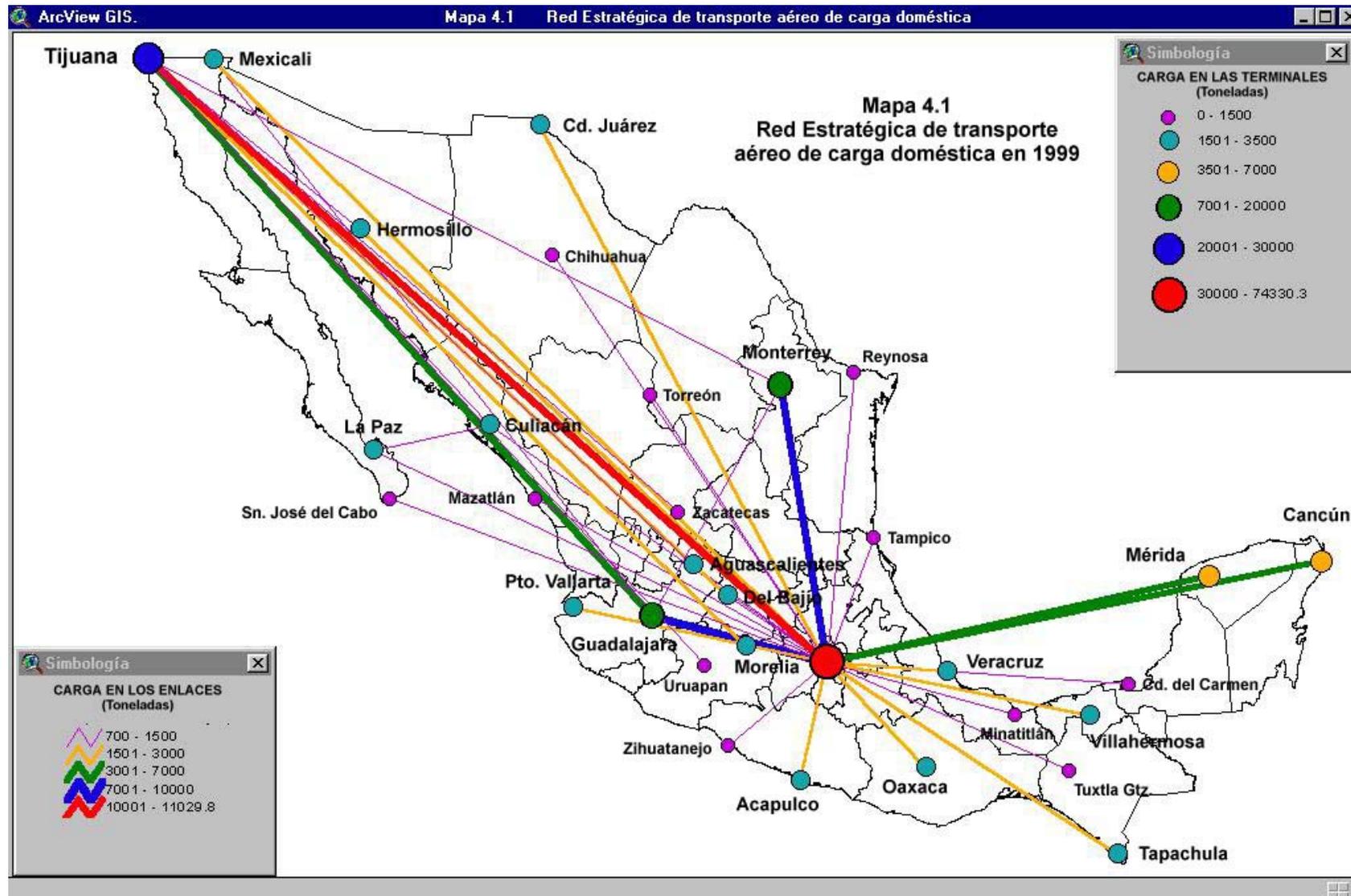
Nº	Arco		Longitud del arco (km)	Carga de ida	Carga de regreso	Carga Total
	Origen	Destino				
30	México	Reynosa	735.3	621.9	338.9	960.8
31	Guadalajara	Mexicali	1,786.7	652.0	299.2	951.2
32	México	Cd. del Carmen	767.9	637.0	270.5	907.5
33	Hermosillo	Tijuana	686.4	503.3	384.2	887.5
34	Aguascalientes	Tijuana	1,877.3	478.3	363.4	841.7
35	México	Torreón	808.4	505.3	279.9	785.2
36	México	Aguascalientes	419.9	565.9	204.7	770.5
37	Monterrey	Tijuana	1,801.9	439.2	330.4	769.6
38	Culiacán	La Paz	300.6	487.6	280.8	768.3
39	Tijuana	Culiacán	1,264.0	453.9	311.2	765.1
40	México	Minatitlán	495.9	637.8	101.1	738.9
TOTALES				59,452.7	33,781.2	93,233.9

Nota: Cuarenta enlaces principales del sistema de transporte aéreo de carga doméstica mexicano, mismos que acumulan el 80.56% del total de la carga transportada en el sistema en 1999.

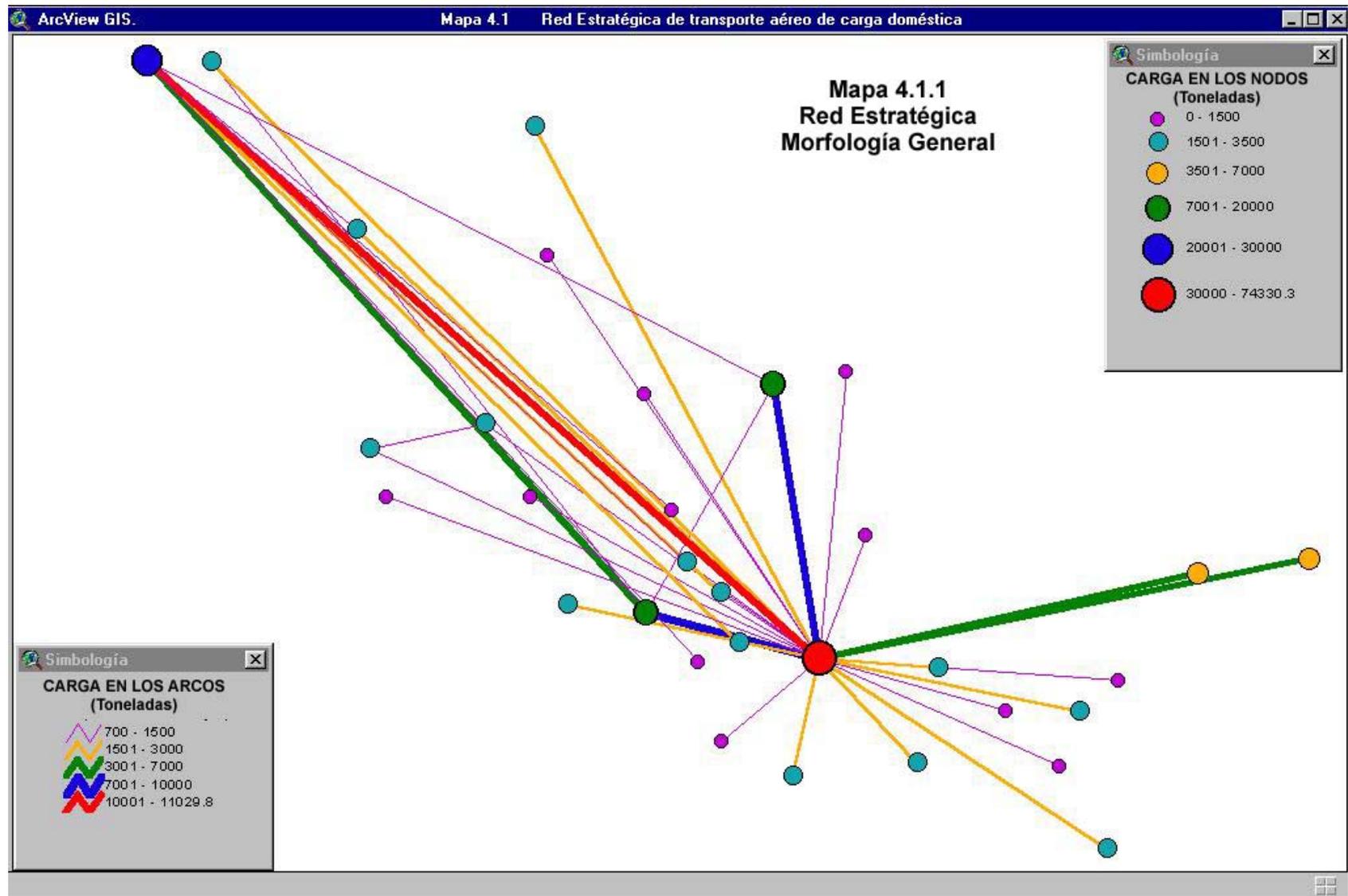
La línea troncal principal entre México y Tijuana, junto con los dos corredores que unen Guadalajara con México y Tijuana, forman el único triángulo importante en el sistema, debido a que la red estratégica tiene una estructura que tiende a una configuración de tipo arborea⁵³, en la que México y Tijuana funcionan como los centros desde los que salen los rayos que conectan a los nodos de menor jerarquía.

Otros dos triángulos que se forman en la red, interconectan las cuatro ciudades más importantes en el sistema, México, Guadalajara, Monterrey y Tijuana; sin embargo, no son muy importantes debido a que los enlaces Monterrey – Guadalajara y Monterrey – Tijuana, que son los que cierran los triángulos, son de los de menor categoría en la red (1,090.9 ton, y 769.6 ton, respectivamente), ocupando los lugares 26 y 37, del total de los cuarenta enlaces. El cuarto y último

⁵³ En teoría de redes, se llama árbol a una red conexa (todos los nodos de la red están unidos por al menos una cadena) con n nodos y n-1 arcos en la que no existen enlaces redundantes y por lo cual la cadena que enlaza dos nodos cualesquiera es única, sin que exista la posibilidad de hacer triangulaciones.



Fuente: Elaboración propia con apoyo de la Unidad de Sistemas de Información Espacial del IMT.



Fuente: Elaboración propia con apoyo de la Unidad de Sistemas de Información Espacial del IMT.

triángulo se forma entre La Paz, Culiacán y la Ciudad de México, como vértices, sin embargo, también este caso es poco trascendente, debido a que el enlace La Paz – Culiacán también es de los más pequeños, ocupando el lugar 38 en la lista. Todo esto se puede verificar gráficamente en el mapa 4.1, que muestra los arcos y nodos de la red estratégica dentro del territorio de la República Mexicana.

Si en el mapa 4.1 se sustrajeran momentáneamente Tijuana y los enlaces que la unen con sus nodos periféricos, se podría observar que la red resultante toma forma y estructura similar a la de un erizo marino, con la ciudad de México ocupando el centro y desde la cual parten rayos hacia puntos en todos los extremos geográficos del país (los puntos más alejados del centro), barriendo todo el territorio a lo largo de los litorales y las fronteras, apareciendo como únicos nodos en la zona relativamente cercana al centro, los de la región del bajío, Morelia, León – Silao, Guadalajara y Aguascalientes.

Si por el contrario, se sustrajera momentáneamente a la Ciudad de México y sus nodos periféricos, entonces la red toma forma de cono, en cuyo vértice se encuentra Tijuana, enlazando casi todas las terminales que se encuentran al norte de la zona central, muy especialmente los nodos de la región del bajío. Estas dos configuraciones (el “erizo” y el “cono”) superpuestas forman básicamente la red estratégica.

Otra información relevante para el análisis espacial de la red y que se presenta en el cuadro 4.1, es la distancia en kilómetros que existe entre cada una de las parejas origen – destino (longitud del arco). Estas distancias fueron calculadas en línea recta sobre una proyección cartográfica cónica conforme⁵⁴ de Lambert (Robinson, Sale, et. al.; 1984) de la República Mexicana, utilizando el paquete de cómputo ArcView 3.2, de la empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute). Las distancias se calcularon con base en las coordenadas geográficas de localización de cada una de las terminales aéreas, mismas que fueron proporcionadas por la Dirección General de Planeación de la SCT⁵⁵.

El paquete de programas Arc View constituye un sistema de visualización y mapeo computarizado de datos geográficos, que permite el manejo de la información y su análisis numérico desde una perspectiva espacial. El manejo y presentación de la información, así como los cálculos realizados con el programa Arc View, fueron realizados por la Unidad de Sistemas de Información Geográfica, de la Coordinación de Vinculación Sectorial del IMT, a cuyo personal se agradece cumplidamente su amable cooperación en la realización del presente estudio.

Al analizar las longitudes de los arcos que forman la red estratégica, se encuentra un intervalo de valores (distancias) que van desde el mínimo de 300.6 kilómetros (Culiacán – La Paz), hasta el máximo de 2,294.9 kilómetros, que corresponde al enlace principal del sistema, entre México y Tijuana. El conjunto de

⁵⁴ La proyección cartográfica cónica conforme es la que permite conservar más fielmente la proporción de área y figura que guardan los territorios en una representación plana del globo terráqueo.

⁵⁵ Para mayores datos, ver el capítulo anterior.

datos de las longitudes de los enlaces, tiene un valor medio de 1,072.74 kilómetros y una desviación estándar de 631.86 kilómetros.

Con la intención de categorizar los enlaces de la red en función de sus longitudes, se encuentra que existen diez enlaces relativamente cortos, entre los 300 y 450 kilómetros de longitud, de entre los cuales destacan, por su intensidad de flujo de carga, el arco México – Guadalajara⁵⁶ (457.4 km) con 8,236.1 toneladas, y entre los más cortos, México – Veracruz y México – Acapulco, con cerca de 2,000 toneladas anuales, cada uno.

En el siguiente rango, se encuentran doce arcos con longitudes que van desde los 650 km hasta los 1,000 km, destacando México – Villahermosa (677.1 km), con 2,870.2 toneladas, México – Monterrey (705.9 km), con 9,293.4 toneladas, y México – Mérida (994.3 km), con 6,511.3 toneladas. Todos los arcos anteriores (23 casos, 57.5% del total) tienen longitudes inferiores a la media de los datos (1,072 kilómetros).

Los arcos con longitudes mayores al promedio son 17 casos. Estos casos se pueden dividir en dos grupos o rangos, en el primero, con longitudes que van de los 1,100 km a los 1,600 km, destacan por su importancia México – Cancún (1,280.1 km), con 6,329.8 toneladas, México – Ciudad Juárez (1,534.6 km), con 1,910.4 toneladas, y México – Hermosillo (1,609.6 km), con 1,986.8 toneladas.

El segundo grupo de arcos con longitudes mayores al promedio, incluye a los casos con mayores longitudes en la red, todos ellos con valores por encima de una desviación estándar sobre la media (1,705 kilómetros). Estos son 10 casos que en su totalidad conectan a Tijuana o Mexicali, que son las ciudades más alejadas del centro de la república, con terminales localizadas en la región central del país (con la única excepción de Monterrey). Los ejemplos más destacados son Tijuana – Guadalajara (1,897.1 km) con 6,437.0 toneladas, Tijuana – Del Bajío (1,995.4 km), con 1,756.4 toneladas, Tijuana – Morelia (2,116.8 km), con 2,232.1 toneladas.

El enlace más largo en la red estratégica es el que se establece entre las ciudades de México y Tijuana, con una longitud de 2,294.9 kilómetros, valor que se encuentra dos desviaciones estándar por encima de la media, y curiosamente, como ya se ha mencionado, coincidentemente no sólo es el enlace o arco de mayor longitud, sino que también es el enlace en que se registraron los mayores movimientos de carga en el sistema, con 11,029.8 toneladas.

Como nota aclaratoria, queremos recordar que en el capítulo anterior se incluyó un cálculo de la distancia promedio de viaje para las tres redes que se definieron con base en la regla 80/20 de Pareto, incluyendo a la red estratégica, cuya distancia promedio de viaje resultó de 1,189.5 kilómetros⁵⁷. El concepto de distancia promedio de viaje o distancia promedio de transporte, es diferente al concepto de

⁵⁶ Este es el tercer arco de mayor importancia en la red, sólo después de México – Tijuana y México – Monterrey.

⁵⁷ Este valor es 116.76 kilómetros mayor a la longitud media de los arcos.

longitud promedio de los arcos, pues mientras que el segundo es una propiedad física de la red, que está en función estrictamente de la longitud de sus arcos, la longitud promedio de viaje es un concepto operativo que depende del número de veces que fueron recorridos cada uno de los enlaces y, por lo tanto, para calcularlo se toma en cuenta la intensidad de uso de los corredores, o sea la intensidad de flujo de carga que se registró en el periodo en análisis. El procedimiento consiste en calcular el promedio de las longitudes de los arcos, pero ponderado por la intensidad de flujo de carga, tal como se explicó en el capítulo tercero de este reporte.

Para concluir esta parte del capítulo, haremos algunos comentarios respecto a la distribución por sentido del flujo de carga que se registró en los arcos de la red estratégica.

Si bien la red estratégica no escapa a la condición general de desequilibrio, en la distribución de los flujos por sentido, que se encontró en el capítulo tercero como característica del sistema nacional de transporte aéreo de carga doméstica, en el caso de la red estratégica el problema no es tan marcado, debido a que los arcos con mayores desequilibrios suelen enlazar en uno de sus extremos ciudades de menor importancia y son a su vez de los que tienen menor intensidad de flujo, muchos de los cuales no forman parte de la red estratégica. Esto se corrobora por el hecho de que 15 de los 40 arcos (37.5%) de la red estratégica tuvieron una simetría direccional mejor a la proporción 60/40, siendo los casos más notables en esta categoría, Tijuana – Guadalajara (50/50), México – Monterrey (52/48), México – Guadalajara (58/42), y México – Mérida (59/41), todos ellos con más de 6,400 toneladas de intercambio anual.

En un segundo rango, con una proporción de desequilibrio entre el 60/40 y el 70/30, que ya se puede considerar con ciertos problemas, debido a que a partir del 66.6/33.3, el flujo en un sentido ya es menor a la mitad del flujo en el otro, tenemos otros 10 casos, que representan un 25% del total. En este intervalo sólo destaca el enlace entre México y Tijuana, con una proporción de distribución 61/39.

En un tercer y último rango, con proporciones entre el 70/30 y el 94/6, que ya se pueden catalogar con problemas serios de falta de simetría, tenemos los restantes 15 casos, de entre los cuales destacan: México – Villahermosa (73/27), con 2,870.2 toneladas, y México – Cancún (76/24), con 6,329.8 toneladas. Los casos extremos en la red estratégica son: México – Veracruz (84/16), México – Puerto Vallarta (84/16), México – San José del Cabo (90/10) y México – Zihuatanejo (94/6), todos ellos con volúmenes de carga anual entre las 1,000 y las 2,000 toneladas.

Es conveniente destacar que en todos los casos de enlaces con desequilibrio en la distribución del flujo de carga por sentido, que han sido señalados en los párrafos anteriores, aparece la Ciudad de México como nodo emisor, lo cual es significativo y probablemente muestre una tendencia general para el caso en que los tamaños relativos de los nodos enlazados sean muy distintos.

4.3 Las terminales en la red: jerarquización por tamaño usando el método de Zipf

La red estratégica de transporte aéreo que se estudia en este trabajo, fue definida a partir de la identificación de los cuarenta enlaces más importantes en el sistema, mismos que acumularon el 80.5% del total de la carga transportada en el ámbito doméstico por vía aérea en 1999. En consecuencia, los nodos que fueron considerados para estructurar la red son aquellos que resultaron como puntos extremos, u origen – destino, de los cuarenta enlaces mencionados.

Otro criterio que era posible tomar para formar la red estratégica, partía del procedimiento inverso al señalado en el párrafo anterior, esto es, primero elegir las terminales más importantes, hasta alcanzar el 80% de la carga transportada en el sistema y después, complementar la estructura con todos los enlaces que las interconectan. Sin embargo, este criterio tenía el defecto de incorporar a la red una cantidad considerable de enlaces con intensidades de flujo muy pequeñas, que complicaban la esquematización y los análisis numéricos, sin mejorar la perspectiva general de la movilidad de mercancías por vía aérea en el país. En cambio, el procedimiento elegido incorpora prácticamente las mismas terminales que el segundo criterio mencionado, debido a que los enlaces principales, en general, interconectan también a las terminales principales, pero con la ventaja de que únicamente integra a los principales corredores en el país.

Las terminales que resultaron origen o destino de los cuarenta arcos principales en el sistema y que forman parte de la red estratégica, son las 32 que se presentan en el cuadro 4.2. Adicionalmente, en el mapa 4.2 se muestra la localización geográfica de las 32 terminales dentro del territorio nacional, incluyendo una representación gráfica de sus importancias relativas, con base en los volúmenes de carga que atendieron en 1999.

En el cuadro 4.2 aparecen tres columnas con información sobre los flujos de carga que fueron transferidos a través de cada una de las terminales; en la primera se presenta el volumen de carga que ingresó a cada uno de los nodos desde el exterior, en la segunda, el volumen de carga que salió de la terminal, y finalmente, en la tercera columna, la suma de las dos anteriores, que es el volumen total de carga que fue atendida.

Es muy importante señalar que los volúmenes de carga que aparecen en el cuadro 4.2 corresponden exclusivamente a las operaciones que se realizaron dentro de la red estratégica. En otras palabras, en la información de la carga transferida a través de las terminales, que aparece en el cuadro 4.2, fue sustraída toda la carga que se dirigía o provenía de aquellos nodos que no forman parte de la red estratégica. El resultado de lo anterior es que la suma de los valores de flujo en arcos y nodos concuerda perfectamente, lo cual fue útil para los análisis numéricos que se presentan en puntos posteriores del reporte.

Cuadro 4.2
Terminales en la red estratégica de transporte aéreo de carga
 (Toneladas)

Nº	Terminal (Nodo)	Carga que entra al nodo	Carga que sale del nodo	Carga Total
1	México	25,322.4	49,007.9	74,330.3
2	Tijuana	14,587.9	12,535.1	27,123.0
3	Guadalajara	9,015.6	7,699.6	16,715.2
4	Monterrey	5,534.0	5,619.8	11,153.8
5	Mérida	3,848.3	2,663.0	6,511.3
6	Cancún	4,832.7	1,497.1	6,329.8
7	Del Bajío	1,651.7	1,404.9	3,056.6
8	Hermosillo	1,714.7	1,159.6	2,874.3
9	Villahermosa	2,092.1	778.1	2,870.2
10	Mexicali	2,114.9	745.8	2,860.7
11	Culiacán	1,633.6	1,223.0	2,856.6
12	Morelia	1,277.4	954.7	2,232.1
13	La Paz	1,217.4	787.9	2,005.3
14	Acapulco	1,522.3	475.8	1,998.1
15	Cd. Juárez	1,173.8	736.6	1,910.4
16	Veracruz	1,578.8	299.6	1,878.4
17	Puerto Vallarta	1,544.2	289.8	1,834.0
18	Aguascalientes	929.2	683.0	1,612.2
19	Tapachula	963.2	640.5	1,603.7
20	Oaxaca	944.7	647.8	1,592.5
21	Chihuahua	1,090.7	400.4	1,491.1
22	Zacatecas	769.0	604.8	1,373.8
23	San José del Cabo	1,198.1	136.5	1,334.6
24	Zihuatanejo	1,203.3	79.4	1,282.6
25	Tuxtla Gutiérrez	907.6	216.4	1,124.0
26	Tampico	884.1	188.8	1,072.9
27	Uruapan	566.6	463.5	1,030.1
28	Mazatlán	713.9	304.1	1,018.0
29	Reynosa	621.9	338.9	960.8
30	Cd. del Carmen	637.0	270.5	907.5
31	Torreón	505.3	279.9	785.2
32	Minatitlán	637.8	101.1	738.9

Nota: Los datos de carga se calcularon considerando únicamente los flujos en los 40 arcos de la red estratégica.

El hecho de que 32 nodos estén conectados con sólo 40 arcos implica que la red tiene una estructura muy similar a lo que en teoría de redes se denomina árbol. Un árbol es una red conexa⁵⁸ de n nodos, que tiene exactamente $n-1$ arcos. Una característica particular de las redes con configuración arbórea es que entre cada par de nodos existe una sola ruta, o cadena de arcos sucesiva, que los conecta, lo cual es debido a que no existen los llamados arcos redundantes, o sea arcos que forman triángulos entre tres nodos cualesquiera de la red.

Un árbol es la red que tiene el número mínimo posible de enlaces entre los nodos para lograr que sea conexa. En el caso de un sistema terrestre, la red vial configurada como árbol es la que tiene la infraestructura mínima necesaria para permitir la conexión entre dos nodos cualesquiera. Pero en el caso del transporte aéreo, una red con estructura de árbol lo que indica es que hay un número muy pequeño de relaciones entre los nodos de la red, de tal manera que cada nodo, en general, se encuentra relacionado con sólo uno o dos de los otros, pero no con muchos. Si bien es cierto que la configuración estructural de la red estratégica ha resultado de tipo arbóreo como consecuencia de haberse seleccionado únicamente los cuarenta arcos principales en el sistema, no debe dejar de considerarse que los enlaces que se han omitido son poco relevantes en la definición del patrón general de la movilidad, por lo cual las conclusiones a las que se llega mediante el análisis de la red estratégica, son válidas para el caso general.

En nuestro caso, la gran mayoría de los nodos en la red estratégica están relacionados exclusivamente con la Ciudad de México, algunos otros con Tijuana, otros con estas dos terminales simultáneamente y los menos están relacionados con alguna otra terminal distinta.

El 87.5% de los nodos en la red estratégica (28 nodos) están conectados con la Ciudad de México y el 28.1% están conectados con Tijuana (9 nodos, incluyendo a México); cuatro nodos están vinculados simultáneamente a estas dos terminales (Guadalajara, Monterrey, Aguascalientes y del Bajío), y los únicos enlaces que existen sin involucrar a México o Tijuana, son Culiacán – La Paz, Guadalajara – Mexicali, y Monterrey – Guadalajara, de lo que se concluye que aparte de estas cuatro ciudades (México, Tijuana, Guadalajara y Monterrey) prácticamente no existen interconexiones importantes entre los demás nodos de la red, sino que la gran mayoría mantienen una relación muy estrecha con un solo nodo central, y en algunos pocos casos, con dos o más terminales.

De lo antes expuesto, también se puede concluir que en la movilidad nacional de mercancías por el modo aéreo, existe una marcada tendencia hacia un sistema de dependencia muy centralizada respecto a unas cuantas ciudades importantes del país y muy especialmente, hacia la Ciudad de México, lo cual se refleja en la enorme magnitud relativa de esta terminal, en comparación con los otros nodos del sistema.

⁵⁸ Se llama red conexa aquella en la que dos cualesquiera de sus nodos están conectados por al menos una cadena sucesiva de arcos, o ruta.

En función de la cantidad de la carga atendida en 1999, entre las primeras cuatro terminales del país hay una diferenciación jerárquica indiscutible, pues la terminal de México (74,330.3 ton) atiende cerca del triple de carga que Tijuana (27,123.0 ton), quien a su vez atiende poco menos del doble que Guadalajara (16,715.2 ton), quien a su vez, atiende uno y medio veces la carga que Monterrey (11,153.8 ton).

Pero, para el caso de las siguientes terminales, las diferencias en los volúmenes de carga atendidos, cada vez son menos notables, haciendo más difícil una categorización jerárquica estricta, por lo cual hemos recurrido a un criterio que suele utilizarse en estudios de geografía regional o poblacional (CONAPO; 1991), conocido como “regla rango – tamaño” o “Ley de Zipf”, en honor del estadounidense George Kingsley Zipf, quien la planteó en la primera mitad del siglo XX.

Para el caso particular del tamaño de las poblaciones en una región o país, Zipf observó que al ordenar en una lista, de manera decreciente, el grupo de datos que corresponden a las localidades, el valor numérico de la población tiende a guardar una proporción decreciente más o menos constante, de tal manera que guarda una relación funcional con el rango que le corresponde en la lista, también observó que esta función suele ser potencial (inversamente proporcional), con la forma:

$$P_i \propto \frac{1}{R_i^\beta}$$

donde:

P_i Población de la localidad i ésima

R_i Rango de la población i ésima en la lista ordenada de manera decreciente

β Exponente que indica la potencia de la función

En el caso de nuestro estudio, lo que se pretende es lograr obtener una jerarquización de las terminales en función de la cantidad de carga que atienden dentro del sistema doméstico de transporte aéreo, por lo cual se trabaja con los valores de la carga en vez de con datos poblacionales.

Para encontrar la función de Zipf que corresponde al conjunto de datos de la red estratégica, se recurrió al método de los mínimos cuadrados, calculándose los parámetros de una línea de regresión, a partir de la función logarítmica del rango, contra la carga manejada en cada terminal:

$$\log(\text{Rango}) = \alpha + \beta \cdot \log(\text{Carga})$$

El valor que se obtuvo para la constante α fue de 3.796 y para el exponente β de 0.795, con signo negativo.

El valor del coeficiente de determinación r^2 fue de 0.975, que indica un buen nivel de ajuste entre la función lineal y la dispersión de las parejas de datos, y que justifica su utilización para la obtención de conclusiones respecto a la características del fenómeno que se está modelando.

Por lo anterior, el modelo Zipf ajustado a los datos de la red estratégica tiene la forma y los valores:

$$\text{Rango} = \frac{6,261}{(\text{Carga})^{0.795}}$$

A partir de esta función se calcularon los rangos que corresponden a cada una de las terminales, mismos que aparecen en el cuadro 4.3.

En el cuadro se observa que el modelo se ajusta adecuadamente a los valores de la carga manejada por cada terminal y que el intervalo de rangos cubre valores entre 1 y 33.

Como se había señalado previamente, la jerarquización de las primeras cuatro terminales en el sistema no ofrece grandes controversias, debido a que sus tamaños relativos son marcadamente distintos, lo que no ocurre con Mérida y Cancún que tienen tamaño muy similar y a las que el modelo calcula como de nivel seis. Estas seis terminales se pueden considerar dentro de la categoría grandes.

Después de este sexto nivel, se observa un hueco muy importante ya que no existen nodos con rango entre siete y diez, sino hasta el nivel once, donde comparten esta categoría cinco terminales que se pueden considerar como las más importantes de las medianas Del Bajío, Hermosillo, Villahermosa, Mexicali, y Culiacán, y que manejan un volumen anual de carga de alrededor de las tres mil toneladas.

En el nivel que va del rango catorce al dieciséis se tiene otro grupo de seis terminales que manejan un volumen anual de carga alrededor de las dos mil toneladas y que se pueden considerar como las terminales medianas del sistema, estas son Morelia, La Paz, Acapulco, Ciudad Juárez, Veracruz y Puerto Vallarta.

En la siguiente categoría, que son las pequeñas de las medianas, tenemos los seis casos que van del nivel dieciocho al veinte, con un volumen anual de carga cercano a las mil quinientas toneladas anuales, estos casos son Aguascalientes, Tapachula, Oaxaca, Chihuahua, Zacatecas y San José del Cabo.

En la última categoría aparecen nueve terminales que se pueden considerar en la categoría chicas y que atienden un volumen de carga que ronda alrededor de las mil toneladas anuales.

Cuadro 4.3
Jerarquización de las terminales en la Red Estratégica
en función de su tamaño

Terminal (Nodo)	Carga Total (toneladas)	Rango original	Rango Zipf ajustado
México	74,330.3	1	1
Tijuana	27,123.0	2	2
Guadalajara	16,715.2	3	3
Monterrey	11,153.8	4	4
Mérida	6,511.3	5	6
Cancún	6,329.8	6	6
Del Bajío	3,056.6	7	11
Hermosillo	2,874.3	8	11
Villahermosa	2,870.2	9	11
Mexicali	2,860.7	10	11
Culiacán	2,856.6	11	11
Morelia	2,232.1	12	14
La Paz	2,005.3	13	15
Acapulco	1,998.1	14	15
Cd. Juárez	1,910.4	15	15
Veracruz	1,878.4	16	16
Puerto Vallarta	1,834.0	17	16
Aguascalientes	1,612.2	18	18
Tapachula	1,603.7	19	18
Oaxaca	1,592.5	20	18
Chihuahua	1,491.1	21	19
Zacatecas	1,373.8	22	20
San José del Cabo	1,334.6	23	20
Zihuatanejo	1,282.6	24	21
Tuxtla Gutiérrez	1,124.0	25	23
Tampico	1,072.9	26	24
Uruapan	1,030.1	27	25
Mazatlán	1,018.0	28	25
Reynosa	960.8	29	27
Cd. del Carmen	907.5	30	28
Torreón	785.2	31	31
Minatitlán	738.9	32	33

Fuente: Elaboración propia.

Los rangos que aparecen con un mayor número de terminales repetidas son el nivel once, con cinco casos; el nivel quince, con tres casos; y el nivel dieciocho, con tres casos. Los niveles que no están representados en el sistema son el cinco, del siete al diez, el trece, el diecisiete, el veintidós, el veintiséis, del veintinueve al treinta, y el treintaidós. Como ya se señaló, la ausencia más importante se encuentra en el intervalo de rangos del siete al diez, en donde se podría pensar que faltan algunas terminales que cumplieran esta función estructural.

4.4 Las terminales en la red: jerarquización estructural usando el método de Nyusten y Dacey

De la misma manera en que se realizó la jerarquización estructural de los 62 nodos de la red total en el capítulo tercero de este reporte, en este apartado se utiliza el método de Nyusten y Dacey para determinar las relaciones funcionales y la jerarquía que guardan entre sí las terminales de la Red Estratégica.

El método de Nyusten y Dacey busca superar el proceso de categorización que se basa estrictamente en el tamaño relativo de las terminales, que si bien es importante para medir su importancia relativa en función de la intensidad de uso, no aporta información respecto a las relaciones espaciales y funcionales que se establecen en el sistema.

El método de jerarquización estructural de Nyusten y Dacey se basa en el concepto de “flujo dominante” (Rabino y Occelli; 1996), para establecer tres categorías funcionales entre los nodos de una red, de tal manera que basándose en la intensidad de las relaciones que existen entre ellos, los clasifica en tres categorías: nodos dominantes, nodos subdominantes y nodos dependientes.

El criterio de clasificación de cada uno de los nodos es el siguiente⁵⁹:

- a) Nodo o centro dominante es aquél cuyo enlace más importante lo conecta con un nodo de menor tamaño.
- b) Nodo dependiente (o dominado, o periférico) es aquél cuyo enlace más importante lo conecta con un nodo de mayor tamaño.
- c) Nodo o centro subdominante es aquél cuyo enlace más importante lo conecta con un nodo de mayor tamaño y que está conectado con, al menos, un nodo de menor tamaño, por medio del enlace más importante de éste.

Al aplicarse el método al caso de redes de transporte, la importancia de los enlaces se determina en función de la intensidad de flujo de tránsito de vehículos, o de intercambio de carga. En nuestro caso fue utilizada la intensidad de flujo de carga que se registró en los arcos de la red en 1999 y que se muestra en el cuadro 4.1.

⁵⁹ Este criterio fue adaptado para este trabajo a partir del que aparece en el libro de Taafe, Gauthier y O’Kelly: *Geography of Transportation*, Prentice Hall, New Jersey, 1996. pp 32.

Al aplicar el método de Nyusten y Dacey se ha encontrado que la Red Estratégica se encuentra estructurada espacialmente con base en un solo nodo o centro dominante, un nodo subdominante y 30 nodos dependientes.

El núcleo o centro dominante de la Red Estratégica de transporte aéreo de carga doméstica está localizado en la Ciudad de México, puesto que su conexión más importante la enlaza con Tijuana, que es una terminal de menor tamaño.

El único nodo que alcanza la jerarquía de nodo subdominante en la Red Estratégica, es la ciudad de Tijuana. Primero, porque su enlace principal la conecta con la Ciudad de México, que es un nodo de mayor tamaño, pero, también, porque a su vez está conectada con otros cinco nodos, por medio del enlace más importante de éstos.

Los otros cuatro nodos que en la red total alcanzan la categoría de centros subdominantes (Monterrey, La Paz, Hermosillo y Cancún), no alcanzan esta jerarquía dentro de la red estratégica, debido a que sus nodos periféricos o dominados desaparecen de ésta, como consecuencia de que los volúmenes de carga que manejan son demasiado pequeños.

La ciudad de Tijuana es el núcleo central de un subsistema cuyos nodos periféricos se encuentran todos en la región del bajío, lo cual es altamente significativo. Las terminales cuyo flujo principal está dirigido o proviene de Tijuana son Zacatecas, Aguascalientes, Del Bajío, Morelia y Uruapan. En todos estos casos, con excepción de Aguascalientes, la mayoría del intercambio de carga fluye desde Tijuana hacia las ciudades periféricas, lo que determina una función de abastecimiento, más que de concentración, para esta terminal.

Con relación al subsistema Tijuana, el caso Guadalajara merece un comentario especial, debido a que el volumen de carga que esta ciudad intercambia con Tijuana es muy importante y no mucho menor que el correspondiente a la Ciudad de México⁶⁰, lo cual abre la posibilidad de que en el futuro Guadalajara pudiera cambiar su núcleo dominante de México a Tijuana. Lo anterior se señala, en especial, debido a que Guadalajara es la ciudad central de la región del Bajío mexicano y habiendo resultado esta región como una zona cuyos intercambios de mercancías por vía aérea se dirigen claramente a la ciudad de Tijuana, no es difícil de pensar que en un futuro el volumen de esta relación se vea incrementado, reforzando los lazos entre esta región y la ciudad fronteriza.

El caso del subsistema Tijuana – Bajío es muy interesante y en nuestra opinión digno de un análisis particular que permita identificar las razones que expliquen la concentración de las relaciones entre estas dos regiones, así como el tipo de carga que se intercambia y los factores de competitividad del transporte aéreo frente al autotransporte. Este estudio podría dar pie a la realización de proyectos de apoyo al desarrollo del transporte aéreo de carga en estos corredores.

Para terminar esta sección y el capítulo, mencionaremos que el núcleo dominante de la red estratégica mantiene como nodos periféricos, de manera directa, a 26 de

⁶⁰ Ver el cuadro 4.1.

los 32 nodos en la red, que equivalen al 81.2% del total, y que la ciudad de Tijuana domina 5, mismos que representan el 15.6%.

Estas cifras demuestran la importancia destacada de Tijuana como el centro de segundo nivel indiscutible dentro del sistema doméstico de transporte aéreo de carga, lo cual señala claramente que debe ser acreedora de una atención especial dentro de los planes de desarrollo del subsector que habrá de implementar la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en el futuro próximo.

5 Modelación matemática de la interacción espacial en la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica

5.1 Introducción

Un modelo es una representación simplificada y controlable de una parte de la realidad que resulta interesante comprender o describir y en la que se encuentran dificultades para poderla manejar directamente con la intención de realizar experimentos.

El propósito fundamental del modelo consiste en replicar el funcionamiento de esa parte de la realidad, considerándola como un sistema, mediante la abstracción de las relaciones más relevantes que existen, tanto entre sus componentes, como con el ambiente, de tal manera que mediante su utilización, se puedan alcanzar observaciones y conclusiones válidas sobre el comportamiento del sistema ante un conjunto determinado de condiciones, sin tener que someterlo a la experimentación directa, lo cual es especialmente útil cuando las consecuencias de experimentar son irreversibles o de difícil implementación.

Existen muchos tipos de modelos, Ackoff (Ackoff; 1987) propone una clasificación en tres clases: icónicos, análogos y simbólicos. Los modelos icónicos son imágenes de la realidad que se construyen a escala, de tal manera que se ven como lo que representan, pero en otro tamaño; en esta categoría se puede inscribir a los mapas, dibujos de ingeniería y los “modelos a escala” de aviones y otros tipos de vehículos. Los modelos análogos se caracterizan por “funcionar” de manera muy similar al fenómeno que se pretende representar, ejemplos de estos casos son los túneles de viento, los modelos hidráulicos, e incluso las redes geométricas. Finalmente, los modelos simbólicos utilizan letras y números para construir funciones matemáticas compuestas por constantes y variables que reproducen las relaciones que existen entre los componentes de un sistema, o con su ambiente. De este último tipo son los modelos que se utilizan en este capítulo.

El arte en la construcción de un modelo consiste en incorporar el número adecuado de variables y relaciones para que represente fielmente al fenómeno que se pretende reproducir, sin complicarlo al grado tal que se vuelva tan complejo e incontrolable como la realidad misma.

En el caso de los fenómenos relacionados con la movilidad en las sociedades humanas, los modelos suelen buscar reproducir el comportamiento de los flujos de personas y/o mercancías, y el comportamiento de los sistemas de transporte. A los primeros se les conoce como modelos de demanda, porque representan el comportamiento de los elementos que son objeto de atención de los sistemas de transporte, y a los segundos se les puede llamar a su vez, modelos de oferta,

porque reproducen el comportamiento del sistema mismo, o de algunos de sus componentes estructurales o tecnológicos. Ejemplos de estos últimos son todos aquellos modelos que determinan la capacidad de los sistemas de transporte, como los modelos de capacidad vial, tanto carretera como ferroviaria, los modelos hidráulicos que determinan la capacidad de las tuberías, e incluso los modelos que determinan la capacidad de transporte de pasajeros en un corredor o en una terminal.

Los modelos de demanda buscan describir, para después predecir, el comportamiento de los flujos de pasajeros o mercancías dentro de un sistema de transporte. Los aspectos de la demanda que el modelo puede describir son varios, y suele considerarse, en cada caso, sólo una parte de ellos. Es común, por ejemplo, identificar la intensidad de los flujos que se establecen entre las localidades que forman parte del área de estudio, su distribución entre modos de transporte, su comportamiento en el tiempo (variaciones estacionales, semanales u horarias), pero también, en ocasiones, se hacen modelos más específicos dirigidos a reproducir el comportamiento de categorías determinadas de usuarios, como pasajeros de edad avanzada, o cargas que se transportan bajo esquemas logísticos complejos.

Partiendo de la naturaleza derivada de la demanda de transporte, se reconoce que la movilidad y sus características están determinadas por factores que pertenecen a dos sistemas en particular: el sistema de actividades económicas y sociales en que se manifiesta la movilidad, y el sistema de transporte con que se atienden y resuelven esas necesidades de movilidad. Por lo anterior, en los modelos de demanda de transporte, las variables explicativas que se utilizan provienen exclusivamente de las características de estos dos sistemas que se mantienen en una constante interacción (Manheim; 1979).

Los modelos matemáticos de demanda de transporte tienen una estructura funcional en la que la variable dependiente está relacionada con una serie de variables independientes que toman el papel explicativo y que determinan los valores de la variable explicada. La variable dependiente se llama endógena porque forma parte del sistema que se pretende modelar, que en este caso son los flujos de personas o mercancías, y las variables independientes se llaman exógenas, porque provienen de sistemas externos.

Las variables independientes que provienen de los sistemas de actividades y de transporte, que se pueden utilizar para explicar el comportamiento de una variable relacionada con la demanda de transporte, son numerosas y de índole muy variada, debido a la gran amplitud de factores que caracterizan a las sociedades humanas, sin embargo, las variables que se utilizan en cada caso particular, dependen de la naturaleza del modelo de demanda y de la disponibilidad de información.

De los sistemas de actividades típicamente suelen extraerse variables relacionadas con las características demográficas, geográficas y económicas, tales como población, densidad poblacional, pirámide de edades, localización de

actividades, estructura de usos de suelo, pirámide de ingresos, índice de motorización, producto interno bruto, etcétera.

De los sistemas de transporte suelen utilizarse variables relacionadas con sus características económicas, operativas y tecnológicas, tales como tarifas, capacidad, seguridad, velocidad, tiempos de respuesta, frecuencia, confort, etcétera.

También la forma y naturaleza de las funciones que se utilizan para relacionar a las variables independientes con la variable dependiente, son de índole muy variada, yendo desde funciones lineales simples, hasta funciones exponenciales y probabilísticas de naturaleza matemática compleja. También muchas funciones reproducen implícitamente un esquema preestablecido de relaciones entre las variables, como en el caso de los modelos gravitacionales que suelen utilizarse para modelar la distribución de la carga o los pasajeros entre una serie de orígenes y destinos alternos que tienen diferentes potencialidades o tamaños. En estos modelos se considera *a priori* que la intensidad de flujo de carga entre dos nodos de la red es una función directamente proporcional a su importancia relativa, e inversamente proporcional a una potencia de la impedancia al desplazamiento necesario para viajar entre ellos.

En nuestro caso se han construido tres modelos que describen el comportamiento de los flujos de carga en la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica en México. El primer modelo reproduce el fenómeno de la generación de carga en cada una de las localidades de la red; el segundo, reproduce el fenómeno de la atracción de carga, o en otras palabras, el comportamiento como destino de cada una de las mismas localidades; y finalmente, el tercer modelo es un modelo gravitacional que reproduce la forma en que la carga se distribuye entre las terminales de la red, considerando su fuerza potencial como una función de su tamaño y localización relativa.

Los dos primeros modelos son funciones lineales cuyos parámetros fueron determinados con base en el método de los mínimos cuadrados de Gauss. El tercer modelo es una función no lineal con estructura matemática más compleja, que utiliza una relación de potencia entre las variables y cuyos parámetros fueron determinados por mínimos cuadrados, mediante una anamorfosis logarítmica.

5.2 El modelo de generación

Los modelos de generación de carga pretenden calcular el volumen de carga que tiene origen, o se “genera”, en una terminal específica de un sistema de transporte. Es evidente que la carga que tiene origen en un punto específico de la red, es el resultado de la interacción económica y social de las actividades en la localidad, o incluso de su zona de influencia, en que se encuentra localizada la terminal, con las otras regiones que son atendidas por el sistema de transporte en cuestión. El modelo de generación busca determinar las relaciones generales en el sistema, que pueden explicar el fenómeno en cada uno de los casos particulares, con base en el valor individual de sus características.

Los modelos de generación de viajes, o carga, que más se utilizan en la actualidad (Ortuzar, Willumsen; 1994) son aquellos que se fundamentan en un análisis de regresión múltiple entre la cantidad de carga generada por cada uno de los nodos de la red y una serie de variables características, tanto del sistema de actividades en que se realizan los traslados, como del sistema de transporte existente.

Los valores de la carga generada actualmente en cada uno de los nodos de la red se representan por un punto en el eje de las ordenadas de un plano o espacio Cartesiano (dependiendo del número de variables involucradas), haciéndose corresponder con sus valores respectivos de las variables independientes (en cada uno de los ejes de abscisas correspondientes) y formando una dispersión de puntos en el espacio.

La línea, o plano, de regresión que se obtiene por el método de los mínimos cuadrados, propuesto por Karl F. Gauss en el siglo XIX, permite encontrar el plano que mejor se ajusta a la dispersión de los puntos, de tal manera que la diferencia entre los valores reales o empíricos y los valores de la función sean mínimos desde el punto de vista matemático.

Esto se logra por el método clásico de igualar a cero la primera derivada de la función de regresión, que representa las diferencias entre los valores reales y los valores de la función de Gauss. Al despejar los parámetros característicos de la función, se obtienen sus valores particulares, quedando entonces definido el plano de regresión.

La función así encontrada es la mejor aproximación estadística a la relación que guardan las variables que se están analizando y permite calcular valores para la variable dependiente a partir de valores propuestos de las variables independientes.

La función de regresión múltiple Gaussiana, aplicada al modelo de generación de carga, toma la siguiente forma:

$$VG_j = a + b_1(X_1)_j + b_2(X_2)_j + b_3(X_3)_j + \dots + b_n(X_n)_j$$

donde:

VG_j Volumen de carga generado por el nodo j – ésimo.

a Parámetro del modelo a determinar, que representa el valor de la ordenada al origen.

b_i Parámetro del modelo a determinar. Este coeficiente define la tasa de crecimiento de la variable dependiente en función de la variable independiente i ésima.

$(X_i)_j$ Variable independiente i – ésima, en el nodo j – ésimo, que determina a la variable dependiente con una tasa de crecimiento definida por el coeficiente i – ésimo.

El procedimiento o método general que se recomienda (Rico; 1990) seguir en el proceso de creación de un modelo de generación de carga, es el siguiente:

- 1 Se determinan las variables independientes que se presume tienen una buena relación explicativa con la carga generada en las zonas, y de las cuales existe información disponible o generable.
- 2 Se calcula la correlación existente entre cada una de las variables independientes entre sí, y con la variable dependiente. Se identifican las variables que presentan mayor correlación con la variable dependiente, mismas que son candidatas a formar parte del modelo. También se tiene cuidado en observar la correlación existente entre las variables independientes, con objeto de no incorporar al modelo variables altamente correlacionadas entre sí, para evitar problemas de multicolinealidad.
- 3 Se van formando ecuaciones de regresión, primero con cada una de las variables independientes y después, combinándolas de dos en dos, tres en tres, y así sucesivamente. En cada caso se calculan las estadísticas de la regresión y se revisan los indicadores de calidad de ajuste, tales como el coeficiente de determinación, el error típico, y la suma de cuadrados de los residuos. Se escoge la mejor, o las mejores ecuaciones de regresión.

Las variables exógenas que se consideraron con una buena relación explicativa hacia el fenómeno de la generación de carga, para transportarse por el modo aéreo, y que estaban disponibles⁶¹ en las fuentes de información para el estudio, fueron las siguientes:

- **Población de la localidad en el conteo poblacional de 1995.** Es la población en la localidad o en la zona metropolitana correspondiente que fue calculada por el INEGI a partir de un conteo muestral que se realizó, en el año mencionado, con objeto de obtener estimaciones sobre el crecimiento de la población en el país en el periodo intercensal, dado que los censos generales de población y vivienda se realizan cada diez años. Estos datos tienen la ventaja de incorporar la población de las áreas metropolitanas en las ciudades principales del sistema, es decir, agregando la información de los municipios conurbados. Su principal defecto consiste en que al corresponder al

⁶¹ Una variable que no se consideró aquí, por los momentos en que se hicieron los análisis de cada capítulo del reporte, pero que pensamos puede ser útil en la fase de utilización del modelo, porque no requiere cálculos complicados para ser obtenida, es la longitud del arco con la mayor intensidad de flujo de carga que conecta a cada nodo. Este parámetro incluso se utilizó para hacer el análisis de la estructura espacial de la red por medio del método de Nyusten y Dacey.

año 1995, la información tiene un ligero desfase con respecto a la información de los flujos de carga, que son de 1999. Su unidad de medida es habitantes por localidad.

- **Población del municipio en el Censo de Población y Vivienda del año 2000.** Es la población en el municipio donde se encuentran localizadas las terminales del sistema y que se obtuvo de los resultados preliminares del XII Censo General de Población y Vivienda levantado por el INEGI en el año 2000. Para el caso de las localidades más chicas en el sistema, incluye la población de otras pequeñas localidades que se encuentran dentro de la demarcación política municipal, lo cual las puede sobrestimar. Para el caso de las ciudades importantes, no incluye la población de los municipios conurbados en sus zonas metropolitanas, lo cual las subestima. Tiene la ventaja de casi coincidir temporalmente con la fecha de obtención de los flujos de carga, que es el año 1999. Su unidad de medida es habitantes por municipio.
- **Distancia promedio de viaje.** Es el valor promedio de la longitud de todos los arcos que conectan al nodo en cuestión dentro de la red estratégica, pero ponderada por la intensidad de flujo de carga que se registró en el enlace, como una medida de su intensidad de uso, o de las veces que fue recorrido en las operaciones de transporte. Refleja la intensidad de las operaciones de transporte. Su unidad de medida es kilómetros.
- **Longitud promedio de los arcos.** Es el valor promedio de la longitud de todos los arcos que conectan al nodo en cuestión dentro de la red estratégica. Es la media aritmética de las longitudes de los arcos medidas en kilómetros. Es una medida que refleja las características geográficas de localización del nodo respecto a los nodos con los que interactúa.
- **Número de conexiones en la red.** Es el número de enlaces que conectan al nodo en cuestión dentro de la red estratégica. Es una medida de la conectividad del nodo dentro de la red y de la intensidad de las relaciones que guarda con el sistema.

El conjunto de datos fuente que se utilizaron para realizar el análisis de la generación de carga en la red estratégica se muestra en el cuadro 5.1. Es conveniente recordar que la información referente a la carga y a las conexiones dentro de la red, corresponde exclusivamente a los flujos que existen dentro de la red estratégica.

En el cuadro 5.1 se puede notar que existen algunas diferencias importantes entre los datos de la población en el conteo 95 y la población en el municipio para el año 2000, muy especialmente para los casos de las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey, Tampico, y Torreón, en los que la población de la zona metropolitana es mucho mayor que la población en el municipio, aun que ya habían pasado

Cuadro 5.1
Datos fuente para el Análisis de Generación de Carga en la Red Estratégica

Nº	Terminal (Nodo)	Carga que sale del nodo (toneladas)	Población localidad Conteo 95 (habitantes)	Población del municipio Censo 2000 (habitantes)	Distancia promedio de viaje (kilómetros)	Longitud promedio de los arcos (kilómetros)	Conexiones
1	México	49,007.9	16,674,160	8,591,309	1,058.9	881.4	28
2	Tijuana	12,535.1	991,592	1,212,232	2,022.5	1,777.3	10
3	Guadalajara	7,699.6	3,461,819	1,647,720	1,100.9	1,201.3	4
4	Monterrey	5,619.8	3,022,268	1,108,499	777.4	1,057.2	3
5	Mérida	2,663.0	779,648	703,324	994.3	994.3	1
6	Cancún	1,497.1	311,696	419,276	1,280.1	1,280.1	1
7	Del Bajío	1,404.9	1,174,180	1,133,576	1,275.4	1,149.1	2
8	Hermosillo	1,159.6	559,154	608,697	1,324.6	1,148.0	2
9	Villahermosa	778.1	533,598	519,873	677.1	677.1	1
10	Mexicali	745.8	696,034	764,902	2,043.2	1,978.9	2
11	Culiacán	1,223.0	696,262	744,859	902.8	869.4	3
12	Morelia	954.7	578,061	619,958	2,116.8	2,116.8	1
13	La Paz	787.9	182,418	196,708	897.9	784.8	2
14	Acapulco	475.8	687,292	721,011	305.8	305.8	1
15	Cd. Juárez	736.6	1,011,786	1,217,818	1,534.6	1,534.6	1
16	Veracruz	299.6	560,200	457,119	304.1	304.1	1
17	Puerto Vallarta	289.8	149,876	183,741	658.7	658.7	1
18	Aguascalientes	683.0	637,303	643,360	1,180.8	1,148.6	2
19	Tapachula	640.5	244,855	271,141	880.0	880.0	1
20	Oaxaca	647.8	394,068	256,848	363.9	363.9	1
21	Chihuahua	400.4	627,662	670,208	1,237.7	1,237.7	1
22	Zacatecas	604.8	226,265	123,700	1,761.9	1,761.9	1
23	San José del Cabo	136.5	21,737	105,199	1,180.4	1,180.4	1
24	Zihuatanejo	79.4	54,537	95,448	324.1	324.1	1
25	Tuxtla Gutiérrez	216.4	386,135	433,544	672.5	672.5	1
26	Tampico	188.8	718,906	294,789	338.5	338.5	1
27	Uruapan	463.5	250,794	265,211	2,077.3	2,077.3	1
28	Mazatlán	304.1	357,619	380,265	847.4	847.4	1
29	Reynosa	338.9	337,053	419,776	735.3	735.3	1
30	Cd. del Carmen	270.5	233,423	171,367	767.9	767.9	1
31	Torreón	279.9	870,651	529,093	808.4	808.4	1
32	Minatitlán	101.1	145,795	152,983	495.9	495.9	1

Fuentes:

Carga: Elaboración propia con información de la S.C.T, Dirección General de Aeronáutica Civil

Población: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Conteo de Población 95 y Censo General de Población y Vivienda 2000

Distancias: Cálculo propio con base en las coordenadas de localización geográfica de las terminales, S.C.T, DGP

cinco años entre las fechas de levantamiento del conteo y el censo respectivos. En el caso contrario están San José del Cabo y Zihuatanejo, para los que la población de la localidad es sensiblemente menor a la del municipio.

No es fácil determinar cuál de estas dos variables es la más adecuada para explicar la generación de carga en la localidad, ya que ambas tienen argumentos a favor y en contra, sin embargo, en general, se tiene la impresión de que ambas variables son muy equivalentes entre sí, y que cualquiera pudiera ser utilizada casi con los mismos resultados.

También se observa que, en general, existe poca diferencia entre las dos variables relacionadas con la longitud de los arcos en la red, debido principalmente a que la mayoría de los nodos tienen una conectividad muy baja. También en este caso se considera que las dos variables pueden usarse casi indistintamente en la ecuación de regresión.

Finalmente, respecto a la variable “conexiones” tiene el defecto de asumir el mismo valor para la gran mayoría de las terminales, especialmente las de menor tamaño, lo cual limita en cierta medida su utilización en la ecuación de regresión.

Siguiendo con el procedimiento recomendado para construir el modelo de generación de carga, se calculó la matriz de correlaciones que existen entre todas las variables consideradas, estos datos se muestran en el cuadro 5.2.

La correlación es un indicador que toma valores entre -1 y $+1$, y que mide el nivel de variación conjunta que existe entre dos conjuntos de datos numéricos. El signo indica si la relación es directa o inversa, de tal manera que un valor cercano a $+1$ significa que los valores más altos de una variable corresponden a los valores más altos de la otra, y un valor cercano a -1 , indica que los valores altos de una variable corresponden a los valores más bajos de la otra. Una correlación cero indica que no hay variación conjunta. La correlación, como indicador estadístico, tiene la ventaja de ser independiente de las unidades de medida en que estén expresadas las variables.

Matemáticamente, la correlación es el cociente de la covarianza de las dos variables, entre el producto de sus desviaciones estándar. Usualmente se representa por la letra griega rho minúscula (ρ).

En el cuadro 5.2, la primera columna muestra la correlación que existe entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes. Se observa que todos los casos tienen correlación positiva y las únicas variables que resultaron con una baja correlación fueron la distancia promedio de viaje y la longitud promedio de los arcos. Las otras tres variables muestran una alta correlación positiva con la variable dependiente, lo cual abre buenas posibilidades a la expectativa de lograr obtener una buena ecuación de regresión.

En la matriz de correlaciones, también se puede observar que las dos variables relacionadas con la población, y las dos variables relacionadas con la longitud de los arcos, tienen una alta correlación positiva entre sí (0.9886 y 0.9870), lo cual nos sugiere la conveniencia de no incorporarlas simultáneamente a la ecuación de regresión, con objeto de evitar problemas de multicolinealidad y porque siendo

Cuadro 5.2
Generación de carga en la Red Estratégica
Matriz de correlaciones entre las variables dependiente e independientes

Variable	Carga que sale del nodo	Población localidad conteo 95	Población del municipio censo 2000	Distancia promedio de viaje	Longitud promedio de los arcos	Conexiones
Carga que sale del nodo	1					
Población localidad conteo 95	0.9720	1				
Población del municipio censo 2000	0.9751	0.9886	1			
Distancia promedio de viaje	0.1024	0.0255	0.0908	1		
Longitud promedio de los arcos	0.0474	-0.0093	0.0415	0.9870	1	
Conexiones	0.9908	0.9449	0.9583	0.1309	0.0622	1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.3
Análisis de regresión para calibrar el modelo de generación de carga en la Red Estratégica

<i>Estadísticas de la regresión</i>		<i>Valor de los Coeficientes</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.9752	Intercepción	-1,991.84
Coefficiente de determinación R ²	0.9510	Población del municipio censo 2000	0.005823
Error típico	2,012.92	Distancia promedio de viaje	0.228754
Observaciones	32		

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	2,280,918,952.55	1,140,459,476.27	281.4665	1.01583E-19
Residuos	29	117,503,594.65	4,051,848.09		
Total	31	2,398,422,547.20			

Fuente: Elaboración propia

variables tan similares entre sí, su incorporación simultánea implica una duplicación innecesaria e inútil, porque no aportaría mejores elementos de explicación de la variable dependiente.

Finalmente, la variable “conexiones” tiene una alta correlación positiva con las dos variables relacionadas con la población, lo cual sugiere que debe guardarse cierta precaución al decidir su utilización en la ecuación de regresión.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores y siguiendo con el procedimiento señalado previamente, se procedió a construir varias ecuaciones de regresión, primero tomando la mayoría de las variables independientes por separado y después tomándolas en combinaciones de dos en dos y aún de tres en tres. Se probaron alrededor de diez ecuaciones distintas y en general la mayoría arrojan buenos resultados, basando la evaluación en las estadísticas de la regresión que fueron calculadas para cada caso. Incluso, casi por curiosidad, se probó la ecuación múltiple incorporando las cinco variables disponibles, resultando con un coeficiente de determinación muy alto, pero con problemas evidentes, como fue que los coeficientes de las dos distancias resultan casi del mismo valor, pero de signo contrario, lo cual hace que se contrarresten, indicando claramente que existe duplicación entre ellas.

Finalmente, la ecuación que se decidió seleccionar como más adecuada para modelar la generación de carga en los nodos de la red estratégica, es la que incorpora a la población del municipio en el censo 2000 y la distancia promedio de viaje como variables independientes. Aunque conviene insistir en que existen otras ecuaciones que se podrían utilizar, con resultados no muy diferentes.

Los valores que resultaron para la constante y los coeficientes de la ecuación se muestran en el cuadro 5.3, junto con los valores de los indicadores estadísticos de la regresión.

Con base en lo anterior, el modelo calibrado para replicar el fenómeno de la generación de carga en la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica en México, tiene la forma:

$$VG_i = 0.00582 \cdot (X_1)_i + 0.2287 \cdot (X_2)_i - 1,991.84$$

donde:

VG_i = Volumen de carga generada en el nodo i ésimo.

$(X_1)_i$ = Población del municipio i ésimo en el censo 2000.

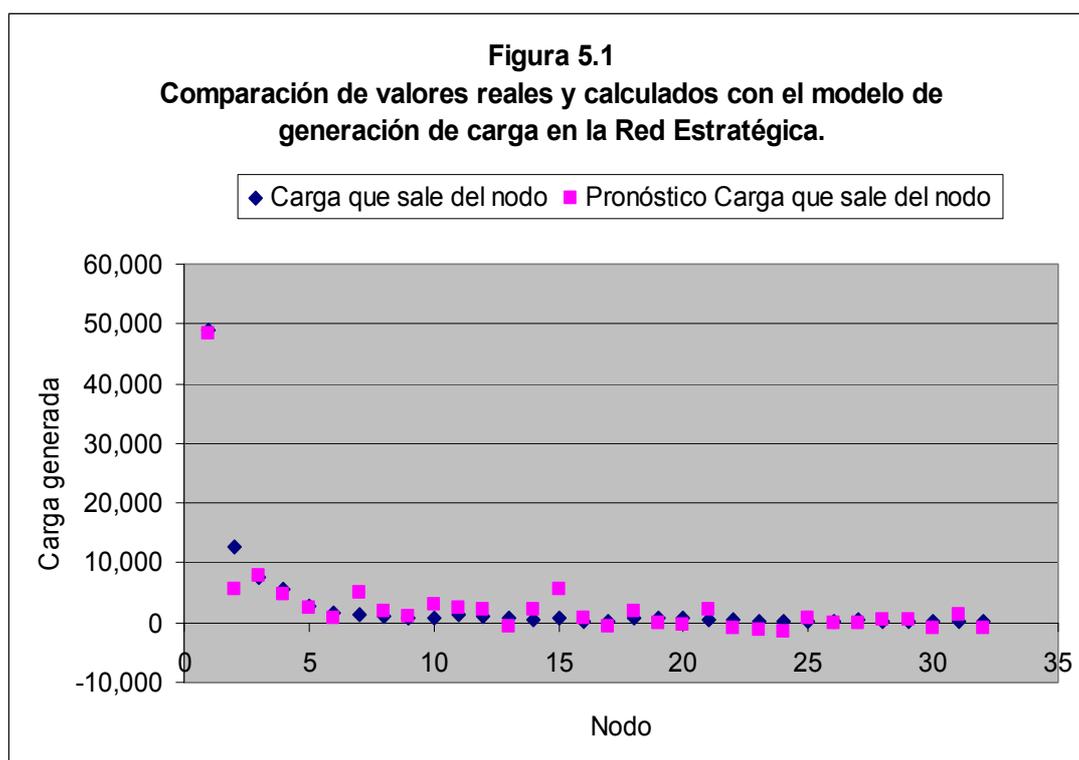
$(X_2)_i$ = Distancia promedio de viaje desde el nodo i ésimo.

La ecuación de regresión tiene un coeficiente de correlación múltiple de 0.975 y un coeficiente de determinación r^2 de 0.951, que son suficientemente altos para

garantizar la bondad de ajuste entre los datos reales y los datos generados por el modelo.

El análisis de varianza, cuyos resultados se muestran en el cuadro 5.3, tiene el propósito de verificar el nivel de significancia de la regresión, mediante la prueba estadística de la hipótesis de que los coeficientes de las variables independientes son iguales a cero. En el caso de que el resultado del valor del estadístico F, fuera menor al valor crítico, para un determinado nivel de confianza, no se podría rechazar la hipótesis de que los coeficientes son iguales a cero, lo cual podría significar que no existe una relación causal entre las variables dependiente e independientes, o que la verdadera relación no es lineal. Afortunadamente, en todos los casos que se probaron, en el análisis de varianza no se encontraron elementos estadísticos para rechazar la regresión.

La figura 5.1 muestra la gráfica que compara los valores de los datos reales con los valores calculados por el modelo de generación de carga para cada uno de los 32 nodos de la red estratégica. Se puede observar que el ajuste es bastante exacto, mostrando diferencias relativamente grandes, sólo en los casos de los nodos 2, 7 y 15, que corresponden a Tijuana, del Bajío y Ciudad Juárez.



Los casos que se comportan de una manera “extraña” o atípica, para los parámetros del modelo, son aquéllos cuyas condiciones particulares difieren de una manera más marcada del comportamiento “promedio” que tienen los demás nodos en el sistema. Es decir, para las relaciones promedio, de acuerdo a su

tamaño poblacional y la longitud de los arcos que los conectan, estos nodos se comportan fuera de lo esperado.

En el caso de Tijuana, el modelo encuentra que en la realidad está generando más carga de la que se esperaría de acuerdo con su tamaño poblacional, lo cual ocurre justamente al contrario en los casos del Bajío y Ciudad Juárez, ciudades que generan menos carga de lo que se esperaría de acuerdo a su tamaño poblacional y el comportamiento promedio.

5.3 El modelo de atracción

Un modelo de atracción de carga busca calcular el volumen de carga que ingresa, o es “atraído”, por cada una de las terminales que forman parte de un sistema de transporte.

Los modelos de atracción de carga suelen ser conceptualmente idénticos a los modelos de generación, y nuestro caso no es la excepción. El modelo que se presenta en esta sección tiene los mismos fundamentos teóricos que el modelo de generación de carga presentado en la sección precedente, e incluso se utilizan las mismas variables independientes o explicativas; el único cambio radica en la variable independiente, que en este caso es la carga que ingresó a cada uno de los nodos de la red estratégica.

Por lo anterior, en la función de regresión múltiple Gaussiana que se utilizó para construir el modelo de atracción de carga, se mantiene la misma forma que en el modelo de generación, cambiando únicamente la denominación de la variable dependiente, quedando:

$$VA_j = a + b_1(X_1)_j + b_2(X_2)_j + b_3(X_3)_j + \dots + b_n(X_n)_j$$

donde:

- VA_j *Volumen de carga atraída por el nodo j – ésimo.*
- a *Parámetro del modelo a determinar, que representa el valor de la ordenada al origen.*
- b_i *Parámetro del modelo a determinar. Este coeficiente define la tasa de crecimiento de la variable dependiente en función de la variable independiente i ésima.*
- $(X_i)_j$ *Variable independiente i – ésima, en el nodo j – ésimo, que determina a la variable dependiente con una tasa de crecimiento definida por el coeficiente i – ésimo.*

El procedimiento para construir el modelo sigue los mismos pasos que fueron señalados en la sección precedente y que consiste, *grosso modo*, en la elección de variables independientes, el análisis de la matriz de coeficientes de correlación

*5 Modelación matemática de la interacción espacial
en la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica*

Cuadro 5.4

Datos fuente para el Análisis de Atracción de Carga en la Red Estratégica

Nº	Terminal (Nodo)	Carga que sale del nodo (toneladas)	Población localidad Conteo 95 (habitantes)	Población del municipio Censo 2000 (habitantes)	Distancia promedio de viaje (kilómetros)	Longitud promedio de los arcos (kilómetros)	Conexiones
1	México	25,322	16,674,160	8,591,309	1,058.9	881.4	28
2	Tijuana	14,588	991,592	1,212,232	2,022.5	1,777.3	10
3	Guadalajara	9,016	3,461,819	1,647,720	1,100.9	1,201.3	4
4	Monterrey	5,534	3,022,268	1,108,499	777.4	1,057.2	3
5	Mérida	3,848	779,648	703,324	994.3	994.3	1
6	Cancún	4,833	311,696	419,276	1,280.1	1,280.1	1
7	Del Bajío	1,652	1,174,180	1,133,576	1,275.4	1,149.1	2
8	Hermosillo	1,715	559,154	608,697	1,324.6	1,148.0	2
9	Villahermosa	2,092	533,598	519,873	677.1	677.1	1
10	Mexicali	2,115	696,034	764,902	2,043.2	1,978.9	2
11	Culiacán	1,634	696,262	744,859	902.8	869.4	3
12	Morelia	1,277	578,061	619,958	2,116.8	2,116.8	1
13	La Paz	1,217	182,418	196,708	897.9	784.8	2
14	Acapulco	1,522	687,292	721,011	305.8	305.8	1
15	Cd. Juárez	1,174	1,011,786	1,217,818	1,534.6	1,534.6	1
16	Veracruz	1,579	560,200	457,119	304.1	304.1	1
17	Puerto Vallarta	1,544	149,876	183,741	658.7	658.7	1
18	Aguascalientes	929	637,303	643,360	1,180.8	1,148.6	2
19	Tapachula	963	244,855	271,141	880.0	880.0	1
20	Oaxaca	945	394,068	256,848	363.9	363.9	1
21	Chihuahua	1,091	627,662	670,208	1,237.7	1,237.7	1
22	Zacatecas	769	226,265	123,700	1,761.9	1,761.9	1
23	San José del Cabo	1,198	21,737	105,199	1,180.4	1,180.4	1
24	Zihuatanejo	1,203	54,537	95,448	324.1	324.1	1
25	Tuxtla Gutiérrez	908	386,135	433,544	672.5	672.5	1
26	Tampico	884	718,906	294,789	338.5	338.5	1
27	Uruapan	567	250,794	265,211	2,077.3	2,077.3	1
28	Mazatlán	714	357,619	380,265	847.4	847.4	1
29	Reynosa	622	337,053	419,776	735.3	735.3	1
30	Cd. del Carmen	637	233,423	171,367	767.9	767.9	1
31	Torreón	505	870,651	529,093	808.4	808.4	1
32	Minatitlán	638	145,795	152,983	495.9	495.9	1

Fuentes:

Carga: Elaboración propia con información de la S.C.T, Dirección General de Aeronáutica Civil

Población: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Conteo de Población 95 y Censo General de Población y Vivienda 2000

Distancias: Cálculo propio con base en las coordenadas de localización geográfica de las terminales, S.C.T, DGP

y la evaluación de diferentes alternativas de la ecuación de regresión, utilizando combinaciones de las variables independientes que se considere apropiadas, en función de sus correlaciones.

El procedimiento de calibración del modelo, o sea la determinación de los valores particulares de los coeficientes y la constante, se realiza, igualmente, por el método de los mínimos cuadrados de Gauss.

El cuadro 5.4 muestra los datos fuente que se utilizaron para construir el modelo de atracción de carga en la red estratégica de transporte aéreo. Como ya se mencionó, se utilizan las mismas variables independientes que en el caso del modelo de generación de carga, porque se considera que cubren plenamente las condiciones necesarias para poder ser candidatas a explicar el fenómeno de la atracción de carga. El único cambio que aparece en el cuadro, son los valores de la tercera columna, en donde se presentan los volúmenes de carga que en 1999 ingresaron a cada uno de los nodos de la red. Las observaciones que se hicieron en la sección anterior sobre las variables independientes son válidas para este caso y se sugiere revisarlas.

El cuadro 5.5 muestra la matriz de correlaciones que existen entre las variables que se presentan en el cuadro 5.4. En la primera columna se muestran las correlaciones entre la variable dependiente y las variables independientes, observándose que todas ellas tienen correlación positiva y que solamente no es muy alta para las variables relacionadas con la longitud de los arcos, aunque es ligeramente mayor que para el caso de la carga generada, que se estudió previamente.

Las demás columnas del cuadro 5.5 son idénticas a las que aparecen en el cuadro 5.2 y mantienen los mismos problemas de alta correlación en las parejas de variables relacionadas con la población y la longitud de los arcos, por lo que no se deben utilizar simultáneamente en la ecuación de regresión, con objeto de evitar problemas de multicolinealidad.

Siguiendo con el procedimiento, se construyeron y evaluaron una serie de ecuaciones de regresión, en las que se fueron alternando las variables independientes, primero de una en una, y posteriormente combinándolas de dos en dos, e incluso de tres en tres.

También en este caso, la combinación que se consideró más adecuada para modelar el fenómeno de la atracción de carga, resultó ser la ecuación que tiene como variables independientes a la población del municipio en el censo del año 2000 y la distancia promedio de viaje, aunque, de la misma manera que en el caso del modelo de generación de carga, también otras ecuaciones tienen buenos resultados en su evaluación y podrían utilizarse de manera alterna.

Los valores que resultaron para la constante y los coeficientes de la ecuación se muestran en el cuadro 5.6, junto con los valores de los indicadores estadísticos de la regresión.

Cuadro 5.5
Atracción de carga en la Red Estratégica
Matriz de correlaciones entre las variables dependiente e independientes

Variable	Carga que entra al nodo	Población localidad conteo 95	Población del municipio censo 2000	Distancia promedio de viaje	Longitud promedio de los arcos	Conexiones
Carga que entra al nodo	1					
Población localidad conteo 95	0.8735	1				
Población del municipio censo 2000	0.8854	0.9886	1			
Distancia promedio de viaje	0.1795	0.0255	0.0908	1		
Longitud promedio de los arcos	0.1267	-0.0093	0.0415	0.9870	1	
Conexiones	0.9451	0.9449	0.9583	0.1309	0.0622	1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.6
Análisis de regresión para calibrar el modelo de atracción de carga en la Red Estratégica

<i>Estadísticas de la regresión</i>		<i>Valor de los Coeficientes</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.8910	Intercepción	-430.51
Coefficiente de determinación R ²	0.7939	Población del municipio censo 2000	0.002974
Error típico	2,343.45	Distancia promedio de viaje	0.931459
Observaciones	32		

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	613,306,619.90	306,653,309.95	55.8388	1.13633E-10
Residuos	29	159,260,951.70	5,491,756.96		
Total	31	772,567,571.60			

Fuente: Elaboración propia.

Con base en lo anterior, el modelo calibrado para replicar el fenómeno de la atracción de carga en los nodos de la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica en México, tiene la forma:

$$VA_i = 0.00297 \cdot (X_1)_i + 0.93145 \cdot (X_2)_i - 430.51$$

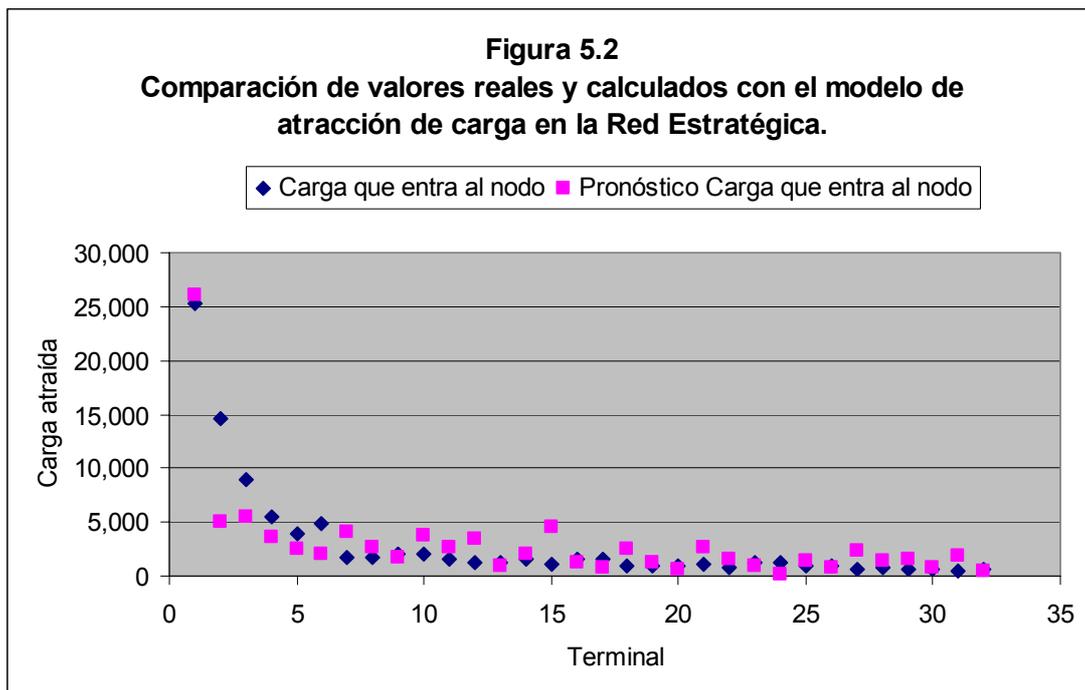
donde:

VA_i = Volumen de carga atraída por el nodo i – ésimo.

$(X_1)_i$ = Población del municipio i – ésimo en el censo 2000.

$(X_2)_i$ = Distancia promedio de viaje desde el nodo i – ésimo.

La ecuación de regresión tiene un coeficiente de correlación múltiple de 0.891 y un coeficiente de determinación r^2 de 0.7939, que son suficientemente altos para garantizar la bondad de ajuste entre los datos reales y los datos generados por el modelo, sin embargo ligeramente menos bueno que en el caso del modelo de generación de carga.



Finalmente, la figura 5.2 muestra la gráfica que compara los valores de los datos reales con los valores calculados por el modelo de atracción de carga para cada uno de los 32 nodos de la red estratégica. Se puede observar que el ajuste es

bueno en general, excepto para algunos casos en particular, de entre los cuales destacan los nodos 2, 3, 6, 7, 12, y 15, que corresponden a las terminales en Tijuana, Guadalajara, Cancún, Del Bajío, Morelia y Ciudad Juárez.

En los tres primeros casos, Tijuana, Guadalajara y Cancún, el modelo considera, basándose en el comportamiento promedio de todos los nodos en la red y en los valores de la población y la longitud de los arcos, que esas tres terminales debieran atraer mucha menor carga de lo que en la realidad ocurre. Este resultado es razonable, debido a que ni Tijuana ni Cancún, tienen tamaño poblacional como para justificar la importancia que tienen dentro de la red, como destino de la carga que proviene de otras terminales. Ya en el capítulo anterior se señalaba la importancia destacada de Tijuana como nodo subdominante dentro de la red y la enorme dependencia de Cancún como receptor de voluminosos flujos de carga provenientes de la Ciudad de México. En el caso de Guadalajara, lo que afecta los resultados del modelo es que la población que se le está considerando es sensiblemente menor a la que realmente tiene, debido a la diferencia entre la población del municipio y la de la zona metropolitana, por esta razón el modelo considera que debiera atraer menos carga de lo que realmente ocurre.

En cambio en los tres últimos casos, Bajío, Morelia y Ciudad Juárez, las terminales están recibiendo menos carga de lo que el modelo estima que les correspondería con base en su tamaño y la longitud promedio de los arcos que los conectan.

Todos los casos señalados en los dos párrafos anteriores, se pueden considerar atípicos dentro de la red y esta es otra de las ventajas de los modelos estadísticos, porque establecen las condiciones que serían de esperarse de acuerdo al comportamiento promedio de todos los casos, permitiendo identificar los casos que salen de la norma general.

5.4 El modelo gravitacional de distribución

Los modelos de distribución buscan replicar la lógica, o el patrón de comportamiento, con que se reparte la carga que es generada por cada uno de los nodos, entre los demás nodos de la red, con los que sostienen intercambios de flujo.

Partiendo del hecho de que la carga que se genera en un nodo, no se distribuye en cantidades iguales entre todos los destinos, se busca determinar los factores que explican las proporciones de la distribución, resaltando casi inmediatamente el tamaño relativo de los destinos, como factor promotor, y la distancia o dificultad de viaje, como factor disuasivo.

Desde finales del siglo XIX, buscando explicar fenómenos sociales y geográficos de interacción espacial, se comenzó a considerar la utilización de modelos basados en el principio de la gravitación universal, descubierto por Isaac Newton a principios del siglo XVIII, estableciendo que la intensidad de la interacción entre dos regiones o localidades, es directamente proporcional al producto de sus

poblaciones, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa, como se expresa en la siguiente relación matemática:

$$I_{ij} \propto \frac{P_i \cdot P_j}{d_{ij}^2}$$

A mediados del siglo XX, investigadores como Casey, comenzaron a utilizar variantes gravitacionales para construir modelos de distribución de viajes en redes de transporte, sin embargo, ya desde esa época se comenzó a substituir las poblaciones como factor explicativo, por la cantidad de viajes o carga generados en las regiones. Esta substitución permite eliminar los problemas que se presentan en los casos en que no hay una buena correlación entre el tamaño de los nodos, en términos poblacionales, y su importancia en los intercambios espaciales de personas o mercancías⁶².

Una segunda adaptación importante consistió en flexibilizar el grado de la potencia de la distancia, liberando el exponente para convertirse en un parámetro de calibración no restringido a valores enteros⁶³. Adicionalmente, el llamado factor de impedancia, o variable disuasiva, se ha ampliado desde el concepto tradicional de la distancia, hasta la utilización del tiempo, o incluso una función de costo generalizado, que puede ser potencial decreciente, como en el caso newtoniano, o exponencial.

En el caso de nuestro estudio, se ha construido un modelo gravitacional para replicar analíticamente el patrón de interacción espacial que existe en la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica y que está dado por la intensidad de flujo de carga que se registró en cada uno de los arcos de la red.

En el modelo que hemos propuesto se toma como variable dependiente la intensidad de flujo de carga en el arco, usando como datos los registros de carga en los cuarenta enlaces de la red estratégica, y se toma como variables independientes, o explicativas, los volúmenes de carga generados y atraídos, por los orígenes y destinos de cada arco, así como la distancia que existe entre ellos.

En el cuadro 5.7 se muestran los datos fuente para el análisis de la distribución espacial de la carga en la red estratégica de transporte aéreo. Como ya se mencionó se tienen los cuarenta arcos que conforman a la red, la intensidad de flujo de carga en cada uno de ellos, la carga que se generó en el nodo origen y la

⁶² En nuestro estudio también se intentó calibrar un modelo gravitacional, para explicar la distribución de la carga en la red estratégica, usando las poblaciones como variable independiente, sin embargo, los resultados no fueron muy satisfactorios, debido a que varias localidades se comportan atípicamente en función de sus tamaños poblacionales. Este problema ya se señalaba en las secciones en que presentan los modelos de generación y atracción de carga.

⁶³ Por ejemplo, Ortuzar y Willumsen (Ortuzar, Willumsen; 1994) reportan que se han encontrado valores del exponente que van desde 0.6 hasta 3.5.

Cuadro 5.7

Datos fuente para el análisis gravitacional de la distribución de la carga en la Red Estratégica

Nº	Arco		Carga en el arco (toneladas)	Carga generada por el origen (toneladas)	Carga atraída por el destino (toneladas)	Longitud del arco (kilómetros)
	Origen	Destino				
1	México	Tijuana	11,029.8	49,007.9	14,587.9	2,294.9
2	México	Monterrey	9,293.4	49,007.9	5,534.0	705.9
3	México	Guadalajara	8,236.1	49,007.9	9,015.6	457.4
4	México	Mérida	6,511.3	49,007.9	3,848.3	994.3
5	Tijuana	Guadalajara	6,437.0	12,535.1	9,015.6	1,897.1
6	México	Cancún	6,329.8	49,007.9	4,832.7	1,280.1
7	México	Villahermosa	2,870.2	49,007.9	2,092.1	677.1
8	Tijuana	Morelia	2,232.1	12,535.1	1,277.4	2,116.8
9	México	Acapulco	1,998.1	49,007.9	1,522.3	305.8
10	México	Hermosillo	1,986.8	49,007.9	1,714.7	1,609.6
11	México	Cd. Juárez	1,910.4	49,007.9	1,173.8	1,534.6
12	México	Mexicali	1,909.5	49,007.9	2,114.9	2,171.0
13	México	Veracruz	1,878.4	49,007.9	1,578.8	304.1
14	México	Puerto Vallarta	1,834.0	49,007.9	1,544.2	658.7
15	Tijuana	Del Bajío	1,756.4	12,535.1	1,651.7	1,995.4
16	México	Tapachula	1,603.7	49,007.9	963.2	880.0
17	México	Oaxaca	1,592.5	49,007.9	944.7	363.9
18	México	Chihuahua	1,491.1	49,007.9	1,090.7	1,237.7
19	Tijuana	Zacatecas	1,373.8	12,535.1	769.0	1,761.9
20	México	San José del Cabo	1,334.6	49,007.9	1,198.1	1,180.4
21	México	Culiacán	1,323.2	49,007.9	1,633.6	1,043.7
22	México	Del Bajío	1,300.2	49,007.9	1,651.7	302.7
23	México	Zihuatanejo	1,282.6	49,007.9	1,203.3	324.1
24	México	La Paz	1,237.0	49,007.9	1,217.4	1,268.9
25	México	Tuxtla Gutiérrez	1,124.0	49,007.9	907.6	672.5
26	Monterrey	Guadalajara	1,090.9	5,619.8	9,015.6	663.9
27	México	Tampico	1,072.9	49,007.9	884.1	338.5
28	Tijuana	Uruapan	1,030.1	12,535.1	566.6	2,077.3
29	México	Mazatlán	1,018.0	49,007.9	713.9	847.4
30	México	Reynosa	960.8	49,007.9	621.9	735.3
31	Guadalajara	Mexicali	951.2	7,699.6	2,114.9	1,786.7
32	México	Cd. del Carmen	907.5	49,007.9	637.0	767.9
33	Hermosillo	Tijuana	887.5	1,159.6	14,587.9	686.4
34	Aguascalientes	Tijuana	841.7	683.0	14,587.9	1,877.3
35	México	Torreón	785.2	49,007.9	505.3	808.4
36	México	Aguascalientes	770.5	49,007.9	929.2	419.9
37	Monterrey	Tijuana	769.6	5,619.8	14,587.9	1,801.9
38	Culiacán	La Paz	768.3	1,223.0	1,217.4	300.6
39	Tijuana	Culiacán	765.1	12,535.1	1,633.6	1,264.0
40	México	Minatitlán	738.9	49,007.9	637.8	495.9

Fuentes:

Carga: Elaboración propia con información de la S.C.T, Dirección General de Aeronáutica Civil

Distancias: Cálculo propio con base en las coordenadas de localización geográfica de las terminales, S.C.T, DGP

carga que ingresó al nodo destino, de cada enlace, y finalmente la distancia en kilómetros que existe entre el origen y el destino.

El modelo propuesto para la distribución de carga, tiene una estructura matemática que permite su linearización por medio de una anamorfosis logarítmica, pero manteniendo la relación gravitacional básica entre las variables.

La principal razón que justifica tal estructura matemática, se encuentra en la intención de calibrar el modelo utilizando métodos convencionales de análisis de regresión, dado que el problema de la determinación de los parámetros ha sido, tradicionalmente, la mayor dificultad al utilizar modelos gravitacionales, por lo que en épocas recientes se ha buscado la forma de utilizar las técnicas estadísticas.

El modelo utilizado tiene la siguiente expresión matemática⁶⁴:

$$V_{ij} = \alpha \cdot [VG_i \cdot VA_j]^\beta \cdot D_{ij}^\delta$$

donde:

$V_{ij} =$	<i>Volumen de carga entre el origen i ésimo y el destino j ésimo.</i>
$\alpha =$	<i>Parámetro de calibración del modelo</i>
$[VG_i \cdot VA_j] =$	<i>Producto de la carga generada por el nodo i ésimo y la carga atraída por el nodo j ésimo.</i>
$\beta =$	<i>Parámetro de calibración del modelo.</i>
$D_{ij} =$	<i>Distancia entre el origen i ésimo y el destino j ésimo.</i>
$\delta =$	<i>Parámetro de calibración del modelo. Cuando es -2 el modelo toma la forma newtoniana tradicional.</i>

Haciendo logaritmos naturales en ambos miembros, se logra que la función tenga la siguiente estructura lineal:

$$\ln(V_{ij}) = \ln \alpha + \beta \cdot \ln[VG_i \cdot VA_j] + \delta \cdot \ln D_{ij}$$

Nótese que esta función es susceptible de ser tratada estadísticamente por medio de una regresión lineal múltiple, lo único que se tiene que hacer es trabajar con el logaritmo natural de los datos, y se sabe que, en los resultados, los coeficientes de las variables independientes son los exponentes en la función original y que la constante es la exponencial del parámetro alfa.

⁶⁴ Es evidente que si el valor del exponente de la distancia es negativo, la función tiene la estructura gravitacional típica.

En el cuadro 5.8 se muestran los resultados del análisis de regresión mencionado, donde se pueden observar el valor de los coeficientes y de la constante, así como las principales estadísticas de la regresión y el análisis de varianza correspondiente. Es conveniente mencionar que el coeficiente de determinación r^2 quedó relativamente bajo, con un valor de 0.5932, indicando que las variables independientes explican solamente el 60% de la variación de los datos que corresponden a la variable dependiente.

Cuadro 5.8
Análisis de regresión para calibrar el modelo gravitacional
de distribución de carga en la Red Estratégica

<i>Estadísticas de la regresión</i>		<i>Valor de los Coeficientes</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.7702	Intercepción	-2.686834
Coefficiente de determinación R^2	0.5932	Ln (Carga origen * Carga destino)	0.496604
R^2 ajustado	0.5712	Ln (Distancia)	0.191930
Error típico	0.4906		
Observaciones	40		

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	12.989	6.495	26.979	5.9306E-08
Residuos	37	8.907	0.241		
Total	39	21.896			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los valores de la constante y los coeficientes, el modelo lineal, ya calibrado, queda entonces:

$$\ln(V_{ij}) = -2.68 + 0.496 \cdot \{ \ln[VG_i \cdot VA_j] \} + 0.191 \cdot [\ln D_{ij}]$$

De aquí que el modelo original, ya calibrado, quede:

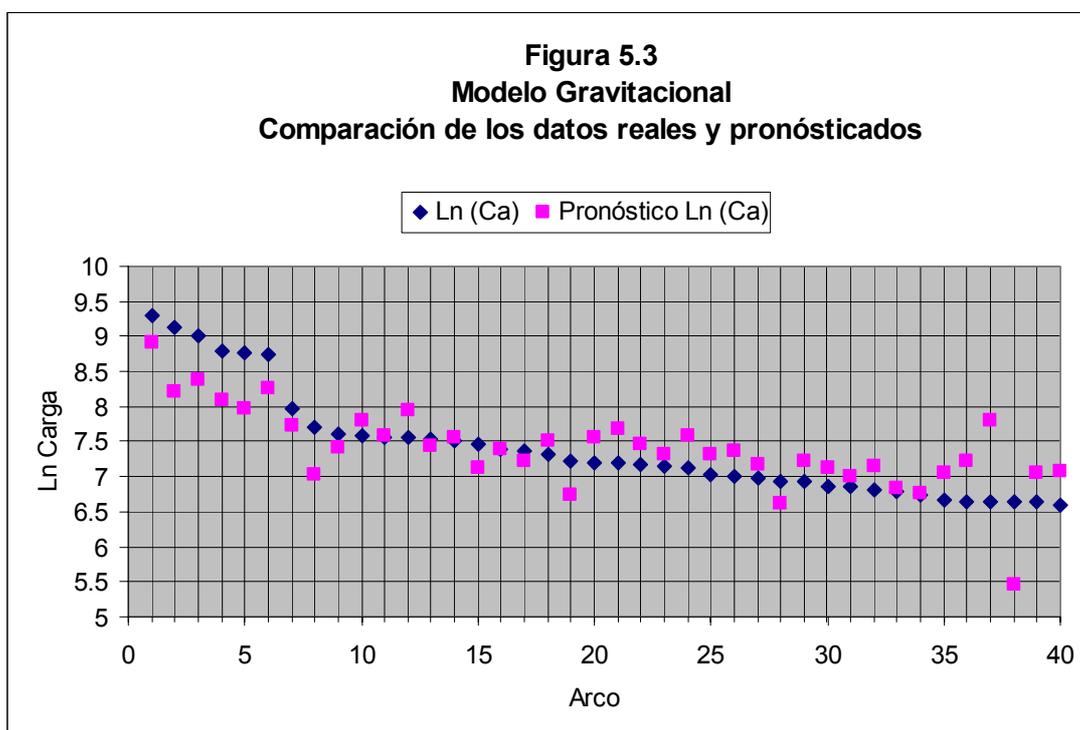
$$V_{ij} = 0.068 \cdot [VG_i \cdot VA_j]^{0.496} \cdot D_{ij}^{0.192}$$

Una de las particularidades más destacables en el modelo, es el signo del exponente de la distancia, que es positivo. Esto es interesante porque significa que la distancia es un factor que promueve la intensidad de los flujos de carga, es decir, a mayor distancia, tiende a haber una mayor intensidad de flujo de carga o de intercambio comercial entre los nodos, lo cual está relativamente fuera de lo

común, debido a que normalmente la distancia actúa como una impedancia a la movilidad y, por lo tanto, como un factor disuasivo que tiene exponente negativo. Sin embargo, la peculiaridad se explica plenamente en función de las características del modo de transporte que se está estudiando. En el caso del transporte aéreo, su esfera de competitividad frente a otros modos, particularmente el autotransporte, comienza a crecer a partir de cierta distancia crítica, de tal manera que es mayor en los desplazamientos de largo recorrido. El signo positivo del exponente lo que indica es que los arcos más largos tienen, en promedio, mayores intensidades de flujo de carga, lo cual es contrario a lo que normalmente pasa cuando se analizan sistemas de transporte terrestre, pero normal en el caso del transporte aéreo. En este sentido, se puede afirmar que el modelo está reflejando fielmente el comportamiento de los datos con que se le alimentó.

En la figura 5.3 se muestra gráficamente la comparación entre los datos reales y los datos calculados con el modelo, así como el valor de los residuos, que es la diferencia entre esos dos valores.

En la gráfica se puede observar que este modelo no tiene un ajuste tan fino como el que se logró en los modelos de generación y atracción de carga, reflejando el valor bajo que se obtuvo en el coeficiente de determinación.



Son varios los enlaces con diferencias importantes entre los valores reales y los valores calculados por el modelo, sin embargo destacan los primeros seis y muy especialmente los nodos 37 y 38, uno por exceso y el otro por deficiencia.

Los primeros seis arcos son los principales corredores del sistema, que, como se recordará, corresponden a los enlaces México – Tijuana, México – Monterrey, México – Guadalajara, México – Cancún, México – Mérida, y México – Villahermosa. En todos estos casos el modelo calcula que debería haber menos carga de la que en la realidad se está presentando. En nuestra opinión este resultado confirma la importancia de estos corredores, porque se demuestra que están estadísticamente fuera del comportamiento promedio de los demás nodos en el sistema.

Los otros dos casos están entre los corredores con menos intensidad de flujo en la red estratégica, y corresponden a los enlaces Monterrey – Tijuana, y Culiacán – La Paz. En el primer caso el modelo espera que tengan un intercambio mucho mayor al que tienen en la realidad, debido a que ambos nodos son de los más importantes en el sistema, reflejándose la dependencia anormal de Monterrey con la Ciudad de México. En el segundo caso, el modelo calcula que el flujo entre estas dos terminales debiera ser menor al que realmente existe, debido a que ninguno de los nodos es especialmente importante y a que están muy cerca el uno del otro. En este caso, el modelo no puede ser sensible a la situación especial de la localización de La Paz en la península de la Baja California y su enorme dependencia del abasto proveniente del continente, especialmente las ciudades sinaloenses, en la costa del Pacífico.

Para terminar este capítulo se considera conveniente señalar que los modelos expuestos tienen un carácter estrictamente descriptivo de la interacción espacial que existe en la red estratégica de transporte aéreo de carga doméstica en México, y que si bien se pueden usar para simular el comportamiento de la movilidad de mercancías por este modo de transporte, no pueden ser usados directamente para elaborar pronósticos de los flujos de carga en la totalidad del sistema, sin antes realizar algunos ajustes matemáticos que permitan construir matrices consistentes, en las que las columnas y renglones tengan valores compatibles.

6 Conclusiones

La aviación civil en México surgió desde época muy temprana, prácticamente desde su nacimiento en el ámbito mundial. Las peculiaridades de la compleja geografía mexicana y el escaso desarrollo de la infraestructura de transporte terrestre, contribuyeron a dar la bienvenida a una nueva modalidad de transporte que se caracterizaba por superar rápidamente las topografías complejas y las grandes distancias, sin requerir de grandes inversiones en infraestructura y equipo.

Desde esa época ya hubo productos y negocios que se convirtieron en usuarios naturales del transporte aéreo y que requirieron de sus servicios de manera constante, de tal manera que los volúmenes de carga transportados no dejaron de incrementarse a lo largo de sus ocho décadas de historia, pero muy especialmente en los años noventa, al final de los cuales se ha alcanzado una cifra anual cercana a las 120,000 toneladas, tan sólo en el ámbito doméstico.

En 1999, el sistema de transporte aéreo de carga doméstica se estructuró con base en una red de 62 terminales y 254 enlaces que los interconectaron. En esta red se identificaron seis corredores principales, cinco de ellos conectando a la Ciudad de México con Tijuana, Monterrey, Guadalajara, Mérida y Cancún, y uno relacionando a Tijuana y Guadalajara. En todos estos casos la intensidad de flujo de carga anual fue superior a las seis mil toneladas.

Tres de los seis corredores principales conectan a la Ciudad de México con los dos extremos geográficos más alejados de ella, hacia el noroeste, en Baja California, y hacia el oriente, en la península de Yucatán; otros dos la conectan con las ciudades que le siguen en importancia en el país, Guadalajara y Monterrey; el corredor restante conecta a la ciudad central del Bajío, Guadalajara, con Tijuana, ciudad que resultó la segunda terminal más importante en el sistema.

Del esquema general de movilidad aérea de mercancías, se concluye que el sistema privilegia la interconexión del centro económico de la República, con todos los extremos geográficos del país, tanto en las fronteras, como en los litorales de ambos océanos. Adicionalmente también se conecta a la Ciudad de México con la mayoría de las capitales políticas de las entidades federativas y algunas localidades con accesibilidad terrestre restringida, especialmente en las penínsulas de Baja California y de Yucatán.

También se observa que el transporte aéreo tiene una participación más destacada en los intercambios que se establecen entre terminales alejadas geográficamente, demostrando su mayor competitividad en los movimientos de carga de largo recorrido. Esta afirmación se confirma al calcularse la distancia promedio de viaje en el sistema, que resultó ser de 1,126.8 kilómetros; esta magnitud es mucho mayor que las distancias promedio que la literatura especializada en las estadísticas del sector reporta para los otros modos de transporte en el país.

Una característica destacable que se encontró en la gran mayoría de los enlaces del sistema es que presentan una marcada asimetría direccional, de tal manera que los flujos de carga que se registran del núcleo dominante hacia la periferia, son mayores a los que se realizan en sentido inverso. Este comportamiento define una función distribuidora, o de abasto, más que de recolección, a los principales nodos de la red.

Geográficamente se observa que los arcos con mayores niveles de asimetría direccional suelen conectar a la terminal de México con ciudades localizadas en zonas costeras, cuya vocación es fundamentalmente turística, como Zihuatanejo, San José del Cabo, Puerto Vallarta, Acapulco y Cancún. En todos estos casos es muy probable que la causa del desequilibrio sea la falta de actividades económicas generadoras de la carga de exportación regional que pudiera compensar la demanda de productos necesarios para atender las cuantiosas poblaciones flotantes y locales de estas ciudades.

Utilizando el método de jerarquización estructural de nodos de Nyusten y Dacey, basado en el concepto de “flujo dominante”, se clasificaron las terminales del sistema en tres categorías: dominantes, sub-dominantes y periféricas. Se encontró que el centro, o núcleo dominante, de todo el sistema es la Ciudad de México, y que los principales nodos sub-dominantes son las ciudades de Tijuana y Monterrey. En estos resultados, es sorprendente que la ciudad de Guadalajara no alcanzara la categoría de nodo sub-dominante, dado que maneja volúmenes de carga similares a los de Tijuana y Monterrey, sin embargo, el factor decisivo para determinar su función dependiente dentro de la red, es su relativa cercanía a la Ciudad de México.

De acuerdo con el método de Nyusten y Dacey, las regiones de influencia de los nodos dominante y subdominantes, quedaron conformadas de la siguiente manera: la Ciudad de México domina a todas las terminales del sistema de manera directa o indirecta; Tijuana tiene su área de influencia en la región del Bajío, subdominando a Zacatecas, Aguascalientes, del Bajío, Morelia, Uruapan, Tepic y Cuernavaca; y por su parte, Monterrey tiene su área de influencia en la región del noreste, con una prolongación hacia el centro del país, subdominando a Monclova, Piedras Negras, San Luis Potosí, Querétaro y Puebla.

Otra característica que se encontró en los enlaces de la red es una significativa heterogeneidad en los valores de la intensidad de flujo de carga que se registraron en cada uno de ellos, tomando valores en un amplio rango que va desde unos cuantos kilogramos, hasta más de diez mil toneladas al año. Con objeto de buscar la existencia de algún patrón numérico de comportamiento en la distribución de la carga en los enlaces, se estudió su participación relativa acumulada, encontrándose que la curva de distribución sigue de manera cercana la conocida regla de Pareto, en la que al 20% de los casos, corresponde el 80% de la participación acumulada en un sistema.

El comportamiento paretiano de la distribución de la carga en los 254 enlaces de la red permitió realizar una categorización de la misma, segmentándola en dos subconjuntos a los que se denominó “Red Básica” y “Red Estratégica”. La red

básica es el subconjunto de 87 enlaces y 50 terminales que acumulan el 95% de la carga transportada; y, por su parte, la red estratégica es el subconjunto de 40 enlaces y 32 terminales que acumulan el 80.5% de la carga transportada en el sistema. Evidentemente la red estratégica es formada exclusivamente por los nodos y arcos más importantes y su estudio permite no sólo encontrar los patrones generales de movilidad, sino también identificar los componentes de mayor relevancia dentro del sistema de transporte aéreo de carga, manteniendo su estructura general de organización espacial.

La red estratégica tiene un número muy pequeño de arcos (40) en comparación con el número de nodos (32), por lo que su índice de conectividad es bastante bajo y cercano al valor mínimo posible. Por su baja conectividad, la red estratégica presenta una configuración estructural de tipo árbol, en la que cada par de nodos tienden a estar conectados por un solo arco, sin formar triángulos; adicionalmente, casi el 90% de los arcos de la red están conectados con la Ciudad de México, por lo que en general la configuración es de tipo árbol, pero con una fuerte tendencia radial hacia un núcleo central, formando una especie de erizo marino, muy claramente definido especialmente hacia el sur y sureste. El otro segmento de la red que destaca con una configuración diferente es el que se forma con la ciudad de Tijuana como núcleo central; en este caso también se tiene una configuración arbórea, pero por la localización de Tijuana en el extremo noroeste del país, no toma forma de erizo, sino de cono, con Tijuana en el vértice y la región del bajo en la base. La superposición de estas dos configuraciones forma la estructura general de la red estratégica.

Con objeto de establecer un sistema de importancias relativas entre las terminales de la red estratégica, se utilizó un procedimiento matemático basado en un criterio que suele usarse en estudios de geografía regional, conocido como “regla rango – tamaño”, o “Ley de Zipf”, que establece una relación entre los valores de la carga transferida en cada una de las terminales y su rango dentro del sistema.

De acuerdo al modelo de Zipf, las primeras cuatro terminales en el país tienen un rango descendente indiscutible, siendo en orden, México, Tijuana, Guadalajara y Monterrey; esto no ocurre con las dos terminales siguientes, que resultaron con una misma jerarquía, correspondiente al nivel seis. Estas seis terminales, que se pueden considerar las más grandes e importantes en el sistema, manejan un volumen anual de carga entre las seis mil y las setenta y cinco mil toneladas anuales.

En el siguiente nivel se observó un hueco importante ya que no existen terminales entre los rangos siete y diez, sino hasta el onceavo, rango que comparten cinco terminales: del Bajío, Hermosillo, Villahermosa, Mexicali y Culiacán; estos nodos, que se pueden considerar los destacados, entre los de mediana importancia, manejan un volumen anual de carga alrededor de las tres mil toneladas.

Las terminales que se pueden considerar de mediana importancia en el sistema, ocupan rangos entre el catorce y el dieciséis, y manejan volúmenes de carga en el orden de las dos mil toneladas anuales; estas terminales son: Morelia, La Paz, Acapulco, Ciudad Juárez, Veracruz y Puerto Vallarta.

En el estudio se construyeron tres modelos matemáticos para replicar el comportamiento de los flujos de carga en el sistema de transporte aéreo de carga doméstica, un modelo de generación de carga, otro de atracción, y el tercero, de distribución, mismo que se definió con base en un criterio gravitacional. Los tres modelos fueron calibrados utilizando técnicas tradicionales de análisis de regresión lineal, aunque en el caso del modelo gravitacional, se utilizó un procedimiento de transformación logarítmica para linealizar la función.

Los modelos de generación y atracción de carga, resultaron con un alto coeficiente de determinación al relacionar la carga generada y atraída en cada una de las terminales, con la población del municipio en el año 2000 y con la distancia promedio de viaje hacia las terminales con las que sostiene intercambio de flujo de carga. El buen ajuste del modelo a los datos, indica que es posible su utilización para la predicción de los flujos que se generarán en las terminales ante posibles cambios en el valor de las variables independientes.

Por su parte, el modelo gravitacional de distribución, relaciona matemáticamente la intensidad de flujo de carga en cada uno de los enlaces, con los valores de la carga generada y atraída en los nodos origen y destino del movimiento, así como con la distancia que existe entre ellos. Aunque el coeficiente de determinación obtenido no es tan alto como en el caso de los modelos de generación y atracción de carga, explica alrededor del 60% de las variaciones de la variable dependiente, confirmando el comportamiento gravitacional de los nodos y las interrelaciones en el sistema.

Un resultado destacable en el modelo gravitacional, que se considera una peculiaridad típica de un sistema de transporte aéreo, es que el signo del exponente de la distancia resultó positivo, lo cual significa que la distancia se comporta como un factor que promueve o aumenta la intensidad de los intercambios, esto es, que a mayor distancia, mayor flujo de carga. Este comportamiento se considera una peculiaridad, debido a que en la mayoría de los casos, especialmente en los sistemas de transporte terrestre, la distancia actúa como un factor de impedancia o resistencia, que limita la intensidad de flujo, comportándose, de hecho, de acuerdo con el principio gravitacional Newtoniano.

Este comportamiento de la distancia, como factor promotor de la intensidad de los intercambios, en el caso del transporte aéreo, se explica en función de que su esfera de competitividad frente a otros modos, particularmente el autotransporte, comienza a crecer a partir de cierta distancia crítica, de tal manera que es mayor en los viajes de largo recorrido. En este caso, el signo positivo del exponente, lo que indica es que los arcos más largos presentan, en promedio, mayores flujos de carga. En este sentido se puede afirmar que el modelo está reflejando fielmente el comportamiento de los datos con que ha sido calibrado.

Mediante el análisis del comportamiento histórico y de la organización del subsector aéreo de carga en México, se concluye que uno de los problemas más importantes que ha de superarse para el desarrollo de esta actividad, deriva del hecho de que para las principales aerolíneas, los servicios de transporte de carga

son una actividad secundaria, complementaria al transporte de pasajeros, que constituye la prioridad comercial de las empresas.

En México, la carga básicamente se transporta dentro de los servicios regulares de pasajeros, cubriendo la capacidad remanente de los compartimentos de equipaje de las aeronaves, con una importancia financiera y comercial muy limitada en la economía de las empresas.

La especialización de las aerolíneas en el transporte de pasajeros ha provocado que no se haya desarrollado un buen nivel de oferta de infraestructura y equipo especializados en el manejo de carga, así como la existencia de bajos niveles de servicio e integración logística con los usuarios. Esta situación, junto con los fletes elevados, ha reforzado la tendencia de los usuarios a recurrir al autotransporte como primera opción y alimenta un círculo negativo de poca demanda, bajas economías de escala, bajas utilidades, y bajo interés comercial.

En este esquema general de poca, o limitada, especialización en el transporte aéreo de carga, el crecimiento constante de la demanda se explica por la existencia de nichos de mercado en que este modo tiene ventajas comparativas absolutas sobre cualquier otra modalidad, y en la existencia de un grupo creciente de usuarios que están recurriendo a fórmulas logísticas más sofisticadas, en las que tienen mayor valor los atributos de servicio característicos del transporte aéreo.

En la última década, la estructura general de organización del sistema nacional de transporte ha registrado cambios significativos que promueven la participación de modos de transporte de carga tradicionalmente relegados, como el aéreo e incluso el ferrocarril, lo cual se refleja en el surgimiento de empresas aéreas exclusivas de carga, en la construcción de nuevas terminales especializadas y en el crecimiento notable de la demanda, que pasó de 164,000 toneladas en 1990, a casi 500,000, en 1999, con una tasa de crecimiento anual superior al 12%.

Por lo anterior, es posible afirmar que el transporte aéreo de carga parece tener un futuro cada vez más promisorio en México, tanto en el ámbito internacional, como en el doméstico.

Es posible que el factor clave en el futuro desarrollo de esta industria resida en la posibilidad de alcanzar niveles atractivos de rentabilidad económica, a partir de volúmenes de demanda que produzcan economías de escala y que justifiquen mayores tendencias de especialización comercial y tecnológica, por parte de los prestadores de servicios.

En este sentido no dejará de ser importante la participación de la SCT, como organismo normativo y rector, en la promoción del desarrollo de la infraestructura necesaria para manejar carga en las terminales y facilitar la imprescindible coordinación técnica y operativa con las otras modalidades de transporte.

7 Bibliografía

Ackoff, Russell; Sasieni, Maurice. *Fundamentos de Investigación de Operaciones*. Editorial Limusa, México, 1987.

Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1997. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes, México, 1998. ISSN 0188-8692.

Christopher, Martin. *Logística y Aprovisionamiento*. Ediciones Folio, S.A., Barcelona, 1994.

Dirección de Estudios Socioeconómicos y Regionales, Consejo Nacional de Población (CONAPO). *Sistema de ciudades y distribución espacial de la población en México*. México, D.F., agosto de 1991.

Esparza, Rafael. *La Aviación. Historia de las Comunicaciones y los Transportes en México*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México 1987. ISBN 968-803-156-9.

García Ortega, Gabriela; Backhoff Pohls, Miguel Angel. *Los Sistemas de Información Geográfica y el Transporte*. Publicación Técnica 32. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Sanfandila, Querétaro, 1992.

Heredia Iturbe, Francisco (1990). *Aspectos básicos de la relación entre transporte y turismo en México*. Publicación Técnica 16. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Sanfandila, Querétaro, 1990.

Heredia Iturbe, Francisco (1996). *Tendencias del transporte aéreo en el ámbito mundial*. Boletín "Notas". N° 29. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 1996. <http://www.imt.mx>

Heredia Iturbe, Francisco (1998a). *Tendencias de la regulación del transporte aéreo internacional y sus efectos en México*. Boletín "Notas". N° 40. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 1998. <http://www.imt.mx>

Heredia Iturbe, Francisco (1998b). *El proceso de apertura a la inversión en el sistema aeroportuario mexicano*. Boletín "Notas". N° 42. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 1998. <http://www.imt.mx>

Heredia Iturbe, Francisco (1998c). *La aviación regional en México 1989 – 1995*. Boletín "Notas". N° 38. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 1998. <http://www.imt.mx>

Heredia Iturbe, Francisco (1999a). *El Transporte Aéreo de Carga en México*. Publicación Técnica 124. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Sanfandila, Querétaro, 1999.

Heredia Iturbe, Francisco (1999b). *CINTRA en la aviación comercial mexicana*. Nota. N° 181. Publicación de divulgación interna. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 1999.

Heredia Iturbe, Francisco (1999c). *Las alianzas entre aerolíneas en la modalidad de código compartido*. Boletín "Notas". N° 44. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 1999. <http://www.imt.mx>

Heredia Iturbe, Francisco (1999d). *La Reestructuración del Transporte Aéreo en México 1987 - 1996*. Publicación Técnica 123. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Sanfandila, Querétaro, 1999.

Heredia Iturbe, Francisco (2000a). *El Transporte Aéreo de carga en México*. Nota. N° 185. Publicación de divulgación interna. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 2000.

Heredia Iturbe, Francisco (2000b). *La competencia en el mercado mexicano de los servicios aéreos*. Nota. N° 200. Publicación de divulgación interna. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 2000.

Heredia Iturbe, Francisco (2000c). *Las aerolíneas mexicanas en la secuela de la privatización*. Boletín "Notas". N° 51. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 2000. <http://www.imt.mx>

Heredia Iturbe, Francisco; Martínez Alejos, Ramiro. *La Situación de la Aviación Regional Regular en México en 1989*. Publicación Técnica 22. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Sanfandila, Querétaro, 1992.

Hernández, Rafael; Segura, Carmen; Morales, María del Carmen. *Manual Estadístico del Sector Transporte 1996*. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 1998.

Herrera García, Alfonso. *Tecnología para el manejo de carga aérea en terminales*. Borrador de trabajo para publicación técnica. Instituto Mexicano del Transporte, Coordinación de Integración del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 2000.

Islas Rivera, Víctor. *Estructura y Desarrollo del Sector Transporte en México*. El Colegio de México. 1ª Edición, México, 1990.

Kazmier, Leonard J. *Estadística aplicada a la Administración y a la Economía*. McGraw – Hill / Interamericana de México, S.A. de C.V., México, D.F. 1988.

La Aviación Mexicana en Cifras 1990 – 1996. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Transporte, Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) S.C.T. México, 1997.

La Aviación Mexicana en Cifras 1992 – 1998. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Transporte, Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) S.C.T. México, 1999.

La Aviación Mexicana en Cifras 1993 – 1999. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Transporte, Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) S.C.T. México, 2000.

Manheim, Marvin L. *Fundamentals of Transportation Systems Analysis*. Vol I. The Massachusetts Institute of Technology. MIT Press, Cambridge, Mas, 1979.

Martínez Alejos, Ramiro. *La Aviación Regional en México 1990*. Publicación Técnica 38. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Sanfandila, Querétaro, 1992.

Martínez Alejos, Ramiro. *La Aviación Regional en México 1991*. Publicación Técnica 62. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Sanfandila, Querétaro, 1995.

Nyusten, John D; Dacey, Michael F. *A graph theory interpretation of nodal regions*. Papers and proceedings of the Regional Science Association, N° 7, pp 29-42.

Ortúzar Salas, Juan de Dios; Willumsen, Luis. *Modelling Transport*. Second Edition. John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chichester, England, 1994.

Potrykowski, Marek; Taylor, Zbigniew. *Geografía del Transporte*. Editorial Ariel S.A., Barcelona, 1984.

Rabino, Giovanni A.; Ocelli Sylvie. *Understanding Spatial Structure from Network Data: Theoretical Considerations and Applications*. Artículo presentado en el 28 Congreso Geográfico Internacional en La Haya, Holanda, Agosto de 1996.

Rico Galeana, Oscar A. *Modelos de Transporte*. Apuntes de clase. UPIICSA, IPN, Inéditos, 1990.

Rico Galeana, Oscar A. *La red de transporte aéreo de carga en México*. Nota. N° 197. Publicación de divulgación interna. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro. 2000.

Robinson, Arthur; Sale, Randall; et. al. *Elements of Cartography*. John Wiley and Sons, New York, 1984.

Ruiz Romero, Manuel. *La Aviación Civil en México*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Universidad Nacional Autónoma de México. Primera Edición, México, D.F. 1999. ISBN: 968-36-7865-3.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Registros digitalizados de la localización geográfica de las terminales aéreas en México*. Dirección General de Planeación.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Registros digitalizados de las operaciones de transporte aéreo en México en 1999*. Dirección General de Aeronáutica Civil.

Taaffe, Edward; Gauthier, Howard; O'Kelly, Morton. *Geography of Transportation*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1996.

Tolley, R. S.; Turton, B. J. *Transport Systems, Policy and Planning, a geographical approach*. Longman Scientific & Technical, Longman Group Ltd. England, 1995

El Transporte de América del Norte en Cifras. U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, Statistics Canada, Transport Canada, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. BTS00-05, Washington, D.C., 2000.

XII Censo General de Población y Vivienda de los Estados Unidos Mexicanos. Resultados Preliminares. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 2000. ISBN 970-13-3019-6

Anexo 1: Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México

Cuadro A1.1
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
1	México	Tijuana	2,294.9	6,757.4	4,272.4	11,029.8	9.5%
2	México	Monterrey	705.9	4,812.6	4,480.8	9,293.4	17.6%
3	México	Guadalajara	457.4	4,785.4	3,450.7	8,236.1	24.7%
4	México	Mérida	994.3	3,848.3	2,663.0	6,511.3	30.3%
5	Tijuana	Guadalajara	1,897.1	3,231.1	3,205.9	6,437.0	35.9%
6	México	Cancún	1,280.1	4,832.7	1,497.1	6,329.8	41.3%
7	México	Villahermosa	677.1	2,092.1	778.1	2,870.2	43.8%
8	Tijuana	Morelia	2,116.8	1,277.4	954.7	2,232.1	45.7%
9	México	Acapulco	305.8	1,522.3	475.8	1,998.1	47.5%
10	México	Hermosillo	1,609.6	1,330.5	656.3	1,986.8	49.2%
11	México	Cd. Juárez	1,534.6	1,173.8	736.6	1,910.4	50.8%
12	México	Mexicali	2,171.0	1,462.9	446.5	1,909.5	52.5%
13	México	Veracruz	304.1	1,578.8	299.6	1,878.4	54.1%
14	México	Puerto Vallarta	658.7	1,544.2	289.8	1,834.0	55.7%
15	Tijuana	Del Bajío	1,995.4	886.7	869.7	1,756.4	57.2%
16	México	Tapachula	880.0	963.2	640.5	1,603.7	58.6%
17	México	Oaxaca	363.9	944.7	647.8	1,592.5	60.0%
18	México	Chihuahua	1,237.7	1,090.7	400.4	1,491.1	61.3%
19	Tijuana	Zacatecas	1,761.9	769.0	604.8	1,373.8	62.4%
20	México	San José del Cabo	1,180.4	1,198.1	136.5	1,334.6	63.6%
21	México	Culiacán	1,043.7	898.9	424.3	1,323.2	64.7%
22	México	Del Bajío	302.7	765.0	535.2	1,300.2	65.9%
23	México	Zihuatanejo	324.1	1,203.3	79.4	1,282.6	67.0%
24	México	La Paz	1,268.9	729.8	507.1	1,237.0	68.0%

Cuadro A1.1 (Continuación)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
25	México	Tuxtla Gutiérrez	672.5	907.6	216.4	1,124.0	69.0%
26	Monterrey	Guadalajara	663.9	699.8	391.1	1,090.9	70.0%
27	México	Tampico	338.5	884.1	188.8	1,072.9	70.9%
28	Tijuana	Uruapan	2,077.3	566.6	463.5	1,030.1	71.8%
29	México	Mazatlán	847.4	713.9	304.1	1,018.0	72.7%
30	México	Reynosa	735.3	621.9	338.9	960.8	73.5%
31	Guadalajara	Mexicali	1,786.7	652.0	299.2	951.2	74.3%
32	México	Cd. del Carmen	767.9	637.0	270.5	907.5	75.1%
33	Hermosillo	Tijuana	686.4	503.3	384.2	887.5	75.9%
34	Aguascalientes	Tijuana	1,877.3	478.3	363.4	841.7	76.6%
35	México	Torreón	808.4	505.3	279.9	785.2	77.3%
36	México	Aguascalientes	419.9	565.9	204.7	770.5	77.9%
37	Monterrey	Tijuana	1,801.9	439.2	330.4	769.6	78.6%
38	Culiacán	La Paz	300.6	487.6	280.8	768.3	79.3%
39	Tijuana	Culiacán	1,264.0	453.9	311.2	765.1	79.9%
40	México	Minatitlán	495.9	637.8	101.1	738.9	80.6%
41	Nvo. Laredo	México	883.3	430.5	302.9	733.4	81.2%
42	Matamoros	México	715.7	410.6	286.8	697.4	81.8%
43	Tijuana	Cuernavaca	2,326.4	405.7	244.4	650.1	82.4%
44	La Paz	Tijuana	1,137.5	334.4	311.7	646.1	82.9%
45	México	Huatulco	504.0	532.3	112.0	644.3	83.5%
46	Mazatlán	San José del Cabo	365.9	533.4	48.0	581.4	84.0%
47	México	Cd. Obregón	1,402.6	391.6	177.8	569.4	84.5%
48	México	Manzanillo	575.7	287.1	252.3	539.4	84.9%

Cuadro A1.1 (Continuación)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
49	Tijuana	Acapulco	2,455.4	309.0	219.0	528.0	85.4%
50	Guadalajara	San José del Cabo	726.7	449.7	59.7	509.4	85.8%
51	México	Campeche	896.6	355.1	115.7	470.8	86.2%
52	Guadalajara	Puerto Vallarta	203.1	395.0	74.0	469.0	86.6%
53	México	Zacatecas	534.6	340.8	120.3	461.1	87.0%
54	Monterrey	Chihuahua	663.8	352.1	105.5	457.7	87.4%
55	México	Chetumal	1,114.2	384.6	49.4	434.0	87.8%
56	México	Saltillo	671.9	309.6	123.8	433.4	88.2%
57	Monterrey	Hermosillo	1,137.9	279.8	135.6	415.4	88.5%
58	Guadalajara	Hermosillo	1,223.5	228.3	141.7	370.0	88.9%
59	México	Durango	764.6	291.9	45.9	337.8	89.2%
60	México	Los Mochis	1,234.3	233.3	92.7	325.9	89.4%
61	Guadalajara	Cd. Juárez	1,266.6	231.0	90.9	321.9	89.7%
62	Del Bajío	Cd. Juárez	1,275.2	173.7	145.4	319.1	90.0%
63	Guadalajara	Acapulco	558.3	191.1	122.4	313.5	90.3%
64	Monterrey	Culiacán	746.3	203.2	108.5	311.7	90.5%
65	Monterrey	Tampico	446.2	272.8	33.5	306.3	90.8%
66	México	Cd. Victoria	470.3	245.4	46.9	292.3	91.0%
67	Monterrey	Puebla	750.5	196.7	93.4	290.1	91.3%
68	Guadalajara	Cancún	1,702.1	286.2	0.4	286.6	91.5%
69	Chihuahua	Hermosillo	495.4	152.0	123.3	275.3	91.8%
70	México	Lázaro Cárdenas	368.3	245.8	29.0	274.8	92.0%
71	Monterrey	Cancún	1,440.7	251.5	7.2	258.7	92.2%
72	Mazatlán	Tijuana	1,477.9	148.6	101.6	250.2	92.5%

Cuadro A1.1 (Continuación)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
73	Monterrey	San Luis Potosí	396.5	184.2	59.7	243.9	92.7%
74	Tijuana	Oaxaca	2,657.6	182.0	56.5	238.5	92.9%
75	México	Cozumel	1,270.7	193.4	27.2	220.7	93.1%
76	Monterrey	Cd. Juárez	895.3	159.4	52.3	211.7	93.3%
77	Los Mochis	Hermosillo	421.9	112.6	95.3	207.9	93.4%
78	La Paz	Guadalajara	822.5	175.8	25.7	201.5	93.6%
79	Zacatecas	Cd. Juárez	1,033.3	102.0	99.0	201.0	93.8%
80	Guaymas	La Paz	432.1	181.4	14.6	196.0	93.9%
81	Cuernavaca	Monterrey	769.1	103.7	90.8	194.5	94.1%
82	Tijuana	Cd. Juárez	1,006.7	96.8	89.3	186.1	94.3%
83	Guadalajara	Culiacán	633.4	124.4	56.2	180.6	94.4%
84	Guadalajara	Cd. Obregón	1,006.3	137.3	43.1	180.4	94.6%
85	Monterrey	Torreón	330.5	105.0	75.1	180.0	94.7%
86	México	Ixtepec	545.4	146.0	29.6	175.5	94.9%
87	Guadalajara	Torreón	556.5	145.7	23.3	169.0	95.0%
88	México	Guaymas	1,525.6	106.5	53.9	160.4	95.2%
89	Mérida	Villahermosa	464.7	114.5	41.9	156.4	95.3%
90	Torreón	Chihuahua	429.4	137.6	16.2	153.8	95.4%
91	Guadalajara	Cuernavaca	462.3	85.8	63.8	149.6	95.6%
92	Culiacán	Hermosillo	592.6	86.3	55.8	142.1	95.7%
93	Mérida	Cozumel	285.5	131.0	10.6	141.6	95.8%
94	Chihuahua	Cd. Juárez	327.9	99.8	41.4	141.2	95.9%
95	México	Morelia	208.6	115.5	23.6	139.2	96.1%
96	Cozumel	Cancún	57.2	123.2	13.5	136.6	96.2%

Cuadro A1.1 (Continuación)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
97	Monterrey	Querétaro	568.1	79.1	53.0	132.1	96.3%
98	Hermosillo	Mexicali	564.0	91.7	39.1	130.7	96.4%
99	México	San Luis Potosí	365.8	116.5	14.3	130.7	96.5%
100	Cd. Obregón	Hermosillo	220.2	76.2	54.2	130.4	96.6%
101	Guadalajara	Mazatlán	419.8	60.5	55.3	115.8	96.7%
102	México	Poza Rica	212.1	99.5	8.4	108.0	96.8%
103	Tampico	Veracruz	387.9	84.7	20.0	104.7	96.9%
104	Mazatlán	La Paz	428.6	89.5	11.7	101.1	97.0%
105	México	Colima	471.8	73.3	19.3	92.6	97.1%
106	Hermosillo	La Paz	556.0	58.9	32.1	91.1	97.2%
107	Tijuana	Tapachula	3,168.5	53.5	35.9	89.3	97.24%
108	Monterrey	Del Bajío	545.0	63.3	20.9	84.2	97.32%
109	Monclova	Monterrey	188.6	42.9	37.3	80.2	97.39%
110	Guadalajara	Mérida	1,416.0	59.8	18.3	78.2	97.45%
111	Veracruz	Villahermosa	376.9	65.5	11.7	77.2	97.52%
112	Nvo. Laredo	Guadalajara	850.8	46.1	28.1	74.2	97.58%
113	México	Uruapan	310.7	40.5	33.1	73.5	97.65%
114	Cuernavaca	Hermosillo	1,642.6	38.0	30.8	68.8	97.71%
115	Oaxaca	Tuxtla Gutiérrez	365.3	55.0	11.7	66.7	97.76%
116	Cd. Obregón	Culiacán	373.6	53.9	12.8	66.6	97.82%
117	México	Querétaro	188.2	34.7	31.4	66.1	97.88%
118	Monterrey	Mérida	1,188.4	49.9	15.6	65.6	97.94%
119	Monterrey	Mazatlán	683.9	50.5	13.9	64.4	97.99%
120	Los Mochis	La Paz	217.5	51.6	12.4	64.0	98.05%

Cuadro A1.1 (Continuación)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
121	Chihuahua	Tijuana	1,139.1	43.7	19.9	63.6	98.10%
122	México	Puerto Escondido	447.3	48.9	12.4	61.3	98.15%
123	Puebla	Guadalajara	536.6	45.5	14.7	60.2	98.21%
124	Tijuana	Cancún	3,231.9	35.7	21.4	57.1	98.26%
125	Monterrey	Piedras Negras	324.3	35.9	20.3	56.2	98.30%
126	Culiacán	Aguascalientes	623.9	28.3	27.9	56.2	98.35%
127	San Luis Potosí	Aguascalientes	154.5	40.8	14.3	55.1	98.40%
128	Tapachula	Tuxtla Gutiérrez	244.3	36.2	18.6	54.8	98.45%
129	Puerto Vallarta	San José del Cabo	537.8	38.4	15.6	54.0	98.50%
130	Culiacán	Torreón	417.2	28.1	25.0	53.1	98.54%
131	Tijuana	Durango	1,530.6	35.7	17.2	52.9	98.59%
132	Mazatlán	Cd. Juárez	938.0	39.6	12.3	51.8	98.63%
133	Mérida	Tijuana	2,989.0	38.1	13.6	51.7	98.68%
134	Guadalajara	Del Bajío	197.0	28.1	20.6	48.7	98.72%
135	Mazatlán	Puerto Vallarta	292.3	36.9	11.3	48.3	98.76%
136	Mazatlán	Hermosillo	809.5	35.4	12.6	48.0	98.80%
137	Villahermosa	Cancún	706.3	47.0	1.0	47.9	98.84%
138	Los Mochis	Chihuahua	454.0	27.5	18.9	46.4	98.88%
139	Cd. Juárez	Hermosillo	527.1	26.0	19.0	45.0	98.92%
140	Hermosillo	Guerrero Negro	315.3	24.4	19.1	43.6	98.96%
141	Cd. Obregón	Loreto	216.9	30.4	12.0	42.4	99.00%
142	Guadalajara	Morelia	249.4	34.5	7.1	41.5	99.03%
143	Acapulco	Oaxaca	321.1	21.9	17.5	39.4	99.07%
144	Guadalajara	Querétaro	304.8	21.1	18.2	39.3	99.10%

Cuadro A1.1 (Continuación)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
145	Los Mochis	Mazatlán	399.5	28.7	9.9	38.6	99.13%
146	Torreón	Mazatlán	391.9	21.8	16.4	38.2	99.17%
147	México	Jalapa	263.5	35.4	2.5	37.9	99.20%
148	Monclova	Monterrey	188.6	37.3	0.0	37.3	99.23%
149	Cd. Juárez	Torreón	733.4	25.9	9.2	35.1	99.26%
150	Morelia	Uruapan	116.6	22.6	11.2	33.8	99.29%
151	Cuernavaca	Culiacán	1,068.9	20.5	12.1	32.6	99.32%
152	Torreón	Durango	194.8	28.3	3.6	31.9	99.35%
153	La Paz	Loreto	232.2	20.2	11.2	31.4	99.37%
154	Monterrey	Mexicali	1,655.0	26.7	2.5	29.3	99.40%
155	Del Bajío	Puerto Vallarta	393.6	25.3	3.4	28.7	99.42%
156	Tijuana	Tepic	1,716.8	15.7	9.6	25.3	99.45%
157	Monterrey	Acapulco	995.2	13.7	10.5	24.2	99.47%
158	Guadalajara	Durango	418.0	21.3	2.9	24.2	99.49%
159	Cuernavaca	Acapulco	236.9	22.0	1.8	23.8	99.51%
160	Guadalajara	Zacatecas	270.2	11.4	9.9	21.3	99.53%
161	Uruapan	Culiacán	813.3	10.9	10.0	21.0	99.54%
162	Monterrey	Durango	480.4	20.0	0.8	20.8	99.56%
163	Mazatlán	Durango	205.1	16.1	4.2	20.3	99.58%
164	Tijuana	Puebla	2,370.2	13.8	6.5	20.3	99.60%
165	Monterrey	Veracruz	833.8	17.2	2.9	20.1	99.62%
166	Monterrey	Aguascalientes	501.2	18.3	1.2	19.5	99.63%
167	Tapachula	Oaxaca	532.1	10.2	8.7	18.9	99.65%
168	Guadalajara	Manzanillo	200.8	15.8	2.6	18.3	99.66%

Cuadro A1.1 (Continuación)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
169	Villahermosa	Oaxaca	433.9	13.9	4.2	18.1	99.68%
170	Tampico	Poza Rica	190.0	16.1	1.5	17.6	99.69%
171	Guadalajara	San Luis Potosí	310.1	8.6	8.3	16.9	99.71%
172	Acapulco	Mérida	1,159.7	12.1	4.8	16.8	99.72%
173	Morelia	Zacatecas	379.2	9.0	7.1	16.1	99.74%
174	Acapulco	Puerto Vallarta	721.4	10.7	3.4	14.0	99.75%
175	Villahermosa	Tuxtla Gutiérrez	146.1	6.8	6.5	13.4	99.76%
176	Tuxtla Gutiérrez	Mérida	602.7	12.5	0.5	13.0	99.77%
177	Tuxtla Gutiérrez	Cancún	827.1	11.1	1.1	12.1	99.78%
178	La Paz	Cd. Obregón	369.4	10.8	1.0	11.8	99.79%
179	Monterrey	Morelia	660.5	8.4	3.1	11.6	99.80%
180	Puerto Vallarta	Tijuana	1,751.6	8.0	3.3	11.4	99.81%
181	Uruapan	Guadalajara	180.6	6.3	5.0	11.3	99.82%
182	Acapulco	Tapachula	825.1	5.7	5.6	11.3	99.83%
183	Morelia	Hermosillo	1,435.1	8.4	2.2	10.5	99.84%
184	Villahermosa	Cd. del Carmen	130.2	7.7	2.3	10.0	99.85%
185	Cancún	Mérida	286.6	6.86	3.03	9.89	99.86%
186	Guadalajara	Zihuatanejo	375.2	7.39	2.31	9.69	99.87%
187	Aguascalientes	Puerto Vallarta	323.9	8.06	0.64	8.70	99.88%
188	Monterrey	Chetumal	1,433.9	8.22	0.00	8.22	99.882%
189	Matamoros	Reynosa	78.8	5.55	2.55	8.10	99.889%
190	Los Mochis	Culiacán	190.7	7.90	0.00	7.90	99.896%
191	Monterrey	Villahermosa	1,138.8	7.24	0.51	7.75	99.903%
192	Guadalajara	Chetumal	1,563.5	7.42	0.00	7.42	99.909%

Cuadro A1.1 (Continuación)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
193	Puebla	Del Bajío	381.1	4.80	2.07	6.87	99.915%
194	Del Bajío	Querétaro	121.0	4.33	2.51	6.83	99.921%
195	Poza Rica	Cd. del Carmen	628.7	4.68	1.51	6.19	99.926%
196	México	San Cristóbal	742.3	5.97	0.11	6.08	99.932%
197	Del Bajío	Morelia	135.2	3.11	2.27	5.39	99.936%
198	Durango	Culiacán	304.1	3.17	2.17	5.34	99.941%
199	Cd. Obregón	Chihuahua	405.8	3.38	1.56	4.94	99.945%
200	Guadalajara	Chihuahua	942.1	4.66	0.003	4.67	99.949%
201	Los Mochis	San José del Cabo	304.3	3.64	0.23	3.87	99.952%
202	Morelia	Tepic	432.9	3.47	0.40	3.87	99.956%
203	Culiacán	San José del Cabo	308.8	2.91	0.69	3.60	99.959%
204	Chihuahua	Culiacán	458.9	2.45	1.09	3.53	99.962%
205	Durango	Chihuahua	524.2	2.81	0.17	2.98	99.965%
206	Oaxaca	Cancún	1,130.1	2.70	0.27	2.97	99.967%
207	Los Mochis	Tijuana	1,078.7	2.58	0.29	2.88	99.970%
208	Del Bajío	Hermosillo	1,311.3	1.49	1.16	2.65	99.972%
209	Piedras Negras	Torreón	443.9	1.62	0.85	2.47	99.974%
210	Veracruz	Cancún	991.4	2.30	0.16	2.46	99.976%
211	Veracruz	Mérida	709.4	2.08	0.29	2.37	99.978%
212	Oaxaca	Mérida	865.6	2.15	0.02	2.17	99.980%
213	Oaxaca	Puerto Escondido	128.4	2.10	0.00	2.11	99.982%
214	Puebla	Oaxaca	293.3	1.882	0.000	1.882	99.983%
215	Oaxaca	Huatulco	145.8	1.877	0.001	1.878	99.985%
216	La Paz	San José del Cabo	129.2	0.879	0.713	1.592	99.986%

Cuadro A1.1 (Continuación)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Nº	Arco		Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
	Origen	Destino					
217	Del Bajío	Torreón	541.9	1.238	0.350	1.588	99.988%
218	Puerto Vallarta	Culiacán	505.8	1.477	0.000	1.477	99.989%
219	Guadalajara	Saltillo	572.9	1.218	0.136	1.354	99.990%
220	Monterrey	Saltillo	106.0	0.757	0.504	1.261	99.991%
221	San Luis Potosí	Del Bajío	150.0	0.800	0.165	0.965	99.992%
222	Monterrey	Puerto Vallarta	768.4	0.559	0.388	0.947	99.993%
223	Zacatecas	Aguascalientes	137.4	0.605	0.287	0.892	99.994%
224	Monterrey	Poza Rica	629.9	0.772	0.000	0.772	99.9945%
225	Colima	Tijuana	1,982.4	0.700	0.000	0.700	99.9951%
226	Campeche	Mérida	151.6	0.654	0.000	0.654	99.9956%
227	Torreón	Zihuatanejo	900.8	0.600	0.000	0.600	99.9962%
228	Ixtepec	Oaxaca	196.0	0.595	0.000	0.595	99.9967%
229	Cd. Obregón	Puerto Vallarta	875.0	0.522	0.000	0.522	99.9971%
230	Culiacán	Mazatlán	217.0	0.459	0.000	0.459	99.9975%
231	Guaymas	Hermosillo	124.1	0.412	0.000	0.412	99.9979%
232	Chetumal	Tijuana	3,234.1	0.375	0.000	0.375	99.9982%
233	Veracruz	Cd. del Carmen	463.9	0.235	0.066	0.301	99.9985%
234	Huatulco	Puerto Escondido	90.3	0.188	0.082	0.270	99.9987%
235	Del Bajío	Saltillo	473.5	0.127	0.099	0.226	99.9989%
236	Morelia	Puerto Vallarta	450.1	0.202	0.000	0.202	99.9991%
237	Poza Rica	Veracruz	208.9	0.185	0.000	0.185	99.9992%
238	Acapulco	Zihuatanejo	204.0	0.162	0.002	0.164	99.9994%
239	Minatitlán	Veracruz	205.0	0.092	0.000	0.092	99.9994%
240	Manzanillo	Morelia	377.8	0.088	0.000	0.088	99.9995%

Cuadro A1.1 (Final)
Arcos de la red de transporte aéreo de carga doméstica en México
Lista jerarquizada en función del flujo de carga total para el año 1999

Arco			Longitud (km)	Carga de ida (ton)	Carga de regreso (ton)	Carga Total (ton)	Participación porcentual acumulada
Nº	Origen	Destino					
241	Veracruz	Tuxtla Gutiérrez	398.1	0.060	0.026	0.086	99.9996%
242	Del Bajío	Mexicali	1,874.2	0.062	0.000	0.062	99.9997%
243	Mérida	Cd. del Carmen	337.5	0.047	0.013	0.060	99.99971%
244	Los Mochis	Cd. Obregón	203.5	0.030	0.025	0.055	99.99975%
245	Tapachula	Veracruz	630.8	0.040	0.015	0.055	99.99980%
246	Cancún	Chetumal	326.9	0.047	0.000	0.047	99.99984%
247	San Cristóbal	Tuxtla Gutiérrez	76.1	0.042	0.000	0.042	99.99988%
248	Cd. del Carmen	Tampico	745.4	0.041	0.000	0.041	99.99991%
249	Tapachula	Mérida	738.9	0.030	0.003	0.033	99.99994%
250	Cancún	Palenque	642.6	0.028	0.000	0.028	99.99997%
251	Morelia	Oaxaca	547.9	0.015	0.000	0.015	99.99998%
252	Guadalajara	Villahermosa	1,134.0	0.014	0.000	0.014	99.99999%
253	Monclova	Piedras Negras	210.9	0.010	0.000	0.010	100.0000%
254	Chetumal	Mérida	293.9	0.001	0.000	0.001	100.0000%
Totales				75,616.8	40,115.9	115,732.8	

Notas:

- 1 Cálculo y elaboración propios, con base en los registros digitalizados de las operaciones de transporte aéreo de carga en México, para el año de 1999, de la Dirección General de Aeronáutica Civil, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- 2 La longitud de los arcos fue calculada por la Unidad de Información Espacial del Instituto Mexicano del Transporte, usando el programa Arc View 3.2, a partir de la proyección conforme de Lambert y con base en los datos de localización de las terminales aéreas de la Dirección General de Planeación, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- 3 La columna "Participación porcentual acumulada" se calculó sumando sucesivamente la participación relativa, en porcentaje, del total de la carga en los arcos, contra el total de carga transportada en la red.

**Anexo 2: Distribución por sentido (simetría
direccional) de la carga doméstica
transportada en los corredores
aéreos en 1999**

Cuadro A2.1

Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

Nº	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
1	Acapulco	Tapachula	5.7	50.2%	5.6	49.8%	11.3
2	Tijuana	Guadalajara	3,231.1	50.2%	3,205.9	49.8%	6,437.0
3	Culiacán	Aguascalientes	28.3	50.4%	27.9	49.6%	56.2
4	Tijuana	Del Bajío	886.7	50.5%	869.7	49.5%	1,756.4
5	Guadalajara	San Luis Potosí	8.6	50.7%	8.3	49.3%	16.9
6	Zacatecas	Cd. Juárez	102.0	50.7%	99.0	49.3%	201.0
7	Villahermosa	Tuxtla Gutiérrez	6.8	51.0%	6.5	49.0%	13.4
8	La Paz	Tijuana	334.4	51.8%	311.7	48.2%	646.1
9	México	Monterrey	4,812.6	51.8%	4,480.8	48.2%	9,293.4
10	Tijuana	Cd. Juárez	96.8	52.0%	89.3	48.0%	186.1
11	Uruapan	Culiacán	10.9	52.1%	10.0	47.9%	21.0
12	Guadalajara	Mazatlán	60.5	52.2%	55.3	47.8%	115.8
13	México	Querétaro	34.7	52.5%	31.4	47.5%	66.1
14	Culiacán	Torreón	28.1	52.9%	25.0	47.1%	53.1
15	México	Manzanillo	287.1	53.2%	252.3	46.8%	539.4
16	Cuernavaca	Monterrey	103.7	53.3%	90.8	46.7%	194.5
17	Guadalajara	Zacatecas	11.4	53.4%	9.9	46.6%	21.3
18	Monclova	Monterrey	42.9	53.5%	37.3	46.5%	80.2
19	Guadalajara	Querétaro	21.1	53.6%	18.2	46.4%	39.3
20	Tapachula	Oaxaca	10.2	54.1%	8.7	45.9%	18.9
21	Los Mochis	Hermosillo	112.6	54.2%	95.3	45.8%	207.9
22	Del Bajío	Cd. Juárez	173.7	54.4%	145.4	45.6%	319.1

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

Nº	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
23	Los Mochis	Cd. Obregón	0.030	54.5%	0.025	45.5%	0.055
24	México	Uruapan	40.5	55.0%	33.1	45.0%	73.5
25	Tijuana	Uruapan	566.6	55.0%	463.5	45.0%	1,030.1
26	Chihuahua	Hermosillo	152.0	55.2%	123.3	44.8%	275.3
27	Cuernavaca	Hermosillo	38.0	55.2%	30.8	44.8%	68.8
28	La Paz	San José del Cabo	0.879	55.2%	0.713	44.8%	1.592
29	Uruapan	Guadalajara	6.3	55.5%	5.0	44.5%	11.3
30	Acapulco	Oaxaca	21.9	55.7%	17.5	44.3%	39.4
31	Morelia	Zacatecas	9.0	55.8%	7.1	44.2%	16.1
32	Tijuana	Zacatecas	769.0	56.0%	604.8	44.0%	1,373.8
33	Hermosillo	Guerrero Negro	24.4	56.1%	19.1	43.9%	43.6
34	Del Bajío	Saltillo	0.127	56.2%	0.099	43.8%	0.226
35	Del Bajío	Hermosillo	1.49	56.3%	1.16	43.7%	2.65
36	Monterrey	Acapulco	13.7	56.6%	10.5	43.4%	24.2
37	Hermosillo	Tijuana	503.3	56.7%	384.2	43.3%	887.5
38	Aguascalientes	Tijuana	478.3	56.8%	363.4	43.2%	841.7
39	Monterrey	Tijuana	439.2	57.1%	330.4	42.9%	769.6
40	Torreón	Mazatlán	21.8	57.1%	16.4	42.9%	38.2
41	Tijuana	Morelia	1,277.4	57.2%	954.7	42.8%	2,232.1
42	Guadalajara	Cuernavaca	85.8	57.4%	63.8	42.6%	149.6
43	Guadalajara	Del Bajío	28.1	57.7%	20.6	42.3%	48.7
44	Del Bajío	Morelia	3.11	57.8%	2.27	42.2%	5.39

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

Nº	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
45	Cd. Juárez	Hermosillo	26.0	57.8%	19.0	42.2%	45.0
46	México	Guadalajara	4,785.4	58.1%	3,450.7	41.9%	8,236.1
47	Monterrey	Torreón	105.0	58.3%	75.1	41.7%	180.0
48	Cd. Obregón	Hermosillo	76.2	58.4%	54.2	41.6%	130.4
49	Tijuana	Acapulco	309.0	58.5%	219.0	41.5%	528.0
50	Nvo. Laredo	México	430.5	58.7%	302.9	41.3%	733.4
51	México	Del Bajío	765.0	58.8%	535.2	41.2%	1,300.2
52	Matamoros	México	410.6	58.9%	286.8	41.1%	697.4
53	México	La Paz	729.8	59.0%	507.1	41.0%	1,237.0
54	Monterrey	Puerto Vallarta	0.559	59.0%	0.388	41.0%	0.947
55	México	Mérida	3,848.3	59.1%	2,663.0	40.9%	6,511.3
56	Los Mochis	Chihuahua	27.5	59.3%	18.9	40.7%	46.4
57	Durango	Culiacán	3.17	59.3%	2.17	40.7%	5.34
58	México	Oaxaca	944.7	59.3%	647.8	40.7%	1,592.5
59	Tijuana	Culiacán	453.9	59.3%	311.2	40.7%	765.1
60	Mazatlán	Tijuana	148.6	59.4%	101.6	40.6%	250.2
61	Tijuana	Tapachula	53.5	59.9%	35.9	40.1%	89.3
62	Monterrey	Querétaro	79.1	59.9%	53.0	40.1%	132.1
63	Monterrey	Saltillo	0.757	60.0%	0.504	40.0%	1.261
64	México	Tapachula	963.2	60.1%	640.5	39.9%	1,603.7
65	Culiacán	Hermosillo	86.3	60.7%	55.8	39.3%	142.1
66	Guadalajara	Acapulco	191.1	61.0%	122.4	39.0%	313.5

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

Nº	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
67	México	Tijuana	6,757.4	61.3%	4,272.4	38.7%	11,029.8
68	México	Cd. Juárez	1,173.8	61.4%	736.6	38.6%	1,910.4
69	Guadalajara	Hermosillo	228.3	61.7%	141.7	38.3%	370.0
70	Tijuana	Tepic	15.7	62.2%	9.6	37.8%	25.3
71	Nvo. Laredo	Guadalajara	46.1	62.2%	28.1	37.8%	74.2
72	Tijuana	Cuernavaca	405.7	62.4%	244.4	37.6%	650.1
73	Tijuana	Cancún	35.7	62.5%	21.4	37.5%	57.1
74	Cuernavaca	Culiacán	20.5	62.9%	12.1	37.1%	32.6
75	Del Bajío	Querétaro	4.33	63.3%	2.51	36.7%	6.83
76	Culiacán	La Paz	487.6	63.5%	280.8	36.5%	768.3
77	Monterrey	Piedras Negras	35.9	63.8%	20.3	36.2%	56.2
78	Monterrey	Guadalajara	699.8	64.2%	391.1	35.8%	1,090.9
79	México	Torreón	505.3	64.3%	279.9	35.7%	785.2
80	La Paz	Loreto	20.2	64.4%	11.2	35.6%	31.4
81	Hermosillo	La Paz	58.9	64.7%	32.1	35.3%	91.1
82	México	Reynosa	621.9	64.7%	338.9	35.3%	960.8
83	Monterrey	Culiacán	203.2	65.2%	108.5	34.8%	311.7
84	Piedras Negras	Torreón	1.62	65.6%	0.85	34.4%	2.47
85	Tapachula	Tuxtla Gutiérrez	36.2	66.1%	18.6	33.9%	54.8
86	México	Guaymas	106.5	66.4%	53.9	33.6%	160.4
87	Morelia	Uruapan	22.6	66.8%	11.2	33.2%	33.8
88	México	Hermosillo	1,330.5	67.0%	656.3	33.0%	1,986.8

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

N°	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
89	Monterrey	Hermosillo	279.8	67.3%	135.6	32.7%	415.4
90	Tijuana	Durango	35.7	67.5%	17.2	32.5%	52.9
91	Monterrey	Puebla	196.7	67.8%	93.4	32.2%	290.1
92	Zacatecas	Aguascalientes	0.605	67.8%	0.287	32.2%	0.892
93	México	Culiacán	898.9	67.9%	424.3	32.1%	1,323.2
94	Tijuana	Puebla	13.8	68.1%	6.5	31.9%	20.3
95	Cd. Obregón	Chihuahua	3.38	68.5%	1.56	31.5%	4.94
96	Matamoros	Reynosa	5.55	68.5%	2.55	31.5%	8.10
97	Guadalajara	Mexicali	652.0	68.5%	299.2	31.5%	951.2
98	Chihuahua	Tijuana	43.7	68.7%	19.9	31.3%	63.6
99	México	Cd. Obregón	391.6	68.8%	177.8	31.2%	569.4
100	Guadalajara	Culiacán	124.4	68.9%	56.2	31.1%	180.6
101	Chihuahua	Culiacán	2.45	69.3%	1.09	30.7%	3.53
102	Cancún	Mérida	6.86	69.3%	3.03	30.7%	9.89
103	Huatulco	Puerto Escondido	0.188	69.6%	0.082	30.4%	0.270
104	Veracruz	Tuxtla Gutiérrez	0.060	69.8%	0.026	30.2%	0.086
105	Puebla	Del Bajío	4.80	69.8%	2.07	30.2%	6.87
106	Hermosillo	Mexicali	91.7	70.1%	39.1	29.9%	130.7
107	México	Mazatlán	713.9	70.1%	304.1	29.9%	1,018.0
108	México	Cd. del Carmen	637.0	70.2%	270.5	29.8%	907.5
109	Puerto Vallarta	Tijuana	8.0	70.6%	3.3	29.4%	11.4

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

N°	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
110	Chihuahua	Cd. Juárez	99.8	70.7%	41.4	29.3%	141.2
111	Puerto Vallarta	San José del Cabo	38.4	71.1%	15.6	28.9%	54.0
112	México	Saltillo	309.6	71.4%	123.8	28.6%	433.4
113	México	Los Mochis	233.3	71.6%	92.7	28.4%	325.9
114	Acapulco	Mérida	12.1	71.7%	4.8	28.3%	16.8
115	Cd. Obregón	Loreto	30.4	71.7%	12.0	28.3%	42.4
116	Guadalajara	Cd. Juárez	231.0	71.8%	90.9	28.2%	321.9
117	Tapachula	Veracruz	0.040	72.7%	0.015	27.3%	0.055
118	México	Villahermosa	2,092.1	72.9%	778.1	27.1%	2,870.2
119	Monterrey	Morelia	8.4	73.0%	3.1	27.0%	11.6
120	México	Chihuahua	1,090.7	73.1%	400.4	26.9%	1,491.1
121	Mérida	Villahermosa	114.5	73.2%	41.9	26.8%	156.4
122	México	Aguascalientes	565.9	73.4%	204.7	26.6%	770.5
123	Mazatlán	Hermosillo	35.4	73.7%	12.6	26.3%	48.0
124	Mérida	Tijuana	38.1	73.8%	13.6	26.2%	51.7
125	Cd. Juárez	Torreón	25.9	73.8%	9.2	26.2%	35.1
126	México	Zacatecas	340.8	73.9%	120.3	26.1%	461.1
127	San Luis Potosí	Aguascalientes	40.8	74.1%	14.3	25.9%	55.1
128	Los Mochis	Mazatlán	28.7	74.3%	9.9	25.7%	38.6
129	Monterrey	Del Bajío	63.3	75.2%	20.9	24.8%	84.2
130	Monterrey	Cd. Juárez	159.4	75.3%	52.3	24.7%	211.7
131	México	Campeche	355.1	75.4%	115.7	24.6%	470.8
132	Monterrey	San Luis Potosí	184.2	75.5%	59.7	24.5%	243.9

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

N°	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
133	Puebla	Guadalajara	45.5	75.5%	14.7	24.5%	60.2
134	Poza Rica	Cd. del Carmen	4.68	75.6%	1.51	24.4%	6.19
135	Guadalajara	Cd. Obregón	137.3	76.1%	43.1	23.9%	180.4
136	Acapulco	Puerto Vallarta	10.7	76.1%	3.4	23.9%	14.0
137	Monterrey	Mérida	49.9	76.2%	15.6	23.8%	65.6
138	México	Acapulco	1,522.3	76.2%	475.8	23.8%	1,998.1
139	Guadalajara	Zihuatanejo	7.39	76.2%	2.31	23.8%	9.69
140	Tijuana	Oaxaca	182.0	76.3%	56.5	23.7%	238.5
141	México	Cancún	4,832.7	76.3%	1,497.1	23.7%	6,329.8
142	Mazatlán	Cd. Juárez	39.6	76.4%	12.3	23.6%	51.8
143	Mazatlán	Puerto Vallarta	36.9	76.5%	11.3	23.5%	48.3
144	Guadalajara	Mérida	59.8	76.5%	18.3	23.5%	78.2
145	México	Mexicali	1,462.9	76.6%	446.5	23.4%	1,909.5
146	Villahermosa	Oaxaca	13.9	76.7%	4.2	23.3%	18.1
147	Villahermosa	Cd. del Carmen	7.7	76.9%	2.3	23.1%	10.0
148	Monterrey	Chihuahua	352.1	76.9%	105.5	23.1%	457.7
149	Del Bajío	Torreón	1.238	78.0%	0.350	22.0%	1.588
150	Veracruz	Cd. del Carmen	0.235	78.1%	0.066	21.9%	0.301
151	Mérida	Cd. del Carmen	0.047	78.3%	0.013	21.7%	0.060
152	Monterrey	Mazatlán	50.5	78.4%	13.9	21.6%	64.4
153	México	Colima	73.3	79.2%	19.3	20.8%	92.6
154	Mazatlán	Durango	16.1	79.3%	4.2	20.7%	20.3

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

N°	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
155	Morelia	Hermosillo	8.4	79.4%	2.2	20.6%	10.5
156	México	Puerto Escondido	48.9	79.7%	12.4	20.3%	61.3
157	Los Mochis	La Paz	51.6	80.7%	12.4	19.3%	64.0
158	México	Tuxtla Gutiérrez	907.6	80.7%	216.4	19.3%	1,124.0
159	Culiacán	San José del Cabo	2.91	80.8%	0.69	19.2%	3.60
160	Cd. Obregón	Culiacán	53.9	80.9%	12.8	19.1%	66.6
161	Tampico	Veracruz	84.7	80.9%	20.0	19.1%	104.7
162	México	Tampico	884.1	82.4%	188.8	17.6%	1,072.9
163	Oaxaca	Tuxtla Gutiérrez	55.0	82.5%	11.7	17.5%	66.7
164	México	Huatulco	532.3	82.6%	112.0	17.4%	644.3
165	San Luis Potosí	Del Bajío	0.800	82.9%	0.165	17.1%	0.965
166	Guadalajara	Morelia	34.5	82.9%	7.1	17.1%	41.5
167	México	Morelia	115.5	83.0%	23.6	17.0%	139.2
168	México	Ixtepec	146.0	83.1%	29.6	16.9%	175.5
169	México	Cd. Victoria	245.4	84.0%	46.9	16.0%	292.3
170	México	Veracruz	1,578.8	84.0%	299.6	16.0%	1,878.4
171	México	Puerto Vallarta	1,544.2	84.2%	289.8	15.8%	1,834.0
172	Guadalajara	Puerto Vallarta	395.0	84.2%	74.0	15.8%	469.0
173	Veracruz	Villahermosa	65.5	84.8%	11.7	15.2%	77.2
174	Monterrey	Veracruz	17.2	85.6%	2.9	14.4%	20.1
175	Guadalajara	Manzanillo	15.8	86.0%	2.6	14.0%	18.3
176	Guadalajara	Torreón	145.7	86.2%	23.3	13.8%	169.0

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

N°	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
177	México	Minatitlán	637.8	86.3%	101.1	13.7%	738.9
178	México	Durango	291.9	86.4%	45.9	13.6%	337.8
179	La Paz	Guadalajara	175.8	87.2%	25.7	12.8%	201.5
180	México	Cozumel	193.4	87.7%	27.2	12.3%	220.7
181	Veracruz	Mérida	2.08	88.0%	0.29	12.0%	2.37
182	Guadalajara	Durango	21.3	88.1%	2.9	11.9%	24.2
183	Del Bajío	Puerto Vallarta	25.3	88.2%	3.4	11.8%	28.7
184	Guadalajara	San José del Cabo	449.7	88.3%	59.7	11.7%	509.4
185	Mazatlán	La Paz	89.5	88.5%	11.7	11.5%	101.1
186	México	Chetumal	384.6	88.6%	49.4	11.4%	434.0
187	Torreón	Durango	28.3	88.7%	3.6	11.3%	31.9
188	Monterrey	Tampico	272.8	89.1%	33.5	10.9%	306.3
189	México	San Luis Potosí	116.5	89.1%	14.3	10.9%	130.7
190	México	Lazaro Cárdenas	245.8	89.4%	29.0	10.6%	274.8
191	Torreón	Chihuahua	137.6	89.5%	16.2	10.5%	153.8
192	México	San José del Cabo	1,198.1	89.8%	136.5	10.2%	1,334.6
193	Morelia	Tepic	3.47	89.8%	0.40	10.2%	3.87
194	Los Mochis	Tijuana	2.58	89.8%	0.29	10.2%	2.88
195	Guadalajara	Saltillo	1.218	90.0%	0.136	10.0%	1.354
196	Cozumel	Cancún	123.2	90.2%	13.5	9.8%	136.6
197	Tapachula	Mérida	0.030	90.9%	0.003	9.1%	0.033
198	Oaxaca	Cancún	2.70	91.0%	0.27	9.0%	2.97

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

N°	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
199	Tuxtla Gutiérrez	Cancún	11.1	91.2%	1.1	8.8%	12.1
200	Monterrey	Mexicali	26.7	91.4%	2.5	8.6%	29.3
201	La Paz	Cd. Obregón	10.8	91.4%	1.0	8.6%	11.8
202	Tampico	Poza Rica	16.1	91.4%	1.5	8.6%	17.6
203	Mazatlán	San José del Cabo	533.4	91.7%	48.0	8.3%	581.4
204	México	Poza Rica	99.5	92.2%	8.4	7.8%	108.0
205	Cuernavaca	Acapulco	22.0	92.2%	1.8	7.8%	23.8
206	Mérida	Cozumel	131.0	92.5%	10.6	7.5%	141.6
207	Guaymas	La Paz	181.4	92.6%	14.6	7.4%	196.0
208	Aguascalientes	Puerto Vallarta	8.06	92.6%	0.64	7.4%	8.70
209	Monterrey	Villahermosa	7.24	93.4%	0.51	6.6%	7.75
210	México	Jalapa	35.4	93.5%	2.5	6.5%	37.9
211	Veracruz	Cancún	2.30	93.6%	0.16	6.4%	2.46
212	Monterrey	Aguascalientes	18.3	93.7%	1.2	6.3%	19.5
213	México	Zihuatanejo	1,203.3	93.8%	79.4	6.2%	1,282.6
214	Los Mochis	San José del Cabo	3.64	94.0%	0.23	6.0%	3.87
215	Durango	Chihuahua	2.81	94.2%	0.17	5.8%	2.98
216	Monterrey	Durango	20.0	96.1%	0.8	3.9%	20.8
217	Tuxtla Gutiérrez	Mérida	12.5	96.4%	0.5	3.6%	13.0
218	Monterrey	Cancún	251.5	97.2%	7.2	2.8%	258.7
219	Villahermosa	Cancún	47.0	98.0%	1.0	2.0%	47.9
220	México	San Cristóbal de Las Casas	5.97	98.2%	0.11	1.8%	6.08

Cuadro A2.1 (Continúa)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

N°	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
221	Acapulco	Zihuatanejo	0.162	98.8%	0.002	1.2%	0.164
222	Oaxaca	Mérida	2.15	99.2%	0.02	0.8%	2.17
223	Oaxaca	Puerto Escondido	2.10	99.8%	0.00	0.2%	2.11
224	Guadalajara	Cancún	286.2	99.9%	0.4	0.1%	286.6
225	Guadalajara	Chihuahua	4.66	99.9%	0.003	0.1%	4.67
226	Oaxaca	Huatulco	1.877	99.9%	0.001	0.1%	1.878
227	Monclova	Monterrey	37.3	100.0%	0.0	0.0%	37.3
228	Monterrey	Chetumal	8.22	100.0%	0.00	0.0%	8.22
229	Los Mochis	Culiacán	7.90	100.0%	0.00	0.0%	7.90
230	Guadalajara	Chetumal	7.42	100.0%	0.00	0.0%	7.42
231	Puebla	Oaxaca	1.882	100.0%	0.000	0.0%	1.882
232	Puerto Vallarta	Culiacán	1.477	100.0%	0.000	0.0%	1.477
233	Monterrey	Poza Rica	0.772	100.0%	0.000	0.0%	0.772
234	Colima	Tijuana	0.700	100.0%	0.000	0.0%	0.700
235	Campeche	Mérida	0.654	100.0%	0.000	0.0%	0.654
236	Torreón	Zihuatanejo	0.600	100.0%	0.000	0.0%	0.600
237	Ixtepec	Oaxaca	0.595	100.0%	0.000	0.0%	0.595
238	Cd. Obregón	Puerto Vallarta	0.522	100.0%	0.000	0.0%	0.522
239	Culiacán	Mazatlán	0.459	100.0%	0.000	0.0%	0.459
240	Guaymas	Hermosillo	0.412	100.0%	0.000	0.0%	0.412
241	Chetumal	Tijuana	0.375	100.0%	0.000	0.0%	0.375
242	Morelia	Puerto Vallarta	0.202	100.0%	0.000	0.0%	0.202

Cuadro A2.1 (Final)
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica transportada en los corredores aéreos en 1999

N°	Arco		Carga de ida (ton)	Proporción respecto al total	Carga de regreso (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
	Origen	Destino					
243	Poza Rica	Veracruz	0.185	100.0%	0.000	0.0%	0.185
244	Minatitlán	Veracruz	0.092	100.0%	0.000	0.0%	0.092
245	Manzanillo	Morelia	0.088	100.0%	0.000	0.0%	0.088
246	Del Bajío	Mexicali	0.062	100.0%	0.000	0.0%	0.062
247	Cancún	Chetumal	0.047	100.0%	0.000	0.0%	0.047
248	San Cristóbal de Las Casas	Tuxtla Gutiérrez	0.042	100.0%	0.000	0.0%	0.042
249	Cd. del Carmen	Tampico	0.041	100.0%	0.000	0.0%	0.041
250	Cancún	Palenque	0.028	100.0%	0.000	0.0%	0.028
251	Morelia	Oaxaca	0.015	100.0%	0.000	0.0%	0.015
252	Guadalajara	Villahermosa	0.014	100.0%	0.000	0.0%	0.014
253	Monclova	Piedras Negras	0.010	100.0%	0.000	0.0%	0.010
254	Chetumal	Mérida	0.001	100.0%	0.000	0.0%	0.001

Nota: Cálculo y elaboración propios, con base en los registros digitalizados de las operaciones de transporte aéreo de carga en México, para el año de 1999, de la Dirección General de Aeronáutica Civil, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

**Anexo 3: Distribución por sentido (simetría
direccional) de la carga doméstica
manejada en las terminales
aéreas en 1999**

Cuadro A3.1
Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica
manejada en las terminales aéreas en 1999

	Terminal	Carga Enviada (ton)	Proporción respecto al total	Carga Recibida (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
1	México	54,231.2	66%	27,585.0	34%	81,816.2
2	Guaymas	235.3	66%	121.5	34%	356.8
3	Nuevo Laredo	476.6	59%	331.0	41%	807.6
4	Matamoros	416.2	59%	289.3	41%	705.5
5	Monterrey	8,220.5	56%	6,498.8	44%	14,719.3
6	Mazatlán	1,299.5	55%	1,077.1	45%	2,376.6
7	Monclova	42.9	54%	37.3	46%	80.2
8	Guadalajara	10,321.9	50%	10,117.8	50%	20,439.6
9	Tijuana	14,134.4	47%	15,863.0	53%	29,997.4
10	Del Bajío	1,658.1	47%	1,903.8	53%	3,561.9
11	Los Mochis	319.4	46%	378.2	54%	697.6
12	Manzanillo	254.9	46%	302.9	54%	557.8
13	Uruapan	525.0	45%	644.7	55%	1,169.7
14	Cuernavaca	492.4	44%	627.1	56%	1,119.5
15	Guerrero Negro	19.1	44%	24.4	56%	43.6
16	Querétaro	105.1	43%	139.2	57%	244.3
17	Mérida	2,989.9	42%	4,059.9	58%	7,049.8
18	Culiacán	1,579.3	42%	2,163.5	58%	3,742.8
19	Aguascalientes	734.7	42%	1,017.9	58%	1,752.6
20	La Paz	1,400.7	42%	1,949.2	58%	3,349.9
21	Morelia	1,034.2	41%	1,460.1	59%	2,494.2
22	Torreón	601.4	41%	849.6	59%	1,451.0
23	Hermosillo	2,006.7	41%	2,849.3	59%	4,856.1
24	Tapachula	728.5	41%	1,049.6	59%	1,778.1
25	Zacatecas	844.7	41%	1,229.4	59%	2,074.0

Cuadro A3.1 (Continuación)
**Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica
manejada en las terminales aéreas en 1999**

	Terminal	Carga Enviada (ton)	Proporción respecto al total	Carga Recibida (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
26	Oaxaca	799.2	40%	1,186.5	60%	1,985.7
27	Puebla	152.0	40%	227.3	60%	379.3
28	Cd. Juárez	1,319.1	39%	2,104.2	61%	3,423.2
29	Cd. Obregón	385.8	38%	620.6	62%	1,006.5
30	Piedras Negras	22.0	37%	36.8	63%	58.7
31	Reynosa	341.5	35%	627.4	65%	968.9
32	Tepic	10.0	34%	19.2	66%	29.2
33	Cozumel	161.0	32%	337.9	68%	498.9
34	Chihuahua	840.7	32%	1,804.4	68%	2,645.2
35	Loreto	23.2	31%	50.7	69%	73.8
36	Cd. del Carmen	274.4	30%	649.7	70%	924.1
37	Acapulco	880.1	30%	2,089.3	70%	2,969.3
38	Saltillo	124.5	29%	311.7	71%	436.2
39	Villahermosa	907.6	28%	2,293.4	72%	3,200.9
40	San Luis Potosí	123.9	28%	323.7	72%	447.6
41	Mexicali	787.4	26%	2,233.4	74%	3,020.8
42	Campeche	115.7	24%	356.5	76%	472.2
43	Cancún	1,549.6	22%	5,595.4	78%	7,144.9
44	Tuxtla Gutiérrez	276.8	22%	1,007.3	78%	1,284.1
45	Tampico	323.2	22%	1,178.4	78%	1,501.6
46	Colima	19.3	21%	74.0	79%	93.3
47	Puerto Escondido	12.5	20%	51.1	80%	63.7
48	Veracruz	392.9	19%	1,693.1	81%	2,086.0
49	Puerto Vallarta	431.6	17%	2,039.8	83%	2,471.4
50	Huatulco	112.2	17%	534.3	83%	646.5

Cuadro A3.1 (Final)
**Distribución por sentido (simetría direccional) de la carga doméstica
manejada en las terminales aéreas en 1999**

	Terminal	Carga Enviada (ton)	Proporción respecto al total	Carga Recibida (ton)	Proporción respecto al total	Total (ton)
51	Ixtepec	29.6	17%	146.5	83%	176.1
52	Durango	80.6	16%	415.6	84%	496.2
53	Cd. Victoria	46.9	16%	245.4	84%	292.3
54	Minatitlán	101.2	13%	700.8	87%	802.0
55	Chetumal	56.8	13%	393.3	87%	450.0
56	Poza Rica	14.6	11%	118.1	89%	132.7
57	Lázaro Cárdenas	29.0	11%	245.8	89%	274.8
58	San José del Cabo	261.4	11%	2,227.1	89%	2,488.5
59	Jalapa	2.5	7%	35.4	93%	37.9
60	Zihuatanejo	82.3	6%	1,210.8	94%	1,293.1
61	San Cristóbal Las Casas	0.2	2%	6.0	98%	6.1
62	Palenque	0.0	0%	0.028	100%	0.028

Nota: Cálculo y elaboración propios, con base en los registros digitalizados de las operaciones de transporte aéreo de carga en México, para el año de 1999, de la Dirección General de Aeronáutica Civil, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Anexo 4: Definición de términos y conceptos estadísticos utilizados en el reporte.

Media

Es el promedio o media aritmética de los valores de una muestra o población.

Observaciones:

- Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Desviación estándar muestral

Es el valor promedio de la dispersión de los valores de una muestra respecto a su media.

Observaciones:

- La desviación estándar muestral se calcula utilizando el método “insesgado” o “n – 1”.
- Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n \cdot (n - 1)}}$$

Variancia muestral

Es el cuadrado del valor promedio de la dispersión de los valores de una muestra respecto a su media. Es el cuadrado de la desviación estándar muestral.

Observaciones:

- La varianza muestral se calcula utilizando el método “insesgado” o “n – 1”.

- Se calcula con la fórmula siguiente:

$$\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n \cdot (n-1)}$$

Coeficiente de asimetría

Caracteriza el grado de asimetría de una distribución con respecto a su media. La asimetría positiva indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más positivos. La asimetría negativa indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más negativos.

El coeficiente de asimetría es el momento de tercer orden de la distribución muestral respecto a la media.

Observaciones

- Se calcula con la fórmula siguiente:

$$\frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3$$

donde S es la desviación estándar de la muestra.

Curtosis

Representa el grado de elevación o de achatamiento de una distribución, comparada con la distribución normal. Una curtosis positiva indica una distribución relativamente elevada, mientras que una curtosis negativa indica una distribución relativamente plana. En términos de curtosis una curva puede ser: a) Platicúrtica: plana con las observaciones distribuidas de manera relativamente uniforme a través de las clases (curtosis negativa); b) Leptocúrtica: Puntigrada, con las observaciones concentradas en un estrecho rango de valores (curtosis positiva); c) Mesocúrtica: ni plana, ni puntigrada, en términos de la distribución de los valores observados (curtosis cercana a cero).

La curtosis es el momento de cuarto orden de la distribución muestral con respecto a la media.

Observaciones:

- Se calcula con la fórmula siguiente:

$$\left\{ \frac{n \cdot (n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \cdot \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

donde S es la desviación estándar de la muestra.

Valores Mínimo y Máximo

Son los valores menor y mayor, respectivamente, del conjunto de datos que forman la muestra.

Rango

Es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del conjunto de datos que forman la muestra. Es un indicador de la variación absoluta de los datos en la muestra.

Suma

Es la suma aritmética del valor de cada uno de los datos que forman la muestra.

Observaciones:

- Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n x_i$$

Número de datos

Es el número de datos que contiene la muestra.

Observaciones:

- Se denota por la literal n

**CIUDAD DE MEXICO**

Av. Patriotismo 683
Col. Mixcoac
03730, México, D. F.
Tel (55) 56 15 35 75
55 98 52 18
Fax (55) 55 98 64 57

SANFANDILA

Km. 12+000, Carretera
Querétaro-Galindo
76700, Sanfandila, Qro.
Tel (442) 2 16 97 77
2 16 96 46
Fax (442) 2 16 96 71

Internet: <http://www.imt.mx>
publicaciones@imt.mx