UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MODELO DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE COMBUSTIBLE DEL AEROPUERTO AMB Y SU IMPACTO EN TÉRMINOS DE TRANSPORTE

Guillermo Mancilla Pino

MAGISTER EN ECONOMIA ENERGETICA

2017

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MODELO DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE COMBUSTIBLE DEL AEROPUERTO AMB Y SU IMPACTO EN TÉRMINOS DE TRANSPORTE

Tesis de grado presentada por

Guillermo Luis Mancilla Pino

como requisito parcial para optar al grado de

Magister en Economía Energética

Profesor Guía

Ing. Mauricio Villarreal Mesa

Profesor Correferente

MBA, Ing. Rodrigo Benavides Valenzuela

Agosto 2017

TITULO DE LA TESIS:

MODELO DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE COMBUSTIBLE DEL AEROPUERTO AMB Y SU IMPACTO EN TÉRMINOS DE TRANSPORTE

AUTOR:

Guillermo Luis Mancilla Pino

TRABAJO DE TESIS, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de Magíster en Economía Energética del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Ing. Mauricio Villarreal Mesa.....

MBA, Ing. Rodrigo Benavides Valenzuela.....

Santiago, Chile. Septiembre de 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme sabiduría, paciencia y conformidad…

A mi familia y polola, pilar fundamental durante estos dos años…

A mi hija, mi inspiración…

A todos los profesores por su gran esfuerzo y dedicación…

A mi profesor guía, Mauricio Villarreal, por su gran ayuda y profesionalismo…

DEDICATORIA

A mi padre

Por su apoyo incondicional en la tierra y

Por cuidar de mis pasos desde el cielo…

Guillermo Mancilla P.

RESUMEN

Durante los próximos 3 años, el Aeropuerto de Santiago Comodoro Arturo Merino Benítez tendrá un cambio sin precedentes. El actual terminal será ampliado para contar con mayor capacidad de atención de vuelos y pasajeros que embarcan y desembarcan. Además, sus servicios serán progresivamente digitalizados para disminuir los tiempos de espera en el proceso de los viajes. De esta manera, en 2020 se inaugurará el nuevo terminal internacional que ostentará más de 175.000 m^2, aumentando la capacidad del aeropuerto a 30 millones de pasajeros al año, con un potencial de 50 millones.[1]

Lo anterior, se llevará a cabo según lo estipulado en el proyecto de ampliación y mejoramiento del Aeropuerto Arturo Merino Benítez, el cual considera conceptos de integración territorial, innovación tecnológica, calidad de servicio, sustentabilidad e identidad regional.

El presente estudio se relaciona con la importancia de contar con un instrumento metodológico lo suficientemente confiable que permita desarrollar la proyección de la demanda de Kerosene de Aviación Jet A1 en el largo plazo, considerando estadísticas de demanda por transporte aéreo de pasajeros y de carga, nacional e internacional en Chile, con el fin de dimensionar la capacidad del sistema de transporte de combustible.

Los datos sobre el mercado aéreo utilizados en este estudio provienen principalmente de la Dirección de Aeronáutica Civil de Chile (DGAC), de las estadísticas publicadas por la Junta de Aeronáutica Civil (JAC) y del Ministerio de Obras Públicas. Para realizar el análisis de las estimaciones, se complementó la información con datos provenientes del Banco Central,

[1] Fuente: http://www.nuevopudahuel.cl/obras-de-ampliaci-n

del Banco Mundial, de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y del Servicio Nacional de Aduanas, los cuales consideran la producción de la economía, el precio del petróleo , el turismo y las exportaciones por vía aérea.

La construcción de un modelo que estime un comportamiento futuro es una tarea que considera variables económicas y propias del transporte aéreo. De esta forma, el contenido principal de este trabajo se divide en 8 capítulos, donde se presenta un estado actual del transporte del kerosene de aviación desde los puertos marítimos hasta el mismo aeropuerto, estadísticas de transporte aéreo de carga y pasajeros. Luego, el siguiente capítulo presenta la forma en la que se seleccionaron las variables involucradas y la formulación del modelo de estimación de demanda de combustible, que involucra el Producto Interno Bruto como variable indirecta y el transporte de carga y pasajeros expresados en ton-km y pax-km como variable directa explicativa.

Finalmente, se presenta una discusión de los datos obtenidos, presentando los efectos en el transporte y abastecimiento de kerosene en el corto plazo según los resultados obtenidos y las conclusiones finales de este trabajo.

ABSTRACT

Over the next 3 years, the Santiago Comodoro Arturo Merino Benítez Airport will have an unprecedented change. The current terminal will be expanded to have greater capacity of attention of flights and passengers that embark and disembark. In addition, its services will be progressively digitized to reduce waiting times in the travel process. In this way, the new international terminal will be inaugurated in 2020 with more than 175,000 m^2, increasing the capacity of the airport to 30 million passengers a year, with a potential of 50 million.

This will be carried out as stipulated in the airport expansion and improvement project, which considers concepts of territorial integration, technological innovation, quality of service, sustainability and regional identity.

The present study is related to the importance of having a methodological instrument that is reliable enough to develop the projection of Kerosene Aviation Jet A1 in the long term, considering statistics of demand for domestic and international air transportation in Chile, with the purpose of dimensioning the capacity of the transport system.

The air market data used in this study were obtained mainly from the Civil Aviation Authority of Chile (DGAC), statistics published by the Civil Aviation Board (JAC), and the Ministry of Public Works. In order to analyze the estimates, the information was supplemented by data from the Central Bank, the World Bank, the National Petroleum Company (ENAP), the National Statistical Institute (INE) and the National Customs Service and, these institutions consider the production of the economy, the price of oil, tourism and exports by air.

The construction of a model that estimates future behavior is a task that considers economic and air traffic variables. In this way, the main content of this work is divided into 8 chapters, which presents a current state of transportation of aviation kerosene from the sea ports to the airport, statistics of air cargo and passengers. Then, the next chapter presents the way in which the variables involved in the model and the formulation of the fuel demand estimation model were selected, which are depending on the Gross Domestic Product as indirect variable and the transport of cargo and passengers expressed in tons-km and pax-km as direct explanatory variables.

Finally, is presented a discussion of the data obtained, the effects on the transportation of kerosene in the short term of the results obtained and the final conclusions of this work.

GLOSARIO

ADPi:	Aéroports de París Ingéniere.
AMB:	Aeropuerto Arturo Merino Benítez.
ANSI:	American National Standards Institute.
API:	American Petroleum Institute.
DAP:	Dirección de Aeropuertos, dependiente del MOP.
DGAC:	Dirección General de Aeronáutica Civil.
ENAP:	Empresa Nacional del Petróleo.
INE:	Instituto Nacional de Estadísticas.
JAC:	Junta de Aeronáutica Civil.
MOP:	Ministerio de Obras Públicas.
Mpax:	Millones de pasajeros.
NFPA:	National Fire Protection Association.
Ø:	Diámetro.
Pax:	Pasajeros embarcados o desembarcados.
Pax-km	Cantidad de pasajeros multiplicados por los kilómetros volados.
PIB:	Producto Interno Bruto.
PL:	Productos Limpios
SIAV:	Sociedad de Inversiones de Aviación.
SONACOL:	Sociedad Nacional de Oleoductos.
TMA:	Terminal Maipú.
TPI:	Terminal de Productos Importados.

INDICE

ABSTRACT 8

GLOSARIO 10

INDICE 11

1 INTRODUCCIÓN 13

2 OBJETIVOS 15

2.1 OBJETIVO GENERAL 15

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15

3 METODOLOGÍA 16

4 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA 18

5 ESTADO DEL ARTE 20

5.1 HISTORIA DEL AEROPUERTO AMB 20

5.2 KEROSENE DE AVIACIÓN. 21

5.2.1 CARACTERÍSTICAS. 21

5.2.2 APLICACIONES. 22

5.2.3 CALIDAD 23

5.2.4 SEGURIDAD 24

5.3 TRANSPORTE DE KEROSENE DE AVIACIÓN AL AEROPUERTO AMB 25

5.3.1 SISTEMA DE TRANSPORTE POR OLEODUCTO 25

5.3.2 SOCIEDAD NACIONAL DE OLEODUCTOS 30

5.3.3 CAPACIDADES DE ALMACENAMIENTO EN CENTROS DE APROVISIONAMIENTO Y RECEPCIÓN 33

5.3.4 PROCESOS ASOCIADOS A LA OPERACIÓN 34

5.3.5 PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE DEL AEROPUERTO 36

5.4 RESUMEN DEL PLAN MAESTRO DE EXPANSIÓN DEL AEROPUERTO AMB (AÑO 2009) 40

5.4.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN EXISTENTE DURANTE EL ESTUDIO. 41

6 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES 46

6.1 VARIABLES DE INFRAESTRUCTURA 46

6.2 VARIABES ASOCIADAS A PASAJEROS Y CARGA 46

7 CONSTRUCCIÓN DE VARIABLES. 47

7.1 VARIABLES DE TRÁFICO DE PASAJEROS Y CARGA 49

7.1.1 TOTAL TRÁFICO DE PASAJEROS ANUALES NACIONAL + INTERNACIONAL 49

7.1.2 TOTAL TRÁFICO DE PASAJERO – KM ANUALES NACIONAL + INTERNACIONAL. 50
7.1.3 TOTAL TRÁFICO DE CARGA ANUAL 51
7.1.4 TOTAL TRÁFICO DE CARGA EN TONELADAS – KM NACIONAL + INTERNACIONAL. 52
7.2 TRANSPORTE DE KEROSENE DE AVIACIÓN POR OLEODUCTO. 53
7.3 SERIES DE TIEMPO 54
7.3.1 SERIES DE TIEMPO DE TRÁFICO MENSUAL DE PASAJEROS 55
7.3.2 SERIES DE TIEMPO DE CARGA (TON 56
7.3.3 SERIES DE TIEMPO DE PASAJEROS – KM/MES 56
7.3.4 SERIES DE TIEMPO DE CARGA, TON – KM/MES 57
7.3.5 SERIES DE TIEMPO DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE POR OLEODUCTO (m^3/mes) 57
8 PRESENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE COMBUSTIBLE 58
8.1 RELACIÓN PASAJERO - KILÓMETRO VS PIB 59
8.2 RELACIÓN PASAJERO - KILÓMETRO VS TRANSPORTE DE KEROSENE DE AVIACIÓN 60
8.3 CONSIDERACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE LA CARGA 62
8.4 ESCENARIOS DE CRECIMIENTO DEL PASAJERO – KILÓMETRO 63
8.5 ESCENARIOS DE CRECIMIENTO DEL TRANSPORTE DE CARGA (TONELADA – KILÓMETRO) 65
8.6 EQUIVALENCIA DE CARGA (TONELADAS-KILÓMETRO) Y PASAJERO – KILÓMETRO 66
8.7 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE COMBUSTIBLE A PARTIR DEL INDICADOR DE PASAJERO – KILÓMETRO EQUIVALENTE 68
8.7.1 ESCENARIOS DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE COMBUSTIBLE 69
9 EFECTOS SOBRE EL TRANSPORTE DE KEROSENE EN EL CORTO PLAZO 71
9.1 CURVA DE CARGA DE OLEODUCTO M-AMB 71
9.2 ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE 78
10 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES. 88
11 BIBLIOGRAFÍA. 91

El presente documento corresponde al desarrollo del tema de tesina como parte de los requisitos para optar al grado Magíster en Economía Energética.

1 INTRODUCCIÓN

Durante los próximos 3 años, el Aeropuerto de Santiago Comodoro Arturo Merino Benítez tendrá un cambio sin precedentes. El actual terminal será ampliado para contar con mayor capacidad de atención de vuelos y pasajeros que se embarcan y desembarcan. Además, sus servicios serán progresivamente digitalizados para disminuir los tiempos de espera en el proceso de los viajes. De esta manera, en 2020 se inaugurará el nuevo terminal internacional que ostentará más de 175.000 m2, aumentando la capacidad del aeropuerto a 30 millones de pasajeros al año, con un potencial de 50 millones.[2]

Lo anterior, se llevará a cabo según lo estipulado en el proyecto de ampliación y mejoramiento del Aeropuerto, el cual considera conceptos de integración territorial, innovación tecnológica, calidad de servicio, sustentabilidad e identidad regional.

El presente estudio se relaciona con la importancia de contar con un instrumento metodológico lo suficientemente confiable que permita desarrollar la proyección de la demanda de Kerosene de Aviación Jet A1 en el corto, mediano y largo plazo, considerando estadísticas de demanda por transporte aéreo nacional e internacional en Chile.

Los datos sobre el mercado aéreo utilizados en este estudio fueron obtenidos principalmente de la Dirección de Aeronáutica Civil de Chile

[2] Fuente: http://www.nuevopudahuel.cl/obras-de-ampliaci-n

(DGAC), de las estadísticas publicadas por la Junta de Aeronáutica Civil (JAC), y del Ministerio de Obras Públicas. Para realizar el análisis de las estimaciones, se complementó la información con datos provenientes del Banco Central, del Banco Mundial, de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y del Servicio Nacional de Aduanas, los cuales consideran la producción de la economía, el precio del petróleo, el turismo y las exportaciones por vía aérea.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un modelo de estimación de la demanda de combustible del Aeropuerto Arturo Merino Benítez basado en su Plan Maestro de expansión.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamiento de las demandas de combustible en el Aeropuerto Arturo Merino Benítez.

- Revisión de tendencias y estacionalidad de tráfico de pasajeros.

- Analizar el impacto en el transporte de Kerosene de Aviación al aeropuerto AMB en el corto plazo.

- Establecer una metodología de estimación de demanda de combustible de largo plazo.

- Establecer proyecciones de consumo de combustible expresadas en m3/pasajero-kilómetro en vuelos nacionales e internacionales.

- Analizar resultados y proponer alternativas de mejora.

3 METODOLOGÍA

Presentación de la metodología de estimación de la demanda de combustible del aeropuerto AMB:

- Revisión y presentación del Plan Maestro de Expansión del aeropuerto AMB

- Revisión Bibliográfica: Se realizará una revisión de estudios relacionados con la proyección de demanda de pasajeros para el corto, mediano y largo plazo. Para lo anterior se considerarán datos de destino de vuelos, cambios demográficos y socioeconómicos, precios, PIB, tipo de cambio, y otras variables que puedan ser relevantes.

- Descripción histórica del abastecimiento de combustible del aeropuerto AMB.

- Describir demanda promedio mensual y anual.

- Describir parámetros actuales de operación (capacidades de estanques, normativa vigente, tratamiento del producto en planta, operación, etc.).

- Investigar variables económicas que tienen relación con el tráfico de pasajeros y de carga.

- Investigar logística de abastecimiento de las líneas aéreas para vuelos nacionales e internacionales.

- Se establecerán supuestos y limitaciones del estudio.

- Construcción de las variables: Se construirán variables de corto, mediano y largo plazo.

- Con la data histórica seleccionada se establecerá un modelo de estimación de demanda global de Kerosene de Aviación del aeropuerto AMB realizando proyecciones de consumo de combustible en los plazos descritos.

4 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

El transporte de combustible es un rubro de alta complejidad y de carácter estratégico para el desarrollo del país. Es por esto que debe realizarse conforme a las normas existentes, los más altos medios tecnológicos y de seguridad disponibles y, en lo posible, siguiendo las mejores prácticas de la industria. Para ello, existen normas y leyes establecidas, a fin de que las operaciones se desarrollen de manera exitosa, reduciendo el riesgo y asegurando la disponibilidad del combustible según la demanda.

En general, el principal aeropuerto de un país o el que concentra la mayor cantidad de vuelos, tiene una demanda de combustible que depende de los itinerarios de los vuelos y la logística de abastecimiento de combustible de las aeronaves, lo que es una condición propia y particular de cada aeropuerto y hace difícil extrapolar las cifras de un aeropuerto a otro.

El Plan Maestro que el año 2009, la consultora internacional Aéroports de París Ingéniere, entregó al Ministerio de Obras Públicas, en el que indica que se considerará a Santiago como la principal ciudad Aeroportuaria, del mismo modo que los son Fráncfort en Alemania o París en Francia, no incluía una proyección del consumo de combustibles del Aeropuerto, pero sí un detalle de la capacidad de almacenamiento en el aeropuerto, considerando una base de 3 días de consumo.

El presente estudio aportará a la toma de decisiones relacionadas con las tecnologías de transporte de Kerosene de Aviación para abastecer la demanda futura del Aeropuerto Arturo Merino Benítez.

El presente documento sugerirá un plan para desarrollar el sistema de abastecimiento del Aeropuerto de Santiago, definiendo así, la tecnología más eficiente, tales como oleoductos o camiones.

Para llevar a cabo este estudio, se ha tenido en consideración las capacidades de almacenamiento de combustible de los aviones y la práctica común del llenado de los mismos, en función de las distancias de viaje, a objeto de determinar una metodología para la construcción de un modelo de proyección de la demanda para distintos escenarios.

5 ESTADO DEL ARTE

5.1 HISTORIA DEL AEROPUERTO AMB

A mediados del siglo pasado surgió en Chile la necesidad de mejorar la red aeroportuaria existente, debido al auge que tenía la industria aeronáutica en la región. En Santiago, el hasta ese entonces Aeropuerto Internacional Los Cerrillos ya no daba abasto, por lo que nació la idea de construir un nuevo recinto para atender los vuelos nacionales e internacionales.

Por esta razón, el Presidente Carlos Ibáñez del Campo ordenó el desarrollo de una nueva red nacional de aeropuertos acorde a las características y necesidades de los nuevos aviones que revolucionarían la actividad aeronáutica mundial.

Los trabajos comenzaron en 1961 y tuvieron un costo total de 3 mil millones de dólares, que dieron fruto el 9 de febrero de 1967, día en el que se inauguró el “Aeropuerto Pudahuel”.[3]

En marzo de 1980 el Gobierno chileno decidió modificar el nombre del recinto, llamándolo “Aeropuerto Internacional Comodoro Arturo Merino Benítez”, en homenaje al fundador y primer Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile (FACH), quien también fue un importante precursor de la aviación militar, civil y comercial del país como creador de la Línea Aérea Nacional (LAN), que por ese entonces era propiedad del Estado.

Ya en los años 90, el Aeropuerto quedaba atrás en comparación a los terminales de otros países, por la alta demanda en cuanto al movimiento

[3] FUENTE: https://www.nuevopudahuel.cl/historia

de pasajeros y porque no había recibido refacciones mayores en la infraestructura en sus primeros casi 25 años. Por esta razón, se tomó la decisión de construir un nuevo terminal internacional, siendo inaugurado el 14 de febrero de 1994.

Este edificio es la base de la actual infraestructura, aunque ha experimentado numerosos cambios. Por ejemplo, en 2001 se habilitó la actual rotonda oriente, uniendo el terminal nacional, que hasta esa fecha seguía operando en el edificio contiguo al actual recinto.

5.2 KEROSENE DE AVIACIÓN.[4]

JET A-1 es el combustible utilizado en las turbinas de los motores a reacción en aviación civil. Es un querosén que procede de la destilación del crudo de petróleo, que es la materia prima de la industria de refino.

Su función principal es suministrar potencia al avión, siendo parámetros clave su contenido energético y la calidad de combustión.

El kerosene de aviación es una mezcla compleja compuesta principalmente de hidrocarburos y varía dependiendo de la fuente de crudo y el proceso de producción, pero sus moléculas de hidrocarburo contienen principalmente entre 9 y 15 átomos de carbono.

5.2.1 CARACTERÍSTICAS.

Las principales características de este combustible son:

- Combustible para motores a turbina.

[4] FUENTE: https://www.repsol.com/es_es/productos-servicios/aviacion/productos/jet-a-1/

- Incoloro o ligeramente amarillo.
- Densidad media 0,8 kg/l aproximadamente.
- Inflamable a temperaturas superiores a 38 ºC en presencia de llama o chispa.
- Gran potencia calorífica que permite obtener la máxima energía posible con el mínimo peso.
- Pequeña volatilidad para evitar las pérdidas por evaporación, pero presenta peligro de incendio en caso de accidente aéreo.
- Temperaturas muy bajas del punto de cristalización.
- Gran estabilidad del producto, con el objetivo de que no se vea afectado por procesos de oxidación.
- Además de proveer la energía, el combustible es también usado como fluido hidráulico en los sistemas de control del motor y como refrigerante para ciertos componentes del sistema de combustible.
- Exigencias ligadas al transporte y almacenamiento: filtros y procesos de decantación.

5.2.2 APLICACIONES.

El uso del JET A-1 lo determina el tipo de motor del avión, en los actuales, este combustible no sólo se utiliza para proveer energía, sino que también sirve de lubricante y como intercambiador de calor para enfriar:

- El aceite del motor.
- El circuito hidráulico.
- El equipo de aire acondicionado.

El JET A-1 es un combustible líquido que se inyecta continuamente en una cámara de combustión en la que se produce una corriente constante de gases a elevada presión y temperatura. Este chorro de gas en expansión

a alta velocidad es el que genera la potencia que por reacción, impulsa al avión.

5.2.3 CALIDAD

En el proceso de comprobación de la calidad es importante tener en cuenta varios factores:

La ausencia de sólidos y agua en suspensión, ya que a bajas temperaturas el agua se cristaliza y junto con los sólidos pueden tapar los conductos de las agujas de inyección del combustible en las turbinas.

Los sólidos en suspensión pueden provenir fundamentalmente de limaduras y cascarillas metálicas de depósitos y tuberías, de trozos de juntas de bridas y equipos así, como del aporte directo de polvo del medio ambiente que puede entrar por las chimeneas de ventilación de los estanques.

La incorporación de agua al combustible se produce fundamentalmente por el cambio de temperatura día/noche. La humedad en el aire se condensa en las paredes de los estanques y cae al seno del combustible. Por otra parte, el agua disuelta en el combustible se cristaliza por el descenso de temperatura.

En cada etapa del almacenamiento y transporte del JET A-1, el combustible pasa por distintos procesos de filtración de partículas y humedad, y con esto, se asegura que el combustible suministrado a la aeronave cumple con todos los estándares de calidad.

5.2.4 SEGURIDAD

La manipulación de combustibles de aviación está sujeta al peligro de inflamación, por lo que deben seguirse rigurosamente las recomendaciones de seguridad. Existen dos factores que se han de tener en cuenta a la hora de manipular el combustible:

- Punto de Inflamación: Temperatura mínima a la que se generan suficientes vapores en la superficie del combustible, para inflamarse en contacto con una llama o chispa.

- Conductividad eléctrica: capacidad de un cuerpo de permitir a través de sí el paso de la corriente eléctrica.

Para que se produzca la inflamación del combustible se requiere la confluencia de tres factores y en una concentración adecuada:

- Vapores del combustible (el combustible líquido no arde sino el vapor que se genera en su superficie).

- Llama o chispa con la suficiente energía para empezar el proceso.

- Oxígeno en una proporción adecuada.

Si eliminamos cualquier riesgo de chispa en las proximidades del combustible no se producirá inflamación.

5.3 TRANSPORTE DE KEROSENE DE AVIACIÓN AL AEROPUERTO AMB

5.3.1 SISTEMA DE TRANSPORTE POR OLEODUCTO

Se denomina Sistema de Transporte por Oleoducto al conjunto formado por tuberías, bombas, estanques y todas las estructuras accesorias que permitan realizar el transporte de petróleo o productos derivados del petróleo desde un punto a otro.

Lo que caracteriza esencialmente a este sistema es el medio utilizado para el transporte: a saber, tuberías o ductos.

5.3.1.1 ECONOMÍAS DE ESCALA

El uso de sistemas de transporte de productos por oleoducto ha ido en aumento en las últimas décadas, debido fundamentalmente a dos factores:

- Las grandes distancias entre los centros productores y los centros consumidores.

- El gran crecimiento del consumo de productos.

Estos factores inciden en la economía del transporte a través de oleoductos, que llega a ser una alternativa o complemento conveniente frente a otros medios de transporte como el marítimo, en naves de gran calado o barcos costeros, el fluvial y el terrestre por ferrocarril o por camiones.

Un oleoducto viene a desplazar el transporte por camiones, es decir, retira trasporte de combustible de las carreteras, reduciendo un riesgo potencial para los usuarios de las vías.

5.3.1.2 COMPONENTES PRINCIPALES

En los sistemas de transporte por oleoductos pueden reconocerse diversos componentes:

- Centros de aprovisionamiento, los cuales pueden ser, entre otros, centros de refinación y almacenamiento de productos terminados o bien centros productores de petróleo crudo o gas natural.

- Centros de bombeo: que pueden existir al inicio del oleoducto, o bien, en puntos intermedios.

- Tuberías y válvulas: tanto las que constituyen la línea principal del oleoducto como aquellas que existen en el interior de los centros productores o terminales de entrega.

- Terminales de entrega: Instalaciones ubicadas en un lugar determinado, punto final de un oleoducto, donde se entrega productos a Compañías distribuidoras.

- Estaciones de control de parámetros de operación: pueden encontrarse al inicio o al final de la línea principal, en las Centrales de bombeo, o en otros puntos intermedios.

5.3.1.3 CARACTERISTICAS ECONOMICAS

El sistema transporte por oleoducto requiere de una gran inversión inicial: este es un factor muy importante a tener en cuenta al elegir la inversión en esta forma de transporte frente a otros medios alternativos, como el transporte por mar, por río, por ferrocarril o por camiones.
Un oleoducto se diseña para la capacidad máxima esperada dentro de su vida útil. Por eso es necesario estimar cuál es ese límite de operación, y así definir su diámetro, espesor, presión de trabajo y tipo de acero.

El costo de amortización de un oleoducto representa la mayor parte del costo total de transporte.

La importancia relativa de los principales ítems en el costo total de la inversión en un oleoducto es en orden decreciente:

- el tendido de la línea.
- la tubería.
- las centrales de bombeo.

5.3.1.4 COMPARACION CON OTROS MEDIOS DE TRANSPORTE

Otros medios de transporte alternativos en relación al transporte de productos por oleoducto son: el transporte marítimo, el transporte por vía fluvial, el transporte por ferrocarril y el transporte por camiones.

Debido a que las condiciones reales difieren en cada caso particular, un estudio preliminar orientado a la inversión de capital en un oleoducto diseñado, debe siempre comparar para cada ruta del proyecto las tasas y costos de cada uno de los medios de transporte alternativo. Acorde con esto, es difícil establecer reglas que sean aplicables en forma universal.

Transporte marítimo y fluvial

Es común el transporte marítimo de combustibles entre plantas de almacenamiento ubicadas en las costas.

Cuando existen grandes ríos, es posible realizar el transporte en navíos (barcazas), de menor calado, por vía fluvial.

Cuando este tipo de transporte es posible, en general, su costo es inferior al transporte por oleoducto. En algunos textos sobre la materia[5] se establece que el costo de transporte para Buques-tanque muy grandes llega a ser alrededor de 1/3 del costo mínimo de transporte por oleoducto.

Transporte por ferrocarril.

Esta alternativa de transporte es especialmente útil en recorridos hacia el interior (no costeros), y considerando un costo que incluya instalaciones especiales para este tipo de flete (convoyes, vías férreas, terminales de carga y descarga, etc.), se obtienen valores muy superiores al costo de transporte por oleoducto, en una proporción de 3 a 10 veces, dependiendo del volumen anual a transportar.

Transporte por camiones.

En general, dentro de una zona urbana el camión es un medio de transporte adecuado para volúmenes relativamente bajos de productos, para distancias relativamente cortas y múltiples puntos de entrega. Por este motivo es normalmente el único medio de transporte utilizado para llevar productos derivados del petróleo desde los Centros de Distribución a

[5] Texto: Vincent-Genod, J.; "Fundamentals of Pipeline Engineering", Gulf Publishing Co./Editions Technip, París (1984).

las estaciones de servicio, fábricas, edificios de departamentos que usan calderas para calefacción y estanques de almacenamiento.

Sin embargo en el transporte interurbano de combustibles, los oleoductos pueden llegar a competir con camiones, ferrocarriles y buques, como alternativa de transporte entre plantas de almacenamiento.
Los oleoductos se construyen cuando el costo total de transporte esperado de combustibles es inferior al costo de transporte de la alternativa más competitiva (camiones u otros).

Situación chilena

El caso de Chile es típico en cuanto muestra en forma clara las dificultades de establecer costos relativos entre las distintas alternativas de transporte, ya que éstas dependen de diversos factores coyunturales como características geográficas, infraestructura existente, volúmenes a transportar, distancia a recorrer, ubicación de terminales portuarios, refinerías y plantas de entrega, políticas cambiarias y otros.

5.3.1.5 NORMAS DEL TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES

Cabe destacar que en Chile, existen normas que regulan el transporte de combustibles, confeccionadas por el Ministerio de Economía y el Ministerio de Energía, a saber:

1) D. Nº 160 del 26/5/2008 del Ministerio de Economía, y sus modificaciones posteriores
Reglamento de seguridad para el almacenamiento, refinación, transporte y expendio al público de combustibles líquidos derivados del petróleo.
Publicado en Diario Oficial del 26/5/2008.

El Decreto 101 de 2013 del Ministerio de Energía introdujo modificaciones al Decreto 160.

2) D. Nº 108 de 2014 del Ministerio de Energía

Reglamento de seguridad para el almacenamiento, transporte y expendio de gas licuado.

Publicado en Diario Oficial del 12/07/2014.

Las normas de seguridad en su conjunto van orientadas hacia tres objetivos:

- Protección de las personas.
- Protección del medio ambiente.
- Protección de la propiedad privada y pública.

La operación de un oleoducto debe considerar diferentes tipos de riesgos, los que deben ser abordados bajo la normativa legal, además de incorporar buenas prácticas internacionales.

5.3.2 SOCIEDAD NACIONAL DE OLEODUCTOS

Fundada el 31 de mayo de 1957, por iniciativa de ENAP, Copec y Esso Chile, la empresa nació con el objetivo de abastecer Santiago por oleoductos. Hoy mantiene una red de oleoductos que abarca desde el puerto de Quintero por el norte, pasando por la Refinería Aconcagua en Concón y desde ahí al terminal ubicado en la comuna de Maipú, desde donde la red se extiende al Aeropuerto Arturo Merino Benítez y a la comuna de San Fernando.

5.3.2.1 OLEODUCTOS DISPONIBLES DE SONACOL Y ERSA

Luego de conocer globalmente un sistema de transporte por oleoducto operado por Sonacol, se presentan a continuación los oleoductos utilizados para el transporte de kerosene de aviación desde los centros de almacenamiento de Quintero y Concón:

OLEODUCTO 1: CONCÓN – MAIPÚ Ø 16" PL: Este oleoducto es de 16 pulgadas de diámetro y transporta secuencialmente el kerosene de aviación y otros productos limpios, desde Enap Refinería Aconcagua hasta las compañías en Maipú (Copec – Petrobras – Enex – ERSA Maipú).

OLEODUCTO 2: QUINTERO (TPI) – CONCÓN: Este oleoducto es de 10 pulgadas de diámetro entre Quintero y Concón. Permite transportar el kerosene de aviación, entre otros productos limpios, desde planta TPI Copec hasta las compañías en Maipú, descritas anteriormente mediante una interconexión en Concón con el oleoducto de 16 pulgadas Concón – Maipú 16" PL.

OLEODUCTO 3: MAIPÚ – AMB Ø 6": Este oleoducto es de 6 pulgadas de diámetro y transporta kerosene de aviación desde las plantas Petrobras, Copec, ENEX y ERSA Maipú, mediante una central de bombeo ubicada en el terminal Maipú de Sonacol, a la planta de almacenamiento de SIAV, ubicada en el aeropuerto Arturo Merino Benítez.

El flujo máximo posible de transporte de kerosene de aviación en el oleoducto Maipú – AMB 6" es de 165 m^3/hr, por lo tanto su capacidad teórica máxima de transporte diario es de 3.960 m^3, esto considerando un escenario de bombeo de 24 horas diarias a un flujo de 165 m^3/h. Lo anterior no es así en la práctica, dado que en las condiciones normales operación existen tiempos de detención debido a cambios de planta de

origen, cambios de estanques y temas operacionales que disminuyen el tiempo disponible para bombeo.

El volumen transportado durante el año 2016 alcanzó los 1.051.706,4 m3, donde el mes de diciembre ha sido sistemáticamente el de mayor demanda mensual, debido al inicio del periodo de vacaciones de verano de los estudiantes, los viajes familiares relacionados con las festividades de fin de año, y las vacaciones de invierno en países del hemisferio norte.

SONACOL no posee estanques de Almacenamiento de productos limpios, sus terminales constan de un manifold de distribución y de unidades de bombeo si se trata de Estaciones de bombeo o Centrales de recepción de producto. Este manifold le permite interconectarse con los Centros de aprovisionamiento, con las Compañías Distribuidoras, o entre oleoductos.

La siguiente imagen ilustra el recorrido del kerosene de aviación hasta su entrega final en la planta de almacenamiento del aeropuerto y posteriormente en la red hidrante.

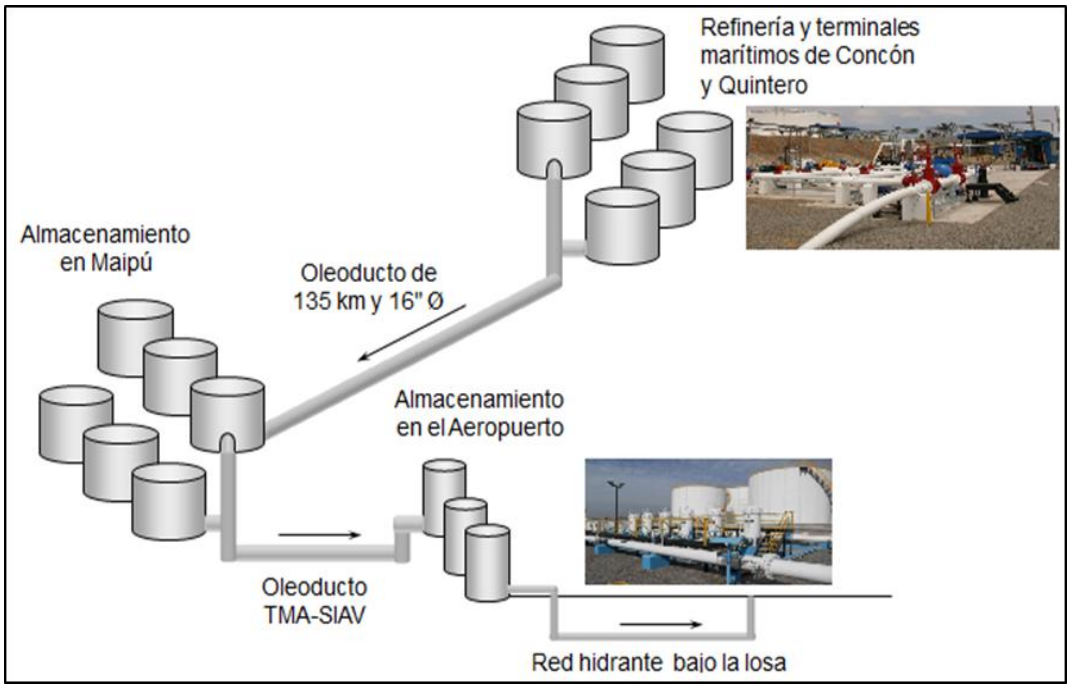

Fig. 5.1: Esquema de abastecimiento de Kerosén de aviación al Aeropuerto AMB

5.3.3 CAPACIDADES DE ALMACENAMIENTO EN CENTROS DE APROVISIONAMIENTO Y RECEPCIÓN

Cada compañía tiene en sus plantas de almacenamiento en Maipú, estanques dedicados para el almacenamiento de kerosene de aviación, cuya capacidad se describe a continuación:

Tabla 5.2: Capacidades de estanques en plantas de almacenamiento[6]

COMPAÑÍA	N° TK.	PRODUCTO	CAPACIDAD (m^3)	NO UTILIZABLE (M3)	Total (m^3)
PETROBRAS	11	K. AVIACIÓN	4.673	327	**6.111**
	12	K. AVIACIÓN	1.898	133	
COPEC Maipú	1	K. AVIACIÓN	4.648	325	**8.646**
	2	K. AVIACIÓN	4.649	325	
ERSA Maipú	104	K. AVIACIÓN	18.797	1316	**34.909**
	108	K. AVIACIÓN	18.740	1312	
TOTAL			53.405	3.738	**49.667**

[6] FUENTE: Elaboración propia con consulta a los terminales.

Los estanques se clasifican por su capacidad nominal, sin embargo, existe en el fondo del mismo una mesa de medida que se utiliza para la medición de volúmenes a través de una huincha de medida. El volumen contenido entre la mesa de medición y el fondo del estanque no se utiliza, por lo tanto, para efectos de capacidad de almacenamiento de producto, solo se considera la capacidad útil del estanque. La capacidad útil es menor que la capacidad nominal debido a que el kerosén de aviación debe cumplir, en los estanques de almacenamiento, con tiempos de reposo para efecto de la decantación de humedad o de partículas en suspensión en el fondo de los mismos.

Cabe destacar que algunos estanques son intercambiables en el largo plazo, por lo tanto algunos de ellos pueden entrar o salir del servicio de almacenamiento de kerosén de aviación. El intercambio requiere un retiro completo del combustible del estanque, una limpieza interior y el llenado con el nuevo combustible. Por tanto, las capacidades son dinámicas, y no necesariamente estáticas.

5.3.4 PROCESOS ASOCIADOS A LA OPERACIÓN

5.3.4.1 CONFECCIÓN DEL PROGRAMA DE EMBARQUES

En este programa quedan establecidas las cantidades que cada compañía despachará al aeropuerto y la secuencia de entrega de producto.

5.3.4.2 MUESTREO DEL PRODUCTO

SONACOL mide sólo la gravedad específica del producto muestreado, en grados API, y efectúa una observación visual de su color. Esta observación visual tiene como fin también detectar la posible existencia de agua, suciedad, óxidos u otras partículas en suspensión.

En el caso del kerosene de aviación se mide el contenido de partículas en suspensión, mediante el test de color (millipore). Este test se realiza al inicio, durante y al final de cada embarque bombeado.

5.3.4.3 FILTROS

Los filtros son elementos separadores ubicados en línea y que en el proceso continuo de transporte de kerosene van reteniendo partículas sólidas, el aire o algún líquido inmiscible con el fluido, que en este caso suele ser agua.

Existen diversos tipos, pero se tratará aquí solamente los modelos existentes en el Terminal Sonacol Maipú y planta de almacenamiento del aeropuerto (SIAV), al ingreso de la batería de estanques.

Filtros separadores de agua

Estos filtros permiten la separación de dos líquidos inmiscibles de diferente gravedad API: en el Terminal Maipú se utiliza para separar el agua (10º API) del Kerosene de Aviación (46º API), proceso muy importante, pues el agua de este combustible puede solidificarse a grandes alturas en los motores de los aviones, con consecuencias gravísimas.

Filtros micrónicos

El filtro micrónico instalado en el Terminal Maipú para el oleoducto Maipú-Aeropuerto AMB está especificadamente diseñado para eliminar los contaminantes sólidos tales como suciedad, barros, óxidos, escorias, tierras, partículas metálicas, etc. del fluido.

5.3.5 PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE DEL AEROPUERTO

Actualmente, la planta de almacenamiento de combustible (Kerosene de Aviación) del aeropuerto Arturo Merino Benítez tiene una capacidad nominal total de 11.532 m3, dividida en estanques que se muestran a continuación:

Tabla 5.3: Capacidades de estanques en Planta SIAV.[7]

COMPAÑÍA	N° TK.	PRODUCTO	CAPACIDAD (m^3)	NO UTILIZABLE (M3)	Total (m^3)
SIAV	1	K. AVIACIÓN	1.350	41	**2.619**
	2	K. AVIACIÓN	1.350	41	
	3	K. AVIACIÓN	1.347	40	**3.727**
	4	K. AVIACIÓN	2.495	75	
	5	K. AVIACIÓN	2.495	75	**4.840**
	6	K. AVIACIÓN	2.495	75	
TOTAL			11.532	346	**11.186**

En términos operacionales, el kerosene de aviación, transportado por SONACOL al aeropuerto, antes de ingresar a la batería de estanques en la planta de almacenamiento, es filtrado nuevamente mediante elementos separadores de agua descritos anteriormente. Los estanques en un momento destinados para la recepción de producto no están disponibles para el envío de producto a la loza del aeropuerto mediante el sistema de hidrantes, ya que deben recibir completamente el embarque programado para pasar a una segunda etapa, que es la de decantación, donde se espera por 24 horas en reposo, o bien 3 horas por cada metro de altura de producto, donde los líquidos inmiscibles se separan del kerosene de aviación por diferencia de densidad. Durante este tiempo, el producto se recertifica mediante análisis de laboratorio e inspecciones visuales en planta. Finalizado lo anterior, el producto contenido en los estanques en etapa de decantación es liberado para el despacho del producto a la loza.

[7] FUENTE: Creación propia con datos de planta de almacenamiento.

Considerando lo anterior, según datos obtenidos en visita a la planta de almacenamiento, en promedio se destina un tercio de la capacidad nominal para cada etapa, vale decir, dos tercios de la capacidad de almacenamiento de la planta se destinan a recepción y reposo del producto, en consecuencia, la capacidad útil de la planta es solamente el tercio restante de la capacidad nominal, siendo cercana a los 3.500 m^3.

Cabe considerar, que la demanda peak de combustible en el aeropuerto para el año 2016 alcanzó los 3.250 m^3/día lo que indica que la planta de almacenamiento está trabajando, bajo estos parámetros, aproximadamente al 90% de su capacidad nominal, es por tal motivo, que se encuentra en construcción dos estanques adicionales con capacidad de 5.000 m^3 cada uno cuya puesta en servicio está programada para fines del año 2017. Además, alrededor del año 2024 deberán entrar en operación dos estanques más de 8.000 m^3 cada uno para aumentar las capacidades de la planta, a objeto de cumplir lo indicado en las previsiones indicadas en el resumen ejecutivo del estudio de Plan Maestro y concepto de Terminal de Pasajeros del Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez.[8]

En la tabla siguiente se muestra el aumento de capacidad programada por año en la planta de almacenamiento de combustible del aeropuerto.

Tabla 5.4: Capacidades de estanques en Planta SIAV[9].

AÑO	N° DE ESTANQUES	CAPACIDAD (m^3)
2017	6	11.532
2018	8	21.532
2024	10	37.532

[8] FUENTE: Informe N°4 resumen ejecutivo del estudio de Plan Maestro y concepto Terminal de pasajeros del Aeropuerto AMB, página 41.
[9] FUENTE: Gentileza de SIAV (Plan de expansión).

Fig. 5.3: Foto aérea del aeropuerto AMB.[10]

Fig 5.4: Planta de almacenamiento de combustible AMB.[11]

Bajo el suelo hay redes de cañerías llamadas redes de hidrante que transportan el producto desde la planta de almacenamiento hasta donde se estacionan los aviones.

[10] FUENTE: Google Earth, fecha de imágenes 04/03/2016.

[11] FUENTE: Análisis y diagnóstico de la situación existente del aeropuerto internacional Arturo Merino Benítez (ADPI Planning Stratégique), página 105.

Para llevar el kerosene de aviación desde el suelo hasta el depósito del avión se utilizan dispensers, que son unos camiones pequeños diseñados para repostar aeronaves.

Los dispensers no incorporan bombas, sino que se conectan a la toma de hidrante que tiene la posición de aparcamiento donde está situada la aeronave. La presión en el punto de carga de combustible o Pit de hidrante depende del diseño del entramado, pero por lo general suele variar entre 8 y 12 bares, la cual es aprovechada para suministrar el combustible a la aeronave. Además, evita que haya depósitos de combustible cerca de los aviones, ya que las tuberías están conectadas a instalaciones cercanas de suministro.

En el dispenser hay un filtro por el que pasa el combustible para depurarlo, eliminando cualquier partícula de sólidos en suspensión o agua. Allí también hay medidores de presión y caudal que analizan hasta el último dato para evitar que cualquier parte del avión pueda resultar dañada.

Fig 5.5: Carguío de combustible de un avión por medio de un camión dispensador en un aeropuerto de España.[12]

[12] FUENTE: https://www.clh.es/file/Publicaciones/Tript_Aerop_CLH_cast_27Ag2012.pdf

5.3.5.1 NORMAS CONSIDERADAS

Planta de combustible: Normas locales y estándares de la NFPA, ANSI – B31/4, ANSI B31/3, API de la American National Standard Institute (ANSI).

En términos operativos, una planta de almacenamiento de combustible de un aeropuerto se rige por las normas de control de calidad del combustible de aviación y normas de operación para depósitos de aeropuertos y redes hidrantes, normas JIG (elaboradas por la Joint Inspection Group). En estas normas encontramos todo lo referente al ámbito de aplicación, responsabilidades del personal, requisitos de inspección, muestreo y pruebas, diseño de instalaciones de aeropuertos, procedimientos de recibo del combustible, control de la calidad, controles de rutina, descripción de un sistema hidrante, mantenimiento, seguridad y medio ambiente.

Las especificaciones, requerimientos detallados y estándares de composición y tratamiento del kerosene de aviación se encuentran en la Norma ASTM D1655 (Standard Specification for Aviation Turbine Fuels).

5.4 RESUMEN DEL PLAN MAESTRO DE EXPANSIÓN DEL AEROPUERTO AMB (AÑO 2009)

La Dirección Nacional de Aeropuertos de Chile (de ahora en adelante DAP) firma, en 2005, un acuerdo tripartito con la DGAC (Dirección General de la Aviación Civil en Francia y Dirección General de Aeronáutica Civil en Chile), cuyo principal objetivo es fomentar la cooperación bilateral para el desarrollo de infraestructuras aeroportuarias.

La DAP, en su política de mejoramiento de las herramientas de planificación del desarrollo aeroportuario, plantea en el marco del acuerdo tripartito, la actualización del Plan Maestro del Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez de Santiago.

5.4.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN EXISTENTE DURANTE EL ESTUDIO.

El tráfico anual de pasajeros mantuvo un discreto aumento desde 1998 a 2004, y se pasó de 5,63 Mpax a 6,05 Mpax. Los motivos de este comportamiento discreto del tráfico fueron varios, en particular la crisis asiática. Fue a partir de 2005 cuando el tráfico empezó a crecer de manera casi exponencial, y en 2007 se llegaron a los 8,4 Mpax.

El Edificio Terminal de pasajeros, con 90.000 m², se diseñó con el objetivo de atender 9 Mpax por año. Fue objeto, en 1998, de una ampliación a cargo de la empresa concesionaria, que también financió la construcción de la torre de control, plataforma de aeronaves y calles de rodaje, además de otras instalaciones.

A finales del año 2000 se empezó a considerar la necesidad de hacer un Plan Maestro para el aeropuerto, además de un concepto de terminal para poder responder a las crecientes necesidades de infraestructura.

5.4.1.1 ESTUDIO DE LA DEMANDA DE PASAJEROS

El equipo de planificación de ADPI preparó distintas estimaciones de la evolución del tráfico en el aeropuerto AMB basadas en distintos métodos e informaciones: unas están construidas aplicando métodos de tendencias medias, otros se basan en correlaciones directas de cifras brutas de la industria, otras en el análisis de extensos estudios generales disponibles en la industria a nivel mundial, y otros en el resultado de estudios

contemplados por otros actores del desarrollo del aeropuerto. Cabe destacar que este estudio no consideró una correlación entre el número de pasajeros transportados anualmente y el comportamiento del Producto Interno Bruto.

Los elementos desglosados de la proyección final son el insumo básico del estudio del Plan Maestro, donde el modelo de tendencias medias propuso tres escenarios:

- El conservador con una tasa de crecimiento anual de alrededor del 4%.
- El escenario base, con una tasa de crecimiento del 4,75%.
- El escenario optimista, ligeramente superior al 5,5%.

Las proyecciones propuestas por el plan se presentan a continuación:

Tabla 5.5: Previsiones de tráfico[13]

	Proyección Base			Proyección Optimista			Proyección Conservadora		
	DOM	INT	TOTAL	DOM	INT	TOTAL	DOM	INT	TOTAL
2007	3.452.000	4.862.000	8.314.000	3.452.000	4.862.000	8.314.000	3.452.000	4.862.000	8.314.000
2008	3.648.000	5.206.000	8.854.000	3.826.000	5.460.000	9.286.000	3.446.000	4.918.000	8.364.000
2009	3.830.000	5.531.000	9.361.000	4.101.000	5.922.000	10.023.000	3.539.000	5.111.000	8.650.000
2010	4.009.000	5.855.000	9.864.000	4.373.000	6.387.000	10.760.000	3.653.000	5.335.000	8.988.000
2011	4.207.000	6.217.000	10.424.000	4.644.000	6.863.000	11.507.000	3.769.000	5.570.000	9.339.000
2012	4.399.000	6.572.000	10.971.000	4.927.000	7.361.000	12.288.000	3.898.000	5.824.000	9.722.000
2013	4.600.000	6.946.000	11.546.000	5.212.000	7.870.000	13.082.000	4.033.000	6.090.000	10.123.000
2014	4.804.000	7.331.000	12.135.000	5.498.000	8.390.000	13.888.000	4.173.000	6.368.000	10.541.000
2015	5.019.000	7.742.000	12.761.000	5.799.000	8.946.000	14.745.000	4.321.000	6.665.000	10.986.000
2016	5.234.000	8.157.000	13.391.000	6.125.000	9.545.000	15.670.000	4.468.000	6.962.000	11.430.000
2017	5.465.000	8.605.000	14.070.000	6.431.000	10.126.000	16.557.000	4.615.000	7.266.000	11.881.000
2018	5.698.000	9.064.000	14.762.000	6.745.000	10.730.000	17.475.000	4.772.000	7.592.000	12.364.000
2019	5.940.000	9.546.000	15.486.000	7.091.000	11.396.000	18.487.000	4.955.000	7.693.000	12.648.000
2020	6.202.000	10.072.000	16.274.000	7.452.000	12.102.000	19.554.000	5.120.000	8.314.000	13.434.000
2021	6.452.000	10.580.000	17.032.000	7.829.000	12.839.000	20.668.000	5.293.000	8.680.000	13.973.000
2022	6.726.000	11.141.000	17.867.000	8.222.000	13.619.000	21.841.000	5.473.000	9.066.000	14.539.000
2023	6.992.000	11.692.000	18.684.000	8.601.000	14.383.000	22.984.000	5.653.000	9.453.000	15.106.000
2024	7.280.000	12.294.000	19.574.000	9.013.000	15.221.000	24.234.000	5.851.000	9.880.000	15.731.000
2025	7.589.000	12.945.000	20.534.000	9.435.000	16.093.000	25.528.000	6.044.000	10.309.000	16.353.000
2026	7.895.000	13.599.000	21.494.000	9.884.000	17.024.000	26.908.000	6.246.000	10.759.000	17.005.000
2027	8.236.000	14.333.000	22.569.000	10.343.000	18.000.000	28.343.000	6.457.000	11.238.000	17.695.000
2028	8.551.000	15.018.000	23.569.000	10.845.000	19.047.000	29.892.000	6.685.000	11.741.000	18.426.000
2029	8.882.000	15.744.000	24.626.000	11.290.000	20.012.000	31.302.000	6.914.000	12.255.000	19.169.000
2030	9.210.000	16.472.000	25.682.000	11.822.000	21.144.000	32.966.000	7.158.000	12.803.000	19.961.000
2031	9.596.000	17.335.000	26.931.000	12.330.000	22.275.000	34.605.000	7.365.000	13.305.000	20.670.000
2032	9.993.000	18.232.000	28.225.000	12.945.000	23.617.000	36.562.000	7.625.000	13.911.000	21.536.000
2033	10.373.000	19.098.000	29.471.000	13.526.000	24.903.000	38.429.000	7.891.000	14.258.000	22.149.000
2034	10.757.000	19.981.000	30.738.000	14.084.000	26.161.000	40.245.000	8.164.000	15.164.000	23.328.000
2035	**11.165.000**	**20.929.000**	**32.094.000**	**14.695.000**	**27.546.000**	**42.241.000**	**8.453.000**	**15.845.000**	**24.298.000**
2036	11.575.000	21.889.000	33.464.000	15.355.000	29.037.000	44.392.000	8.742.000	16.532.000	25.274.000
2037	12.012.000	22.922.000	34.934.000	15.991.000	30.515.000	46.506.000	8.997.000	17.169.000	26.166.000
2045	**18.061.216**	**31.984.173**	**50.045.389**	**25.232.769**	**44.684.377**	**69.917.146**	**12.922.737**	**22.885.075**	35.807.812

Dónde:

DOM = Pasajeros domésticos.

INT = Pasajeros internacionales.

[13] FUENTE: Resumen ejecutivo del estudio de Plan Maestro y Concepto Terminal de Pasajeros del Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez, Noviembre 2009. Página 25.

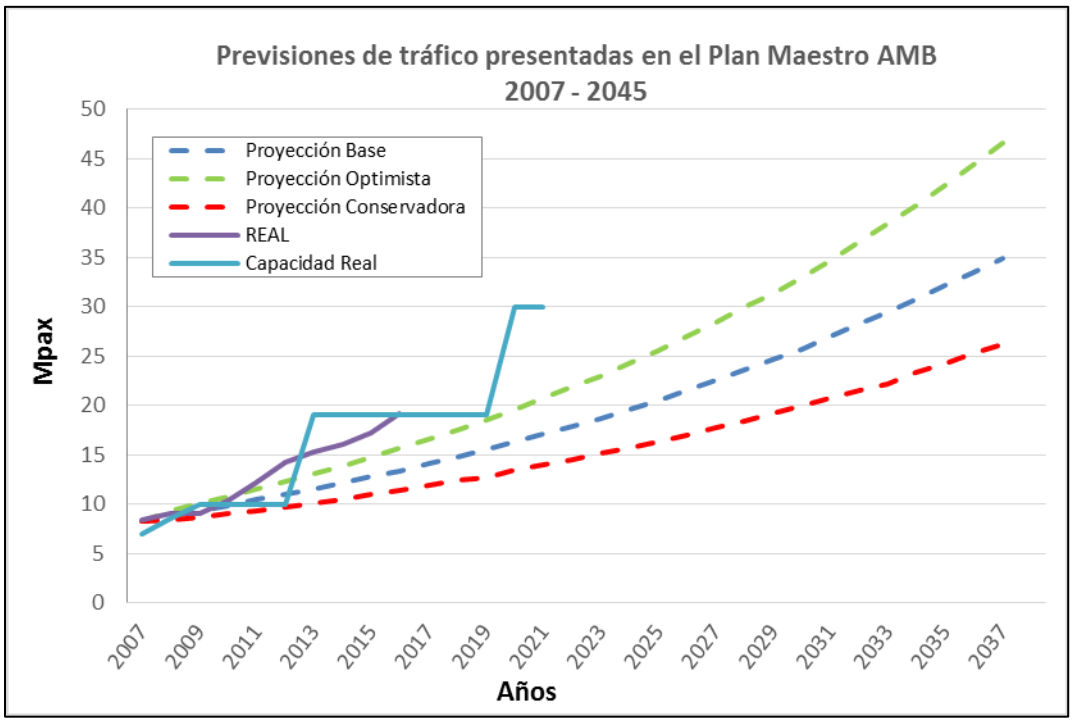

Fig. 5.6: Gráfico de previsiones de tráfico presentadas en el Plan Maestro AMB 2007-2045[14]

5.4.1.2 HORIZONTES CONSIDERADOS

ADPi definió, en conjunto con la DAP, los horizontes de planificación relacionados con las fases de desarrollo del Terminal de pasajeros. La hipótesis base para el desarrollo es la capacidad máxima del área del terminal situada al sur del aeropuerto, la que se estima en 30 millones de pasajeros al año (Mpax).

A partir del desarrollo por fases del área de terminal, y de las previsiones de tráfico, se definieron cuatro fases de desarrollo. Estas fases consideraron el reparto entre tráfico doméstico y tráfico internacional, así como, en una primera fase intentó respetar al máximo las instalaciones existentes (especialmente las nuevas instalaciones de carga y apoyo).

[14] FUENTE: Informe N°4 del Plan Maestro de Expansión del AMB

Fase 1: 19 Mpax: Se consideraba que cuando el tráfico internacional llegue a 15 Mpax, el tráfico doméstico se situará en 9 Mpax, según las previsiones de tráfico. Por esta razón se definió, en un principio, establecer una primera fase a 24 Mpax. A pesar de esto, dado el diferencial entre el nivel de tráfico en 2008 (alrededor de 10 Mpax), y esta fase a 24 Mpax, resultó necesario definir una primera fase intermedia. Esta primera fase está basada en la definición de un primer módulo de 10 Mpax para el nuevo Terminal, y por tanto 9 Mpax para el Terminal existente. Con un tráfico total de 19 Mpax, el tráfico internacional se elevaría a 12,5 Mpax, contra 6,5 Mpax para el tráfico doméstico.

Fase 2: 24 Mpax: Corresponde a una fase intermedia entre los horizontes de 19 Mpax y a 30 Mpax, como se ha precisado anteriormente, esta fase está definida por un Terminal internacional de 15 Mpax. A este nivel de tráfico, el tráfico doméstico correspondiente se situaría en 9 Mpax.

Fase 3: 30 Mpax: Esta fase está definida por un Terminal internacional de 20 Mpax. A este nivel de tráfico, el tráfico doméstico correspondiente se situaría en 10 Mpax. Se estimaba que el área del terminal situada al sur del aeropuerto tiene una capacidad máxima de tratamiento de 30 Mpax.

Fase 4: 50 Mpax: Esta fase de 50 Mpax corresponde a una fase última de desarrollo del aeropuerto definida en conjunto con la DAP. A este nivel de tráfico, se determinó la repartición del tráfico internacional y del tráfico doméstico extrapolando los resultados suministrados en las previsiones de tráfico anuales producidas por ADPi. Obteniéndose entonces un reparto de 33 Mpax para el tráfico internacional, y de 17 Mpax para el tráfico doméstico. Así, redefiniendo la segunda fase del nuevo terminal 100 % internacional a 33 Mpax en lugar de 30 Mpax, es posible llegar a esta última fase de 50 Mpax.

6 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

El presente capítulo introducirá el modelo de demanda de Kerosene de Aviación, en el aeropuerto Arturo Merino Benítez, que se planteó como objetivo en este trabajo de investigación.

Para comenzar, se considerará el comportamiento de la demanda de kerosene de aviación como un sistema a objeto de identificar factores, causas, eventos o variables que afecten su comportamiento en el tiempo, ya que cada aeropuerto tiene características únicas.

El enfoque, para establecer un modelo de demanda de combustible, se realizará desde el punto de vista de ingeniería, estadístico y econométrico.

6.1 VARIABLES DE INFRAESTRUCTURA

Estas variables se construyen conociendo el comportamiento de la infraestructura del aeropuerto en el largo plazo que ayudará a pronosticar la demanda de combustible bajo la hipótesis de que al aumentar el número de operaciones aumentará el consumo de kerosene de aviación.

Según las fases de desarrollo presentadas en el capítulo 5 se presenta en el siguiente gráfico las previsiones de tráfico informadas por el Plan Maestro con sus respectivas proyecciones de tráfico de pasajeros.

6.2 VARIABES ASOCIADAS A PASAJEROS Y CARGA

Para construir estas variables se debe considerar que la industria aérea consta de dos tipos de servicios, el transporte de pasajeros y el transporte de carga, considerando a este último como la carga que se envía tanto en vuelos de pasajeros como en vuelos exclusivos de carga.

Cabe destacar que para el desarrollo de este trabajo sólo se tomarán en cuenta las operaciones de carácter comercial.

La cantidad de pasajeros y de carga que son transportados está estrechamente ligada a las operaciones y capacidad de los aviones utilizados en vuelos domésticos e internacionales.

La econometría provee un marco conceptual adecuado para el estudio de la función de demanda de combustible del aeropuerto Arturo Merino Benítez. Se basa en nociones provenientes de la teoría económica, como de la matemática y de la estadística, abocándose en la tarea de correlacionar los datos disponibles.

El presente trabajo propone una metodología de un modelo de demanda de combustible considerando su importancia para las decisiones de transporte y suministro al aeropuerto.

7 CONSTRUCCIÓN DE VARIABLES.

Las variables que se consideran en el presente trabajo, que finalmente formarán un modelo de demanda de kerosene de aviación son las que se presentan a continuación:

- Cantidad de pasajeros nacionales salidos del aeropuerto.
- Cantidad de pasajeros nacionales llegados al aeropuerto.
- Cantidad de pasajeros internacionales salidos del aeropuerto.
- Cantidad de pasajeros internacionales llegados al aeropuerto.
- Cantidad de pasajeros-km nacionales salidos del aeropuerto.
- Cantidad de pasajeros-km nacionales llegados al aeropuerto.
- Cantidad de pasajeros-km internacionales salidos del aeropuerto.
- Cantidad de pasajeros-km internacionales llegados al aeropuerto.

- Cantidad de carga nacional en toneladas salidas del aeropuerto.
- Cantidad de carga nacional en toneladas llegadas al aeropuerto.
- Cantidad de carga internacional en toneladas salidas del aeropuerto.
- Cantidad de carga internacional en toneladas llegadas al aeropuerto.
- Cantidad de carga nacional en toneladas-km salidas del aeropuerto.
- Cantidad de carga nacional en toneladas-km llegadas al aeropuerto.
- Cantidad de carga internacional en toneladas-km salidas del aeropuerto.
- Cantidad de carga internacional en toneladas-km llegadas al aeropuerto.
- Transporte de combustible por oleoducto al aeropuerto.
- Producto Interno Bruto (PIB)

Si bien los pasajeros y carga que llegan al Aeropuerto de Santiago no tienen relación directa con la demanda de combustible, ya que los aviones se abastecieron en los aeropuertos de origen, las cifras de pasajeros y carga embarcados están relativamente pareadas con las de pasajeros y carga desembarcados, por lo tanto, es razonable trabajar con el conjunto total en vez de solamente los embarcados.

La información de transporte de pasajeros y de carga fue obtenida de la Junta de Aeronáutica Civil a través de su portal de transparencia, dicha información está ordenada de forma mensual y data de enero de 1985.

Por su parte, la información de transporte de combustible por oleoducto se obtuvo a través de los informes de transporte de la Sociedad Nacional de Oleoductos Sonacol S.A.

7.1 VARIABLES DE TRÁFICO DE PASAJEROS Y CARGA

7.1.1 TOTAL TRÁFICO DE PASAJEROS ANUALES NACIONAL + INTERNACIONAL

El siguiente gráfico presenta la estadística de tráfico de pasajeros nacional e internacional desde el año 1985. Estas cifras, informadas por la Junta de Aeronáutica Civil, que depende a su vez del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, demuestran que la cantidad de pasajeros transportados durante el año 2016 equivale a 20,4 veces la que hubo en el año 1985, con un crecimiento medio anual de 10%.

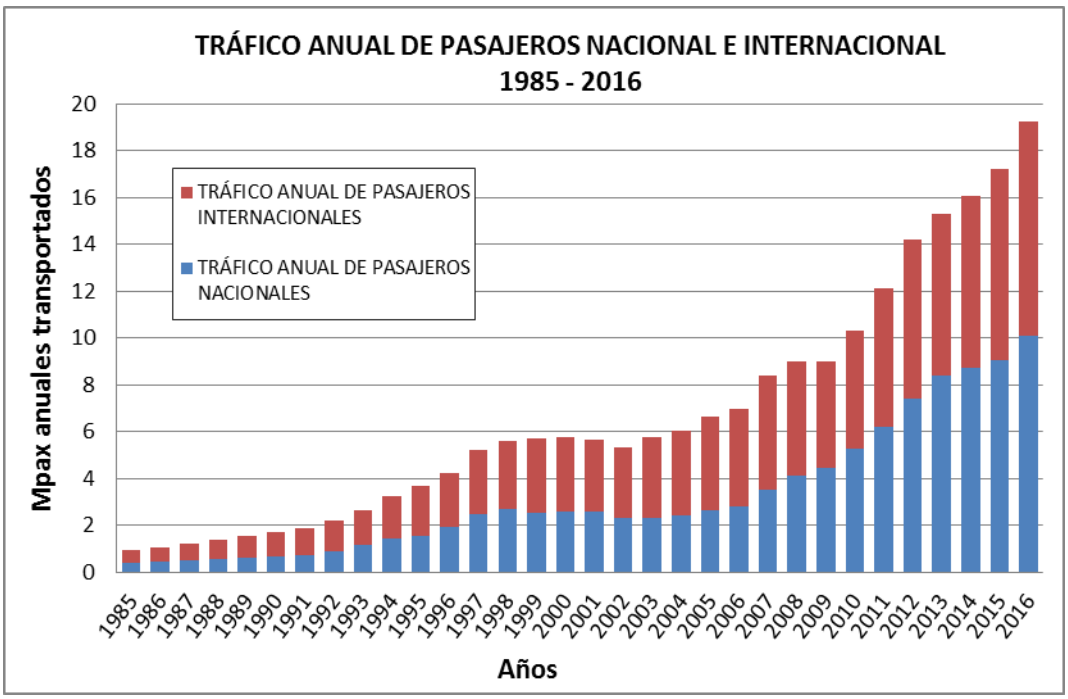

Fig. 7.1: Tráfico de pasajeros anuales Nacional e Internacional.[15]

Cabe destacar que en el año 2016 se rompió nuevamente el record de movimiento de pasajeros llegando a 10.090.072 de pasajeros en vuelos internos y 9.151.309 pasajeros a nivel internacional, sumando un total de 19.241.381 pasajeros.

[15] FUENTE: Creación propia con datos históricos de la Junta Aeronáutica Civil.

No siempre la cifra de pasajeros nacionales superó a la internacional, recién en el año 2010, después de varios años de alto crecimiento, los pasajeros en vuelos domésticos superaron a los pasajeros que viajaban fuera del país. Además, como se observa en el gráfico, a partir del año 2002, todos los años se supera el registro anterior, anticipándose a las predicciones expuestas en el Plan Maestro del aeropuerto.

Este aumento progresivo confirma la necesidad de ampliar la infraestructura, la cual ya se está realizando y permitirá recibir a 30 millones de pasajeros en el año 2020.

7.1.2 TOTAL TRÁFICO DE PASAJERO – KM ANUALES NACIONAL + INTERNACIONAL.

La unidad de pasajero – km es frecuentemente utilizada y equivale al desplazamiento de un pasajero a una distancia de 1 kilómetro. Este indicador se calcula multiplicando cada desplazamiento de pasajeros transportados por la distancia recorrida, desde o hacia el Aeropuerto de Santiago.

Si bien es cierto que el número de pasajeros transportados nacionales ha superado a los internacionales, al hacer la gráfica de pasajero – km se observa que en el año 2016, el transporte de pasajero – km nacional no representa más del 23% del total, explicado por la diferencia en las distancias entre ciudades nacionales e internacionales.

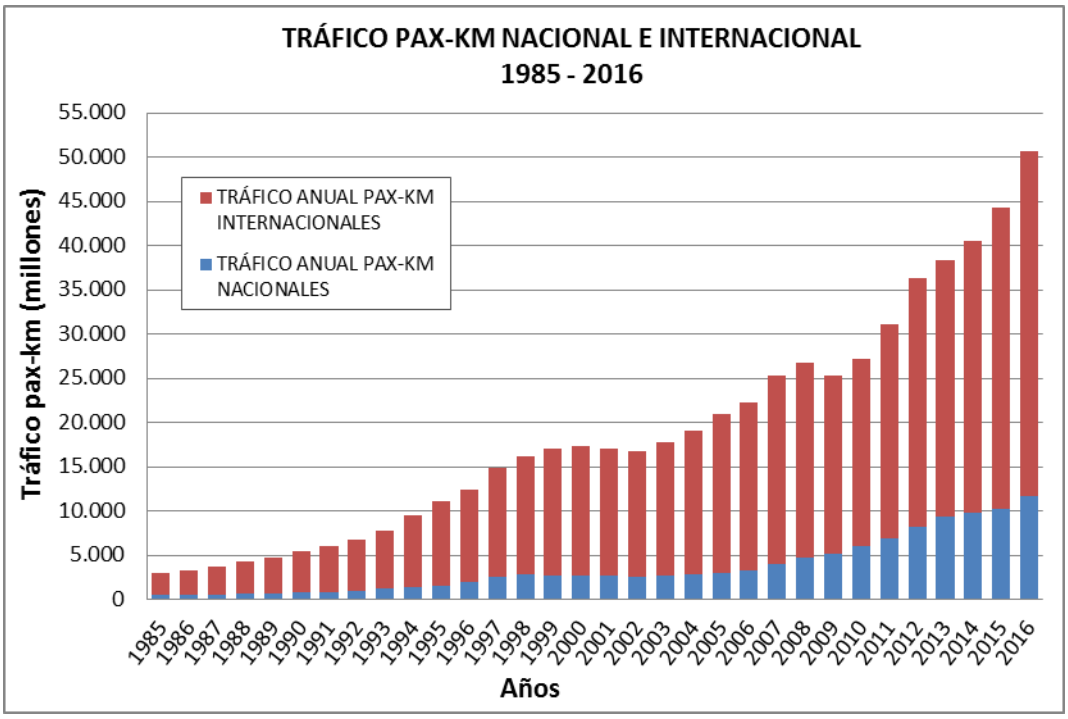

Fig. 7.2: Tráfico de pasajero – km (millones) anuales Nacional e Internacional.[16]

7.1.3 TOTAL TRÁFICO DE CARGA ANUAL

La siguiente gráfica presenta un aumento sostenido del tráfico de carga anual desde el año 1985 hasta el año 2000. Estas cifras demuestran que la cantidad de carga transportada durante el año 2000 equivale a 7,6 veces la que hubo en el año 1985. Desde el año 2000 en adelante, el transporte de carga, tanto nacional como internacional se ha mantenido relativamente estable, fluctuando entre 255 y 344 miles de toneladas al año, promediando 290 miles de toneladas anuales hasta el año 2016.

En este caso, la proporción entre carga nacional e internacional se ha mantenido a pesar del aumento observado, considerando que el 10% del transporte de carga, en promedio desde el año 1985, pertenece al transporte doméstico y el 90% restante para vuelos internacionales.

[16] FUENTE: Creación propia con datos históricos de la Junta Aeronáutica Civil.

Cabe destacar que el transporte de carga no concierne al equipaje trasladado por el pasajero y generalmente posee un fin comercial.

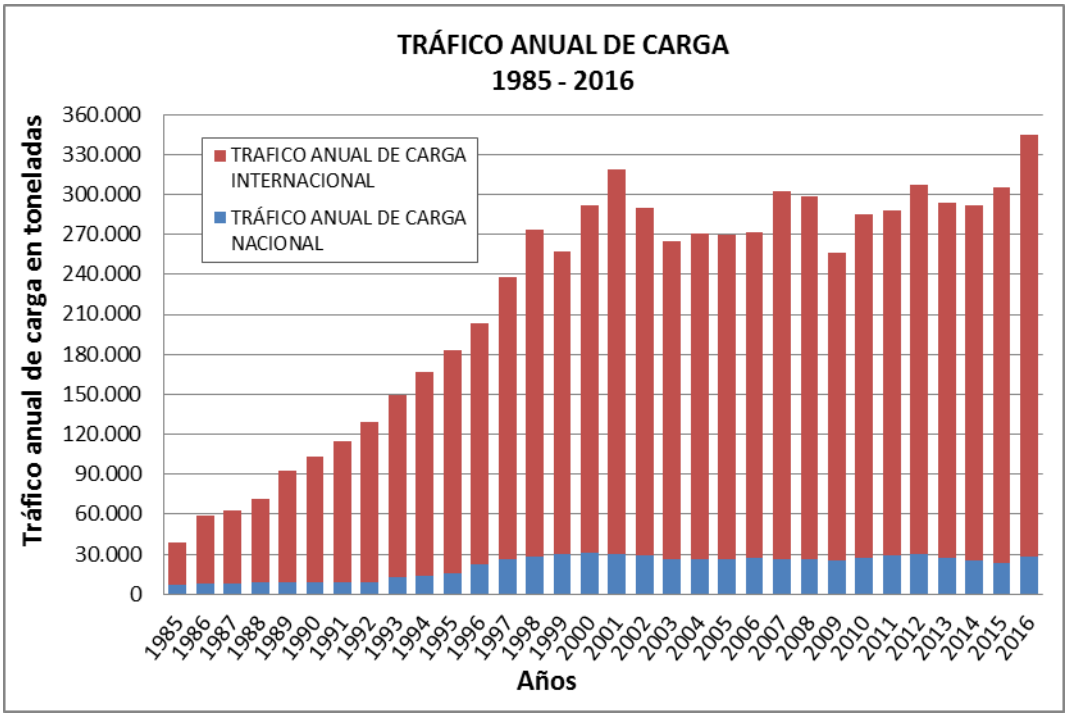

Fig. 7.3: Total tráfico de carga anual en toneladas.[17]

7.1.4 TOTAL TRÁFICO DE CARGA EN TONELADAS – KM NACIONAL + INTERNACIONAL.

Las Ton-km muestran un desempeño similar, en cuanto a un crecimiento casi sostenido, pero sólo hasta el año 2000, ya que luego se mantiene un movimiento relativamente estable hasta el año 2016.

[17] FUENTE: Creación propia con datos históricos de la Junta Aeronáutica Civil.

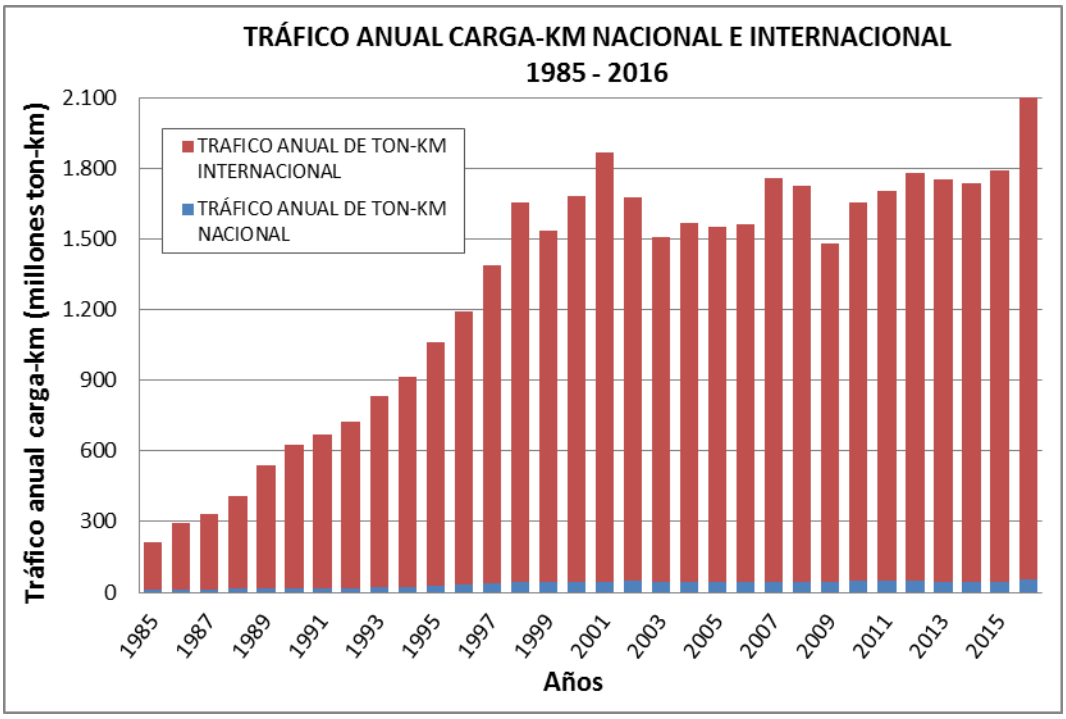

Fig. 7.4: Total tráfico de carga anual en miles de toneladas – km.[18]

7.2 TRANSPORTE DE KEROSENE DE AVIACIÓN POR OLEODUCTO.

El crecimiento del suministro de combustible aumentó su ritmo en el año 2016, superando los incrementos anuales de la última década. El volumen total transportado al aeropuerto durante el año 2016 aumentó un 8,04% respecto del año anterior, tal crecimiento se observa en la gráfica siguiente y se explica por el crecimiento sostenido de la demanda de pasajeros del aeropuerto, más un aumento puntual de la carga el año 2016.

La gráfica siguiente muestra el volumen anual transportado por Sonacol S.A. al aeropuerto Arturo Merino Benítez, desde el mes de enero del año 1996 a diciembre del 2016:

[18] FUENTE: Creación propia con datos históricos de la Junta Aeronáutica Civil.

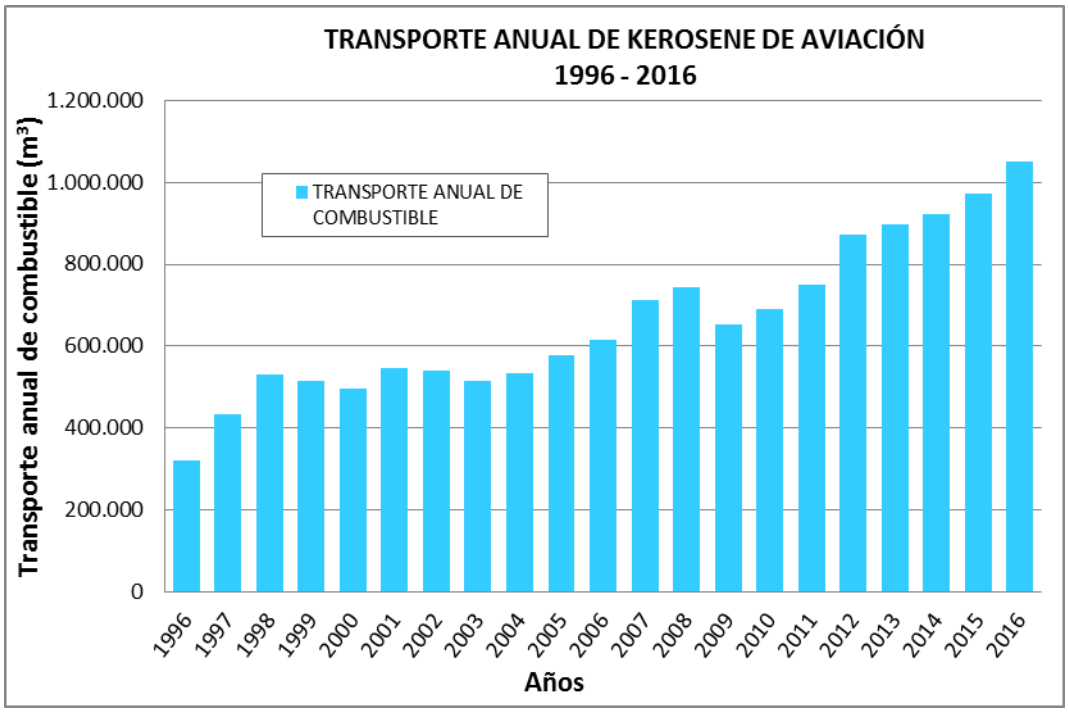

Fig. 7.5: Gráfico Transporte de Kerosene de Aviación al aeropuerto en m³/año.[19]

7.3 SERIES DE TIEMPO

Por series de tiempo nos referiremos a los datos estadísticos mensuales del transporte de pasajeros y de carga y del abastecimiento de combustible.

Dichas series, presentan un componente que representa la variabilidad de los datos debido a las influencias estacionales. Esta variación corresponde a los movimientos de la serie que recurren año tras año en los mismos meses del año aproximadamente con la misma intensidad.

Por último, puede existir una variación que es impredecible, que se debe a factores de corto plazo, imponderables y no recurrentes que podrían afectar a la serie de tiempo. Esta variación puede ser provocada por

[19] FUENTE: Creación propia con datos obtenidos de los informes mensuales de transporte de Sonacol S.A.

acontecimientos especiales que son identificables como elecciones, inundaciones o terremotos o bien por variaciones aleatorias que no se señalan en forma exacta.

7.3.1 SERIES DE TIEMPO DE TRÁFICO MENSUAL DE PASAJEROS

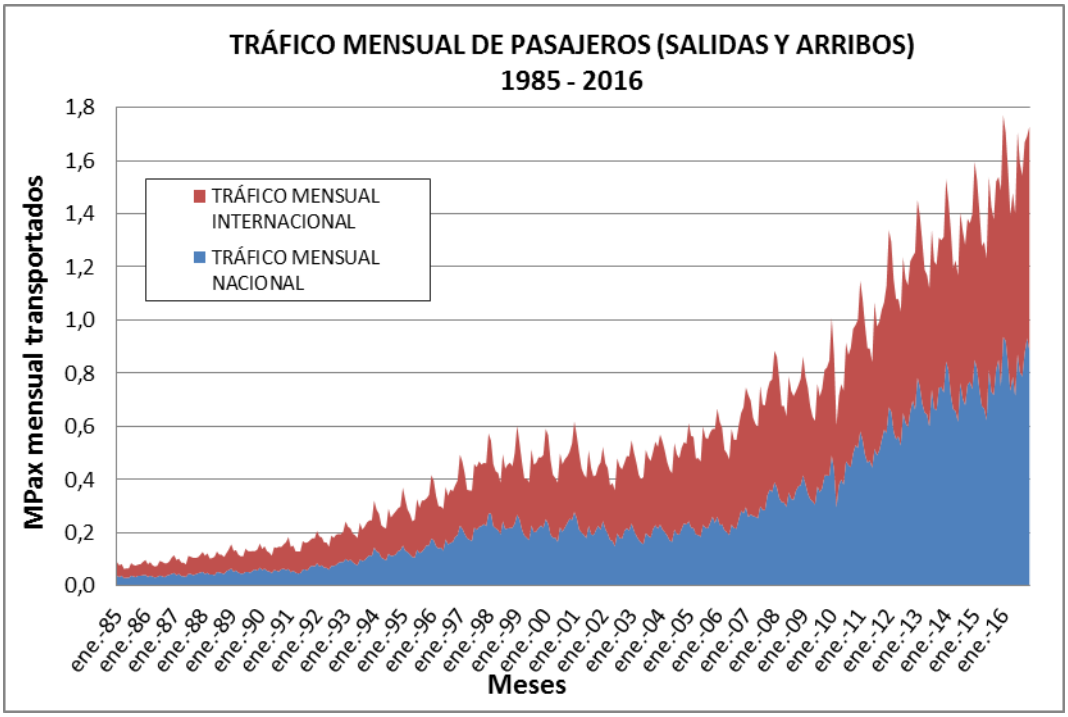

Fig. 7.5: Gráfico series de tiempo de tráfico de pasajeros.

7.3.2 SERIES DE TIEMPO DE CARGA (TON)

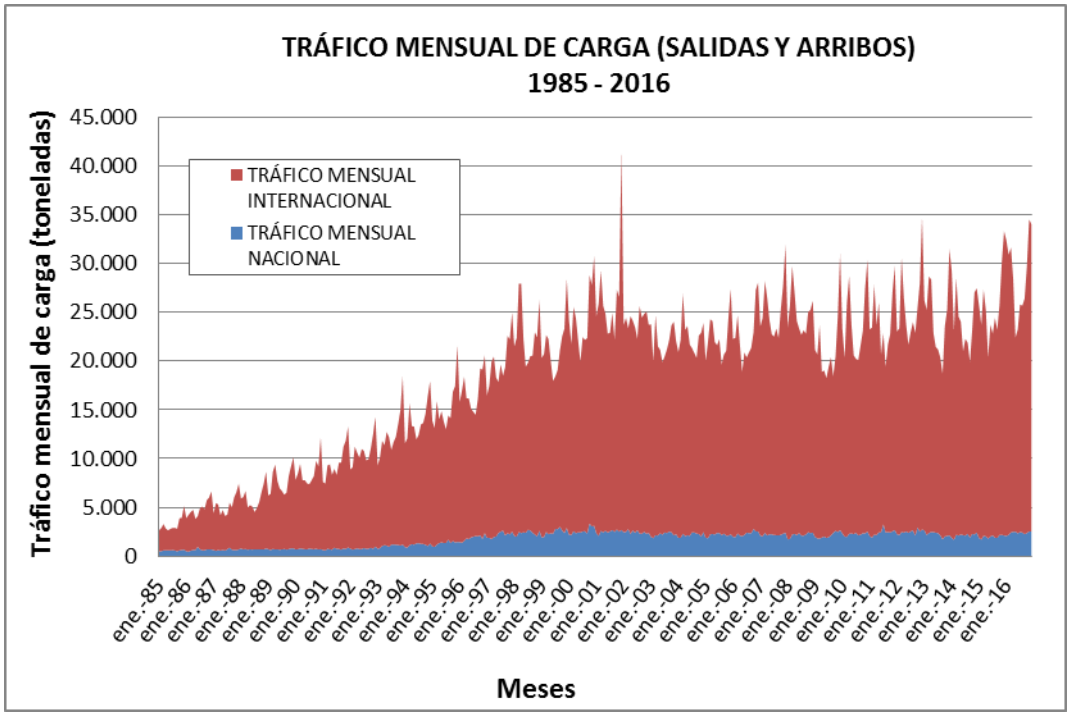

Fig. 7.6: Gráfico de carga mensual transportada.

7.3.3 SERIES DE TIEMPO DE PASAJEROS – KM/MES

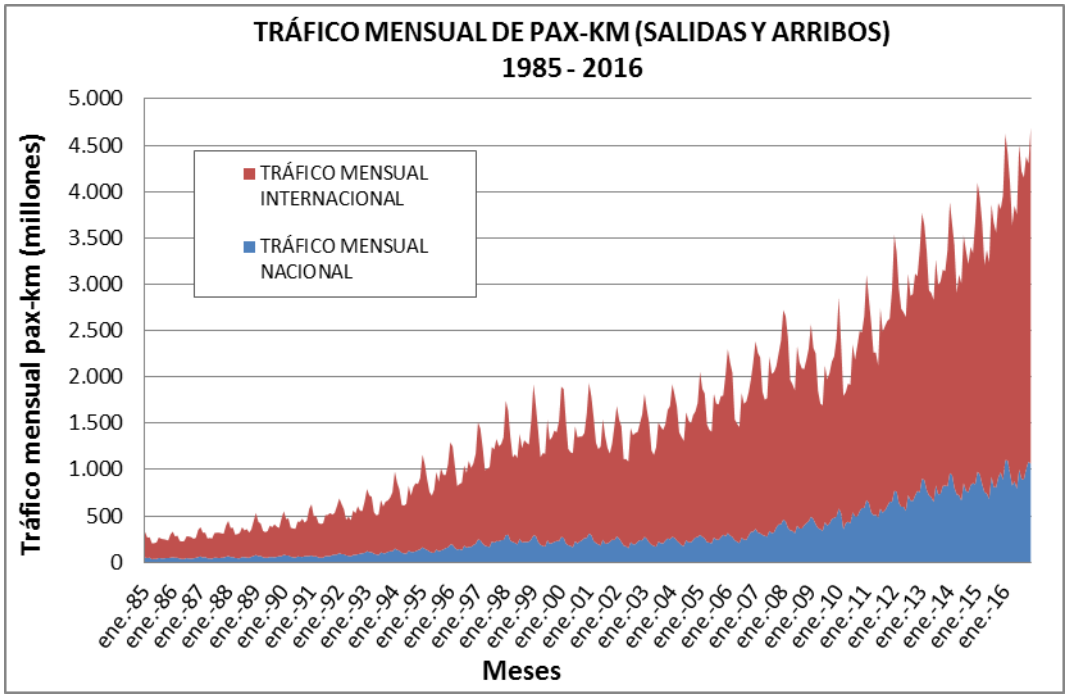

Fig. 7.7: Gráfico series de tiempo de tráfico de pasajeros – kilómetro.

7.3.4 SERIES DE TIEMPO DE CARGA, TON – KM/MES

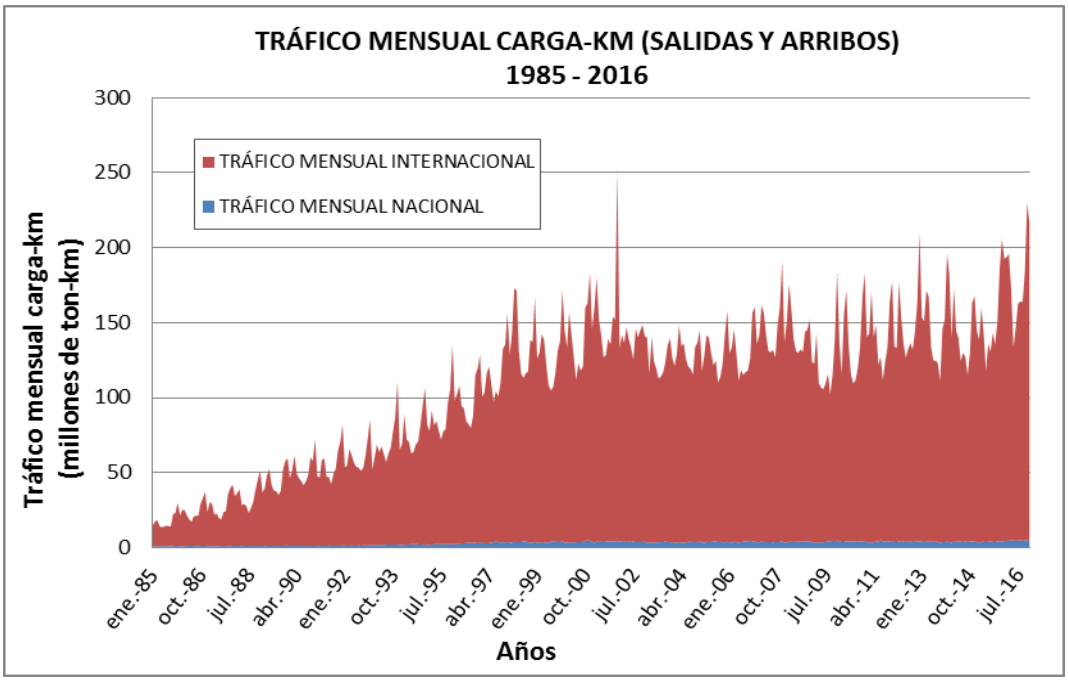

Fig. 7.8: Gráfico de tons – km por mes.

7.3.5 SERIES DE TIEMPO DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE POR OLEODUCTO (m^3/mes)

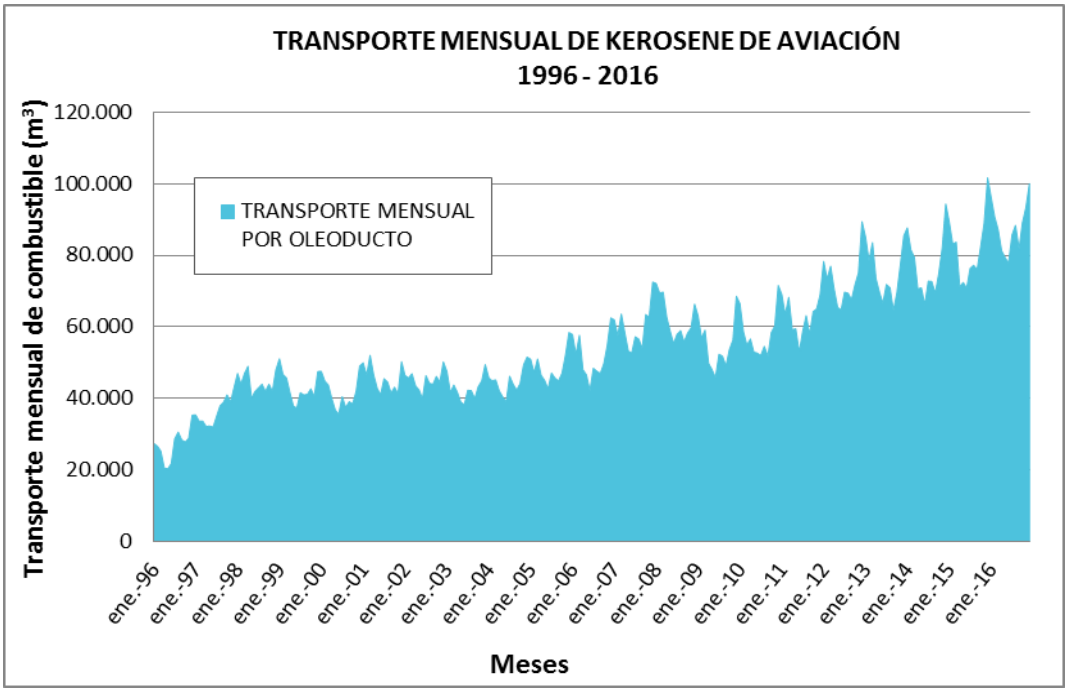

Fig. 7.9: Gráfico de transporte de kerosene de aviación por oleoducto.

8 PRESENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE COMBUSTIBLE

En este capítulo se presenta la metodología de estimación de demanda de kerosene de aviación del aeropuerto AMB. Las variables dependientes, tales como pasajeros, pasajero-kilómetro, carga y carga-kilómetro se construyen a partir de la información anual publicada por la Junta de Aeronáutica Civil (JAC) y las variables independientes o explicativas se obtienen a partir de datos agregados del Banco Central de Chile.

La metodología de estimación se obtiene de la modelación en base a un gráfico de dispersión para las variables dependientes y las variables explicativas, para el caso de la dispersión pasajero vs Producto Interno Bruto (PIB en adelante) y pasajero-kilómetro vs PIB se utiliza una ecuación de potencia, de la forma:

$$Y = aX^b \tag{1}$$

En que:

Y = Pax-km (Pax = número de pasajeros registrados en el aeropuerto).

X = Producto interno bruto real, en moneda del año 2008.

a, b = parámetros a ser estimados por el modelo econométrico.

La expresión que se utilizará para la presentación de la modelación de pasajero vs kerosene de aviación y pasajero kilómetro vs kerosene de aviación, será lineal, de la forma:

$$Y = mX + B \tag{2}$$

En que:

Y = Consumo de kerosén de aviación en el aeropuerto en m^3.

X = Pax-km.

m, B = parámetros a ser estimados por el modelo econométrico.

8.1 RELACIÓN PASAJERO - KILÓMETRO VS PIB

La Tabla 8.1 resume los datos históricos y las variaciones de la cantidad de pasajero-kilómetro expresado en millones por año y el PIB expresado en millones de millones de pesos, considerando el año 2008 como moneda real de referencia.

Tabla 8.1: Estadística de pasajero-kilómetro totales y evolución histórica del PIB desde 1985 a 2016[20]

Año	TOTAL PASAJERO x KM POR AÑO (millones)	Variación de pasajero - kilómetro por año (%)	PIB REAL (Millones de millones de $ de 2008)	Variación del PIB por año (%)
1985	3.038		24,83	
1986	3.278	7,9%	26,24	5,7%
1987	3.762	14,7%	27,97	6,6%
1988	4.313	14,7%	30,02	7,3%
1989	4.796	11,2%	33,19	10,6%
1990	5.387	12,3%	34,42	3,7%
1991	6.077	12,8%	37,16	8,0%
1992	6.754	11,1%	41,72	12,3%
1993	7.826	15,9%	44,64	7,0%
1994	9.446	20,7%	47,19	5,7%
1995	11.166	18,2%	52,20	10,6%
1996	12.468	11,7%	56,07	7,4%
1997	14.893	19,4%	60,07	7,1%
1998	16.172	8,6%	62,53	4,1%
1999	17.072	5,6%	62,19	-0,5%
2000	17.404	1,9%	65,37	5,1%
2001	17.112	-1,7%	67,51	3,3%
2002	16.716	-2,3%	69,33	2,7%
2003	17.790	6,4%	71,94	3,8%
2004	19.059	7,1%	76,99	7,0%
2005	20.917	9,8%	81,74	6,2%
2006	22.231	6,3%	86,40	5,7%
2007	25.297	13,8%	90,86	5,2%
2008	26.718	5,6%	93,85	3,3%
2009	25.336	-5,2%	92,88	-1,0%
2010	27.178	7,3%	98,22	5,8%
2011	31.134	14,6%	103,95	5,8%
2012	36.373	16,8%	109,63	5,5%
2013	38.402	5,6%	113,99	4,0%
2014	40.495	5,5%	116,13	1,9%
2015	44.249	9,3%	118,53	2,1%
2016	50.634	14,4%	120,42	1,6%

[20] FUENTE: Creación propia con datos obtenidos desde la Junta de Aeronáutica Civil y el Banco Central.

El gráfico siguiente, presenta la dispersión y correlación existente entre estas dos variables:

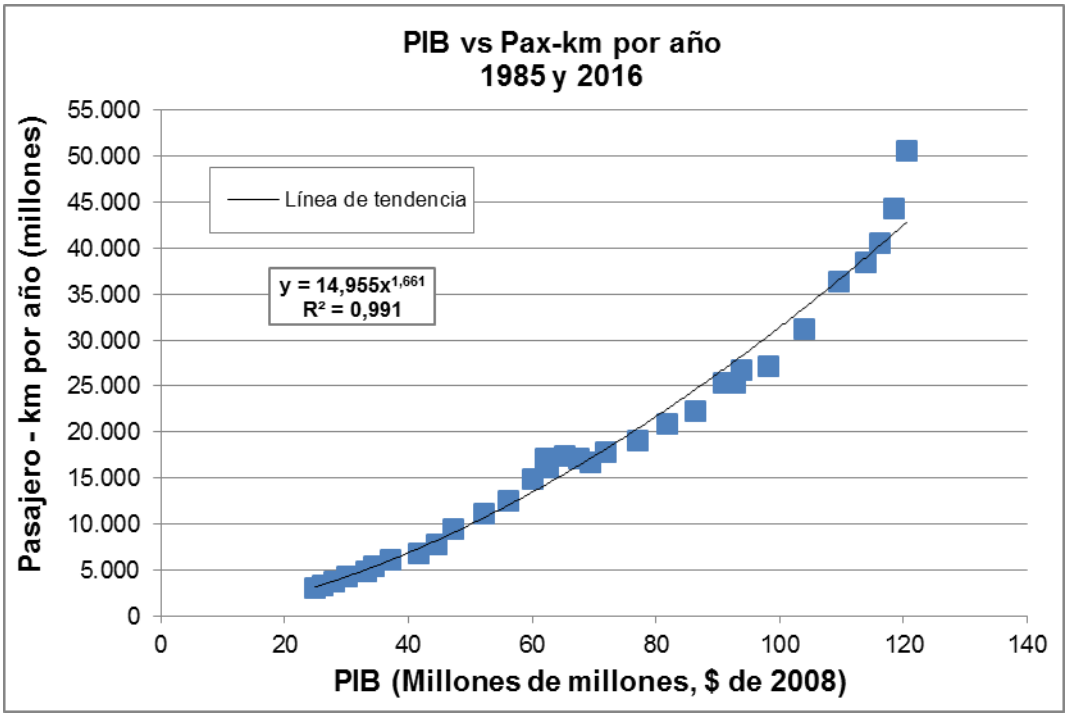

Fig. 8.1: Gráfico de dispersión PIB vs Pasajero-km.

Al comparar la relación de las variables pasajeros totales y pasajero – kilómetro con el Producto Interno Bruto (PIB), se observa que el pasajero – kilómetro tiene una mejor correlación, medido por el coeficiente de determinación (R^2 = 0,9913), que con el número de pasajeros (R^2 = 0,9859). Más adelante, se analizará la relación de los Pax-km con la demanda de kerosene de aviación en el aeropuerto Arturo Merino Benítez.

8.2 RELACIÓN PASAJERO - KILÓMETRO VS TRANSPORTE DE KEROSENE DE AVIACIÓN

El valor del pasajero – kilómetro anual presenta una tendencia alcista desde el año 1985, como se observa en figura 8.2. De la misma forma, el transporte del kerosene de aviación ha seguido la tendencia del pasajero-

kilómetro, presentando un desacople a partir del año 2005 explicado principalmente por el aumento de demanda interna, vale decir, aumento de demanda de pasajeros para vuelos de corta distancia. Es posible, además, que haya habido mejoras tecnológicas en el sector aeronáutico que hayan permitido incrementar la eficiencia, reduciendo por tanto el consumo de combustible por pasajero-km transportado.

La Tabla 8.2 resume los datos históricos y las variaciones de la cantidad de pasajero-kilómetro expresado en millones por año y el PIB expresado en millones de millones de pesos, considerando el año 2008 como moneda real de referencia.

Tabla 8.2: Estadística de pasajero-kilómetro totales y evolución histórica del suministro de combustible al Aeropuerto AMB desde 1985 a 2016[21]

Año	TOTAL PASAJERO x KM POR AÑO (millones)	Variación de pasajero - kilómetro por año (%)	TOTAL COMBUSTIBLE (m^3)	Variación anual del combustible (%)
1996	12.468	11,7%	321.720	
1997	14.893	19,4%	434.160	34,9%
1998	16.172	8,6%	532.000	22,5%
1999	17.072	5,6%	515.000	-3,2%
2000	17.404	1,9%	495.400	-3,8%
2001	17.112	-1,7%	545.515	10,1%
2002	16.716	-2,3%	540.660	-0,9%
2003	17.790	6,4%	514.040	-4,9%
2004	19.059	7,1%	535.298	4,1%
2005	20.917	9,8%	578.684	8,1%
2006	22.231	6,3%	614.922	6,3%
2007	25.297	13,8%	714.100	16,1%
2008	26.718	5,6%	745.373	4,4%
2009	25.336	-5,2%	654.726	-12,2%
2010	27.178	7,3%	691.088	5,6%
2011	31.134	14,6%	750.525	8,6%
2012	36.373	16,8%	872.843	16,3%
2013	38.402	5,6%	897.039	2,8%
2014	40.495	5,5%	922.822	2,9%
2015	44.249	9,3%	973.609	5,5%
2016	50.634	14,4%	1.051.706	8,0%

[21] FUENTE: Creación propia con datos obtenidos desde la Junta de Aeronáutica Civil y Sonacol S.A.

Al realizar una gráfica de dispersión, se observa una relación del tipo lineal con un factor de determinación de 0,9613.

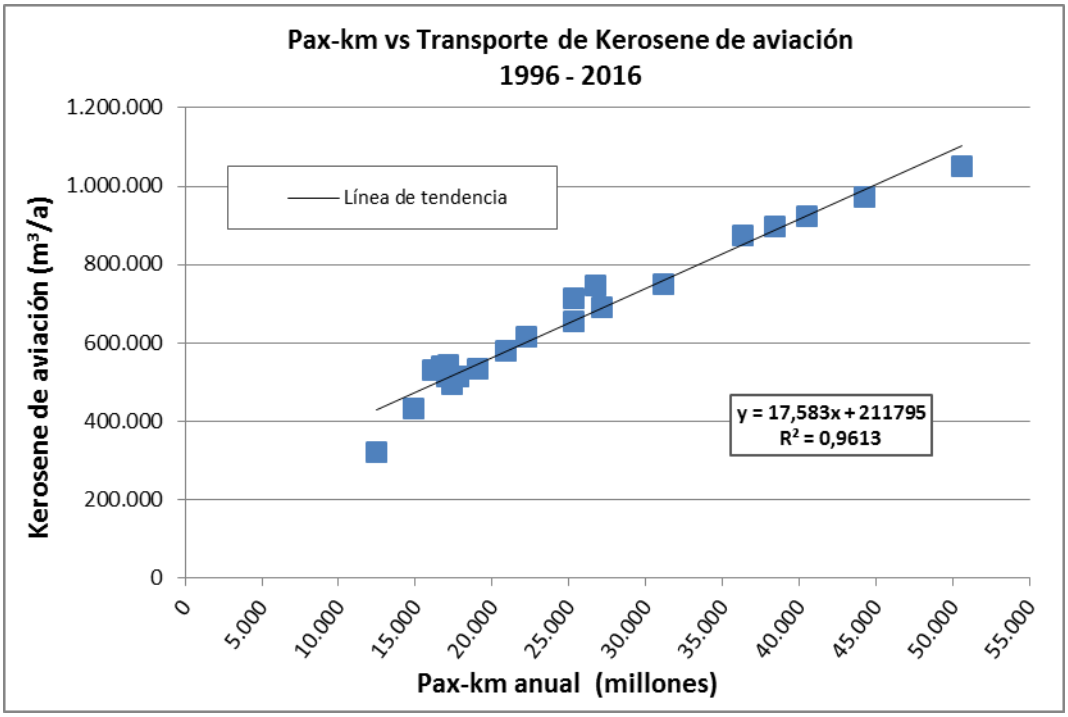

Fig. 8.2: Gráfico de dispersión Pax-km nacionales e internacionales y demanda de kerosene de aviación (m^3).

8.3 CONSIDERACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE LA CARGA

En esta sección, se presenta la evolución histórica del transporte de carga, expresada en tonelada – kilómetro, cuya base de cálculo es igual a la del pasajero – kilómetro, es decir, es la suma del producto de cada carga transportada por los kilómetros recorridos. En la figura siguiente, se presenta la estadística anual de este valor desde 1985 hasta 2016.

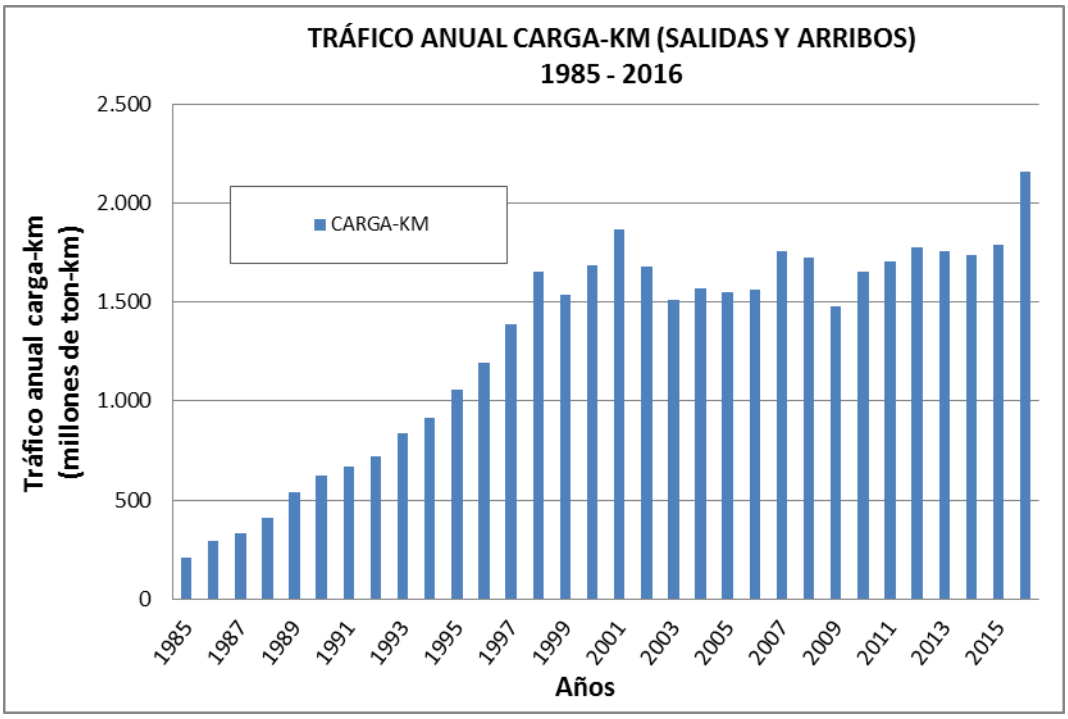

Fig.8.3: Gráfico Ton-km nacional e internacional (llegada + salida) desde 1985 a 2016.

Debido a que la data histórica de transporte de kerosene de aviación al aeropuerto, considera el abastecimiento para el transporte aéreo de pasajeros y de carga, se debe buscar una relación entre la cantidad de pasajeros y carga, es decir, establecer una equivalencia de cantidad de pasajeros que equivalen a una tonelada de carga, considerando características técnicas y especificaciones de los aviones. Esta relación será descrita en los próximos capítulos, cuando se realicen las simulaciones de los escenarios de crecimiento, a objeto de calcular la cantidad de pasajeros equivalentes para estimar la demanda de combustible en el largo plazo.

8.4 ESCENARIOS DE CRECIMIENTO DEL PASAJERO – KILÓMETRO

Como se revisó en secciones anteriores, la evolución del pasajero – kilómetro tiene relación con las variaciones anuales del PIB, cuya ecuación de tendencia viene dada por la expresión:

$$Y = 14{,}955 * X^{1{,}6611} \quad (3)$$

Donde X es el valor anual del Producto Interno Bruto medido en millones de millones de $ de 2008, e Y es el valor del pasajero-kilómetro expresado en millones. De esta forma, la elasticidad entre el PIB y el valor de pasajero – kilómetro corresponde a 1,66, es decir, históricamente una variación del 1% del PIB ha tenido a una variación promedio del 1,66% del pasajero – kilómetro.

Con este modelo, se plantearán escenarios de crecicimiento de largo plazo del Producto Interno Bruto chileno, con el fin de estimar la evolución de los Pax-km, asumiendo que la eslasticidad histórica entre los Pax-km y el PIB se mantendrá estable en el futuro.

Según el informe de política monetaria, publicado por el Banco Central de Chile en junio de 2017, la prolongada paralización de Minera Escondida, tuvo un impacto relevante en el bajo crecimiento del PIB del primer cuatrimestre del presente año. En base a lo anterior, el Banco Central estima que este año la economía chilena crecerá entre 1 y 1,75%, rango inferior al previsto en diciembre de 2016 (1,5 – 2,5%). Además, se estima que el PIB crecerá entre 2,5 y 3,5% el año 2018.

A partir del año 2019, se utilizará un escenario base de crecimiento del PIB del 2,5% anual, un escenario bajo, considerando un crecimiento promedio del 1,5% anual y un escenario alto del 3,5% promedio anual.

A continuación se presenta la gráfica temporal de los Pax-km esperados en función de los escenarios de crecimiento mencionados anteriormente:

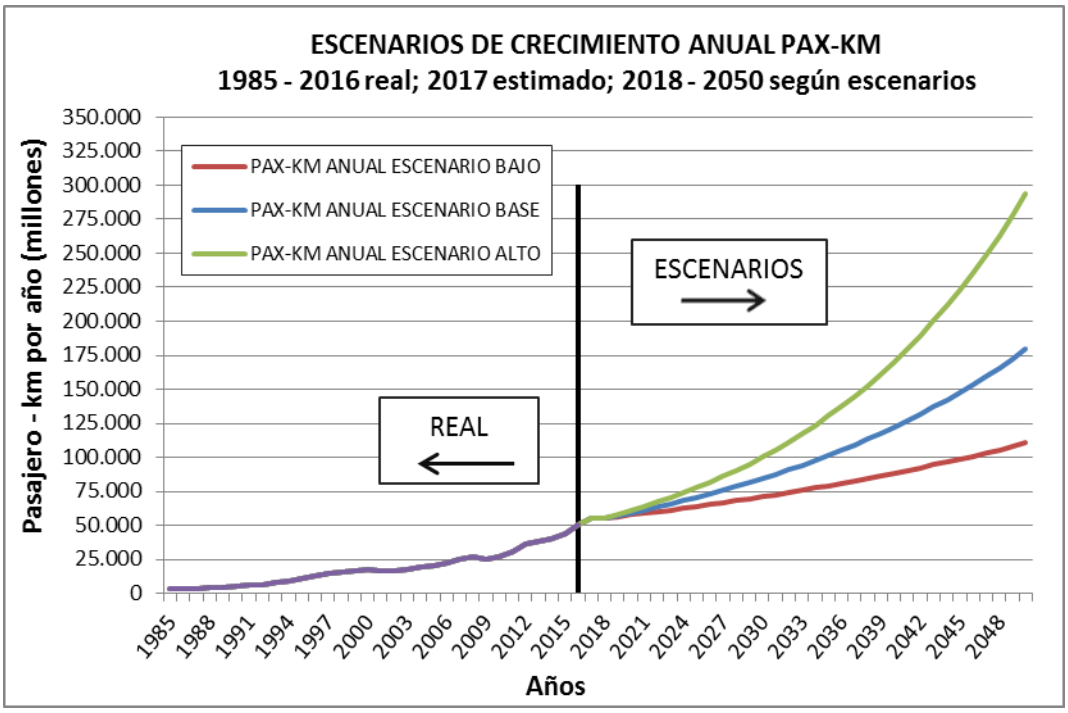

Fig. 8.4: Gráfico de escenarios de crecimiento pasajero-km (nacional e internacional, salidos + llegados)

8.5 ESCENARIOS DE CRECIMIENTO DEL TRANSPORTE DE CARGA (TONELADA – KILÓMETRO)

La industria del transporte aéreo de carga difiere del transporte aéreo de pasajeros, debido a que se trata de un sector mucho más pequeño que el de pasajeros. El transporte de carga en el sector aéreo, incluye la carga transportada en vuelos tanto de pasajeros como en aviones exclusivos de carga, y excluye el peso del equipaje propio de los pasajeros.

Debido a la complejidad en la estimación del comportamiento de la carga, dado que a partir de 1998 presenta una condición de relativa estabilidad, se optó por la opción metodológica de obviar modelos econométricos o de extrapolación de tendencia y basar la estimación en metodos que presenten el crecimiento basado en tres escenarios base, bajo y alto.

Según lo descrito anteriormente, para el escenario base se considera un valor constante a partir del año 2017, e igual al 2016. Para el caso alto, se considera un crecimiento del 1,0 % anual y, para el escenario bajo, se considera una tendencia negativa del -1,0 % anual, a partir del mismo año, como se presenta a continuación.

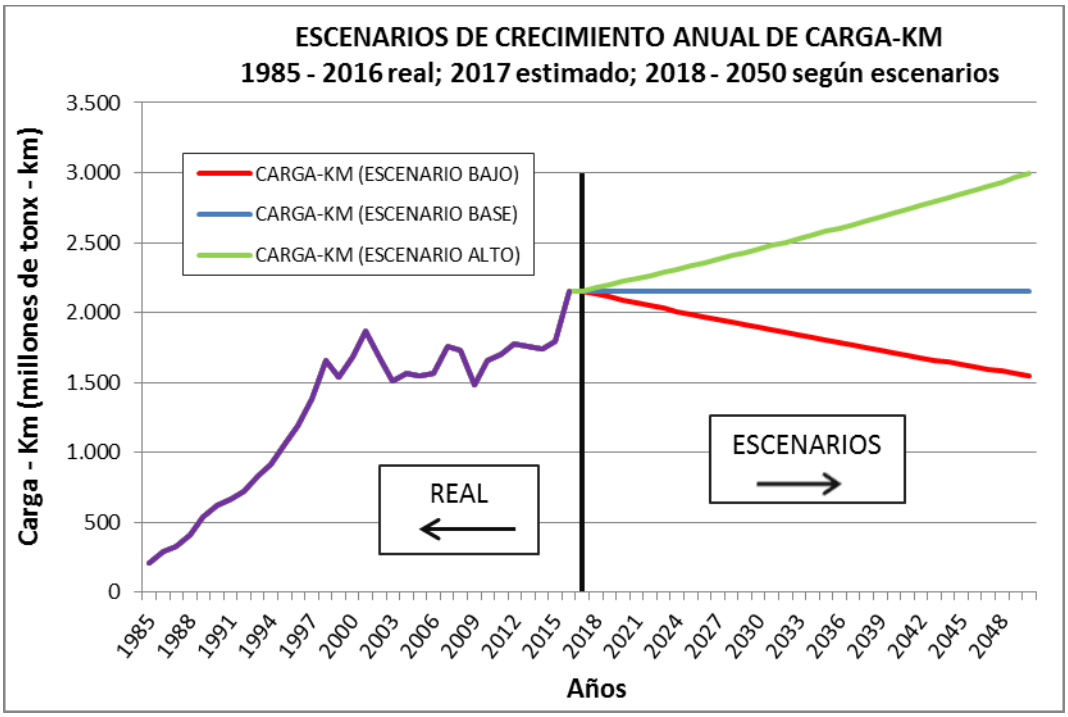

Fig. 8.5: Gráfico de escenarios de crecimiento carga-km (nacional e internacional, salidos + llegados).

8.6 EQUIVALENCIA DE CARGA (TONELADAS-KILÓMETRO) Y PASAJERO – KILÓMETRO

Como se mencionó anteriormente, el suministro de combustible al aeropuerto abastece tanto al transporte de pasajeros como al de carga, por tanto, para realizar estimaciones y escenarios de demanda de kerosene, se debe considerar tanto el tráfico de pasajeros, que en este caso es el indicador de pasajero – kilómetro, como la carga-kilómetro transportada. Debido a que la suma de ambos valores no es directa, se

debe establecer una relación de equivalencia entre el número de pasajeros y la cantidad de carga, es decir, estimar en base a características técnicas de las aeronaves, cuántos pasajeros son equivalentes a una tonelada de carga.

Para llevar a cabo el supuesto anterior, se puede considerar que el peso por pasajero, considerando a la persona y su equipaje tiene límites del orden de los 125 Kg. Bajo este concepto, una tonelada de carga equivaldría alrededor de 8 pasajeros, sea nacional o internacional. No ha sido posible contar con mayor información para fundamentar mejor esta equivalencia, y su modificación cambia levemente los parámetros de los modelos econométricos analizados.

Escrito en fórmula, entonces:

$$Pax\text{-}km_{Equivalente} = Pax\text{-}km + 8 \times Ton\text{-}km$$

A continuación se presenta la estimación de los escenarios de crecimiento anual, considerando que mil toneladas-km corresponden a 0,008 millones de pasajero - kilómetros o bien 1 tonelada – kilómetro equivale a 8 pasajero – kilómetro:

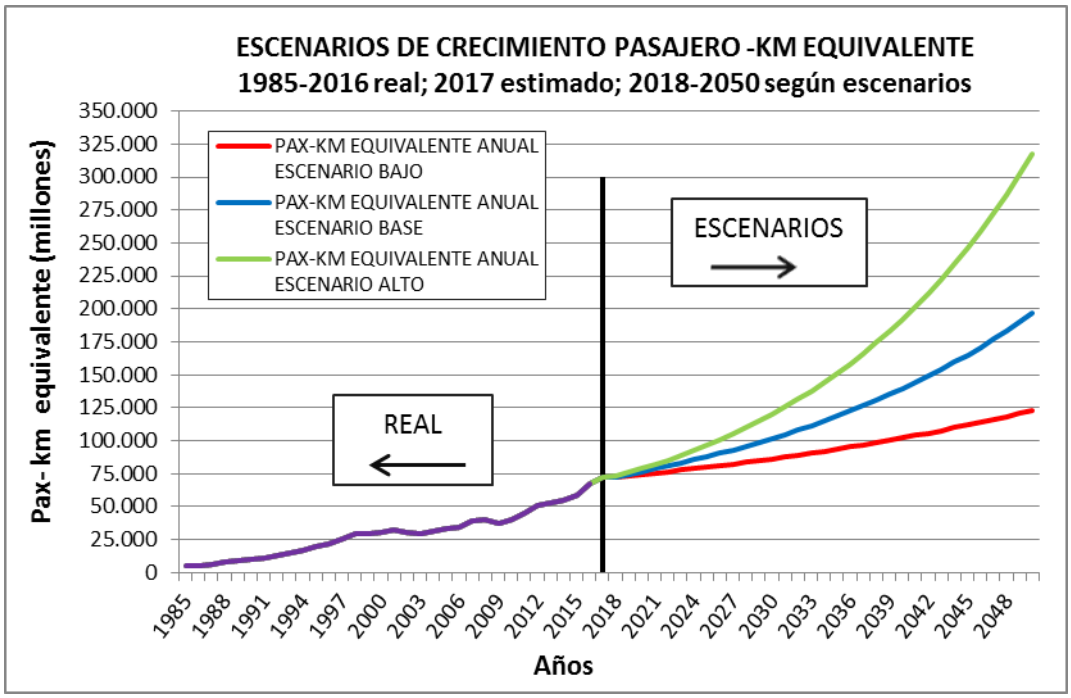

Fig. 8.6: Gráfico de escenarios de crecimiento pasajero-km equivalente (nacional e internacional, salidos + llegados).

8.7 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE COMBUSTIBLE A PARTIR DEL INDICADOR DE PASAJERO – KILÓMETRO EQUIVALENTE

Al realizar nuevamente una gráfica de dispersión, se observa una relación del tipo lineal con un factor de determinación de 0,9613.

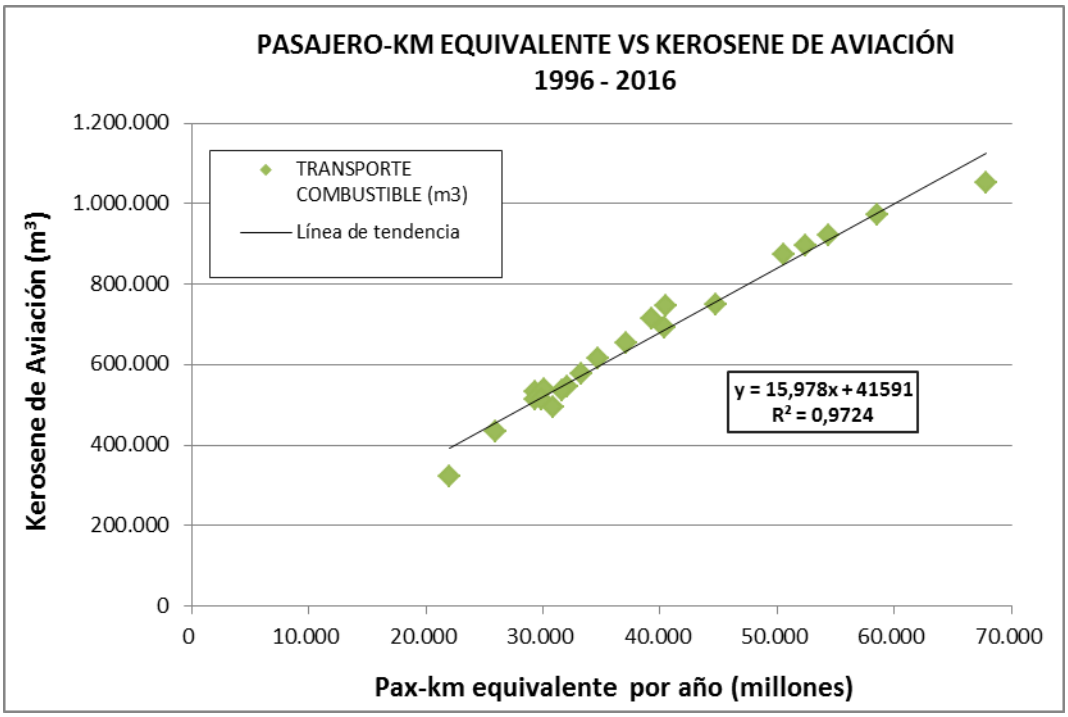

Fig. 8.7: Gráfico de dispersión Pax-km equivalente nacionales e internacionales y demanda de kerosene de aviación (m^3).

Según esta relación, se pueden simular escenarios conservadores y optimistas de demanda de combustible a largo plazo, como se verá en el subcapítulo que sigue.

8.7.1 ESCENARIOS DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE COMBUSTIBLE

Utilizando el modelo formulado en la sección anterior, se llevó a cabo la estimación de demanda de combustible del aeropuerto AMB utilizando nuevamente escenarios probables.

Cabe destacar, que los escenarios simulados son a largo plazo, pero dado el dinamismo del mercado, este modelo debe ser actualizado conforme pasa el tiempo y se obtenga nueva información a objeto de adecuar el modelo a las condiciones que se presenten.

En resumen, los escenarios considerados para el análisis son los que se mencionan a continuación:

Tabla 8.3: Tabla resumen de escenarios de evaluación.

Variación (%)	Bajo	Base	Alto	Desde
PIB	1,5%	2,5%	3,5%	Año 2019 en adelante
Carga	-1,0%	0,0%	1,0%	Año 2017 en adelante

Finalmente, se presenta en el siguiente gráfico, la demanda de kerosene de aviación con sus tres escenarios de estimación, considerando que el dato de entrada para la ecuación son los pasajeros – kilómetros equivalentes, que corresponde a la variable independiente, arrojando como resultado, el total de metros cúbicos para el abastecimiento en el largo plazo.

La ecuación de relación de estas dos variables es del tipo lineal, de la siguiente forma:

$$Y = 15{,}978 * X + 41591$$

En que:

Y = Consumo de kerosén de aviación en el aeropuerto en m^3

X = Pax-km equivalente en millones.

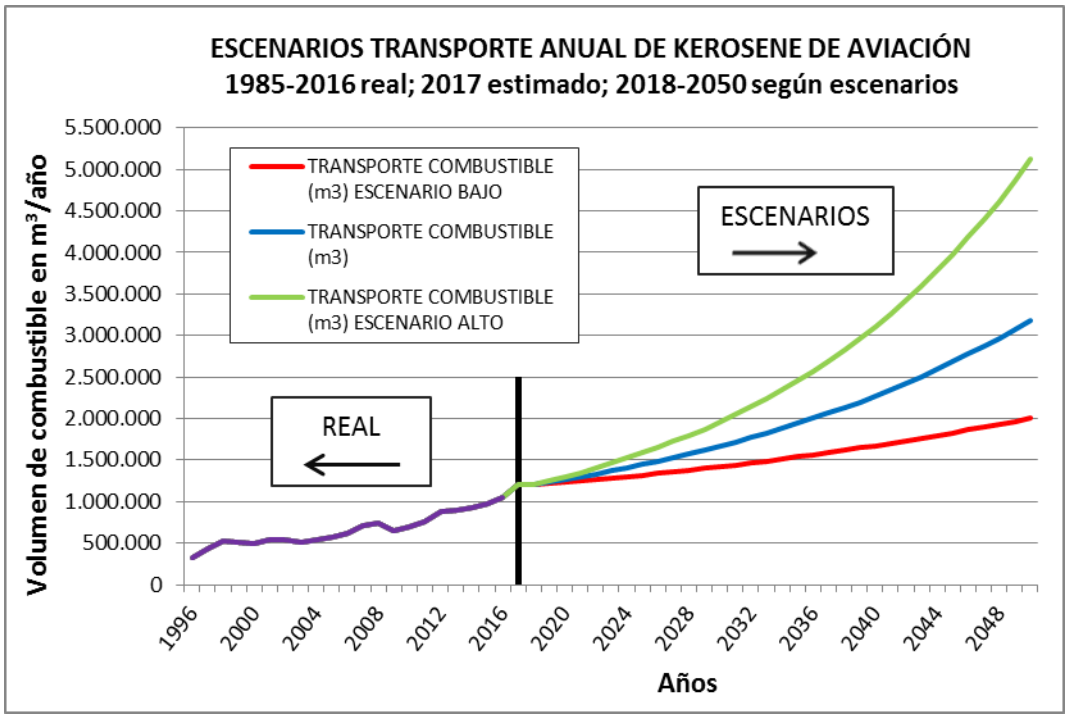

Fig. 8.8: Escenarios de transporte anual de Kerosene de Aviación

9 EFECTOS SOBRE EL TRANSPORTE DE KEROSENE EN EL CORTO PLAZO

En este capítulo se analizará el posible impacto que puede generar el aumento del suministro de kerosene de aviación sobre el medio por el cual es llevado hacia el aeropuerto. Para esto, se presenta a continuación la curva de carga del oleoducto existente Maipú-Aeropuerto AMB de 6” de diámetro (nominal), que como se revisó en capítulos anteriores, transporta el combustible desde las plantas de almacenamiento en Maipú hasta la planta de recepción de combustible en el aeropuerto Arturo Merino Benítez.

9.1 CURVA DE CARGA DE OLEODUCTO M-AMB

Como definición, el oleoducto Maipú-Aeropuerto AMB se denomina al conjunto formado por tuberías, bombas, y todas las estructuras accesorias

que permiten el transporte de kerosene de aviación desde un centro de aprovisionamiento o centros de almacenamiento al aeropuerto Arturo Merino Benítez.

Los principales elementos que componen un centro de aprovisionamiento son los estanques de almacenamiento del combustible, el sistema de ductos y válvulas que permite la conexión a la línea principal de 6”.

La utilización del oleoducto se mide generalmente en porcentaje. Esta cifra corresponde al cociente entre el volumen que es efectivamente transportado y el volumen máximo que es posible transportar, cuya metodología de cálculo se presentará más adelante.

Una tarea fundamental que debe ser realizada para obtener un buen aprovechamiento de la capacidad existente de transporte por el oleoducto M-AMB es la adecuada compatibilización de los requerimientos de los diferentes usuarios, tarea que es realizada por un equipo en que participan loe proveedores, receptores y la compañía transportista del kerosén de aviación, donde se determinan los embarques y la secuencia de bombeo desde cada centro de aprovisionamiento. La rapidez y flexibilidad con que se realiza esta tarea dependen del diseño del manifold, que es el conjunto formado por tuberías, válvulas y accesorios que permiten la conexión de los proveedores con el oleoducto. Es por esta razón que la compatibilización de los requerimientos de cada compañía proveedora debe ser óptima para disminuir los tiempos de inactividad, debido a que los bombeos se realizan de diferentes plantas, lo cual, requiere de tiempos de detención para realizar los cambios necesarios y alineaciones correctas al término e inicio de cada despacho.

En el gráfico siguiente se observa la tendencia y estacionalidad que presenta la curva de transporte mensual del kerosene de aviación al

aeropuerto. El peak de transporte se produce en los meses de diciembre y enero de cada año, meses en los cuales también se refleja un aumento en la demanda de pasajeros.

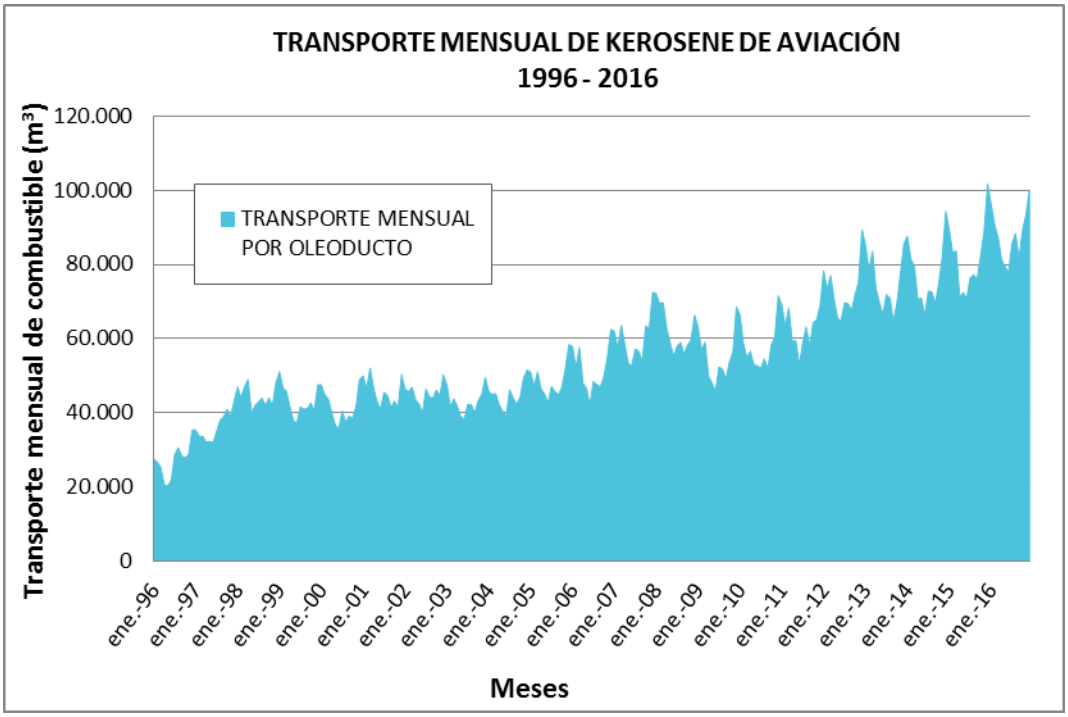

Fig. 9.1: Gráfico de transporte de kerosene de aviación por oleoducto

El dinamismo de la operación del oleoducto requiere ajustes en el flujo de transporte y detenciones por diferentes motivos, algunas que son propias de la operación, tales como, los cambios de planta de origen o bien por requerimientos de mantenimiento.

En el gráfico siguiente se presenta el flujo horario del mes de diciembre de 2016:

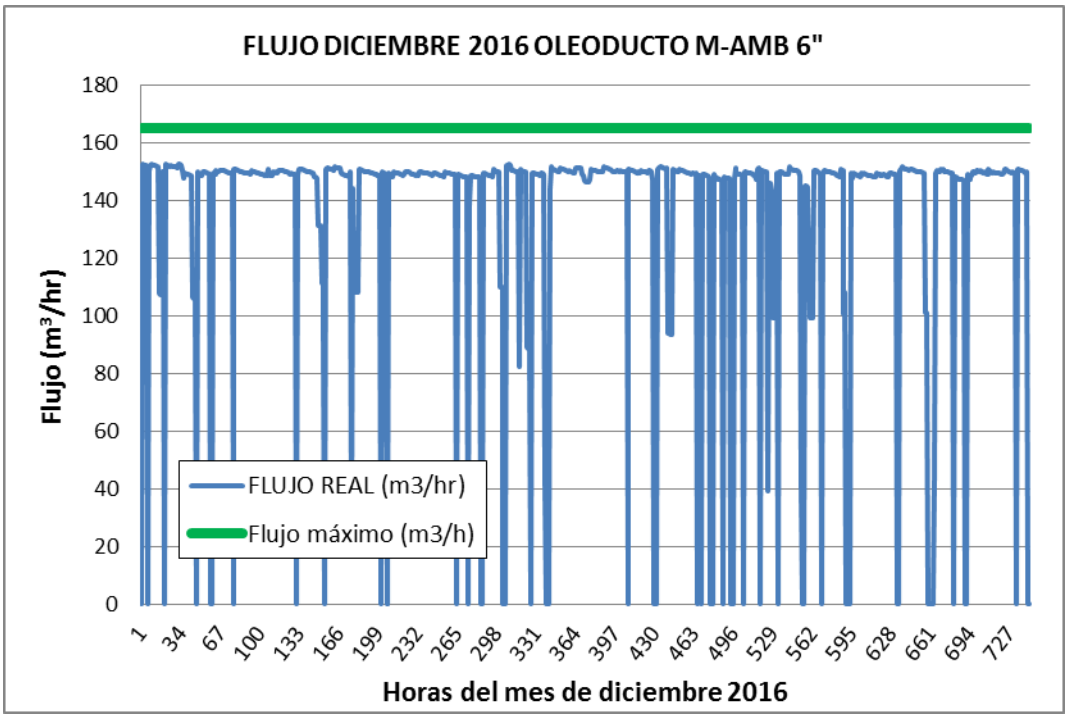

Fig. 9.2: Flujo real horario de oleoducto M-AMB de diciembre 2016.

Se observa, además, que el flujo no siempre está en su máxima capacidad de transporte, ya que existen disminuciones en el caudal por ajustes horarios, por solicitudes de los centros de aprovisionamiento o de la planta de almacenamiento de combustible en el aeropuerto.

A continuación, se detallan las detenciones y disminuciones de flujos ocurridas durante el mes de diciembre de 2016:

Tabla 9.1: Tabla de detenciones y disminuciones de flujo durante el mes de diciembre de 2016.[22]

Fecha	Desde	Hasta	Total	Total	Flujo (m3/hr)	Motivo
01-12-2016	14:00	17:28	3:28	3,47	107	Baja presión presión de succión desde planta proveedora
02-12-2016	11:05	11:48	0:43	0,72	0	Mantenimiento equipos en Planta Siav
03-12-2016	9:58	11:02	1:04	1,07	0	Solicitud de planta proveedora
08-12-2016	9:22	13:08	3:46	3,77	108	Baja presión presión de succión desde planta proveedora
12-12-2016	19:27	21:18	1:51	1,85	0	Falta de capacidad de recepción en planta SIAV
17-12-2016	22:15	23:18	1:03	1,05	0	Cambio de estanque
19-12-2016	20:32	23:43	3:11	3,18	0	Cambio de embarque
19-12-2016	8:22	12:06	3:44	3,73	99	Baja presión presión de succión desde planta proveedora
20-12-2016	8:52	9:54	1:02	1,03	0	Cambio de estanque
20-12-2016	19:49	22:09	2:20	2,33	0	Cambio de embarque
21-12-2016	12:52	15:06	2:14	2,23	0	Cambio de estanque
21-12-2016	23:09	0:00	0:51	0,85	0	Falta de capacidad de recepción en planta SIAV
22-12-2016	0:00	0:12	0:12	0,20	0	Falta de capacidad de recepción en planta SIAV
24-12-2016	0:00	2:15	2:15	2,25	0	Falta de capacidad de recepción en planta SIAV
24-12-2016	6:20	10:37	4:17	4,28	100	Baja presión presión de succión desde planta proveedora
25-12-2016	11:07	13:14	2:07	2,12	100	Baja presión presión de succión desde planta proveedora
25-12-2016	13:15	17:51	4:36	4,60	0	Cambio de embarque
27-12-2016	7:27	10:22	2:55	2,92	0	Falta de capacidad de recepción en planta SIAV
28-12-2016	9:44	14:15	4:31	4,52	0	Solicitud de planta proveedora

Al ordenar estos datos, la sumatoria de detenciones queda de la siguiente forma:

Tabla 9.2 Tabla de detenciones y disminuciones de flujo durante el mes de diciembre de 2016, ordenados por motivo.

Detenciones	
Motivo	**Total (hr)**
Cambio de embarque	10,12
Cambio de estanque	4,32
Falta de capacidad de recepción en planta SIAV	8,07
Mantenimiento equipos en Planta Siav	0,72
Solicitud de planta proveedora	5,58
Total general	**28,80**

La sumatoria total para las disminuciones de flujo es de 17,4 hrs. Y corresponde, en este caso, únicamente a coordinaciones con las compañías por motivos operacionales, además, cabe destacar, que no hubo detenciones por razones de mantenimiento de la tubería.

[22] FUENTE: Base de datos de control operacional de SONACOL S.A.

Al ordenar los datos de flujo presentados en el gráfico, se observa la curva de carga del oleoducto para el mes de diciembre de 2016:

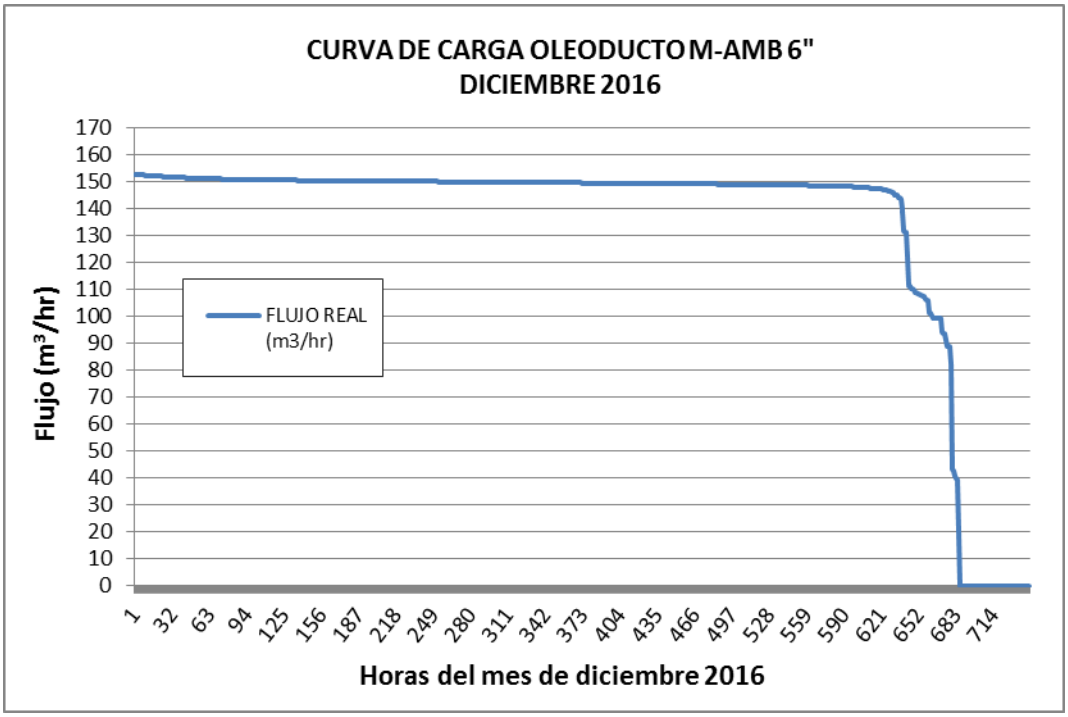

Fig. 9.3: Curva de carga de oleoducto M-AMB de diciembre 2016.

En base a lo anterior, se observa que el oleoducto estuvo operando durante 685 horas del mes. Si se considera que ese mes tiene 744 horas, entonces, la utilización del oleoducto fue del 92% del tiempo disponible. La operación entonces no es continua, y requiere de detenciones por los motivos ya presentados, los cuales, son inherentes a la operación misma del oleoducto y no se puede prescindir de ellos. Por tanto, las horas útiles disponibles para operación quedan determinadas por las horas totales del mes menos los tiempos de detenciones obligatorias requeridas para la operación.

Estos tiempos de detenciones corresponden principalmente a cambios de proveedor de embarque, cambios de estanque del proveedor, problemas de capacidad de recepción en planta de almacenamiento de combustible

en el aeropuerto y mantenimiento de equipos. La sumatoria de estos tiempos de detención para el mes de diciembre de 2016 alcanza las 23,2 horas, por tanto, el tiempo real disponible para máximo bombeo fue de 720,8 horas.

Actualmente, la operación se realiza a un flujo promedio de 155 m3/hrs, que representa el 93,9% de su capacidad máxima de transporte, es decir, 165 m3/hrs. Si la operación se realizase a este flujo máximo y se operara el máximo de tiempo disponible, es decir, las 720,8 hrs., se lograría transportar un máximo 118.932 m3 mensuales, y en el mes de diciembre de 2016 se transportó un 85% de dicho volumen, lo que muestra que el oleoducto se encuentra operando muy cerca de su capacidad máxima de transporte. Según los escenarios de estimación, tomando el escenario de alto crecimiento como referencia, la máxima utilización se alcanzaría en diciembre del año 2018. Es por esta razón que, ante el constante crecimiento de la demanda de pasajeros, es necesaria la evaluación de una tecnología alternativa de transporte que sustituya o complemente la tecnología actual.

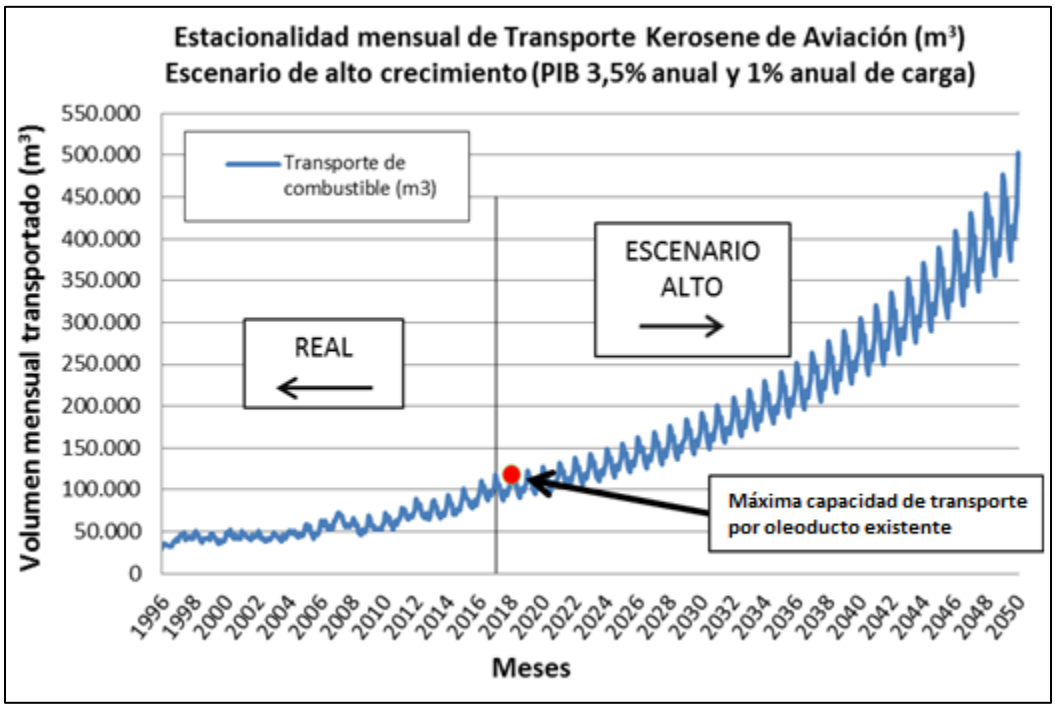

Fig. 9.4: Gráfico de estacionalidad mensual de transporte de combustible (Escenario de alto crecimiento).

El mes de diciembre de 2018 se alcanza un total de 117.075 m^3 de transporte, es decir, un valor muy cercano al 100% de su capacidad máxima de transporte equivalente a 118.932 m^3. En el mes de diciembre del año 2019, esta cifra se sobrepasa, alcanzando un total de 121.645 m^3 de transporte. Dado este escenario, se debe buscar una alternativa de transporte para satisfacer la creciente demanda de combustible en el aeropuerto Arturo Merino Benítez.

9.2 ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE

Se supondrá que el transporte de combustible adicional necesario para satisfacer esta demanda de combustible, se realizará vía camión, cuyo volumen máximo de transporte por cada viaje es del orden de 30 m^3.

La evolución del transporte por tierra hacia el aeropuerto de estos vehículos sería como se presenta en el siguiente gráfico:

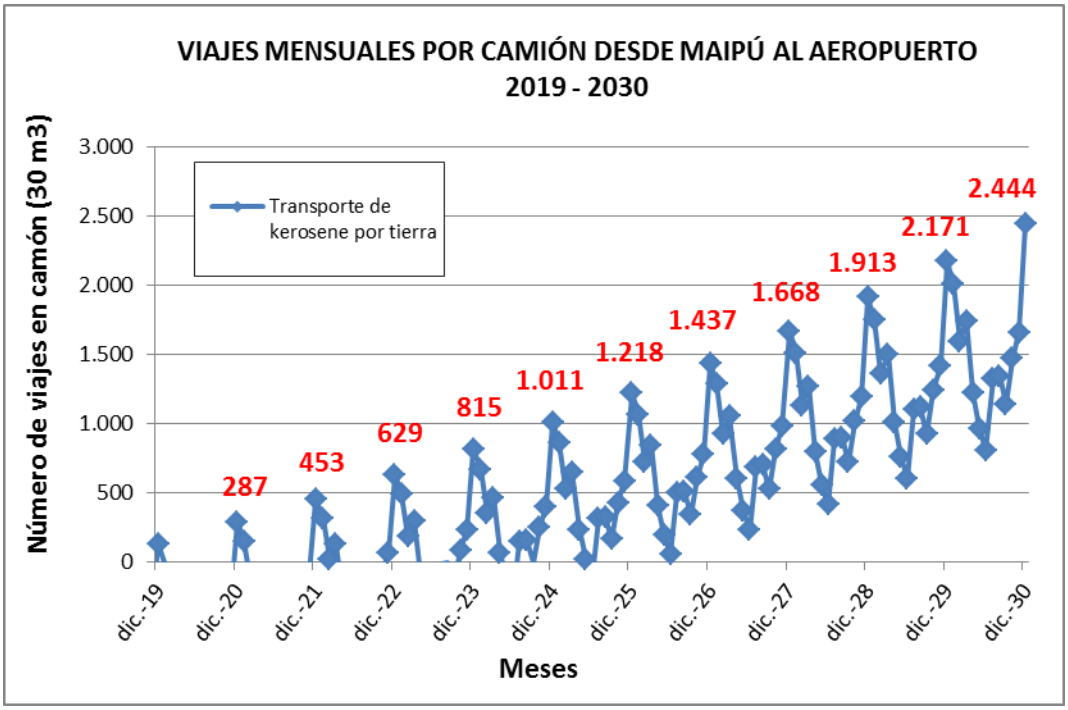

Fig. 9.5: Gráfico de evolución del transporte de Kerosene de Aviación por camión con capacidad de 30 m^3.

El transporte de kerosene de aviación se llevaría a cabo por las principales avenidas de las comunas de Maipú y Pudahuel, desde los complejos industriales de abastecimiento de combustible hasta el aeropuerto Arturo Merino Benítez.

Existe hoy una ruta conocida que debieran seguir los camiones en cada uno de sus viajes, que se inicia en el sector del camino a Melipilla con Avenida Pajaritos, transitando luego por las Autopistas Vespucio Sur y Vespucio Norte Express, y que finaliza en la planta de almacenamiento de combustible en el aeropuerto AMB. Además, hoy existe un proyecto de enlace de la Ruta 68 con Autopista del Sol, que se puede considerar como una futura ruta alternativa. El proyecto contempla la habilitación de un

corredor vial expreso de 8,8 km de longitud, el cual correrá por el sector poniente de Santiago, entre las comunas de Pudahuel y Maipú, bordeando el río Mapocho, entre el enlace de la concesión Autopista Costanera Norte y la Ruta 68 camino a Valparaíso, por el norte, y el empalme diseñado con la Autopista del Sol, a 1 km al norte del actual enlace Rinconada de Maipú.

El detalle de la ruta actualmente conocida que deben seguir los camiones hacia el aeropuerto, es la siguiente:

- Inicio en el sector de Camino a Melipilla con avenida Pajaritos, sector donde se encuentran los centros de aprovisionamiento de las compañías proveedoras.

- El vehículo debe transitar por el Camino a Melipilla en dirección oriente hasta llegar a la Autopista Américo Vespucio Sur, siguiendo hacia Vespucio Norte Express, transitar por dicha avenida en dirección al norte para luego tomar la salida 18 Aeropuerto hasta llegar a la planta de almacenamiento de combustible SIAV, recorriendo un total de 20 km.

El recorrido anterior se presenta en la siguiente imagen:

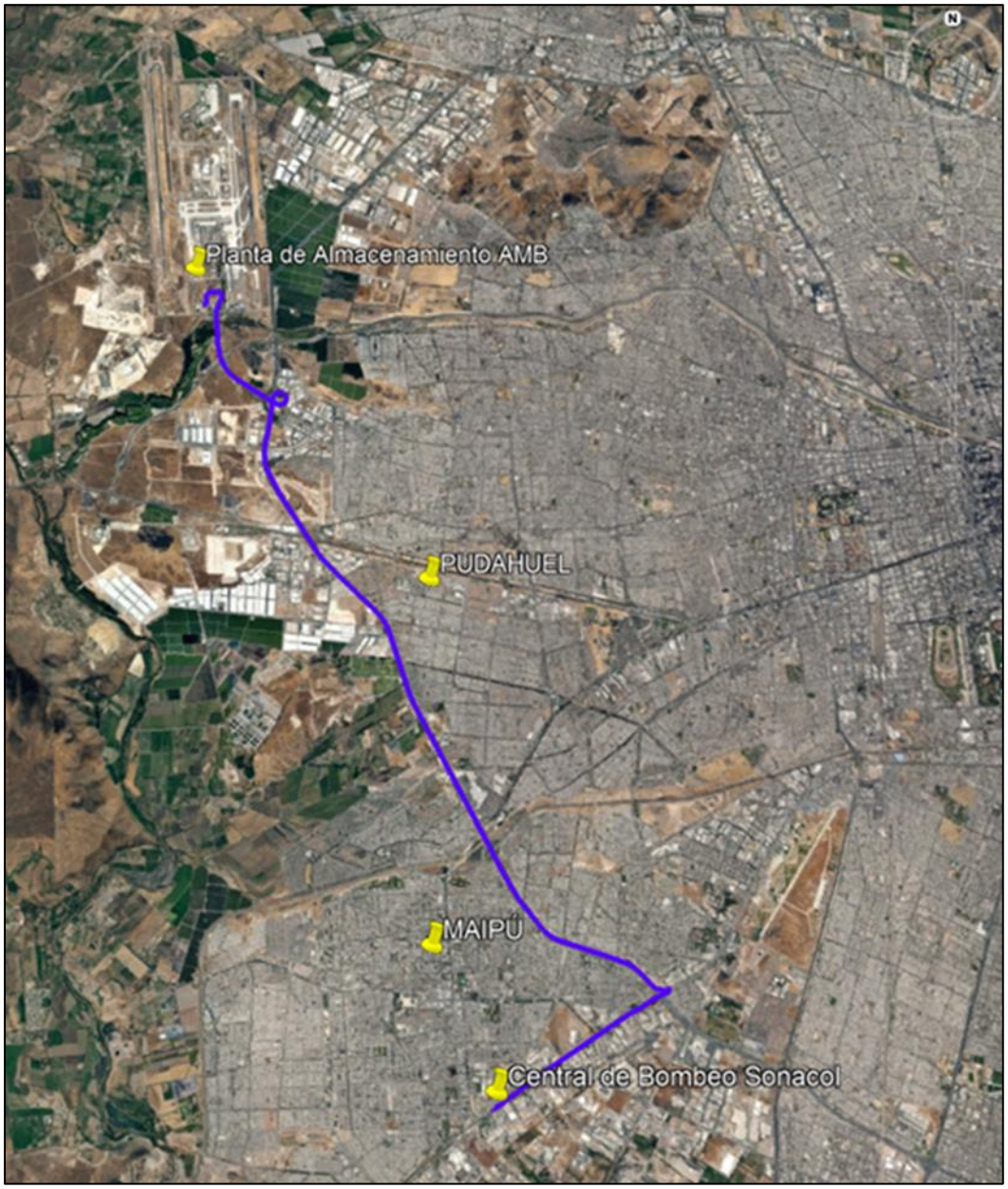

Fig. 9.6: Imagen de ruta conocida de camiones para el transporte de combustible al aeropuerto AMB.

Al transitar por esta ruta, un día de invierno, con neblina, situación característica del sector, se observa lo siguiente:

Fig. 9.7: Autopista Américo Vespucio Sur sector Avenida Pajaritos.
(Domingo 25-06-2017 11:15 hrs.)

Fig. 9.8: Autopista Américo Vespucio Sur sector San Pablo.
(Domingo 25-06-2017 11:15 hrs.)

Fig. 9.9: Autopista Américo Vespucio Sur sector Salida 18 Aeropuerto.
(Domingo 25-06-2017 11:15 hrs.)

El detalle de la ruta alternativa que actualmente está considerada como proyecto futuro, es la siguiente:

- Inicio en el sector de Camino a Melipilla con avenida Pajaritos, sector donde se encuentran los centros de aprovisionamiento de las compañías proveedoras.

- El vehículo deberá transitar por el Camino a Melipilla en dirección poniente hasta la calle 3 Poniente, transitar por dicha calle en dirección norte, cruzando la comuna de Maipú, hasta llegar al futuro enlace Rinconada con Ruta 78.

- Recorrer aproximadamente 1 km en dirección oriente por Ruta 78 y empalmar con la carretera que conectará la Ruta 78 con Ruta 68.

- Transitar los 9 km del futuro corredor y empalmar con Autopista Costanera Norte para luego tomar la desviación hacia el Aeropuerto

Arturo Merino Benítez.

El recorrido anterior se presenta en la siguiente imagen:

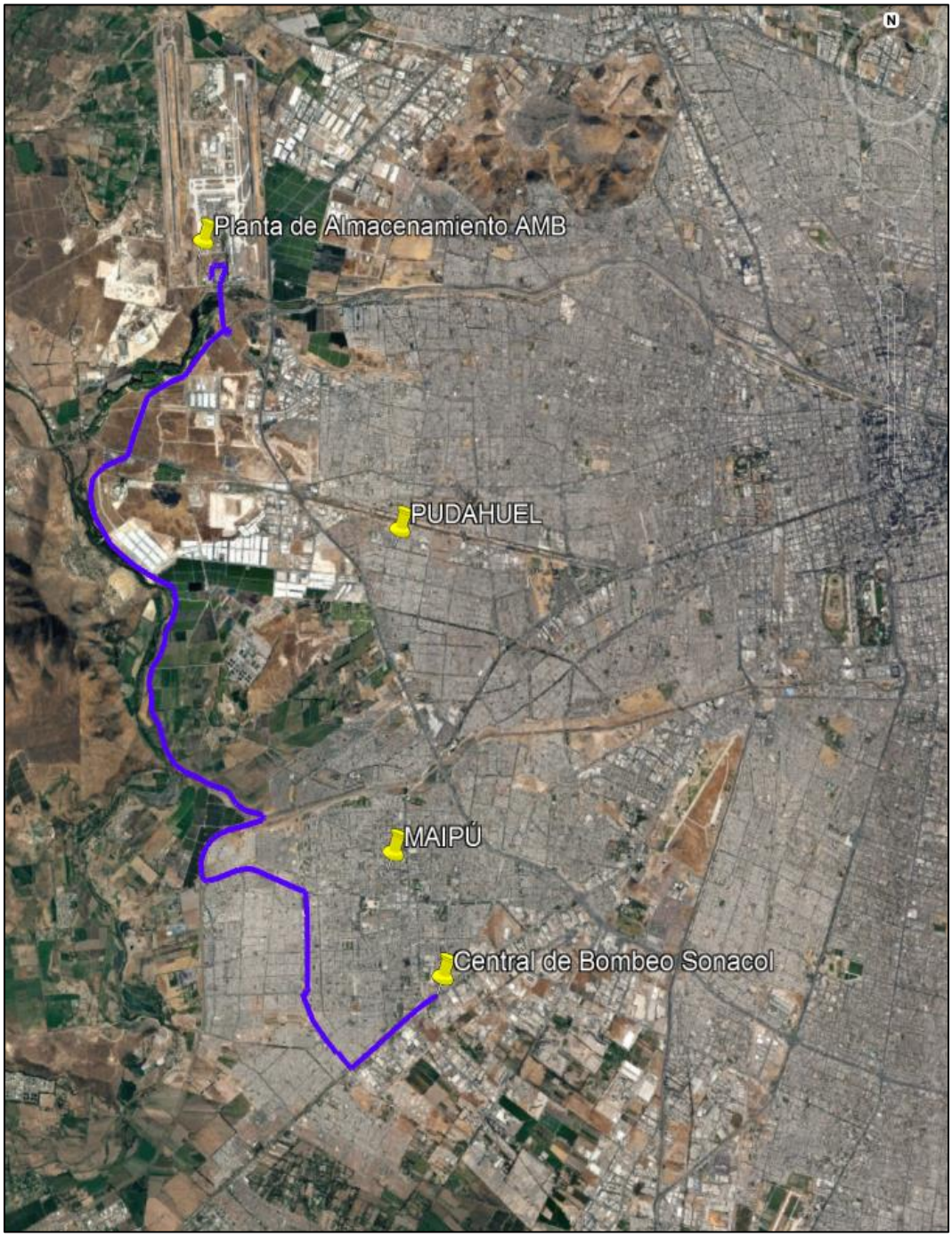

Fig. 9.10.: Ruta alternativa si se desarrollara el proyecto de unión de las rutas 68 y 78.

Al recorrer parte de esta ruta, un día de invierno, se observa lo siguiente:

Fig. 9.11: Calle Rinconada de Maipú con Av. 4 Poniente.

(Domingo 25-06-2017 11:00 hrs.)

Fig. 9.12: Calle Rinconada de Maipú, empalme Ruta 78.

(Domingo 25-06-2017 11:05 hrs.)

Fig. 9.13: Ruta 78, sector empalme futuro de autopistas Rutas 78-68.
(Domingo 25-06-2017 11:05 hrs.)

Actualmente, el transporte de combustible por camión hacia el aeropuerto es casi inexistente. El transporte de estos productos conlleva riesgos potenciales que pueden causar lesiones o la muerte a las personas y daños al medio ambiente y la infraestructura, por esta razón requiere un tratamiento especial. Es cierto que generalmente este tipo de viajes llegan a su destino sin problemas, sin embargo la posibilidad de presentarse un accidente a lo largo de la ruta está siempre presente. Es por esta razón que los esfuerzos se encaminan en formular medidas de prevención y control dirigidas a reducir los accidentes y mitigar sus consecuencias, estas medidas incluyen el cumplimiento de requisitos especiales para los vehículos y la capacitación del personal respecto a la responsabilidad en el manejo de este tipo de productos y su capacidad de respuesta a situaciones de emergencia.

Otro factor que se debe tener en cuenta es que los habitantes de las

comunas de Maipú y Pudahuel, a través de las cuales se transportaría el combustible, poseen escasa información para comprender el potencial peligro al que se encuentran expuestos, más el potencial aumento de la congestión. **Un bajo nivel conocimiento de los riesgos** existentes en los corredores industriales **y una baja prevención, acrecientan** la probabilidad de que se presenten situaciones de emergencia en las que, además, se tenga un inadecuado manejo del siniestro y se tenga como resultado graves daños a las personas, el medio ambiente y los bienes públicos o privados.

Las rutas analizadas **cruzan áreas densamente pobladas**, en especial la segunda alternativa, en consecuencia, puede haber una gran cantidad de personas, entornos naturales y propiedades amenazadas cerca de los lugares donde pudieran ocurrir los accidentes.

La vulnerabilidad del entorno para las vías estudiadas es alta, pues las rutas por las que se movilizan las sustancias en cuestión están rodeadas por barrios con alta concentración de personas, zonas naturales e infraestructura.

Además, se debe destacar que estos viajes se realizarán por zonas urbanas que son muy transitadas en horarios peak, considerando el aumento constante del parque automotriz en Chile lo que ha incidido que Santiago continúe enfrentando horas punta más extensas y calles más atochadas. Esto, pese al alza de los peajes y a los **atochamientos en horarios punta**, los automovilistas siguen optando por el uso de autopistas urbanas.

La necesidad de movilizarse para llegar a los diversos destinos, los problemas del transporte público y el aumento del parque automotor son algunos de los factores que inciden en el mayor uso de las carreteras con

tag de Santiago. El tráfico de vehículos por las autopistas urbanas creció 7% en el primer trimestre de 2017, respecto de igual lapso de 2016, registrándose 346,3 millones de pasadas de vehículos por pórticos de autopistas, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

En resumen, los problemas y riesgos que se detectan al hacer este tráfico por **camiones por zonas urbanas de Maipú y Pudahuel** son el uso de calles en horas de alto tráfico, lo que aumentaría considerablemente la **congestión vehicular** cuyo mes crítico sería diciembre, ya que es el mes en que más combustible necesita el Aeropuerto. Aumentaría el **riesgo de los vehículos** que circulan por las mismas vías que los camiones con kerosene de aviación considerando el riego asociado a transitar en días y horas de neblina.

Finalmente, el Plan Maestro de Expansión del Aeropuerto **no dispuso espacio para mesas de recepción de camiones con combustible**, lo cual es una gran limitante para optar por esta vía de transporte.

10 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES.

El suministro de combustible al Aeropuerto de Santiago tiene implicancias importantes en el entorno, dependiendo de cuál sea el sistema que se utilice. En este trabajo, se realiza una propuesta metodológica para la estimación de la demanda de kerosene de aviación en el aeropuerto AMB que permite visualizar la magnitud de dicha demanda, en función del movimiento de pasajeros y de carga. Se proponen variables macroeconómicas específicas del mercado aéreo que permiten realizar simulaciones de demanda de combustible en el largo plazo. Dicha simulación depende indirectamente del PIB local y directamente de la cantidad de pasajero - kilómetro equivalente nacional e internacional (salido y llegado).

Para determinar las mejores simulaciones de demanda de combustible, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica de documentos elaborados por los principales órganos rectores de la aviación civil y comercial nacional, determinando que la mejor práctica para el largo plazo es el estudio del crecimiento histórico de la economía nacional para luego relacionar esta variable con el crecimiento del transporte de pasajeros y de forma paralela, poder relacionar la carga logrando establecer un indicador que representa de buena manera el crecimiento de ambas variables. La información requerida para la aplicación de esta técnica se basa en el uso de información recolectada por la Junta de Aeronáutica Civil, solicitada a través de su portal de transparencia y de información que dispone en el Banco Central.

Los modelos econométricos muestran que las variables explicativas, directas o indirectas que mejor modelan la estimación de la demanda de combustibles muestran que existen correlaciones bastante buenas con los pax-km y carga-km que mueve el Aeropuerto.

Las simulaciones realizadas en este estudio muestran que los 50 millones de pasajeros se alcanzarían en los siguientes años:

- **Crecimiento bajo:** Después del año 2045.
- **Crecimiento medio:** Año 2041
- **Crecimiento alto:** Año 2035 con una tasa de crecimiento anual promedio del 5,1 al 5,7%.

Las variables de pax-km y carga-km permiten visualizar el impacto que tienen estos mercados en la industria del transporte aéreo, donde se observa que el mayor mercado de la industria aérea lo representa el traslado de pasajeros.

Actualmente, no se cuenta con información de estudios preliminares que permitan calcular o simular la demanda de combustible en el aeropuerto AMB y mucho menos que consideren el comportamiento macroeconómico como el Producto Interno Bruto como variable explicativa indirecta, hasta el momento, solo se han considerado estudios donde la apreciación del crecimiento del consumo o transporte de kerosene se aborda en base al comportamiento histórico del mismo.

Como resultado de este trabajo, se propone realizar una revisión del sistema de transporte de combustible actual y revisar si cumple con los requerimientos del mercado actual, y si cumplirá con las exigencias futuras, a objeto de establecer la mejor alternativa que cumpla con la demanda futura de kerosene de aviación, además se recomienda, para estimaciones futuras, incluir otras variables como el precio de pasajes y de transporte de carga por destino, o bien, el aumento de eficiencia proyectado para motores de aviación, que podrían explicar mejor el modelo en el corto plazo.

Este estudio sirve como precursor para estudios de factibilidad de una reestructuración en el sistema de transporte del hidrocarburo, dado que es capaz de dar una estimación de largo plazo, ajustada al Plan Maestro de Expansión del Aeropuerto AMB.

11 BIBLIOGRAFÍA.

1. Qualimet, (2013). Estimación de demanda por transporte aéreo nacional e internacional en Chile, Providencia, Santiago, Chile.

2. Roderic, Ruiz. (2015). Modelado de la demanda de turbosina en Mexico. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

3. Aeropuerto de Santiago. (2015). Obras de ampliación. Recuperado de https://www.nuevopudahuel.cl/obras-de-ampliaci-n.

4. ADPI Planning Stratégique. (2009). Resumen ejecutivo del estudio de plan maestro y conecpto terminal de pasajeros del aeropuerto internacional Arturo Merino Benitez. Santiago, Chile: Gobierno de Chile.

5. Junta Aeronáutica Civil, Base de datos de tráfico nacional e internacional de pasajeros en aeropuerto AMB (2017).

6. Junta Aeronáutica Civil, Base de datos de tráfico nacional e internacional de pasajeros-km en aeropuerto AMB (2017).

7. Junta Aeronáutica Civil, Base de datos de tráfico nacional e internacional de pasajeros-km en aeropuerto AMB (2017).

8. Junta Aeronáutica Civil, Base de datos de tráfico nacional e internacional de carga en aeropuerto AMB (2017).

9. Junta Aeronáutica Civil, Base de datos de tráfico nacional e internacional de tonelada-km en aeropuerto AMB (2017).

10. Sociedad Nacional de Oleoductos, Base de datos de transporte de Kerosene de Aviación. (2017).