

Plan Estratégico del Transporte Aéreo





Contenido

1. Introducción.....	3
2. Marco General	7
2.1. Visión de los Actores Clave.....	8
2.1.1. Gobernanza del Transporte Aéreo Nacional	8
2.1.2. Contratos de Concesión de Terminales Aeroportuarios	9
2.1.3. Infraestructura y Aspectos Operacionales del Sistema Aeroportuario Nacional... ..	9
2.2. Estimación de Demanda.....	11
2.2.1. Supuestos de Proyección.....	11
2.2.2. Proyecciones de Demanda	12
2.2.3. Escenarios de Pandemia.....	17
2.2.4. Pasajeros de Hora Punta (PHP).....	21
2.3. Diagnóstico de Eslabones	23
2.3.1. Pista de Aterrizaje	23
2.3.2. Calles de Rodaje.....	25
2.3.3. Plataforma.....	25
2.3.4. Terminal	26
2.3.5. Accesibilidad	30
2.4. Estudio de Impactos Ambientales	32
2.4.1. Supuestos de Cálculo	32
2.4.2. Emisiones de Contaminantes.....	34
2.4.3. Canasta de Medidas de OACI	34
2.4.4. Estrategias de Forestación.....	35
2.4.5. Emisiones de Ruido	37
2.5. Necesidad de Capital Humano.....	38
3. Plan Maestro del Transporte Aéreo.....	40
3.1. Necesidad de Terminales Exclusivos y Nuevos Aeropuertos	41
3.2. Estrategias para Potenciar el Transporte Aéreo	42
3.3. Plan Maestro del Transporte Aéreo.....	43

4. Conclusiones	50
5. Referencias	54
6. Anexos	59
6.1. Análisis de la Red Primaria.....	60
6.2. Entrevista con Actores Clave.....	60
6.3. Análisis Normativo y de Políticas Públicas.....	60
6.4. Estimación de Demanda.....	60
6.5. Estimación de Oferta	60
6.6. Análisis de Equilibrio Oferta-Demanda	60
6.7. Requerimientos de Infraestructura.....	60
6.8. Necesidad de Terminales Exclusivos.....	60
6.9. Estudio de Impactos Ambientales	60
6.10. Necesidad de Capital Humano	60
6.11. Estrategias para Potenciar el Transporte Aéreo.....	60
6.12. Plan Maestro del Transporte Aéreo	60



1. Introducción

1. Introducción

De acuerdo a la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), en Chile existe una red aeroportuaria compuesta por 344 Aeródromos, 102 Helipuertos y 7 Aeropuertos. 9 de estos Aeródromos y los 7 Aeropuertos pertenecen a la Red Primaria, 14 aeródromos pertenecen a la Red Secundaria, 303 pertenecen a la Red de Pequeños Aeródromos y 11 pertenecen a la Red de Aeródromos Militares.

Los 16 terminales de la Red Primaria se distribuyen en las principales capitales regionales de Chile, como se exhibe en la Figura 1. De norte a sur, estos son:

- Aeropuerto Chacalluta / Arica
- Aeropuerto Diego Aracena / Iquique
- Aeródromo El Loa / Calama
- Aeropuerto Andrés Sabella / Antofagasta
- Aeródromo Desierto de Atacama / Caldera
- Aeródromo La Florida / La Serena
- Aeropuerto Mataverí / Isla de Pascua
- Aeropuerto Arturo Merino Benítez / Santiago
- Aeródromo Carriel Sur / Concepción
- Aeródromo La Araucanía / Temuco
- Aeródromo Pichoy / Valdivia
- Aeródromo Cañal Bajo / Osorno
- Aeropuerto El Tepual / Puerto Montt
- Aeródromo Mocopulli / Castro
- Aeródromo Balmaceda / Balmaceda
- Aeropuerto Carlos Ibáñez / Punta Arenas

En la Red Primaria se transporta la mayor parte de los pasajeros y carga a nivel nacional, así como la totalidad de los internacionales. En 2019, viajaron 15 millones de pasajeros a nivel nacional y 11 millones de pasajeros a nivel internacional.

La última década ha sido de amplio crecimiento, en que se creció de 9 millones de pasajeros transportados en 2009 a 26 millones de pasajeros en 2019. Por su parte, la carga nacional en 2019 superó las 34 mil toneladas y la carga internacional alcanzó casi las 362 mil

toneladas. Eso implica un crecimiento promedio anual de más de 10% para pasajeros y 5% para la carga durante la última década.

Figura 1: Red Primaria Aeroportuaria



Históricamente, el Aeropuerto Arturo Merino Benítez (SCL) ha concentrado casi la totalidad de los pasajeros y la carga internacional. En cuanto a los pasajeros, esa tendencia podría romperse en el futuro debido a la reciente apertura de

nuevos aeropuertos internacionales, como Diego Aracena (IQQ) y Andrés Sabella (ANF). No obstante, en el caso de la carga, la concentración sigue estando en Santiago.

Una situación similar ocurre con los pasajeros y la carga nacional, dado que la mayor parte de los vuelos tienen su origen o destino en SCL. Este fenómeno también ha presentado un cambio en los últimos años, dada la apertura de nuevas rutas nacionales que no se basan en Santiago, como es el caso de la conexión entre Antofagasta y Concepción.

Otro aspecto a destacar es que la evolución de estos fenómenos ha estado fuertemente influenciada por la irrupción de aerolíneas de bajo costo, así como la adopción de las prácticas de ese modelo a través de mayor oferta a menores precios, con el consecuente incremento en la demanda. Además, han impulsado la apertura de nuevas rutas nacionales e internacionales.

El sostenido crecimiento de los pasajeros, y en menor medida de la carga, representa importantes desafíos para la industria aérea chilena. Igualmente, el dinamismo propio de la industria, tanto a nivel tecnológico como de modelo de negocio, exige flexibilidad y adaptabilidad en diversos ámbitos. En consecuencia, se hace crucial contar con un plan que sienta las bases del desarrollo del transporte aéreo en Chile para el largo plazo.

Este documento constituye una propuesta argumentada técnicamente para el desarrollo del transporte aéreo en Chile para los próximos 30 años. Su publicación implica el inicio de un proceso iterativo de discusión y desarrollo de propuestas que derive en el compromiso de todas las organizaciones de los sectores público y privado necesarias para la concreción oportuna y exitosa del plan. En esa línea, el plan no se concibe como un instrumento monolítico, sino como una herramienta a ser actualizada en periodos quinquenales, de forma de adaptarse a los cambiantes requerimientos y contextos.

Se comienza por el análisis del Marco General (Sección 2) de la industria, el cual se basa en la

Visión de los Actores Claves (Sección 2.1) entrevistados, quienes identifican las fortalezas y oportunidades de mejora en diversos ámbitos, desde la gobernanza a la infraestructura. Para ellos, es fundamental generar modificaciones a la institucionalidad, las cuales permitan lograr una gobernanza eficiente y coordinada del Transporte Aéreo en Chile. Esperan que la institución que tome dicho rol desarrolle estrategias para mejorar las dinámicas de concesión de terminales, con énfasis en la optimización del uso de los recursos y la mejora en los niveles de servicios percibidos por todos los usuarios, en lugar de continuar enfocados en la provisión de infraestructura.

Posteriormente, se exhibe la Estimación de Demanda (Sección 2.2) realizada, la cual incluye pasajeros y carga, tanto para vuelos nacionales como internacionales, a nivel de la Red Primaria total y desagregada por terminal. En ellas, se puede apreciar como la situación de referencia (sin Covid) presenta un crecimiento sostenido, que alcanza los 97 millones de pasajeros y 1,27 millones de toneladas de carga transferidas en la Red Primaria en 2050. No obstante, se incluyen estimaciones en escenarios particulares asociados a la Pandemia de Coronavirus, los cuales muestran un impacto significativo en la demanda, que no logran recuperar la trayectoria de referencia en el horizonte de tiempo analizado.

Luego, se realiza un Diagnóstico de Eslabones (Sección 2.3), en el que se determina la oferta disponible en Pistas de Aterrizaje, Plataformas, Terminales y Accesibilidad para toda la Red Primaria. Esta es comparada con la demanda estimada, identificando brechas, en base a las cuales se proponen los proyectos necesarios para solventarlas. Entre los principales hallazgos, se aprecia como, incluso luego de la construcción del Plan de Aeropuertos de la DAP (Dirección de Aeropuertos del Ministerio de Obras Públicas, 2020) actualmente vigente, existen déficit de infraestructura en la totalidad de los terminales de la Red Primaria. Por el contrario, se aprecia como las Pistas de Aterrizaje cuentan con capacidad suficiente.

En la Sección 2.4, se Estudian los Impactos Ambientales de la industria aérea, con énfasis en las emisiones de contaminantes atmosféricos y el ruido, estimadas a partir de las proyecciones de demanda. En base a ellas, se definen estrategias de forestación y mitigación de ruido, en el marco de la Canasta de Medidas de OACI. Al aspecto más relevante identificado es la afectación de ruido en zonas residenciales en múltiples terminales de la Red Primaria.

La Sección 2.5 trata respecto a la Necesidad de Capital Humano, proyectada a partir de las estimaciones de demanda, tanto a nivel de atención en terminales, como operación de aeronaves y mantención de las mismas.

El Plan Maestro del Transporte Aéreo (Sección 3) se elabora en base a los resultados de las secciones previas. Este se divide en tres aspectos específicos, siendo el primero la Necesidad de Terminales Exclusivos y Nuevos Aeropuertos (Sección 3.1). En ella se aprecia que no existe el requerimiento de crear nuevos aeropuertos en el horizonte de tiempo analizado (hasta 2050), aunque si es necesario optimizar los terminales actuales.

La Sección 3.2 incluye las Estrategias para Potenciar el Transporte Aéreo, con estímulos que se pueden aplicar para optimizar el uso de la infraestructura y los niveles de servicio experimentados por pasajeros y carga. Entre ellos se destaca la creación de Planes Maestros integrales, que abarquen plazos de 30 años, sujetos a una actualización en periodos quinquenales. También es releva la necesidad de infraestructura flexible, adaptable a transformaciones tecnológicas y cambios en la demanda; así como la importancia de contar con información abierta y niveles de servicio definidos para cada proceso experimentado pasajeros, carga y aeronaves al utilizar los terminales.

Por último, la Sección 3.3 articula las múltiples tareas y actividades necesarias para orientar el desarrollo del transporte aéreo en Chile hasta el año 2050, a través del Plan Maestro del Transporte Aéreo (PMTA). Este se encuentra dividido en tres planes: A - Plan Maestro de

Políticas Públicas, B - Plan Maestro de Aeropuertos y C - Plan Maestro de Accesibilidad. La dinámica general del flujo consiste en comenzar por realizar estudios que entreguen visiones y definiciones generales (A). Luego, se avanza a aspectos más específicos del funcionamiento de los aeropuertos y aeródromos (B), para finalmente tratar la accesibilidad de los mismos (C). En cada uno de los tres planes existen dos tipos de acciones claves: Planes País y Planes Específicos. La estrategia es realizar primero los estudios nacionales, para luego llevarlos a cada aeropuerto a través de los planes específicos. Esto permite que se pueda intercalar el desarrollo de las actividades en función de su nivel de alcance.

Cabe destacar que, esta lógica tiene un marco flexible, dejando espacio para el surgimiento de modificaciones y nuevas actividades. Esto es porque el PMTA es una directriz de trabajo, pero debe ser actualizado periódicamente, tanto con las fechas efectivas de ejecución de las tareas como con la inclusión de nuevas actividades.

La Sección 4 recopila las principales conclusiones de las secciones anteriores. Entre ellas, se destaca la necesidad de contar con recopilaciones sistemáticas y actualizadas de la oferta disponible en cada eslabón de la cadena aeroportuaria de la Red Primaria, tanto para pasajeros como para carga. También es relevante el potencial de terminales como Iquique, Antofagasta, Concepción y Puerto Montt para instalarse como aeropuertos internacionales alternativos a Arturo Merino Benítez.

Posteriormente, se exhiben las 117 Referencias (Sección 5) utilizadas en la elaboración del presente documento.

Finalmente, se detallan los títulos de los Anexos (Sección 6) asociados al presente documento. Estos contienen mayor detalle y profundidad técnica en todas las áreas exhibidas en las secciones previas. En particular, el Anexo 6.1 corresponde al Análisis de la Red Primaria, el cual incluye una breve descripción, estimación de la demanda, diagnóstico de eslabones, alcances de ruido y conclusiones para cada uno de los 16 terminales que la componen.



2. Marco General

2. Marco General

2.1. Visión de los Actores Clave

Un proceso fundamental para el desarrollo del Plan Maestro del Transporte Aéreo fue la realización de entrevistas con actores claves de la industria. Para tener una visión acabada del sistema, se incluyeron aerolíneas, concesionarios de aeropuertos, miembros del gremio aeronáutico, organismos públicos y empresas cargueras.

Las conclusiones de las entrevistas realizadas se han agrupado y estructurado en las áreas destacadas por los entrevistados. Esto permite caracterizar y hacer un análisis comprensivo global de los aspectos más importantes relevados por ellos con respecto al transporte aéreo nacional, en términos de sus problemáticas actuales; requerimientos y perspectivas de desarrollo; y visión de largo plazo de las tendencias de las diferentes áreas involucradas en él.

Debe notarse que, este es un resumen de las conclusiones de las entrevistas, cuyo contenido es el expresado por los entrevistados, el cual no representa, necesariamente, la visión de los autores del presente informe. Para mayores detalles, ver Anexo 6.2 Entrevistas con Actores Clave, así como Anexo 6.3 Análisis Normativo y de Políticas Públicas.

2.1.1. Gobernanza del Transporte Aéreo Nacional

En Chile existen múltiples entidades estatales que participan, influyen e injieren en las especificaciones, definiciones y quehacer general de la industria aérea. Luego, no se cuenta con un líder claro, organismo o autoridad aeroportuaria específica, que defina una estrategia de desarrollo eficiente para el sector, a partir de una mirada global conjunta e integrada de este sistema de transporte.

Hoy, para tratar sobre temas de estrategia de desarrollo del sector, se debe interactuar con 8 entidades públicas, con lo que el tema de la gobernanza pasa a ser el denominador común para poder resolverlas adecuadamente y la piedra de tope final para avanzar en ellos. Así, el gran desafío es poder llegar a tener una única autoridad aeronáutica como contraparte y generar una definición de la gobernabilidad aeroportuaria nacional. Por ejemplo, a través de un organismo estatal que tuviera la autoridad de generar cambios y pueda administrar recursos públicos de otras reparticiones del estado.

Para ilustrar lo anterior, a continuación, se listan algunas de estas entidades, con una referencia general de sus respectivos roles y competencias:

- Junta Aeronáutica Civil (JAC) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones: promueve la aviación civil en Chile y su desarrollo (transporte aéreo comercial nacional e internacional, con el fin de que exista la mayor cantidad de servicios aéreos accesibles). Ha ejercido su misión en el ámbito de los intereses de los pasajeros y la promoción de la política de cielos abiertos.
- Dirección de Aeropuertos (DAP) del Ministerio de Obras Públicas: define el diseño de los terminales y especifica los planes maestros aeroportuarios nacionales.
- Dirección General de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas (Concesiones): encargado de la definición y ejecución de los procesos de licitación de terminales aeroportuarios y el control de la ejecución de la concesión, a través de la figura de Inspector Fiscal.
- Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Defensa Nacional: norma y fiscaliza la actividad aérea que se desarrolla dentro del espacio aéreo controlado por Chile y aquella que ejecutan en el extranjero empresas aéreas nacionales,

de manera de garantizar la operación del Sistema Aeronáutico en forma segura y eficiente.

- Ministerio de Hacienda, Aduanas, SAG, SERNAPESCA, PDI, entre otras.

La relación entre la DGAC y la DAP es estrecha. Existe un programa permanente de reuniones, las cuales se realizan cada 15 días. Esto no sucede entre otros organismos involucrados en la industria aérea chilena.

Chile no cuenta entonces, con un plan estratégico integral como país respecto del desarrollo y gestión eficiente de la industria del transporte aéreo en su conjunto. A nivel mundial, se pretende que el transporte aéreo este integrado a los otros sistemas de transporte y, en el caso de organismos internacionales como la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional¹), exigen que existan formalmente este tipo de planes. Además, no se cuenta con un diseño institucional general para el sector, es decir, una orgánica estatal definida; y hoy en día su funcionamiento se basa fundamentalmente en la voluntad de las entidades que tienen injerencia sobre él.

2.1.2. Contratos de Concesión de Terminales Aeroportuarios

De acuerdo a los entrevistados, el modelo actualmente implementado privilegia como variable principal de asignación la recaudación para el Estado. Este modelo, en general, según los principales actores que participan en el sistema, impide un desarrollo adecuado de la industria, que estimule la demanda de viajes y el crecimiento de los sectores de la economía que se ven beneficiados por él.

Un aspecto importante de relevar de las concesiones aeroportuarias nacionales es la rigidez y complejidad de los contratos, los que terminan siendo instrumentos muy estrictos y poco flexibles. Como consecuencia, son muy difíciles de corregir para adaptarse a la evolución de los cambios del sector; por ejemplo, la aprobación de una nueva idea o aspecto que no haya

quedado especificado inicialmente en el contrato se puede demorar más de 6 meses. Tampoco existe un incentivo a la innovación y la adaptación del sistema.

En general, las exigencias establecidas en las bases de licitación no tienen un foco en el seguimiento de la operación, por ejemplo, a través de la especificación y control de niveles de servicio y su ajuste dependiendo de la evolución de las necesidades de la industria (se establecen condiciones rígidas, las que deben prevalecer durante todo el curso de la concesión). Desde este punto de vista, las exigencias y definiciones de las concesiones debieran más bien enfocarse en establecer servicios e infraestructura máxima, que permitan entregar adecuados niveles de servicio a los diversos usuarios; como, por ejemplo, KPI's de tiempos generales en el sistema.

Sería deseable dar más espacio y capacidad al concesionario aeroportuario para proponer las mejores soluciones de diseño para cada caso, basado en que existe una industria de este tipo de servicios, con empresas que pueden aportar su experiencia y conocimiento en operaciones de los sistemas a nivel mundial. En cambio, lo que termina pasando es que las bases de licitación entre los diferentes aeropuertos terminan siendo iguales y no se adecúan necesariamente a las realidades específicas de operación de cada uno de ellos (por ejemplo, para el caso de algunos aeropuertos regionales).

2.1.3. Infraestructura y Aspectos Operacionales del Sistema Aeroportuario Nacional

La visión de los actores clave, es que, en términos generales, para la operación y desarrollo del sistema, es necesario tomar en cuenta y tener siempre presente que, dada la posición geográfica de Chile en el mundo, y su distribución territorial, compite con otros países de la región con mercados aéreos más grandes y mejor ubicados. Por lo tanto, resulta muy relevante que el transporte aéreo en Chile sea lo más eficiente y

¹ Agencia de la Organización de las Naciones Unidas creada en 1944 para estudiar los problemas de la

aviación civil internacional y promover los reglamentos y normas únicos en la aeronáutica mundial.

competitivo posible, de manera de lograr condiciones de costos de operación general más bajos.

La tendencia actual en el transporte aéreo mundial es que idealmente el viaje pase desapercibido para el pasajero, mediante la entrega de un servicio eficiente, a bajo costo, que permita llegar al destino rápido y sin contratiempos. En este sentido, el problema del desarrollo de la industria hoy tiene relación con aspectos involucrados con el antes y el después del vuelo.

La apertura de rutas nuevas dentro de Chile ha permitido rondar la idea de generar polos internacionales, especialmente para América Latina. El futuro del turismo va a estar más orientado al turismo regional, dada la pandemia. El turismo de larga distancia viene a la región (Latinoamérica) y trata de sacar el mayor provecho de ese viaje, requiriéndose abrir la posibilidad de hacer recorridos entre un mayor número de terminales pequeños que hoy solo atienden vuelos nacionales.

De acuerdo a los entrevistados, en pasajeros se requiere más eficiencia para operar en lugar de un aumento indiscriminado de la infraestructura. Ellos constatan que se requiere un mejor coordinación y planificación de la operación dentro del aeropuerto para mejorar la experiencia de cara al pasajero, ya que han observado que el cuello de botella suele no ser la infraestructura, sino los servicios de Aduanas, SAG, PDI, etc. Un ejemplo que indican es que, en Santiago, inclusive en temporada punta, es improbable que todas las casetas de estos servicios estén operativas. Dicho fenómeno se repite en aeropuertos regionales que atienden vuelos internacionales. En consecuencia, se debe avanzar en terminales de bajo costo, ágiles, con procesos automatizados, a través de la inversión en tecnología.

Algunas áreas en que se identifican problemas operacionales en los sistemas aeroportuarios nacionales son: tiempos de procesamiento de pasajeros, eficiencia general, uso de pistas, calles de rodaje, sistema de equipaje, entre otras. Estas

deficiencias repercuten muchas veces en un alto nivel de congestión en las entradas, las salidas y dentro del terminal.

En términos de los diseños de los terminales aéreos en Chile, la tecnología asociada a su desarrollo ha evolucionado más rápido que la adaptación de los diseños a ella. Esto ha generado un desafío en la incorporación de esta tecnología y su avance, para la definición de los planes maestros aeroportuarios y sus contratos de concesión, cuyo proceso de definición debe partir en algunos casos hasta 10 años antes de la implementación formal del proyecto en cuestión.

De acuerdo a los entrevistados, la visión general es que la experiencia aeroportuaria en Santiago no cumple con las expectativas, pues existe un atraso en la tecnología implementada y los procesos son lentos comparados con los estándares de otros aeropuertos internacionales, como el de Lima. Entre algunos de los aspectos a destacar están la accesibilidad deficiente y a costo relativo alto; así como la falta de eficiencia en el uso de la infraestructura debido a personal insuficiente, procesos engorrosos y horarios de atención reducidos.

Resulta crucial comprender el aeropuerto como un nodo: se espera que las entidades que diseñan los terminales comprendan que estos son un punto de paso, maximizando los niveles de servicio y propiciando un tránsito expedito, en lugar de enfocarse en terminales de mayor tamaño y mayor número de estacionamientos.

Por otra parte, el diseño general de los terminales aeroportuarios del país ha estado únicamente enfocado en el modelo de pasajeros, por lo que la carga no ha sido tomada en cuenta. En consecuencia, la visión general de los entrevistados es que la infraestructura, los sistemas y las operaciones asociadas a la carga, tanto en el aeropuerto de Santiago como en los regionales, funciona de manera muy deficiente.

Para la carga aeroportuaria no existe una coordinación adecuada entre los diversos actores que participan en ella, habiendo una gran necesidad de mejorar los procesos involucrados. La estrategia o visión de desarrollo de este sector

no ha sido potenciada adecuadamente en los diferentes terminales aeroportuarios del país. Como consecuencia, en los últimos años el aeropuerto de Santiago ha colapsado en la época de verano, en el cual la carga hortofrutícola duplica la demanda constante del resto del año.

Por otro lado, es complejo competir como país, cuando, de acuerdo a los entrevistados, se cuenta con las tarifas de aeropuertos más caras de la región (desde Panamá al sur), y existe ineficiencias operacionales del sistema. En el caso de Chile, el área de carga es crítica para el transporte internacional de pasajeros. Si no existiera carga (exportación de salmón y fruta, e importación de bienes de consumo y capital), que se transporta en los aviones de pasajeros, las tarifas de pasajeros no serían tan competitivas.

Adicionalmente, al menos en el aeropuerto de Santiago, es fundamental considerar la carga desde el inicio de las licitaciones de las obras. Para ello, se requiere comprender el funcionamiento de las operaciones de este tipo de operaciones. Dado que la mayor parte del peso es exportación, es complejo tener aviones exclusivos de carga, incrementándose el uso de los *bellys* de aviones de pasajeros. En consecuencia, los terminales de carga y pasajeros deben estar cercanos, optimizando la operación.

Además, existe una compleja situación futura en relación al terminal de carga de exportación, dado que el proyecto de gatillo de demanda implica expandir el terminal internacional de pasajeros (T2) en dicha área, eliminándola. Esta inversión sigue la línea de aumentar la superficie construida en lugar de optimizar la ya existente. En consecuencia, parece más apropiado buscar una alternativa de inversión diferente. Esta debe mantener el equilibrio financiero de la licitación, por lo que es necesario que su costo sea el mismo.

Entre las inversiones a considerar como opciones, se encuentra la optimización de los servicios de carga y pasajeros, a través de la inclusión de tecnología y equipamiento. También es posible analizar la construcción de una estación de un sistema de rieles (tren o Metro) como parte de

dichas inversiones. Así, se reemplazaría el espigón por un conjunto de proyectos de igual costo, pero de un aporte de valor más significativo, sin sacrificar el valioso espacio de carga.

2.2. Estimación de Demanda

2.2.1. Supuestos de Proyección

Para la proyección de demanda, se utilizaron modelos de Series de Tiempo del Tipo VARIMAX. Dado que el horizonte de predicción es el año 2050, solo fue posible utilizar como variables independientes los PIB de Chile y otros países internacionales, cuyos datos históricos y proyecciones fueron obtenidas de la OCDE. Además, se incluyó el uso de la población de Chile en la modelación, con datos recabados del INE.

En línea con las mejores prácticas de la industria a nivel internacional, las variables dependientes fueron modeladas como pasajeros-kilómetro y toneladas-kilómetro.

Para obtener estimaciones robustas en términos agregados y conservar la riqueza de la información disponible, se hicieron predicciones en cuatro niveles de manera independientes:

- Nivel 1: Modelos completamente agregados, diferenciando únicamente entre carga y pasajeros, nacional e internacional.
- Nivel 2: Modelos de carga en que se identifica el sentido del movimiento (llega o sale, importación o exportación; según sea nacional o internacional, respectivamente). Debe notarse que los viajes de pasajeros son considerados simétricos, no requiriéndose el estudio de su direccionalidad.
- Nivel 3: Modelos por zona de conexión, en que se identifica si el movimiento fue basado en Santiago o no para los casos nacionales, y el continente con la que se tuvo conexión en el caso de los internacionales.
- Nivel 4: Modelos por sección de ruta. Dada su desagregación, se utilizan tasas fijas en base a lo observado en el periodo 2014-2018.

Dado que los modelos de cada nivel fueron estimados de forma independiente, no existe razón para que calcen entre sí. Más aún, como se explicó anteriormente, los modelos de nivel agregado son más robustos y confiables a la hora de predecir, especialmente en el largo plazo.

Luego, para hacer que la totalidad de los modelos funcione de manera unificada, se realiza una normalización sucesiva entre niveles. Esto implica que el Nivel 1 es considerado el punto de referencia para el Nivel 2, cuyos totales son escalados de forma de calzar con aquellos del Nivel 1. Así, las predicciones del Nivel 2 son usadas como proporciones en vez de como valores totales, ya que estos son obtenidos del Nivel 1. El mismo proceso se hace luego para el Nivel 3, cuya referencia es el Nivel 2 Normalizado.

Una vez que las series de Nivel 3 han sido normalizadas, se utilizan las proporciones del Nivel 4 para dividir las en los Pares Origen Destino (OD). En base a las distancias entre dichos pares, es posible transformar los Pasajeros-

Kilómetro y Toneladas-Kilómetro a Pasajeros y Toneladas, respectivamente.

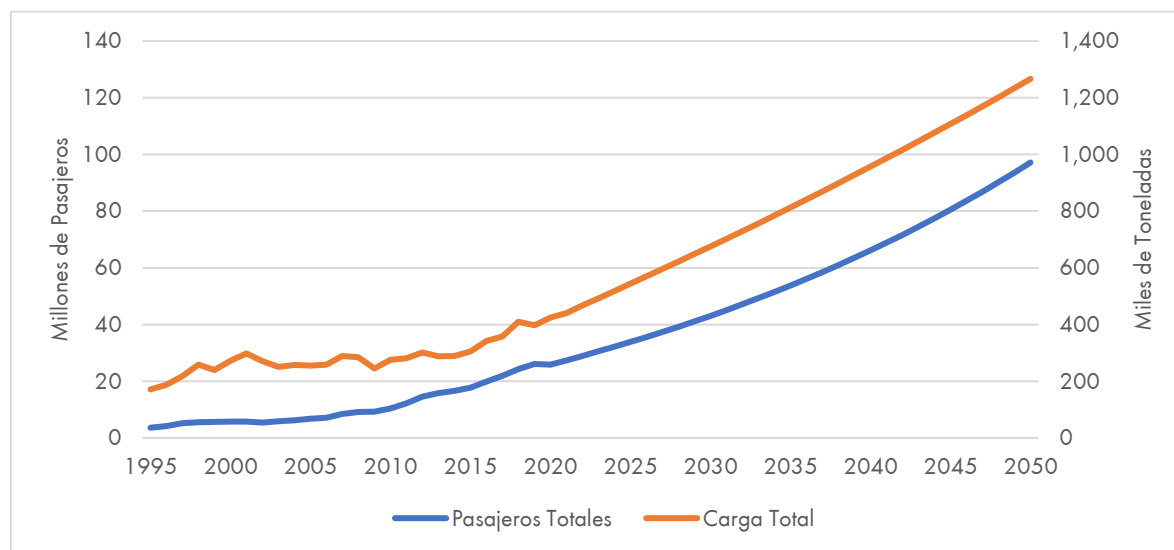
Finalmente, todas las series pueden ser reconstruidas en Pasajeros y Toneladas (en lugar de Pasajeros-Kilómetro y Toneladas-Kilómetro) al volver a sumar los valores calculados en el Nivel 4.

Con este procedimiento, es posible calcular hasta el nivel más desagregado de manera consistente con las predicciones realizadas para el nivel más desagregado. Es decir, aun cuando las estimaciones de cada nivel se realizan de forma independiente y no existe una razón para que estas calcen, se logra unificarlas sin perder la riqueza respectiva. Para mayores detalles relativos al proceso general de estimación de demanda y sus resultados, ver Anexo 6.4 Estimación de Demanda.

2.2.2. Proyecciones de Demanda

A continuación, se presentan las proyecciones de demanda de carga y pasajeros en rutas a nivel nacional.

Figura 2: Demanda Agregada



Como puede apreciarse en la Figura 2, los pasajeros totales pasarían de los 26 millones de 2019 a 43 millones en 2030, 66 millones en 2040 y 97 millones en 2050. Eso implica un crecimiento promedio anual de 5,2% en la

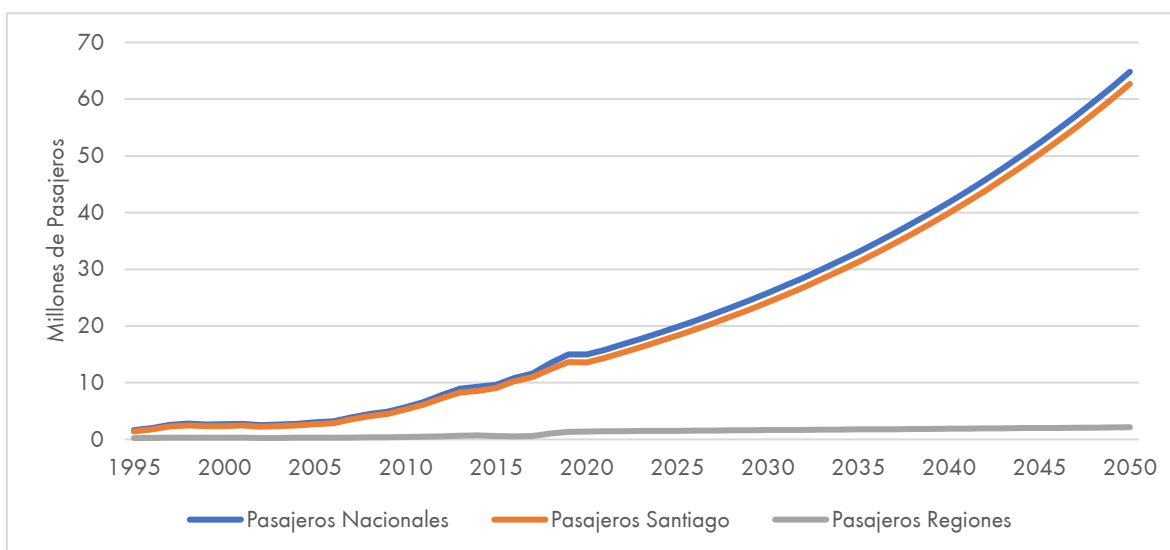
primera década, del 4,4% en la segunda y de 3,9% en la última.

En el caso de la carga total, se pasaría de 397 mil toneladas en 2019 a 675 mil toneladas en 2030, 956 mil toneladas en 2040 y 1,27

millones de toneladas en 2050. Eso implica un crecimiento promedio anual de 4,7% en la primera década, del 3,5% en la segunda y de 2,8% en la última.

Es decir, tanto en pasajeros como en carga se encuentran rendimientos decrecientes a lo largo del tiempo, lo que se condice con la maduración de la industria aérea chilena.

Figura 3: Pasajeros Nacionales



De la Figura 3, se aprecia como los pasajeros nacionales pasan de 15 millones en 2019 a 65 millones en 2050. Dada la tendencia histórica, la demanda estimada que usa el aeropuerto de Santiago es casi la totalidad. Así, los pasajeros que vuelan nacionalmente sin utilizar el Aeropuerto Arturo Merino Benítez crecen desde 1,3 millones en 2019 hasta 2,1 millones en 2050.

No obstante, en los últimos años han aumentado los viajes entre aeropuertos nacionales que no incluyen SCL. Este efecto es muy reciente para influir en las proyecciones, pero es de esperar que si continua de la misma forma, el número de pasajeros nacionales que no utilizan Santiago aumente de forma más significativa.

En la Figura 4 se exhiben los pasajeros internacionales, descomponiendo la proyección en las series correspondientes a cada zona:

Latinoamérica, Norteamérica, Europa, Oceanía, Asia y África.

Los pasajeros internacionales totales crecen desde 11 millones en 2019 hasta 32 millones en 2050. La mayor parte de estos vuelan dentro de Latinoamérica, cuya serie va de 8,2 millones en 2019 a 28,7 millones en 2050. El resto de las zonas mantienen volúmenes de pasajeros relativamente estables a lo largo del tiempo, yendo de un total 2,9 millones de pasajeros en 2019 a 3,7 millones en 2050.

De ellos, las principales rutas son a Norteamérica, seguidas muy de cerca por Europa. Luego le sigue Oceanía y en menor medida África, dejando en último lugar a Asia. Por otro lado, también se cuenta con las desagregaciones de la proyección de demanda de carga. Estas cuentan con un mayor nivel de desagregación, ya que su movimiento es direccional, a diferencia de lo sucedido con los pasajeros.

Figura 4: Pasajeros Internacionales

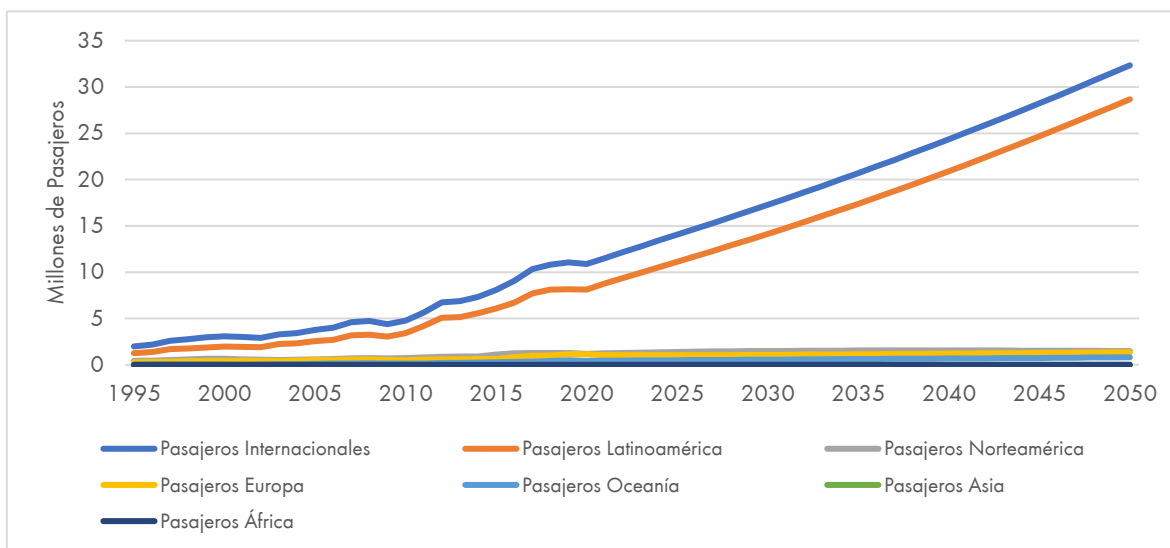
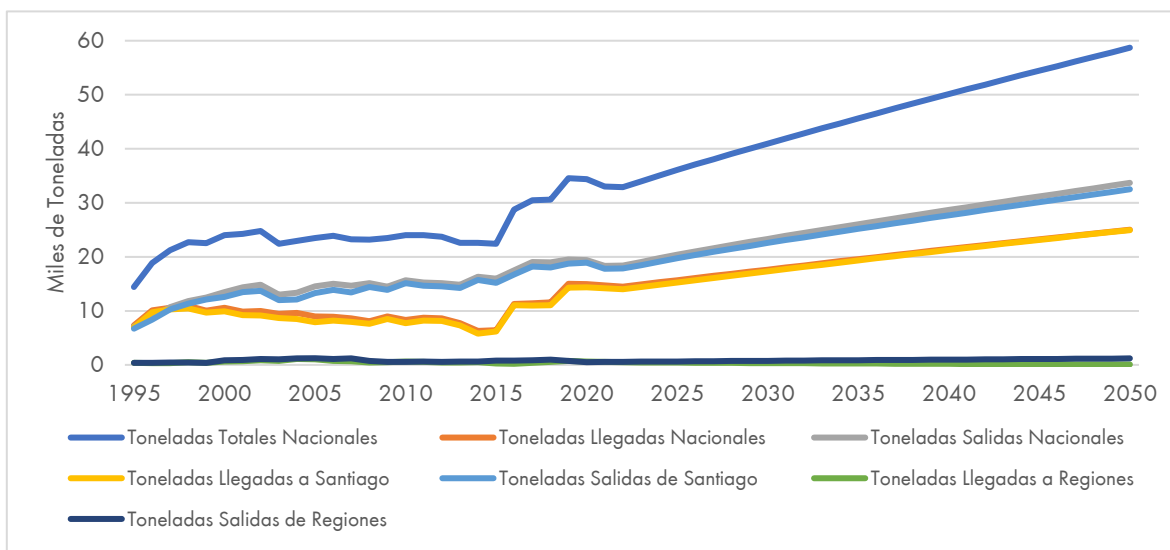


Figura 5: Carga Nacional



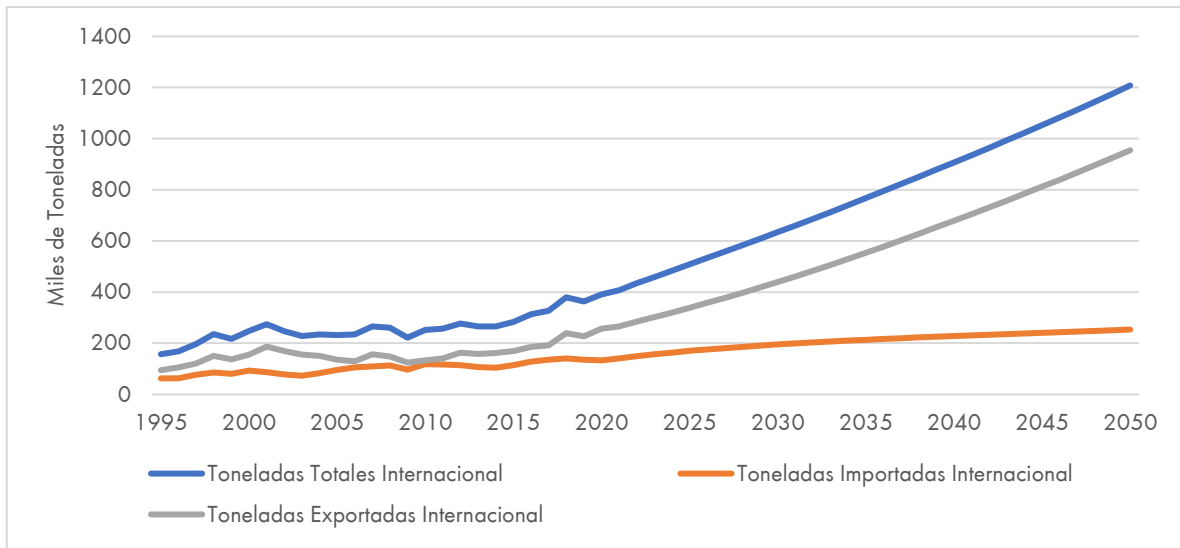
En la Figura 5 se exhibe la proyección de carga nacional. Esta es desagregada entre la carga llegada y salida, tanto a nivel nacional total, como de Santiago y el resto de las regiones.

Como puede apreciarse, la mayor proporción de la carga pasa por SCL, en ambos sentidos. A diferencia de lo sucedido en pasajeros, no parece haber una tendencia a cambiar dicha situación. En términos globales, la carga nacional crece desde 34 mil toneladas en 2019 a 41 mil en 2030, 50 mil en 2040 y 59 mil en 2050.

En la Figura 6 se exhibe la carga internacional, diferenciando entre importación y exportación. En términos globales, la carga internacional crece de 362 mil toneladas en 2019 a 634 mil en 2030, 906 mil en 2040 y 1,2 millones en 2050. De ellas, la exportación es 226 mil en 2019, 439 mil en 2030, 678 mil en 2040 y 954 mil en 2050.

Como puede apreciarse, las toneladas de exportaciones crecen más significativamente que las importaciones, lo que es atribuible a que son productos de menor valor agregado y mayor peso.

Figura 6: Carga Internacional



Adicionalmente, es posible desagregar las series de importación y exportación de acuerdo a la zona de origen y destino de la carga, respectivamente (Figuras 7 y 8).

La importación crece de 136 mil toneladas en 2019 a 195 mil toneladas en 2030, 228 mil

toneladas en 2040 y 253 mil toneladas en 2050. De dicha carga, las zonas de origen predominante son Norteamérica y Latinoamérica, con valores muy similares. Posteriormente, se ubican las importaciones de Europa. En magnitudes muy inferiores, le siguen Asia y África.

Figura 7: Carga Importada

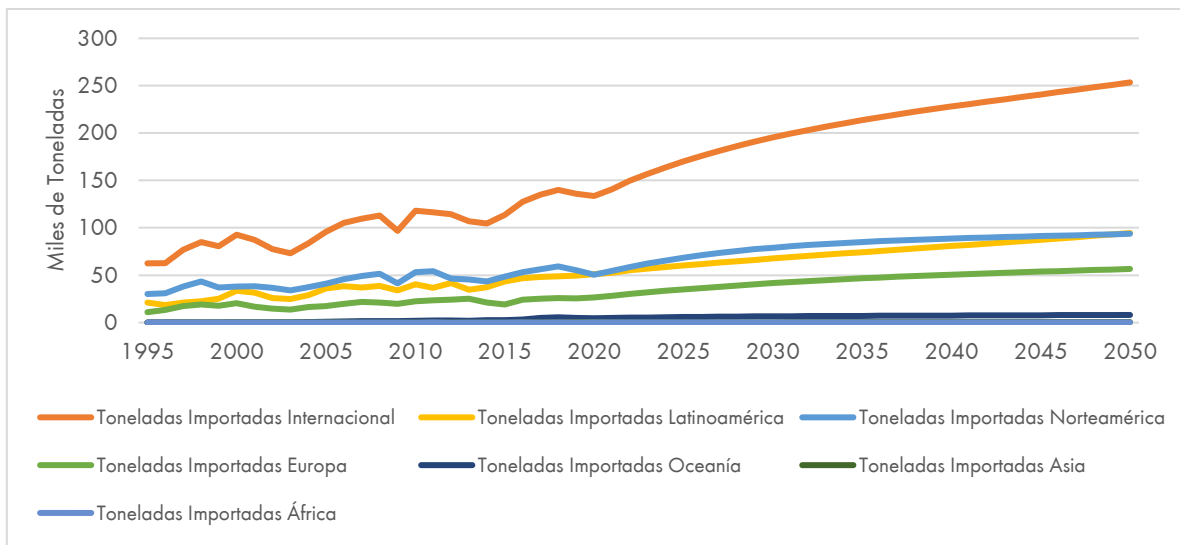
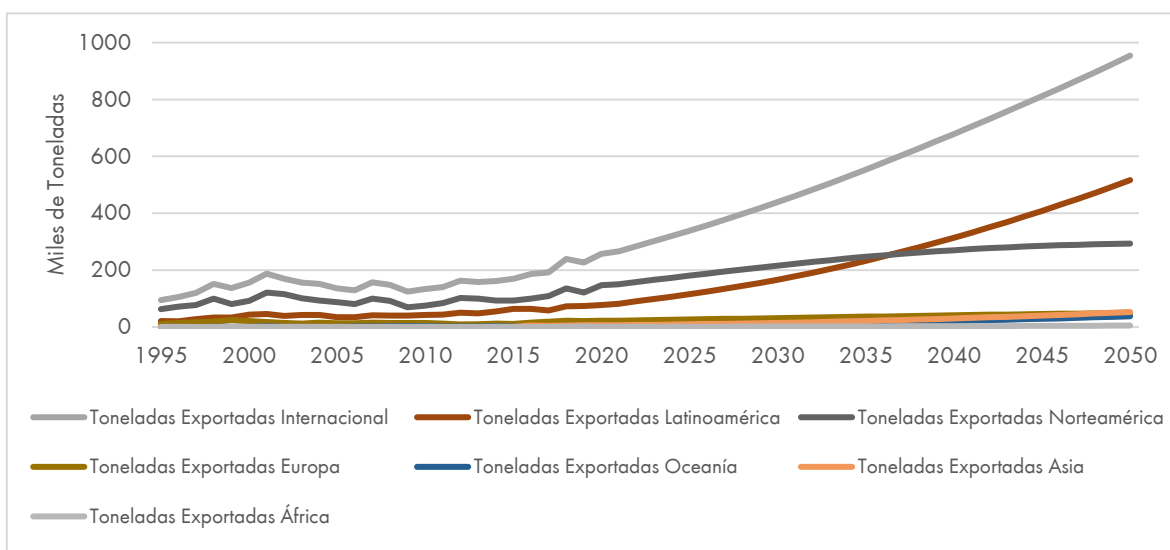


Figura 8: Carga Exportada



La exportación crece de 226 mil toneladas en 2019 a 439 mil toneladas en 2030, 678 mil toneladas en 2040 y 954 mil toneladas en 2050. De dicha carga, la zona de destino predominante al inicio es Norteamérica. No obstante, hacia mediados de la década de 2030 las exportaciones hacia Latinoamérica las sobrepasan (ver Figura 8). El resto de las zonas

tienen magnitudes mucho menores, siendo Asia y Europa las principales, seguidas por Oceanía.

A modo de validación, las proyecciones realizadas para el presente documento son comparadas con aquellas provenientes de otras fuentes, las cuales se exhiben en la Tabla 1.

Tabla 1: Comparación entre Proyecciones

Periodo – Región	OACI, 2012a	Presente Estudio
2021-2031 Intra-Sudamérica	6,8%	5,2%
Periodo – Región	OACI, 2016b	Presente Estudio
2012-2022 Doméstico Sudamérica	2,0%	*9,8%
2012-2022 Internacional Sudamérica	3,4%	*7,3%
2012-2022 Total Sudamérica	3,1%	*8,7%
2012-2042 Doméstico Sudamérica	1,6%	*6,1%
2012-2042 Internacional Sudamérica	3,0%	*4,6%
2012-2042 Total Sudamérica	2,8%	*5,5%
Periodo – Región	Airbus, 2019	Presente Estudio
2013-2018 Doméstico Latinoamérica	1,9%	*8,5%
2013-2018 Internacional Latinoamérica	4,1%	*9,5%
2018-2038 Total Latinoamérica	4,3%	4,7%
Periodo – Región	Boeing, 2019a	Presente Estudio
2018-2038 Total Latinoamérica	5,9%	*4,7%

**Datos observados hasta el primer trimestre de 2020 (JAC, 2020c).*

Como puede apreciarse, las proyecciones realizadas para este documento son superiores a las pronosticadas por OACI (2016b) para los viajes domésticos en Sudamérica, quienes auguran una tasa de crecimiento anual promedio entre 2012 y 2042 de 3,5%. Sin embargo, las tasas de crecimiento del continente han sido históricamente muy diferentes a la que exhibe Chile. Si se compara las tasas de crecimiento proyectadas entre 2012 y 2022 para la región, dicho informe predecía un crecimiento de 2,2% mientras que, en el caso de Chile, la tasa de crecimiento promedio observada entre 2012-2019 fue de 11% anual. La mayor tasa de crecimiento de Chile respecto a mayoría de los países del continente se puede explicar debido a un mayor ingreso per cápita, una política de cielos abiertos y las características geográficas propias del país.

2.2.3. Escenarios de Pandemia

Las proyecciones de demanda exhibidas en la sección anterior corresponden a aquellas realizadas con información previa a la pandemia ocasionada por el Coronavirus. Debido a eso, es posible interpretarlas como el Escenario de Referencia.

Sin embargo, los efectos de la pandemia han sido significativos en la industria, debido a las múltiples restricciones al desplazamiento de personas a nivel nacional e internacional. En consecuencia, se construyeron escenarios adicionales al de referencia, para las proyecciones de demanda de pasajeros nacionales e internacionales.

Estos nuevos escenarios se construyeron partiendo de la base que los modelos ya estimados no cambian, pues representan la relación histórica entre las variables. En cambio, sus particularidades están dadas por la inclusión de información adicional en la variable

dependiente (demanda) y actualizaciones de las proyecciones de corto y mediano plazo en las variables independientes (PIB).

Los nuevos escenarios son:

- Escenario 1: inclusión de datos observados de viajes hasta septiembre de 2020 y actualización de las proyecciones de PIB de la OCDE considerando dos olas de Coronavirus (junio, 2020)
- Escenario 2: inclusión de datos observados de viajes hasta septiembre de 2020 y actualización de las proyecciones de PIB del FMI (octubre, 2020)
- Escenario 3: Escenario 1, incluyendo además proyecciones de viajes nacionales tipo W² e internacionales tipo L³ hasta marzo de 2021, de OACI (octubre, 2020)
- Escenario 4: Escenario 2, incluyendo además proyecciones de viajes nacionales tipo W (dos olas de Coronavirus) e internacionales tipo L (sin recuperación) hasta marzo de 2021, de OACI (octubre, 2020)

Además, todos los nuevos escenarios utilizan las proyecciones del PIB de Chile del IPOM de septiembre de 2020.

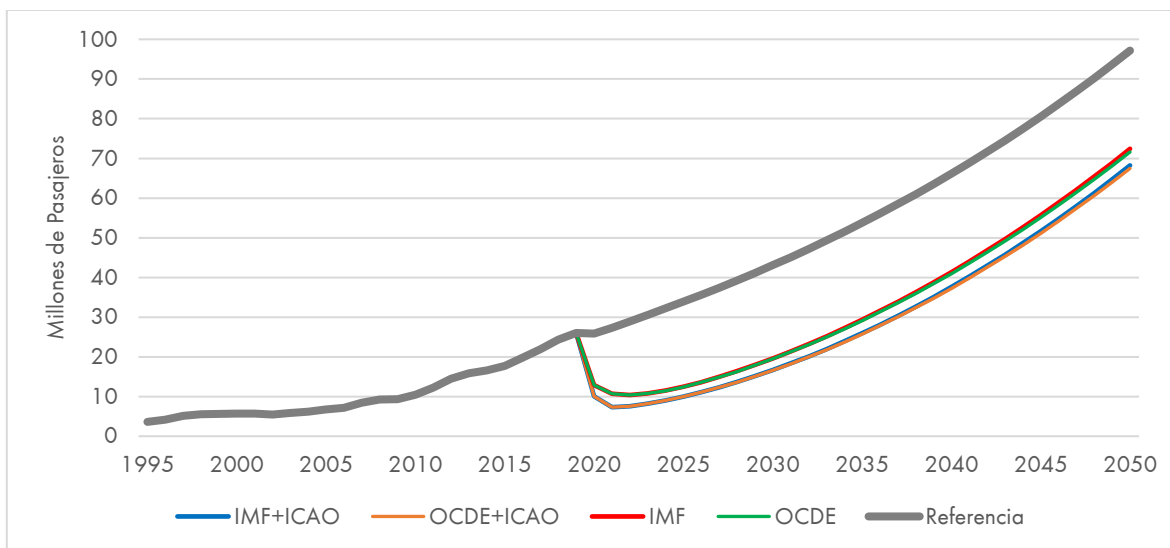
En la Figura 9, se presentan las modelaciones de dichos escenarios, en conjunto con el Escenario de Referencia. Como puede apreciarse, el Escenario 1 y el Escenario 2 son prácticamente idénticos, al igual que el Escenario 3 y el Escenario 4. Esto implica que el uso de los PIB de la OCDE o del FMI no representa una diferencia estadísticamente significativa.

Dado que las proyecciones del FMI tienen un periodo mayor (2020-2025) que las de la OCDE (2020-2021), y son utilizadas por OACI para sus predicciones, se descartan los Escenarios 1 y 3, conservándose solo los escenarios 2 y 4.

² El tipo W recibe dicho nombre por la forma de la curva proyectada, la cual se debe al efecto de dos olas de Coronavirus con sucesivas recuperaciones dentro del horizonte estimado.

³ El tipo L recibe dicho nombre por la forma de la curva proyectada, la cual se debe al efecto de una ola de Coronavirus que produce un impacto que no se recupera en el horizonte estimado.

Figura 9: Escenarios Preliminares



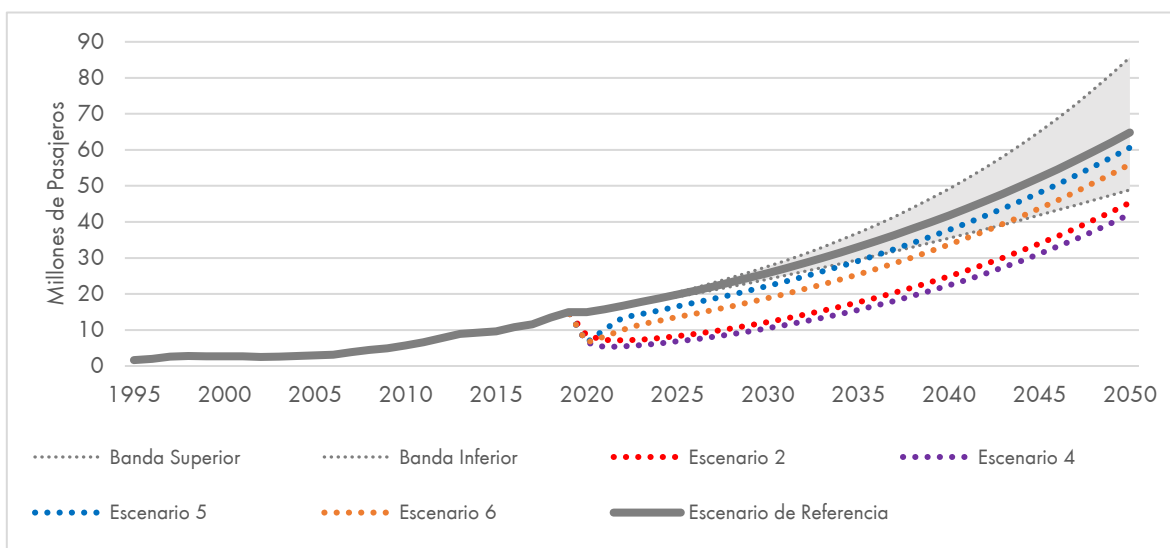
Para dar mayor profundidad al análisis, se construyeron otros dos escenarios:

- Escenario 5: Escenario 4, incluyendo además las proyecciones más probables de viajes nacionales e internacionales establecidas por la IATA (julio, 2020) hasta diciembre de 2024
- Escenario 6: Escenario 4, incluyendo además proyecciones pesimistas de viajes nacionales

e internacionales establecidas por la IATA (julio, 2020) hasta diciembre de 2024

Adicionalmente, se construyó el intervalo de confianza superior e inferior de las variables independientes utilizadas en las series. En base a ellas, se elaboraron las Bandas Superior e Inferior del Escenario de Referencia.

Figura 10: Escenarios de Pandemia – Pasajeros Nacionales



En la Figura 10, se exhiben los pasajeros nacionales modelados en los diversos escenarios previamente descritos. Como puede apreciarse, todos los escenarios tienden a diferenciarse en el

periodo entre 2020 y 2022. Luego de dicho año, las curvas tienen una forma más bien paralela entre sí. Esto implica que, a menos que se produzca un evento disruptivo que modifique la

relación entre las variables independientes (PIB y Población) y las dependientes (viajes), el Escenario de Referencia tiene una trayectoria que no logra ser alcanzada en el horizonte de análisis. Es decir, los efectos de la pandemia implican un impacto permanente en las proyecciones de pasajeros nacionales.

Como se aprecia en la Tabla 2, el Escenario 4 es el más pesimista, mientras que el 5 es el más optimista.

Por otro lado, la Banda Inferior alcanza un máximo de 49 millones de pasajeros en 2050, siendo un 25% inferior al Escenario de Referencia. Por otro lado, La Banda Superior alcanza un máximo de 85 millones de pasajeros en 2050, siendo un 32% superior al Escenario de Referencia. Esto muestra que los pasajeros

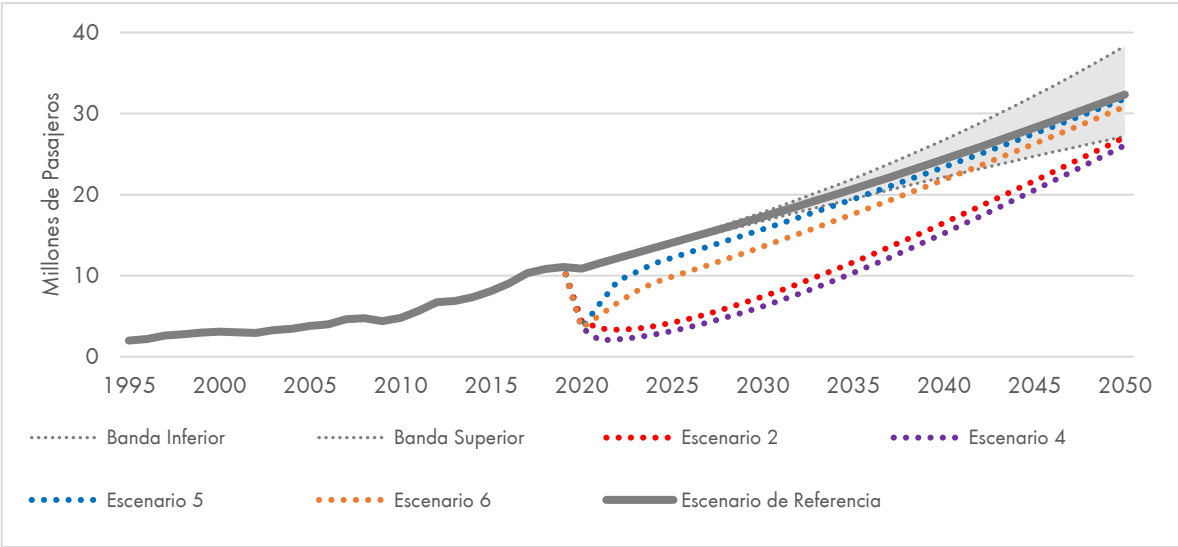
nacionales son más sensibles a alzas en el PIB y la Población que a bajas de igual magnitud en dichas variables.

Tabla 2: Escenarios de Pandemia – Pasajeros Nacionales

Escenario	Año de Recuperación Demanda 2019	Demanda 2050
2	2033	45 millones
4	2035	42 millones
5	2024	60 millones
6	2027	56 millones

En la Figura 11, se exhiben los pasajeros internacionales modelados en los diversos escenarios previamente descritos.

Figura 11: Escenarios de Pandemia – Pasajeros Internacionales



Al igual que en el caso de pasajeros nacionales, todos los escenarios tienden a diferenciarse en el periodo entre 2020 y 2022. Luego de dicho año, las curvas tienen una tendencia paralela entre sí, aunque parecen converger asintóticamente. Esto implica una recuperación más veloz que la observada en los pasajeros nacionales.

Aunque dicho fenómeno parece contraintuitivo, dadas las mayores restricciones a los viajes internacionales, se explica por el mayor crecimiento experimentado por esta serie en la última década. Debido a eso, la relación

estructural entre las variables tiende a replicar ese crecimiento más pronunciado en los pasajeros internacionales que en los nacionales.

Es decir, los efectos de la pandemia parecen no implicar un impacto permanente en las proyecciones de pasajeros internacionales, dependiendo el horizonte de análisis.

Como se aprecia en la Tabla 3, el Escenario 4 es el más pesimista, mientras que el 5 es el más optimista, al igual que sucedía con los pasajeros nacionales.

Tabla 3: Escenarios de Pandemia – Pasajeros Internacionales

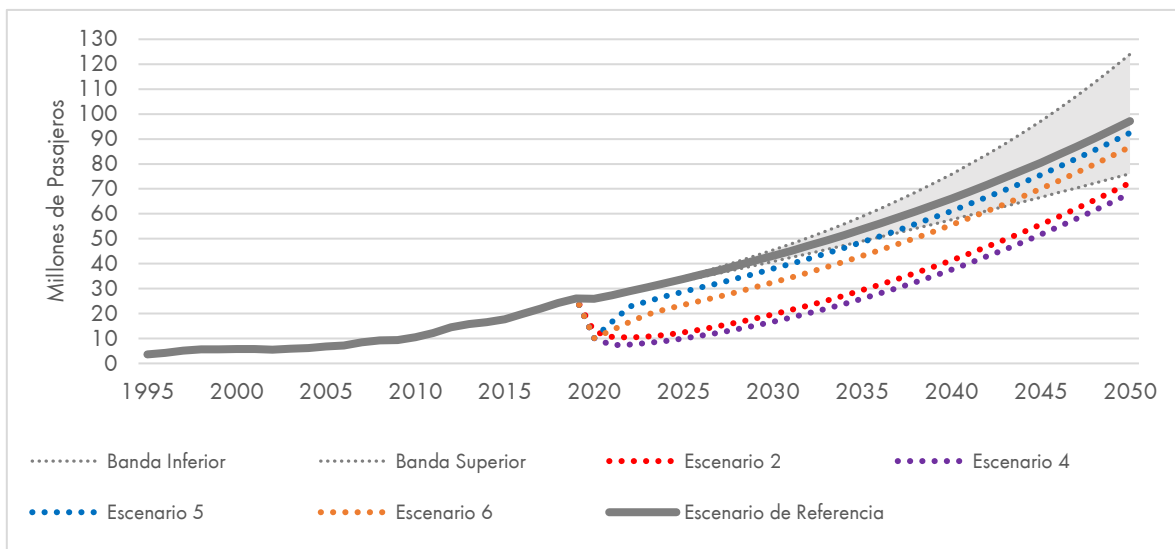
Escenario	Año de Recuperación Demanda 2019	Demanda 2050
2	2035	27 millones
4	2036	26 millones
5	2024	32 millones
6	2027	31 millones

Por otro lado, la Banda Inferior alcanza un máximo de 27 millones de pasajeros en 2050,

siendo un 16% inferior al Escenario de Referencia. Por otro lado, La Banda Superior alcanza un máximo de 38 millones de pasajeros en 2050, siendo un 18% superior al Escenario de Referencia. Esto muestra que los pasajeros internacionales también son más sensibles a alzas en el PIB y la Población que a bajas de igual magnitud en dichas variables.

Adicionalmente, se aprecia que las curvas de demanda de pasajeros internacionales son más robustas frente a variaciones.

Figura 12: Escenarios de Pandemia – Pasajeros Totales



En la Figura 12, se exhiben los pasajeros totales modelados en los diversos escenarios previamente descritos. Dado que las curvas corresponden a la suma de pasajeros nacionales e internacionales, su comportamiento es similar al ya descrito.

Tabla 4: Escenarios de Pandemia – Pasajeros Totales

Escenario	Año de Recuperación Demanda 2019	Demanda 2050
2	2034	72 millones
4	2036	68 millones
5	2024	92 millones
6	2027	87 millones

Como se aprecia en la Tabla 4, el Escenario 4 es el más pesimista, mientras que el 5 es el más optimista, al igual que sucedía con los pasajeros nacionales.

A pesar de que los Escenarios 5 y 6 se ubican muy cercanos al Escenario de Referencia hacia el final del periodo, es necesario notar que el mayor impacto no se aprecia al realizar el análisis observando un corte temporal específico, sino una demanda puntal. Dado eso, la principal consecuencia de la pandemia será aplazar significativamente las fechas en que se alcanzan ciertas demandas, lo que repercutirá en los años en que se requerirán nuevas inversiones.

Cabe destacar que al momento de elaborar el presente informe, la pandemia se encuentra iniciando su segunda ola en el hemisferio norte,

existiendo enorme incertidumbre respecto a sus consecuencias. Además, aun no existe certeza respecto a la efectividad de las vacunas ni la capacidad de inocular a miles de millones de personas con ellas, lo que produce incertidumbre en cuanto a la posibilidad de instalar una situación social similar a la existente previa al Coronavirus.

Este aspecto es crucial, ya que todos los escenarios utilizan los modelos estimados con datos históricos. Esto implica que se asume que la estructura de operación de la industria aérea seguirá siendo la misma. No obstante, en caso de que no haya una vacuna efectiva y ampliamente utilizada en el mundo, existan daños mayores a la economía, ocurran cambios estructurales en el comportamiento de los viajeros, se apliquen restricciones prolongadas en la densidad de uso de aeronaves y terminales, o se produzcan impactos más significativos en los proveedores de oferta de la industria aérea; los escenarios modelados no tendrían validez.

En cualquier de dichos casos, se requerirá modelos nuevos, los cuales solo podrán ser estimados de forma confiable una vez que el periodo de mayor incertidumbre haya pasado. Las relaciones estructurales de los mismos serán completamente diferentes a los actuales, pero es de esperar que sus proyecciones en el corto y mediano plazo sean inferiores a las del Escenario 4.

Considerando que todos los escenarios modelados se diferencian en el periodo entre 2020 y 2022, resultará crucial lo que suceda en dichos años. Durante ellos, será posible generar nuevas actualizaciones de los modelos, ya sea por la inclusión de nuevos datos observados (pasajeros, PIB y Población) como por la actualización de las estimaciones de corto y mediano plazo de variables independientes (PIB y Población).

Debe notarse que este es un estudio estratégico, con un alcance de largo plazo, el cual debe

actualizarse cada cinco años. En consecuencia, en futuras versiones se podrá incorporar el efecto del Coronavirus sobre las proyecciones de demanda.

2.2.4. Pasajeros de Hora Punta (PHP)

Para realizar un correcto dimensionamiento de los requerimientos de oferta, es necesario conocer la distribución temporal de la Demanda. En particular, suele utilizarse los Pasajeros de Hora Punta (PHP, por sus siglas en inglés; CChC, 2016; CChC, 2018; DAP, 2011; IATA, 2004; IATA, 2014; OACI, 1987; OACI, 2018; Quiz Consultores, 2018).

De acuerdo a la DAP (2011), la Hora Punta Máxima (H1), es la hora de mayor congestión de pasajeros medida en el periodo de un año. La utilización de la hora punta máxima (H1) para dimensionar un terminal sería diseñar para un caso puntual; lo cual no es representativo del año completo. Por ese motivo, la DAP (2011) emplea las Horas 30 (H30) y 40 (H40):

- En Terminales Internacionales, se utiliza la Hora 30 (H30), que corresponde a la trigésima hora más congestionada en un año.
- En Terminales Domésticos, se utiliza la Hora 40 (H40), que corresponde a la cuadragésima hora más cargada en un año.

Como indica la DAP (2011), para determinar los PHP de la H30 y H40 se estudió la demanda de la Red Primaria, para el periodo 2014-2018⁴. Este fue seleccionado como un compromiso entre contar únicamente con el caso puntual más reciente (último año) y no incluir un periodo demasiado largo que no explique las tendencias recientes, en línea con lo recomendado por la IATA (2014).

A partir de los datos, se buscó determinar la H30 y H40 como un porcentaje de la demanda anual de cada terminal. En línea con lo expuesto por Quiz Consultores (2018), se encontró una tendencia decreciente en el porcentaje que

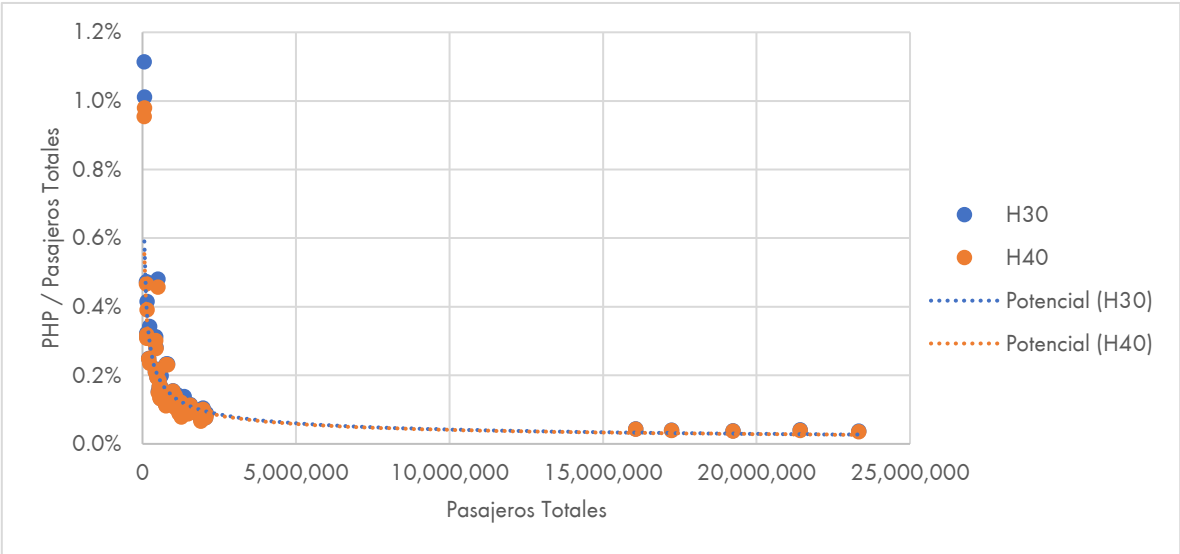
⁴ Debe notarse que el estallido social de Octubre de 2019 pudo alterar el comportamiento de viajes en

aviación, haciendo que dicho año pueda no ser representativo de la tendencia histórica.

representa la H30 y H40 con respecto al crecimiento de la demanda. Es decir, a medida que un terminal mueve un mayor número de

pasajeros anuales, la distribución de esa demanda en el año se homogeniza, reduciendo el porcentaje que representa las H30 y H40.

Figura 13: PHP y Pasajeros Totales



En la Figura 13 se presentan las H30 y H40 como porcentaje en relación al total de pasajeros transportados anuales de cada terminal de la Red Primaria, en el periodo 2014-2018. El análisis se hizo tanto para pasajeros domésticos, como internacionales y totales, pero solo se exhiben las curvas de pasajeros totales. Como puede apreciarse, los puntos son aproximables a una curva de tipo potencial, tanto para H30 como para H40. Dicha forma funcional está en línea con la tendencia decreciente definida por Quiz Consultores (2018), cumpliendo la expectativa teórica.

Al determinar las ecuaciones de cada curva, es posible estimar flujos de pasajeros en las trigésimas y cuadragésimas horas más cargadas del año, a partir de las demandas anuales de cada terminal, diferenciando pasajeros domésticos e internacionales. Los resultados determinados para distintos rangos se exhiben en la Tabla 5.

Cabe destacar que, al aplicar esta metodología a cada terminal de la Red Primaria, se encontró que existe una alta variabilidad de viajes en aquellos con menor demanda. Esto quiere decir que, para flujos de pasajeros bajos, Chile presenta una gran dispersión de la demanda a lo largo de las horas, con momentos de baja o nula ocupación y otros con alto volumen de tráfico. Lo anterior se traduce en mayores exigencias para la infraestructura, ya que se requiere diseñar para una mayor capacidad (en base a la demanda PHP) de lo que se necesitaría en condiciones en que existiese una distribución más homogénea de la demanda en el tiempo.

Sin embargo, también implica que es posible utilizar estrategias de gestión de demanda para

Tabla 5: PHP Modelado

Millones de Pasajeros Anuales (x)	PHP
$X < 0,09$	0,519% a 0,452%
$0,10 < X < 0,49$	0,428% a 0,190%
$0,50 < X < 0,99$	0,188% a 0,133%
$1,00 < X < 9,99$	0,132% a 0,042%
$10,00 < X < 19,99$	0,042% a 0,029%
$20,00 < X$	0,029% a 0,013%

asimilarse a los niveles de variabilidad horaria alcanzados en otros países. Así, se podría hacer un uso más eficiente de la infraestructura, requiriéndose menores inversiones. Una alternativa es la modalidad de *slots*, en que se puede realizar un cobro mayor en los periodos puntas y uno menor en los horarios valles.

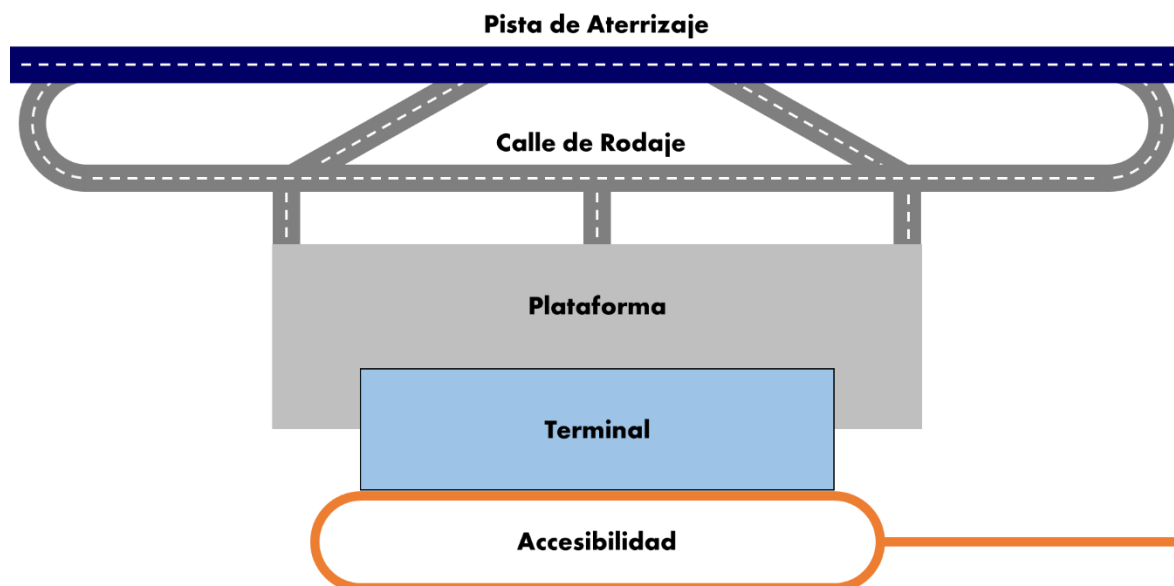
En dicho sentido, es interesante observar como el Aeropuerto Arturo Merino Benítez logra dispersiones horarias de su demanda menores. Luego, también se presenta como un ejemplo de gestión interesante para los aeropuertos regionales.

2.3. Diagnóstico de Eslabones

Además de la determinación de la Demanda, para poder realizar un adecuado diagnóstico del Transporte Aéreo en Chile, se requiere conocer la Oferta disponible.

La capacidad de un terminal está definida por la mínima capacidad de los eslabones que componen la cadena aeroportuaria. En términos operacionales, esta es la serie de actividades relacionadas con la producción del servicio de transporte o logística brindado a pasajeros o carga, respectivamente, y el rol de intercambiador modal del aeropuerto.

Figura 14: Eslabones de la Cadena Aeroportuaria



Los eslabones de la cadena aeroportuaria considerados para el análisis operacional son los siguientes: Pista de Aterrizaje, Calle de Rodaje, Plataforma, Terminal y Accesibilidad. Estos se muestran en la Figura 14.

A continuación, se presenta un resumen del diagnóstico realizado a cada uno de los eslabones para la Red Primaria. Mayores detalles sobre cada terminal pueden encontrarse en el Anexo 6.1 Análisis de la Red Primaria.

Es importante notar que la demanda utilizada corresponde al Escenario de Referencia. Dada la

pandemia, dichas estimaciones deberán ser revisadas en el corto y mediano plazo.

Para mayor detalle, ver Anexos 6.5 Estimación de Oferta, Anexo 6.6 Análisis de Equilibrio Oferta-Demanda y Anexo 6.7 Requerimientos de Infraestructura.

2.3.1. Pista de Aterrizaje

La Pista de Aterrizaje es el área rectangular de un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje o despegue de una aeronave. Sus principales características operacionales son su tamaño (largo y ancho) y resistencia, ya que estas

determinan la aeronave de mayores dimensiones que la puede utilizar, constituyendo una restricción física.

Adicionalmente, su capacidad de atender aeronaves por unidad de tiempo depende de diversos factores, como son los climáticos, administrativos (horas diarias de funcionamiento), tecnológicos (sistemas de aterrizaje y control) y operativos (relativos al funcionamiento de otras pistas en el mismo aeródromo).

En la Tabla 6, se presentan los rangos de capacidad en operaciones por hora (ops/h) de acuerdo a la OACI (1987). En la Red Primaria de Chile, la mayor parte de los aeropuertos y aeródromos corresponden a la Configuración Número 1; con las excepciones de Santiago, que cuenta con la Configuración Número 4, y Punta Arenas, que cuenta con la Configuración Número 5.


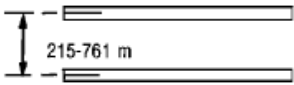
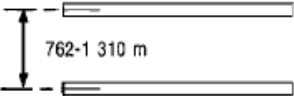
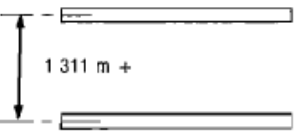
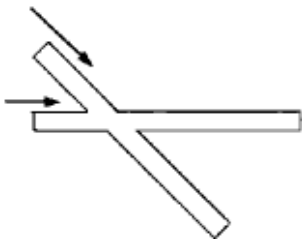
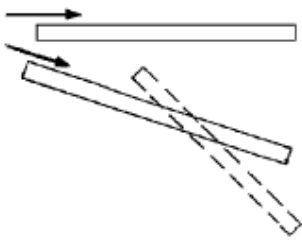
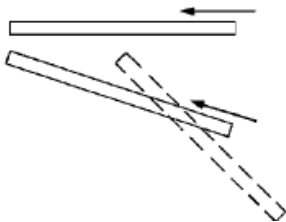
Para determinar las capacidades de cada terminal de la Red Primaria se usaron las cotas mínimas definidas por la OACI (1987). Es decir, es un escenario conservador en relación a la capacidad potencial de la infraestructura de acuerdo a los *benchmarks* disponibles, y los cálculos se realizan de manera general y teórica, sin considerar las particularidades de cada terminal.

Además, para alcanzar dichas capacidades, es necesario contar con los equipamientos y procedimientos apropiados, así como con las Calles de Rodaje y Plataformas idóneas.

En la Tabla 7, se presentan las demandas máximas (2050) y ofertas presentes en cada terminal de la Red Primaria. Los requerimientos de capacidad fueron estimados transformando los PHP respectivos en vuelos, utilizando como criterio aviones para 220 pasajeros en vuelos nacionales y aviones para 303 pasajeros en vuelos internacionales⁵, con una tasa de ocupación del 100%. Esto se debe a que se

considera que durante los periodos punta, los vuelos se encuentran mayormente copados.

Tabla 6: Capacidad de Pistas de Aterrizaje (OACI, 1987)

ID	Configuración de Pista	Capacidad (ops/h)	
		Min	Max
1		50	98
2	 215-761 m	56	197
3	 762-1 310 m	62	197
4	 1 311 m +	99	197
5		56	98
6		56	150
7		56	132

⁵ De acuerdo a la información recabada en las entrevistas con actores clave.

Tabla 7: Diagnóstico de Pistas de Aterrizaje

Ciudad del Terminal	Capacidad (ops/h)	Demanda (ops/h)
Arica	50	10
Iquique	50	13
Calama	50	14
Antofagasta	50	15
Copiapó	50	7
La Serena	50	10
Isla de Pascua	50	7
Santiago	99	75
Concepción	50	12
Temuco	50	9
Valdivia	50	6
Osorno	50	4
Puerto Montt	50	13
Castro	50	3
Balmaceda	50	7
Punta Arenas	56	11

Como puede apreciarse en la Tabla 7, la totalidad de los terminales cuentan con capacidad suficiente a nivel de Pistas de Aterrizaje para atender la demanda durante todo el periodo de análisis. El caso de Santiago es el más cercano a la saturación del periodo. A esto debe sumarse el hecho de que los requerimientos de demandan solo consideran los aviones que transportan pasajeros.

Cabe destacar que, de acuerdo a los planes actuales de la DAP y la DGAC, SCL alcanzará una capacidad de 80 ops/h, requiriéndose inversiones adicionales en equipamiento y/o Calles de Rodaje para alcanzar las capacidades de referencia.

2.3.2. Calles de Rodaje

El sistema de Calles de Rodaje corresponde a las conexiones entre los diferentes elementos de un aeródromo, como son las Pistas de Aterrizaje y Terminales de Pasajeros y Carga. En consecuencia, su diseño debe minimizar las distancias recorridas, manteniendo la seguridad y

simpleza. A menos que exista congestión en otro eslabón de la cadena, las Calles de Rodaje son un espacio de uso transitorio.

Este es un eslabón particular de la cadena aeroportuaria, ya que no es posible determinar su capacidad de forma estandarizada. Para hacerlo, se requiere microsimular el funcionamiento de las mismas en conjunto con el de las pistas de aterrizaje y las plataformas. En consecuencia, los análisis se limitan a exhibir su configuración en la sección respectiva a cada terminal.

2.3.3. Plataforma

La Plataforma es el área definida para acomodar las aeronaves con propósitos de subida y bajada de pasajeros, así como de carga y descarga de bienes, llenado de combustible y mantenimiento. Su capacidad depende del número y tamaño de sitios para aeronaves, así como de la velocidad y número de puertas utilizadas para atender la aeronave.

En la Tabla 8, se presenta la oferta y demanda de Plataformas en la Red Primaria. El criterio aplicado para la conversión de demandas PHP en aeronaves es el mismo que el empleado en el caso de las Pistas de Aterrizaje. Como puede apreciarse, existen dispares situaciones en saturación en las plataformas de los terminales de la Red Primaria. La mayor parte ha alcanzado la congestión en 2020, siendo el caso de Arica, Iquique, Calama, Antofagasta, La Serena, Isla de Pascua, Temuco, Balmaceda y Punta Arenas.

Además, Copiapó, Concepción, Valdivia, Osorno, Puerto Montt y Castro cuentan con capacidad suficiente en el inmediato, pero esta es sobrepasada antes del final del periodo de análisis. Solamente el Aeropuerto de Santiago tiene sitios suficientes para estacionamiento de aeronaves durante todo el periodo de análisis.

Cabe destacar que los análisis anteriores corresponden exclusivamente a los aviones que operan pasajeros. Aunque estos también transportan carga, existen aeronaves dedicadas exclusivamente ese propósito, las cuales se encuentran fuera del presente análisis. Debido a

eso, es probable que Arturo Merino Benítez si vea sobrepasada su capacidad antes de 2050.

No obstante lo anterior, la mayor parte de los aeródromos y aeropuertos cuentan con terrenos disponibles para extender sus plataformas. Este

proceso tiene la ventaja de poder realizarse de forma discreta, agregando un sitio de estacionamiento por vez, de acuerdo a las necesidades. Luego, la demanda es equivalente al programa de requerimientos.

Tabla 8: Diagnóstico de Plataformas

Ciudad del Terminal	Capacidad (aeronaves)	Demanda (aeronaves en PHP)				Año de Saturación
		2025	2030	2040	2050	
Arica	4	6	7	8	10	2020
Iquique	6	8	8	11	13	2020
Calama	6	9	10	12	14	2020
Antofagasta	8	9	11	13	15	2020
Copiapó	5	4	5	6	7	2035
La Serena	5	7	7	9	10	2020
Isla de Pascua	2	4	5	6	7	2020
Santiago	76	45	51	63	75	>2050
Concepción	10	8	8	10	12	2043
Temuco	4	6	6	8	9	2020
Valdivia	3	3	4	5	6	2028
Osorno	2	3	3	4	4	2023
Puerto Montt	9	8	9	11	13	2034
Castro	2	2	2	3	3	2039
Balmaceda	4	5	5	6	7	2020
Punta Arenas	5	7	8	9	11	2020

2.3.4. Terminal

De acuerdo a la DAP (2011), el Edificio Terminal es la conexión entre *landside* (lado tierra) y *airside* (lado aire). Debe notarse que pueden diferenciarse entre dos tipos, aquellos dedicados principalmente a los pasajeros, y aquellos dedicados exclusivamente a la carga. No obstante, incluso en los terminales dedicados principalmente a pasajeros, se mueve carga.

En el caso del Terminal de Pasajeros, la DAP (2011) lo define como la estructura que alberga los procesos de embarque y desembarque que deben realizar los pasajeros que dejan el transporte terrestre para abordar una aeronave o viceversa. Su diseño depende del Nivel de Servicio con el que se busque satisfacer la demanda, cuyo rango va desde la A hasta la F.

En el caso chileno, los Edificios Terminales de la Red Primaria son diseñados de acuerdo a un Nivel de Servicio C, el que implica que los flujos sean estables, las demoras sean aceptables y el confort sea bueno. Dado que el Edificio Terminal debe proveer el recinto para el desarrollo de diversos procesos, el Nivel de Servicio C debe ser alcanzado en cada uno de ellos. En consecuencia, la capacidad del terminal es aquel máximo número de pasajeros que puede transportar sin que el Nivel de Servicio sea peor que C en ningún proceso ocurrido en el Edificio Terminal.

En la Figura 15, se exhiben los principales componentes de un Terminal de Pasajeros. Los 17 primeros corresponden a los definidos por la DAP (2011), a los cuales se han agregado dos: Mangas / Puertas y Estación de Transporte

Público. También se exhiben algunas zonas específicas relativas a la accesibilidad, en que se destaca la posibilidad de tener accesos no rodoviaros. En caso de que el terminal sea únicamente doméstico, algunas de las áreas no serán necesarias, como son los controles de pasaportes de Emigración e Inmigración.

Figura 15: Componentes de la Terminal de Pasajeros

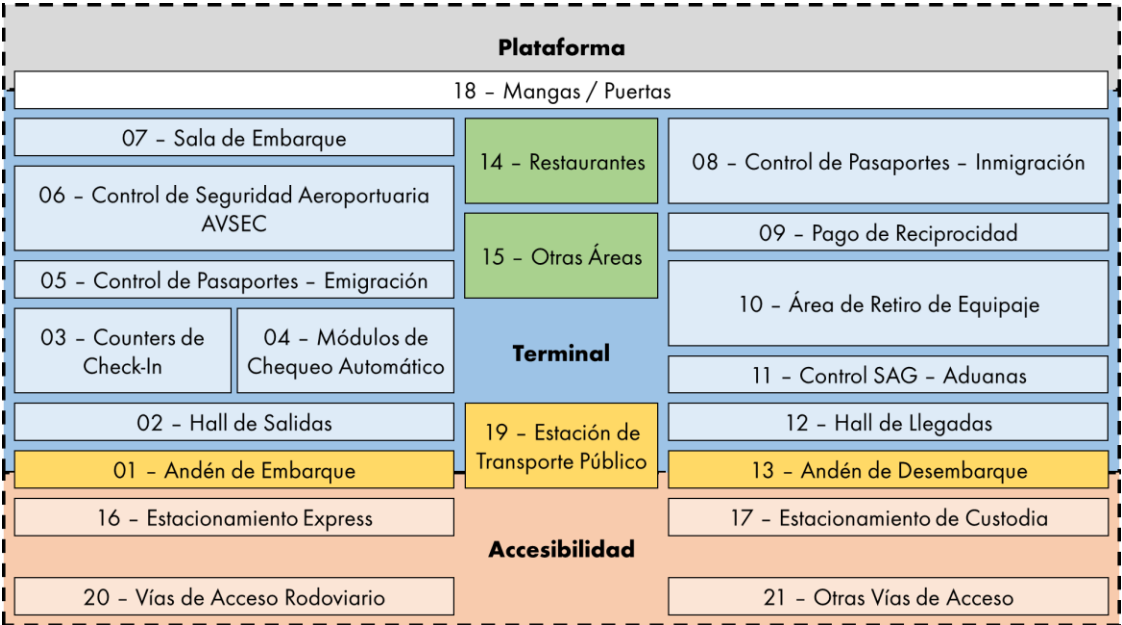
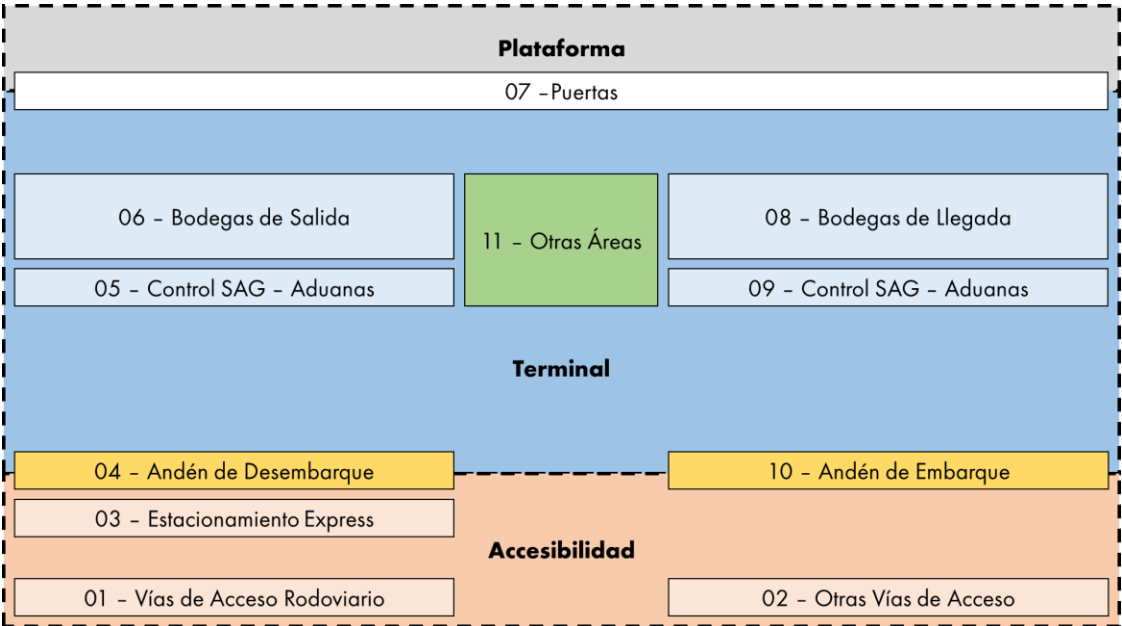


Figura 16: Componentes de la Terminal de Carga



En la Figura 16, se presentan los componentes de la Terminal de Carga. También se exhiben algunas zonas específicas relativas a la accesibilidad. Su composición es análoga a la del Terminal de Pasajeros, aunque la cantidad de procesos internos que se requieren es menor.

No obstante, cuando las cargas viajan en los *bellys* de los aviones de pasajeros, como es el caso de Chile, se requiere que el Terminal de Carga se ubique cercano al Terminal de Pasajeros, de forma de no dificultar la operación conjunta. Además, el Terminal de Carga tiene mayores exigencias de revisión de los productos cuando estos viajan en aviones de pasajeros, requiriéndose más superficie y equipamiento para dar niveles de servicios apropiados.

Para la determinación del requerimiento de infraestructura asociado a la demanda de pasajeros, se probó el uso de dos métodos alternativos:

- Metodología Detallada: correspondiente al dimensionamiento de cada subcomponente de la Terminal en base a la DAP (2011), que es la norma actual en Chile, para luego determinar el requerimiento total. Los valores empíricos encontrados son:
 - 28,4 m²/pasajero/h en PHP para el caso doméstico
 - 31,1 m²/pasajero/h en PHP para el caso internacional
- Metodología Agregada: correspondiente al estándar internacional, de acuerdo a la IATA (2004; 2014), en el que se dan estándares generales para el terminal completo:
 - 25 m²/pasajero/h en PHP para el caso doméstico
 - 35 m²/pasajero/h en PHP para el caso internacional

Como puede apreciarse, ambos métodos tienen resultados relativamente similares. No obstante, la Metodología Detallada implica el diseño total del terminal, contrario a las prácticas internacionales, cuyo foco está en los niveles de servicio. Además, la Metodología Detallada presenta un requerimiento de superficie muy bajo para el caso de pasajeros internacionales, al compararlo con el promedio internacional de 46 m²/pasajeros/h en PHP (IATA, 2014). Dado lo anterior, se considera más apropiado el uso de la Metodología Agregada.

Cabe destacar que, estos cálculos son meramente referenciales. Además, el aspecto crucial no son

las superficies construidas, sino los niveles de servicio prestados. Aunque ambos aspectos están relacionados, el nivel de servicio también depende de la gestión operacional, la optimización de los procesos y el uso de la tecnología.

Para la determinación del requerimiento de infraestructura asociado a la demanda de carga, existe muy poca información. Solo se encontró un estándar internacional, dado por la IATA (2004), en la que se entregan tres rendimientos en función del nivel de automatización:

- Bajo: 5 ton/m²/año
- Medio: 10 ton/m²/año
- Alto: 17 ton/m²/año

El único aeropuerto que cuenta con terminales de carga es SCL. De Logística Aérea (2018), es posible deducir que su rendimiento es de 7,6 ton/m²/año. Esto lo ubica en un nivel de automatización entre Bajo y Medio para los estándares antes exhibidos.

Dado lo anterior, se hace fundamental contar con una recolección sistemática de datos respecto a la oferta de carga en la Red Primaria. Adicionalmente, se requiere determinar una metodología para la estimación de capacidades y niveles de servicio en dicha infraestructura, en función del tipo de tecnología y equipamiento disponible, así como de la carga transferida. De esta forma, en futuros estudios se podrá determinar con mayor detalle los requerimientos dados por la demanda y las brechas que se producen con la oferta existente en cada uno de los eslabones.

En la Tabla 9, se presenta el resumen de las obras requeridas en terminales. De forma agregada, en la base existen 579.975 m² de terminales, los cuales se incrementan un 35% en 2030, totalizando 784.210 m². Luego, en 2040 se incrementan un 20%, alcanzando los 943.900 m². Los aumentos de infraestructura en terminales en 2030 son mayores que en 2040, ya que existe un déficit de oferta.

Debe notarse que, las ofertas indicadas incluyen todos los proyectos del Plan de Aeropuertos de la DAP (2020):

- Proyectos en construcción: Arturo Merino Benítez, El Tepual, Diego Aracena y Carriel Sur
- Relicitaciones: Chacalluta, Presidente Carlos Ibáñez del Campo, La Florida, El Loa, Araucanía, Desierto de Atacama, El Tepual y Andrés Sabella
- Nuevas Concesiones: Balmaceda, Viña del Mar, Pucón, Pichoy, Cañal Bajo Carlos Hott Siebert y Mocopulli

Entre las nuevas concesiones del plan se incluye Viña del Mar y Pucón, los cuales no pertenecen a

la Red Primaria. En consecuencia, se encuentran fuera del alcance del presente documento, pero igualmente deben ser estudiados en detalle.

Adicionalmente, se consideró que las inversiones en infraestructura se inauguran en intervalos de 10 años. De esta forma, se logra un compromiso entre no tener excesiva sobreoferta al momento de la apertura y no estar realizando obras de manera permanente. Además, se definió que las primeras obras pueden ser inauguradas en 2030, dejando 10 años para el diseño y construcción de los proyectos; y que hacia el final del periodo se diseña para la demanda de 2050, por lo que se requerirán inaugurar nuevas obras en 2051.

Tabla 9: Diagnóstico de Terminales

Ciudad	Terminal (m2)				
	Capacidad Base Proyectada	2030		2040	
		Construcción	Capacidad Requerida	Construcción	Capacidad Requerida
Arica	11.592	9.008	20.600	5.200	25.800
Iquique	21.200	11.100	32.300	7.900	40.200
Calama	21.750	11.050	32.800	8.200	41.000
Antofagasta	20.000	17.600	37.600	8.900	46.500
Copiapó	10.000	6.800	16.800	4.400	21.200
La Serena	13.000	11.400	24.400	5.500	29.900
Isla de Pascua	1.250	14.250	15.500	3.600	19.100
Santiago - T1	135.000	-	135.000	-	135.000
Santiago - T2	205.110	-	205.110	37.190	242.300
Santiago - Carga Nac.	3.807	2.593	6.400	1.200	7.600
Santiago - Carga Inter.	46.066	68.834	114.900	43.200	158.100
Concepción	11.800	13.700	25.500	6.200	31.700
Temuco	10.000	11.500	21.500	5.500	27.000
Valdivia	8.000	4.100	12.100	3.100	15.200
Osorno	8.000	1.100	9.100	2.300	11.400
Puerto Montt	20.000	7.600	27.600	6.400	34.000
Castro	5.000	1.100	6.100	1.600	7.700
Balmaceda	12.400	3.800	16.200	3.600	19.800
Punta Arenas	16.000	8.700	24.700	5.700	30.400

Cabe destacar que, para la estimación de requerimientos de infraestructura, no se considera gestión de la demanda. Luego, estos requerimientos son una cota superior, la cual podría ser reducida a través de estrategias de homogenización de la demanda a lo largo del tiempo.

2.3.5. Accesibilidad

La Accesibilidad se define como la posibilidad de acceder al Terminal de Pasajeros y/o Carga a través de medios no aéreos. Principalmente, esto se refiere a las vías de acceso terrestres, que en el caso chileno son únicamente carreteras y vías troncales. No obstante, también es posible contar con otras vías de acceso, como vías de tren y/o metro.

Dado que aeródromos y aeropuertos son la interfaz entre el transporte aéreo y el transporte terrestre, la accesibilidad es un eslabón fundamental para su correcto funcionamiento. Su capacidad debe estar diseñada acorde a la del resto de los componentes, especialmente en lo relativo a los Terminales.

En el caso de los Terminales de Pasajeros, es crucial considerar acceso mediante transporte público, especialmente en la medida que el volumen de demanda aumenta. Esto se debe a que el transporte público es una forma mucho más eficiente de desplazamiento que el transporte privado, exigiendo menos recursos en infraestructura.

Más aún, el transporte público ofrece alternativas de viaje más económicas entre los Terminales de Pasajeros y las ciudades cercanas que los modos de transporte privado, como son los autos particulares, *transfers* y taxis. Este aspecto es especialmente importante para los viajes *Low Cost*, en que la barrera para realizar el desplazamiento puede estar dada por el precio de la accesibilidad. El transporte público es también una forma de mejorar el acceso para todo el personal que trabaja en el recinto aeroportuario.

Para los Terminales de Carga, la situación es análoga. En el caso de aeropuertos con

Terminales de Carga y Pasajeros, y demandas elevadas, es recomendable separar los accesos. De esta forma, se facilita dar un mejor nivel de servicio a cada tipo de usuario.

Para determinar la capacidad de la Accesibilidad, se identificaron los puntos más restrictivos de conexión entre los terminales y las ciudades a las cuales sirven. El criterio de capacidad fue determinado a través del Nivel de Servicio (TRB, 2010), estableciendo un umbral C, de manera análoga a lo aplicado por la DAP (2011) para los terminales de pasajeros.

Dada la inexistencia de servicios de transporte público a la mayoría de los terminales, la consideración general es que los viajeros llegan en transporte privado. Luego, se utiliza el supuesto de la DAP (2011), que indica que, en promedio, los viajeros tienen una tasa de ocupación de 1,7 personas por vehículo.

Hacia 2025, se consideró la posibilidad de habilitar servicios de buses en los terminales, de forma de hacer un uso más eficiente de la infraestructura y entregar una oferta de accesibilidad de menor costo. Desde dicho punto, se utiliza un supuesto de la DAP (2011), la que indica que el 30% de los viajeros utilizaría transporte público. Para los viajeros que usarían el transporte público, se considera una capacidad de 55 pasajeros por vehículo y que los buses son tratados como 2,5 vehículos equivalentes.

Debe notarse que la propuesta es implementar recorridos especializados a los aeropuertos, los cuales entreguen niveles de servicio acordes a las necesidades de los pasajeros, por lo que se necesita de vehículos diseñados para estos fines. Estos deben contar con capacidad de transportar cómodamente tanto a viajeros como a su equipaje, por lo que no basta con los buses usados en el resto de los sistemas de transporte público.

Cabe destacar que, dado el carácter estratégico del presente estudio, se consideró un único modelo para todo el país. Su influencia radica solamente en la capacidad de mover pasajeros en cada vehículo y del número de vehículos equivalentes que estos representan. No obstante,

para la implementación de sistemas de transporte público particulares a cada terminal, se requiere un estudio de nivel operacional que permita identificar los modelos más acordes al contexto de cada uno.

Adicionalmente, también hacia 2025, se consideró que era factible reemplazar los peajes manuales presentes en la accesibilidad de algunos terminales por sistemas TAG (pórticos de telepeaje). Tanto la inclusión del transporte público como del sistema TAG se han considerado como medidas previas a la

ejecución de obras mayores, ya que se consideran formas de gestión en base a las cuales se puede aliviar la congestión.

Además, las estimaciones de demanda solo consideran los pasajeros de hora punta, a los cuales se hace necesario agregar la carga y los trabajadores de los terminales. En consecuencia, las exigencias sobre la infraestructura pueden ser mayores, especialmente para el caso de Santiago, dado su tamaño y la concentración del tráfico de carga del país.

Tabla 10: Diagnóstico de Terminales

Ciudad	Accesibilidad (pistas/sentido)			Flujo en Transporte Público (pax/h/s)
	Capacidad Base Proyectada	Año Construcción	Capacidad Requerida	
Arica	1	2039	2	796
Iquique	1	2030	2	1.058
Calama	1	2030	2	1.209
Antofagasta	1	2030	2	1.224
Copiapó	1	-	1	658
La Serena	2	2040	3	842
Isla de Pascua	1	-	1	513
Santiago - T1	2	2030	8	5.589
Santiago - T2				
Santiago - Carga Nac.	8	2040	10	-
Santiago - Carga Inter.				
Concepción	1	-	1	997
Temuco	1	2036	2	850
Valdivia	1	-	1	463
Osorno	1	-	1	343
Puerto Montt	1	2030	2	1.071
Castro	1	-	1	230
Balmaceda	1	-	1	612
Punta Arenas	1	2033	2	863

En la Tabla 10, se presenta el resumen de las obras requeridas en accesibilidad y los flujos de pasajeros máximos transportados en hora punta por sentido en los servicios de transporte público

de cada terminal. Se pasa de tener un total de 18 pistas por sentido a 34, con un aumento del 89%. De este aumento, el principal responsable es Santiago, requiriendo casi el 50% de las nuevas

pistas. Debido a lo mismo, sus inversiones fueron divididas en dos periodos, ejecutándose en los mismos años que aquellas requeridas para los terminales de pasajeros y carga.

En el caso de SCL, es necesario estudiar la factibilidad de construir un servicio de rieles que conecte el aeropuerto con la ciudad, de forma de ofrecer una alternativa atractiva y confiable al transporte rodoviario. Esta sería una opción más eficiente en el uso de espacio y en el consumo de energía. También sería más sustentable y podría ser menos costosa para los usuarios.

En general, los servicios de rieles, al permitir una mayor densidad de pasajeros, implican menores requerimientos de espacio. En consecuencia, al tiempo de que se alivia la congestión en la vialidad, no se incrementan los terrenos utilizados para transporte en igual magnitud que la necesaria para dar el mismo servicio con los modos rodoviario. Esta mayor densidad también reduce el costo de operación y los costos de eventuales expropiaciones.

Además, las tasas de accidentabilidad de pasajeros en servicios de rieles son significativamente menores que las del transporte rodoviario. También existe mayor certidumbre en los tiempos de viaje, sin experimentar congestión y pudiendo dar mayores velocidades operacionales que formas alternativas.

Debe notarse que ya existen planes de expansión de Metro al Aeropuerto de Santiago, además de una iniciativa privada presentada por ENGIE a Concesiones del MOP y declarada de interés público. Tanto en esas iniciativas, como en otras privadas o públicas (especialmente desde SECTRA y EFE) que pudieran surgir, es crucial estudiar apropiadamente la demanda, notando las particularidades del tipo de viajero que haría uso del servicio, además de identificando los orígenes y destinos finales de los mismos, así como la estructura de partición modal que tendrían. La integración tarifaria con los servicios de Red (sistema integrado de transporte público de Santiago) es otro aspecto fundamental de analizar, tanto en su impacto en la oferta como en la demanda.

2.4. Estudio de Impactos Ambientales

2.4.1. Supuestos de Cálculo

A partir de la demanda estimada, transformada en número de naves por ruta, se determinaron los impactos ambientales de la industria aérea. Estos se dividieron en dos: emisiones de contaminantes y emisiones de ruido. En la presente sección se detallan los primeros, mientras que el ruido es tratado a nivel de cada terminal en su sección correspondiente.

Debe notarse que, a diferencia de otros países, como los miembros de la Unión Europea y la mayor parte de Asia, en Chile no existe un modo de transporte alternativo al avión que sea competitivo en distancias medias y largas (tren). A eso se suma la relativa insularidad del territorio, ubicado a grandes distancias de los principales destinos internacionales y delimitado geográficamente por océanos, cordilleras y desiertos. En consecuencia, el transporte aéreo es fundamental.

Para determinar las emisiones de contaminantes, se utilizó como base la demanda de carga y pasajeros para cada ruta, con la que se determinaron los recorridos totales en cada tipo de aeronave. Luego, se determinaron los consumos de combustible de las aeronaves consideradas por unidad de distancia.

Posteriormente, se usaron los datos de OACI para obtener los respectivos factores de emisión de cada uno de los modelos de aeronaves, considerando los siguientes contaminantes: Dióxido de Carbono (CO₂), Hidrocarburos (HC), Monóxido de Carbono (CO) y Óxidos Nitrosos (NO_x). Dichos factores están en línea con los establecidos por CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, Esquema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Civil Internacional, de OACI, 2019) y la DAN 16 (DGAC, 2018).

Debe notarse que, para la realización de estas estimaciones, se consideraron tres aeronaves, de manera consistente con lo realizado en las

proyecciones de demanda: Airbus A321-211 para vuelos nacionales de pasajeros y carga (en los *bellys*, haciendo uso en simultáneo del avión), Boeing B787-9 para vuelos de pasajeros internacionales y Boeing B767-300F para vuelos internacionales de carga⁶. Dichas naves se mantuvieron durante todo el periodo de análisis, por lo que la tecnología (y por ende el consumo de combustible y los factores de emisión) no variaron a lo largo del tiempo. En consecuencia, las proyecciones son una cota superior de la contaminación, la cual puede ser reducida a través de aumentos en los factores de ocupación de las aeronaves, mejoras tecnológicas de los motores y ayudas en navegación e infraestructura.

Para determinar las emisiones de ruido, se consideraron las mismas aeronaves, así como el ruido máximo que pueden emitir, de acuerdo a la Federal Aviation Administration (FAA, 2012), en decibeles (dB). Estos se exhiben en la Tabla 11.

Tabla 11: Ruido Máximo por Aeronave (FAA, 2012)

Modelo	Ruido Máximo (dB)
A321-211	86,7
B787-9	85,0
B767-300F	89,4

Por otra parte, al considerar la normativa de emisiones de ruido, es necesario remitirse a la Ley N°19.300 Sobre Bases del Medio Ambiente (Gobierno de Chile, 2020) y su reglamento, que indica que, a falta de una normativa nacional específica sobre un tema determinado, se deberán utilizar normativas de otros países. Para el caso de las fuentes de ruido no contenidas en la normativa vigente en Chile, dicho reglamento establece que se deberán utilizar las Normas Sobre Contaminación Acústica de la Confederación Suiza OPB 814.41 (1986). Estas ordenanzas sobre la Protección Contra el Ruido se utilizan como normas de referencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental,

⁶ De acuerdo a la información recabada en las entrevistas con actores clave.

permitiendo evaluar el Impacto Acústico cuando no existe un estándar nacional, por ejemplo, para fuentes móviles, aeropuertos, aeródromos, carreteras, etc.

La OPB 814.41 (Consejo federal suizo, 1986) indica que el límite de planificación de exposición al ruido de los aeropuertos regionales y campos de aviación varía entre los 50 y los 65 dB, dependiendo del grado de sensibilidad de la zona. Dicho grado de sensibilidad se define en función de la destinación de la zona, siendo el más restrictivo el de las zonas que requieren una mayor protección contra el ruido, especialmente en las zonas de descanso. En consecuencia, se considera que el límite de ruido admisible para zonas residenciales (de descanso) es de 50 dB.

Dado que solo se cuenta con datos de mediciones de ruido empíricas para el aeropuerto de Santiago⁷, se adoptó la estrategia de determinar curvas de ruido de manera teórica. Para ello, se utilizaron las ecuaciones de la física de la propagación del ruido emitido por fuentes lineales, así como su decaimiento en función de la distancia. En base a ello, es posible construir curvas de nivel de ruido, las cuales se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12: Curvas de Ruido (dB)

Curva (dB)	Distancia (m)		
	A321-211	B787-9	B767-300F
70	47	32	87
65	148	100	275
60	468	316	871
55	1.479	1.000	2.754
50	4.677	3.162	8.710

Debido a que el recorrido de la nave es una recta por la pista, la forma de las curvas de ruido en torno a ellas será elíptica. Esto es una simplificación, ya que las curvas son irregulares. Además, estas curvas no consideran la interacción con cuerpos que impidan o reduzcan

⁷ Debido a lo mismo, se hace fundamental estudiar el ruido en el resto de los terminales de la Red Primaria, con la priorización detallada en la sección 2.4.5.

el desplazamiento del sonido, ni la existencia de cambios en la elevación del terreno o la fuente generadora.

En las siguientes secciones, se detallan las emisiones de contaminantes estimadas para el transporte aéreo de Chile. Posteriormente, se detallan las emisiones de ruido.

Para mayores detalles, ver Anexo 6.9 Estudio de Impactos Ambientales.

2.4.2. Emisiones de Contaminantes

En la Tabla 13 se presentan las emisiones de contaminantes estimadas en intervalos de cinco años. Como puede apreciarse, la principal emisión en términos de cuantía es la de Dióxido de Carbono, siendo las menores emisiones las de Hidrocarburos.

Tabla 13: Emisiones de Contaminantes

Año	Toneladas Emitidas Anualmente			
	CO ₂	HC	CO	NO _x
2025	8.346.809	3.864	37.693	266.914
2030	10.156.931	4.960	46.811	321.927
2035	12.156.582	6.252	57.106	382.231
2040	14.370.230	7.771	68.750	448.469
2045	16.825.908	9.557	81.944	521.380
2050	19.575.503	11.667	97.034	602.306

Para hacer comparables los impactos de las diferentes emisiones, es posible transformarlas a Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e) a través del Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés). De acuerdo al IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, Panel Intergubernamental en Cambio Climático, 2018), una tonelada de Óxido Nitroso equivale a 298 toneladas de Dióxido de Carbono, una tonelada de Monóxido de Carbono tiene un efecto directo muy pequeño (siendo cero GWP) y una tonelada de Hidrocarburos equivale a 4.100 toneladas (aunque existe un rango en caso de especificar los diversos tipos de HCs) de Dióxido de Carbono.

En la Tabla 14 se presentan las emisiones de contaminantes como CO₂e estimadas en intervalos de cinco años. Como resultado, en términos Dióxido de Carbono Equivalente, la principal emisión son los Óxidos Nitrosos, siendo la de menor efecto directo el Monóxido de Carbono es aquel con menor efecto directo.

Tabla 14: Contaminantes como CO₂e

Año	Millones de Toneladas de CO ₂ e			
	CO ₂	HC	CO	NO _x
2025	8,3	15,8	0,0	79,5
2030	10,2	20,3	0,0	95,9
2035	12,2	25,6	0,0	113,9
2040	14,4	31,9	0,0	133,6
2045	16,8	39,2	0,0	155,4
2050	19,6	47,8	0,0	179,5

2.4.3. Canasta de Medidas de OACI

Existen diferentes estrategias para compensar emisiones. Para lograr un crecimiento de la industria aeronáutica que sea carbono neutral desde 2021 (2020 como Referencia), OACI (2019) definió una canasta de medidas que incluye: Tecnología de la Aeronave, Mejoras Operacionales, Combustibles de Aviación Sustentables y CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, Esquema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Civil Internacional). De acuerdo a OACI (2019), el principal impacto está dado por CORSIA y el Uso de Combustibles Sustentables, seguido por la Tecnología de la Aeronave y en último lugar las Mejoras Operacionales. A continuación, se describe cada una de las medidas de la canasta de OACI (2019).

- 1. Tecnología de la Aeronave:** las aeronaves en 2019 eran un 80% más eficientes en el uso de combustible por pasajero-kilómetro de lo que lo eran en 1960. Desde 2017, OACI desarrolla el Estándar de Emisiones de CO₂, para asegurarse de la inclusión de la última tecnología en eficiencia de consumo de combustible. El progreso es

resultado de las mejoras en la estructura de los aviones, sus motores y sus sistemas.

Debe notarse que, de acuerdo a los Actores Clave, la flota de aviones operando vuelos nacionales en Chile será mayormente de Airbus A321-211, los cuales cuentan con menores emisiones y mayor eficiencia de consumo de combustible que sus predecesores. Esquemas de impuestos a la contaminación y beneficios a tecnologías menos contaminantes pueden incentivar al sector privado a adoptar dichos cambios.

2. **Mejoras Operacionales:** OACI ha desarrollado el Plan Global de Navegación Aérea (GANP, por sus siglas en inglés) y las Actualizaciones de Bloques del Sistema de Aviación (ASBUs, por sus siglas en inglés), con el objeto de optimizar la gestión de tráfico aéreo y los procedimientos operacionales, reduciendo así la emisión de gases de efecto invernadero. Se espera que, en 2025, a nivel global, se logre un ahorro de emisiones de 26,2 a 48,2 millones de toneladas de CO₂ gracias al ASBU.

Para ello, Chile debe tender a rutas rectas entre terminales, puntualidad en la atención y despacho de aeronaves, aumento del tamaño medio de las aeronaves (a través de aumento en la categoría de todos los terminales) y maximización de las tasas de ocupación de las mismas.

3. **Combustibles de Aviación Sustentables (SAF, por sus siglas en inglés):** son claves en reducir las emisiones de CO₂ de la aviación. El desafío es aumentar la velocidad de desarrollo de los SAF. OACI desarrolló una metodología para medir las emisiones de carbono de los SAF, así como los criterios de sustentabilidad asociados a su producción, los cuales serán sometidos a la aprobación del Consejo de la OACI al completar la fase piloto de CORSIA a fines de 2023. La estimación de contribución de los SAF es compleja, pero se espera que sean el 2% del combustible usado en 2025.

De acuerdo al Ministerio de Energía, actualmente en Chile solo existen prospecciones para la producción masiva de biocombustibles, con cuatro plantas pilotos

financiadas por el Estado. La principal materia prima disponible para su producción es el residuo forestal, siendo otra alternativa el Huiro (*Macrocystis Pyrifera*).

4. **CORSIA:** es el primer esquema mundial de medidas con el objetivo de abordar el aumento total de las emisiones de la aviación internacional desde 2020. Ofrece una forma armonizada de reducir las emisiones de forma internacional, asegurando que no se produzcan distorsiones de mercado entre diferentes países. Se estima que entre 2021 y 2035, la aviación internacional deberá compensar alrededor de 2,5 trillones de toneladas de CO₂. Dentro de CORSIA, se incluye la forestación, estrategia en la que se ahonda en la siguiente sección.

2.4.4. Estrategias de Forestación

En la presente sección, se presenta un ejemplo de política de forestación para compensar el dióxido de carbono emitido en los viajes con origen y/o destino en Chile. Para ello, se determinó la cantidad de árboles necesarios para mitigar el dióxido de carbono, en un proceso llamado "Secuestrar CO₂". En dicho proceso, se seleccionó como árbol al Pimiento, especie nativa que presenta condiciones favorables en contexto de cambio climático, requiriendo poco cuidado para su proliferación en zonas de poca forestación en Chile.

Considerando que un Pimiento adulto tiene un tamaño promedio de 12,5 metros de altura, con un tronco de 1 metro de diámetro y una copa de 6,5 metros de diámetro, es posible determinar su peso sobre tierra: 4.375 kg. En base a él, se estima que puede secuestrar 6.984 kg de CO₂. Dado el diámetro de su copa, se considera que cada árbol requiere de una superficie aproximada de 42 m². Es decir, es posible plantar 237 árboles por hectárea (ha), lo que implicaría una captura de 1.653 toneladas de CO₂/ha.

A partir de dicha información, es posible determinar la superficie que se requiere plantar anualmente para que los vuelos de carga y pasajero con origen y/o destino en Chile sean carbono neutrales, se requiere de un total de 234

mil hectáreas de árboles para secuestrar la totalidad del dióxido de carbono emitido entre 2020 y 2050 (ver Tabla 15).

De acuerdo a la Corporación Nacional Forestal (CONAF), existen costos de forestación considerando el número de plantas por hectárea, el tipo de planta y la macrozona donde serán plantadas. Dado que el Pimiento es un árbol nativo, y que se pueden plantar 237 árboles por hectárea, su costo promedio en las regiones en que es factible plantarlo es de 199.974 \$/ha (pesos chilenos por hectárea). En consecuencia, el costo total de la forestación entre 2020 y 2050 asciende a 47 mil millones de pesos.

Por otro lado, también es posible determinar el valor social del dióxido de carbono emitido, a través de su precio social. De acuerdo al Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF), el precio social del carbono permite incorporar dentro de las evaluaciones los beneficios o costos sociales por disminuir o aumentar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), es decir, para valorar cambios en las emisiones de CO₂.

Su valoración está dada por las externalidades ambientales y sociales que produce, como son los aumentos en las tasas de morbilidad y mortalidad, con las consecuentes reducciones en la expectativa de vida, entre otros. El precio social del CO₂ vigente publicado por el MDSF a 2020 es de 23.298 \$/ton (pesos chilenos por tonelada). A partir de dicho valor, el costo social total de las emisiones de CO₂ en el periodo 2020-2050 alcanza los 9 billones de pesos chilenos, superando en varios ordenes de magnitud el costo de forestar.

Cabe destacar que, de acuerdo al DAN 16 de la DGAC (2018), relativo a CORSIA, la normativa de compensación de emisión es aplicable a

explotadores que produzcan emisiones anuales de CO₂ superiores a 10.000 toneladas por el uso de aviones con una masa máxima certificada de despegue superior a 5.700 kg que efectúen vuelos internacionales. Además, los explotadores atribuidos al Estado de Chile no comenzarán a compensar sus emisiones sino hasta el período 2027, excepto que un explotador atribuido al Estado de Chile efectúe vuelos internacionales entre pares de Estados afectos a CORSIA.

Además, el DAN 16 (2018) establece que la DGAC notificará a OACI su decisión de participar voluntariamente o cesar su participación voluntaria en CORSIA, dado que Chile no se encuentra obligado a participar (su participación individual en las actividades de aviación internacional en RTK [Toneladas-Kilómetro de Pago] en el año 2018 es inferior al 0,5% del total de RTK).

En el caso de que Chile participe de CORSIA en la totalidad del periodo analizado, que se mantenga el uso de los combustibles actuales (sin que se usen combustibles admisibles en el marco de CORSIA) y que el 80% de los vuelos internacionales modelados sean atribuibles al Estado de Chile; se deberá compensar un total de 86,1 millones de toneladas de Dióxido de Carbono entre 2021 y 2050. Esto equivale a plantar 52 mil hectáreas de Pimientos, con un costo aproximado de 10 mil millones de pesos chilenos, compensando un valor social de 2 billones de pesos chilenos por el CO₂.

En la Tabla 15, se exhibe el detalle de dichos valores. Debe notarse que las emisiones a compensar son aquellas por sobre las producidas en 2020 (la diferencia), por lo que comienzan en 2021 y se incrementan hasta su máximo en 2050.

Tabla 15: Emisiones de CO₂ Sujetas a CORSIA

Año	Dióxido de Carbono (ton CO ₂)			Árboles (ha)	Costo de Árboles (MM\$)	Costo CO ₂ (MM\$)	Beneficio Neto (MM\$)
	Pasajeros	Carga	Total	Total	Total	Total	Total
2020	0	0	0	0	0	0	0
2025	593.014	254.164	847.178	512	102	19.738	19.635
2030	1.230.283	527.812	1.758.095	1.063	213	40.960	40.747
2035	1.897.320	813.065	2.710.384	1.640	328	63.147	62.819
2040	2.594.729	1.109.964	3.704.693	2.241	448	86.312	85.864
2045	3.322.771	1.416.577	4.739.348	2.867	573	110.417	109.844
2050	4.084.665	1.741.044	5.825.709	3.524	705	135.727	135.023

2.4.5. Emisiones de Ruido

A continuación, se presenta el diagnóstico general de las emisiones de ruido en la Red Primaria. Los mapas con las curvas de nivel de ruido asociadas a cada terminal se presentan en su sección respectiva.

Los terminales que se ubican más cercanos a entornos urbanos, producen suficiente ruido para superar la norma de los 50 dB en zonas residenciales. En consecuencia, se hace necesario realizar estudios empíricos a la brevedad, que permitan definir el mapa de ruido percibido en cada uno de ellos. Los casos críticos en términos de ruido corresponden a La Serena, Isla de Pascua y Balmaceda. En esta última, la totalidad de la zona residencial se encuentra en el rango de 55 a 60 dB.

En la Tabla 16, se priorizan los estudios de ruido a realizar. Cabe destacar que se considera relevante tener este tipo de estudio para la totalidad de los terminales de la Red Primaria, independiente de si se hallaron problemas en el ejercicio teórico descrito en las secciones anteriores. Hacer un monitoreo periódico de todos los terminales sirve para evitar que se instauren nuevas zonas residenciales en áreas expuestas al ruido, de forma de impedir el surgimiento de nuevos espacios en que la norma se encuentre superada.

Debe notarse, además, que la DGAC cuenta con equipos de monitoreo de ruido

aerotransportables, por lo que es posible llevarlos desde Santiago a todos los demás terminales de la Red Primaria. Este ejercicio debiese replicarse cada vez que una nueva aeronave utiliza las pistas, ya que los niveles de ruido dependen de los motores, tamaño y tecnología de las mismas, no siendo estáticos en el tiempo.

Tabla 16: Priorización de Estudios de Ruido por Terminal

Prioridad	Ciudad del Terminal	Exposición Residencial Máxima (dB)
1	La Serena	60 a 65
	Isla de Pascua	
	Balmaceda	
2	Calama	55 a 60
	Santiago	
	Concepción	
3	Temuco	50 a 55
	Osorno	
4	Arica	Menor a 50
	Iquique	
	Antofagasta	
	Copiapó	
	Valdivia	
	Puerto Montt	
	Castro	
	Punta Arenas	

A partir de estos estudios, será fundamental determinar el tamaño y ubicación de barreras acústicas que permitan impedir que se alcancen niveles de ruido por sobre la norma en las áreas residenciales. También es posible apreciar las estrategias seguidas por otros países con terminales ubicados cercanos a zonas residenciales, como Sídney y Ámsterdam.

En el caso del Aeropuerto de Sídney, existe un sitio web⁸ en el que se presentan mapas con las mediciones de ruido asociadas a las operaciones del aeropuerto, así como las rutas más comunes de las aeronaves. La página provee información respecto a las causas del ruido y las organizaciones responsables de su gestión.

En el caso del Aeropuerto Schiphol (AMS), de Ámsterdam, el Gobierno Neerlandés ha requerido una reducción en los ruidos producidos, debido a que consideran que pueden causar insomnio, desórdenes de concentración y dificultades de aprendizaje en los niños. En consecuencia, las rutas y pistas utilizadas por los aviones para despegues y

aterrizajes son seleccionadas buscando minimizar el ruido percibido por los residentes. Además, en la noche, el aeropuerto solo tiene permitido el uso de una pista para el aterrizaje y una pista para el despegue.

2.5. Necesidad de Capital Humano

A partir de las estimaciones de demanda, también se realizaron proyecciones de las necesidades de capital humano asociadas al transporte aéreo en Chile. Dicho proceso se realizó en tres etapas: una estimación agregada del total de trabajos, una estimación de la distribución de los mismos por actividad y una estimación detallada de trabajadores en aerolíneas.

Como supuestos para este proceso, no se consideraron cambios tecnológicos o mejoras en la gestión aeroportuaria que pudieran disminuir la cantidad de empleos requeridos en los distintos terminales. Es decir, se mantuvieron las condiciones actuales.

Tabla 17: Demanda de Capital Humano por Actividad

Año	Aerolíneas y operaciones	Operadores aeropuerto	Otros trabajos aeropuerto	Aeroespacial	Sistemas de navegación
2020	12.555	1.312	18.551	3.560	1.499
2025	16.170	1.689	23.893	4.586	1.931
2030	20.413	2.133	30.162	5.789	2.437
2035	25.399	2.654	37.530	7.203	3.033
2040	31.274	3.267	46.211	8.869	3.734
2045	38.171	3.988	56.403	10.825	4.558
2050	46.274	4.835	68.375	13.122	5.525

De acuerdo con InterVISTAS (2015), el número de trabajos directos en un aeropuerto tiene directa relación con el tráfico de pasajeros en el mismo, presentándose economías de escala. Además, se indica que las aerolíneas *Low Cost* generan un 20% menos de trabajos directos que las otras aerolíneas.

En base a dichos datos, se estima que la necesidad de capital humano pasa de 37.500

trabajos directos en 2020 a 138.000 en 2050. Con este total, se realiza la desagregación por actividad. De acuerdo a ATAG (2018), los porcentajes que representan cada una en Latinoamérica son:

- Aerolíneas y operaciones: 33,5%
- Operadores en aeropuerto: 3,5%
- Aeroespacial: 9,5%
- Sistema de navegación: 4%

⁸ <https://aircraftnoise.sydneyairport.com.au>

- Otros Relacionados al Aeropuerto (tiendas, restaurantes, hoteles): 49,5%

En la Tabla 17, se presentan las necesidades de capital humano por actividad, en intervalos de cinco años.

Para desagregar los requerimientos por aerolíneas, se utilizan las productividades

reportadas por el MIT (2019) en el que se distinguen: pilotos y copilotos, tripulantes de cabina, mantenimiento, operaciones en general (incluyendo manejo de pasajeros), carga y aeronaves, y otras labores. Los resultados de dicha estimación se presentan en la Tabla 18.

Para mayor detalle, ver Anexo 6.10 Necesidad de Capital Humano.

Tabla 18: Demanda de Capital Humano en Aerolíneas

Año	Pilotos y Copilotos	Tripulantes de cabina	Mantenimiento	Operaciones (handling)	Otros	Total
2020	1.744	2.848	1.181	4.346	1.431	11.550
2025	2.294	3.743	1.551	5.712	1.881	15.181
2030	2.939	4.792	1.984	7.314	2.408	19.437
2035	3.701	6.026	2.493	9.201	3.027	24.448
2040	4.596	7.476	3.089	11.417	3.754	30.333
2045	5.649	9.177	3.788	14.019	4.607	37.240
2050	6.887	11.174	4.607	17.075	5.608	45.352



3. Plan Maestro del Transporte Aéreo

3. Plan Maestro del Transporte Aéreo

3.1. Necesidad de Terminales Exclusivos y Nuevos Aeropuertos

En base al análisis del equilibrio oferta-demanda se observa, en general, que existe una oferta suficiente en términos de número y capacidad de las Pistas de Aterrizaje en los diferentes aeropuertos de la red primaria. Santiago podría constituir el único aeropuerto en que la oferta por este concepto resulte insuficiente. Sin embargo, la OACI (1987) reporta límites sobre 100 operaciones a la hora para este tipo de configuración de Pistas de Aterrizaje. Para incrementar el número de operaciones se pueden adoptar, entre otras medidas, el intentar homogeneizar la mezcla de aeronaves requiriendo una menor separación entre ellas u optimizando la secuencia de la mezcla de operaciones.

Los eslabones más críticos que se observan en el sistema corresponden a la accesibilidad y capacidad del terminal de pasajeros. En el primero, resulta importante trabajar en el desarrollo de sistemas de transporte público de buena calidad que sean una alternativa real al transporte privado. Esto permitiría utilizar de mejor manera la infraestructura vial existente.

Este tipo de servicios deberían estar especialmente enfocados en servir a los empleados de los aeropuertos y a los pasajeros de aerolíneas de bajo costo, los cuales son más sensibles al precio. En otros lugares, estos servicios son ofrecidos por las mismas aerolíneas, como es el caso de Airasia, que opera un servicio de buses a bajo costo que une el aeropuerto internacional de Kuala Lumpur (KLIA 2) con el mayor terminal de transporte de Malasia (KL Sentral), ubicado a más de 55 km de distancia.

Respecto a los terminales, la capacidad de estos se ve sobrepasada en la mayoría de los aeropuertos bajo el estándar supuesto. Sin embargo, la irrupción de aerolíneas de bajo costo

ha provocado un cambio en la concepción de los terminales que sirven a este tipo de pasajeros. En esos tipos de terminales, se privilegian los diseños simples, con menores niveles de servicio en término de espacio por pasajero. Además, se caracterizan por una mayor capacidad por unidad de espacio asociado, a los menores tiempos de permanencia de los pasajeros debido a los cortos periodos en tierra de los aviones (de Neufville, 2008).

El menor uso de espacio por pasajero es una tendencia que debería ir aumentando, debido a los avances tecnológicos y cambio en el perfil de los viajeros. Avances como quioscos de *check in* o hacer *check in* de manera remota disminuyen el uso de espacio en el terminal, reduciendo también los tiempos de atención, lo que incrementa el flujo de pasajeros que puede utilizar cada área del terminal. Otros ejemplos de avances tecnológicos son los nuevos sistemas de embarque rápido o el uso de biometría para control de pasajeros.

La situación actual muestra que la demanda de pasajeros en los distintos aeropuertos del país, con excepción de Santiago, tiende a concentrarse en periodos específicos de tiempo, generando presión en la construcción de terminales con capacidades suficientes para poder servirla. Sin embargo, una infraestructura de esas dimensiones será ineficiente, ya que se encontrará subutilizada la mayor parte del tiempo. Una manera de afrontar este problema es a través de medidas para gestionar la demanda de manera de homogeneizarla a lo largo del día. Entre estas medidas, destacan extender los horarios de funcionamiento de los aeropuertos, la subasta de slots y el aplicar cobros diferenciados.

La experiencia internacional muestra que los sistemas multiaeropuerto se generan cuando los niveles de tráfico superan los 15 millones anuales de pasajeros que originan su viaje en el área metropolitana. Sin embargo, suele producirse un importante desbalance entre el tráfico de pasajeros en el aeropuerto principal y

el/los secundarios, resultando difícil para los planificadores forzar que el tráfico se mueva al nuevo aeropuerto (de Neufville & Odoni, 2003). Por esta razón, en el caso de adoptar esta alternativa, se sugiere ir construyendo la infraestructura de manera incremental y flexible, adaptándose a diferentes tipos de pasajeros y aerolíneas.

No obstante lo anterior, dado el uso de los *bellys* de los aviones de pasajeros para el transporte de carga, no parece razonable la generación de un sistema multiaeropuerto⁹. En ellos, se pierden las economías de escala y las economías de diversidad de concentrar los servicios, reduciendo la competencia real entre los servicios. Inclusive, es posible que, debido a los efectos anteriores, no se logre tener demanda suficiente en ambos terminales, concentrándose toda de manera espontánea en uno solo, dejando el otro sin uso¹⁰.

Adicionalmente, hacia 2050 se espera un déficit en el terminal de carga de Santiago, aun introduciendo mejoras tecnológicas (como el uso de vehículos autónomos para el transporte interno y la optimización de la relación entre el terminal de carga y el de pasajeros) para transformarlo en uno altamente automatizado. Su capacidad llegaría como máximo a las 780 mil y 65 mil toneladas al año para la carga internacional y carga nacional, respectivamente. Es decir, incluso en condiciones ideales de automatización, existe un déficit de infraestructura para la carga internacional ya para el año 2035, necesitando disponer un nuevo terminal para esa fecha.

Para mayor detalle, ver Anexo 6.8 Necesidad de Terminales Exclusivos.

3.2. Estrategias para Potenciar el Transporte Aéreo

Los constantes cambios a los que está sometido la industria, sumado a la alta incertidumbre en el futuro producto de eventos como crisis económicas o la pandemia que actualmente enfrenta el planeta, requieren generar una visión

de futuro que sea resiliente, flexible y capaz de adaptarse a este entorno cambiante.

A continuación, se describen una serie de estrategias tendientes a potenciar el transporte aéreo nacional en el largo plazo tomando en cuenta estos aspectos. Para mayor detalle, ver Anexo 6.11 Estrategias para Potenciar el Transporte Aéreo.

1. **Planes Maestros:** se propone desarrollar un instrumento de planificación a largo plazo para la industria, desarrollado tanto a nivel de red aeroportuaria como a nivel particular de cada aeropuerto, el cual se detalla en la siguiente sección. Los planes maestros deben abarcar un periodo sugerido de 30 años, sujetos a una constante y periódica revisión. En este sentido, y en línea con lo propuesto por OACI, se sugiere actualizarlos cada 5 años, para detectar potenciales cambios en la demanda y tecnología, así como posibles necesidades de expansión.
2. **Infraestructura Aeroportuaria y Transformación Tecnológica:** cada vez es más relevante contar con infraestructura aeroportuaria flexible, capaz de adaptarse a las transformaciones tecnológicas y la demanda. Para ello, el uso de infraestructura modular es una práctica recomendada. Además, se debe incorporar de manera continua los nuevos desarrollos tecnológicos que se traduzcan en mayor eficiencia del sistema aeroportuario y un mejor nivel de servicio a todos sus usuarios.
3. **Información Abierta, Condiciones Aplicables y Nivel de Servicio:** actualmente, la información disponible es escasa y se encuentra diseminada en varias fuentes. En consecuencia, se hace necesario contar con información que permita mejorar el proceso de toma de decisiones. Por ejemplo, es relevante conocer el tiempo promedio de espera y servicio en cada uno de los procesos experimentados por los pasajeros, carga y aeronaves al utilizar el terminal. En este sentido, se debiera avanzar en establecer

⁹ De acuerdo a la información recabada en las entrevistas con actores clave.

¹⁰ De acuerdo a la información recabada en las entrevistas con actores clave.

indicadores y una metodología para medirlos, los cuales debieran ser reportados por todos los actores relevantes de todos los aeropuertos a nivel nacional. De esta manera, se podría comparar el rendimiento de todos los aeropuertos a nivel nacional, contando con insumo apropiado y conocido por todos los actores a la hora de la planificación. Un ejemplo interesante en esta línea, es el DORA (Documento de Regulación Aeroportuaria, Ministerio de Fomento, 2017) español.

3.3. Plan Maestro del Transporte Aéreo

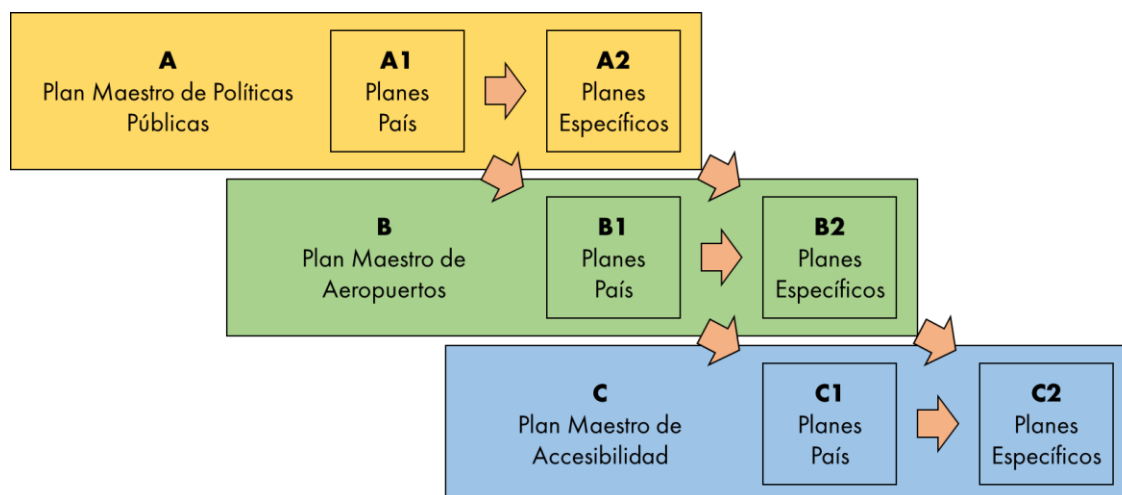
La articulación de largo plazo de un Plan Estratégico del Transporte Aéreo requiere del desarrollo de múltiples tareas y actividades que involucran diversas instituciones en ámbitos nacionales y particulares. En consecuencia, se

hace fundamental contar con un instrumento que actúe como marco para su correcta implementación y continuidad: un **Plan Maestro del Transporte Aéreo (PMTA)**.

El PMTA busca permitir estructurar el trabajo, entregando una definición de un programa de actividades y servicios, considerando sus interacciones y priorizaciones, así como la definición de los tipos y alcances de los trabajos involucrados. Así, se constituye como una hoja de ruta que guía el cumplimiento de los hitos fundamentales para el desarrollo eficiente de cada uno de los proyectos que lo componen.

Cabe destacar que un aspecto crucial para su éxito, es el involucramiento temprano de todos los actores de la industria aérea en Chile, tanto públicos como privados. Además, es fundamental que el plan sea vinculante para todos ellos.

Figura 17: Flujo General del PMTA



Debe comprenderse que el Plan Maestro del Transporte Aéreo no es únicamente un programa de obras de infraestructura. Aunque, ciertamente, estas pueden ser una consecuencia de las etapas del plan, son solo una parte del mismo y no su foco.

El Plan Maestro del Transporte Aéreo se encuentra dividido en tres planes: **A – Plan Maestro de Políticas Públicas**, **B – Plan Maestro de Aeropuertos** y **C – Plan Maestro de Accesibilidad** (ver Figura 17).

La dinámica general del flujo consiste en comenzar por realizar estudios que entreguen visiones y definiciones generales (A). Luego, se avanza a aspectos más específicos del funcionamiento de los aeropuertos y aeródromos (B), para finalmente tratar la accesibilidad de los mismos (C). En cada uno de los tres planes existen dos tipos de acciones claves: Planes País y Planes Específicos. La estrategia es realizar primero los estudios nacionales, para luego llevarlos a cada aeropuerto a través de los planes específicos. Esto permite que se pueda intercalar el desarrollo de

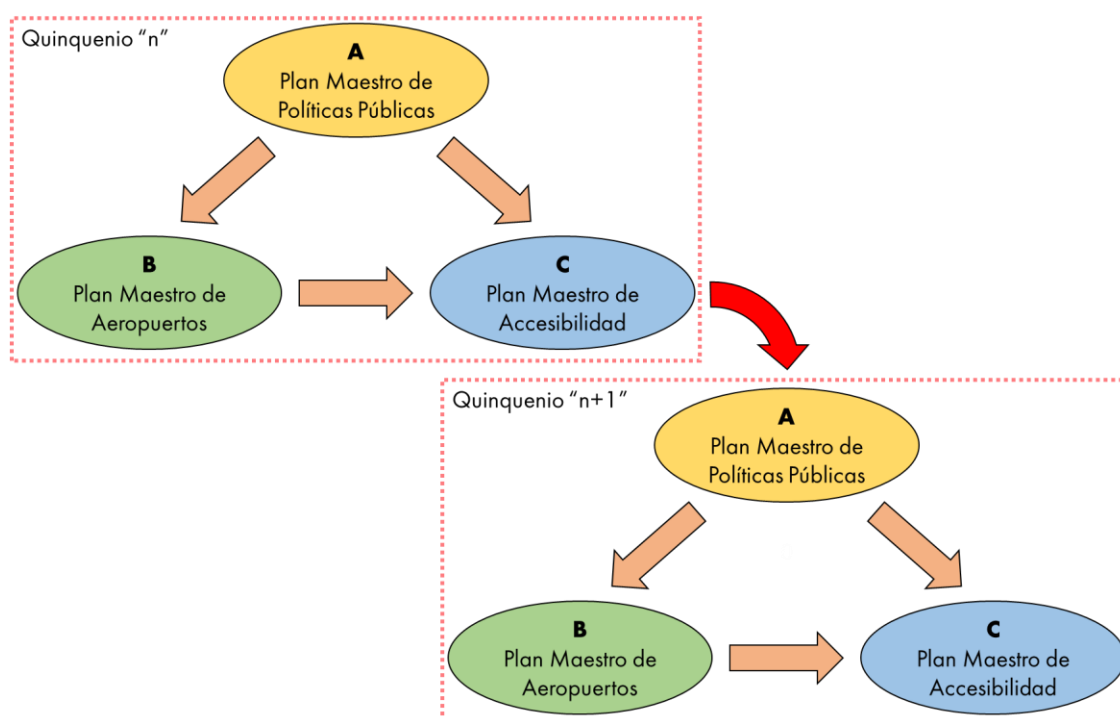
las actividades en función de su nivel de alcance, como se aprecia en la figura anterior.

Cabe destacar que, esta lógica tiene un marco flexible, dejando espacio para el surgimiento de modificaciones y nuevas actividades. Esto es porque el PMTA es una directriz de trabajo, pero debe ser actualizado periódicamente, tanto con las fechas efectivas de ejecución de las tareas como con la inclusión de nuevas actividades. Dado eso, se ha definido su ciclo de vida en periodos quinquenales. Es decir, todo el

desarrollo del plan se debe ejecutar en cinco años, luego de los cuales entra en vigencia por los cinco años siguientes. Durante la vigencia de un plan, se encuentra en desarrollo el plan a implementar en el quinquenio siguiente.

Dentro de cada plan, existe una estructura que es principalmente *top-down*. No obstante, al momento de ejecutar un nuevo PMTA, se toman todos los datos del anterior, recogiendo información desde lo particular de cada terminal (ver Figura 18).

Figura 18: PMTA en Quinquenios Sucesivos



Los plazos y fechas específicas para realizar cada actividad son referenciales, pudiendo sufrir modificaciones. Sin embargo, dada la interconexión de un PMTA con el siguiente, así como del dinamismo de la industria, es

indispensable que todo el desarrollo del plan se logre en el transcurso de cinco años. Para ello, se debe cumplir con nueve hitos del PMTA, los cuales se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19: Hitos del PMTA

Hito	Actividad	Nombre	Fecha Límite (Mes)
1	A1-01	Definición de Visión y Estrategias del Transporte Aéreo	6
2	A1-09	Compendio de Planes País - Parte A	19
3	A2-YY	Compendio de Planes Específicos - Parte A	32
4	B1-08	Compendio de Planes País - Parte B	32
5	B2-YY	Compendio de Planes Específicos - Parte B	45
6	C1-06	Compendio de Planes País - Parte C	46
7	C1-07	Creación del Plan País	48
8	C2-YY	Compendio de Planes Específicos - Parte C	59
9	C2-ZZ	Anexión de los Planes Específicos	60

En la Tabla 20, se especifican todas y cada una de las 79 actividades del Plan Maestro del Transporte Aéreo (27 de A, 26 de B y 26 de C), así como sus relaciones de dependencia, plan al que pertenecen y el número de hito que representan.

Cada una de las actividades, así como el detalle de las tareas que la componen, se puede encontrar en el Anexo 6.12 Plan Maestro del Transporte Aéreo.

Tabla 20: Actividades del PMTA

Plan	Actividades Clave	Actividades Específicas		Precedentes	Sucesoras	Hito
A Plan Maestro de Políticas Públicas	A1 Planes País	A1-01	Definición de Visión y Estrategias del Transporte Aéreo	-	A1-02 a A1-09	1
		A1-02	Determinación de Condiciones, Normas y Niveles de Servicio	A1-01	A1-03, A1-04, A1-08, A1-09	
		A1-03	Especificación de Información Abierta y Responsables	A1-01, A1-02	A1-04, A1-08, A1-09	
		A1-04	Análisis Crítico de la Institucionalidad	A1-01 a A1-03	A1-08, A1-09	
		A1-05	Relación con otros Instrumentos de Planificación	A1-01	A1-08, A1-09	
		A1-06	Creación de Nuevas Empresas Aeroportuarias	A1-01	A1-08, A1-09	
		A1-07	Definición de Nuevas Concesiones	A1-01	A1-08, A1-09	
		A1-08	Requerimientos de Leyes y Reglamentos	A1-01 a A1-07	A1-09	
		A1-09	Compendio de Planes País - Parte A	A1-01 a A1-08	A2-01 a A2-XX, B1-01, B1-02, B1-04, C1-07	2
	A2 Planes Específicos	A2-01	Plan Maestro Aeropuerto Chacalluta - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-01	
		A2-02	Plan Maestro Aeropuerto Diego Aracena - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-02	
		A2-03	Plan Maestro Aeródromo El Loa - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-03	
		A2-04	Plan Maestro Aeropuerto Andrés Sabella - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-04	
		A2-05	Plan Maestro Aeródromo Desierto de Atacama - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-05	
		A2-06	Plan Maestro Aeródromo La Florida - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-06	
		A2-07	Plan Maestro Aeropuerto Mataverí - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-07	
		A2-08	Plan Maestro Aeropuerto Arturo Merino Benítez - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-08	
		A2-09	Plan Maestro Aeródromo Carriel Sur - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-09	
		A2-10	Plan Maestro Aeródromo La Araucanía - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-10	
		A2-11	Plan Maestro Aeródromo Pichoy - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-11	
		A2-12	Plan Maestro Aeródromo Cañal Bajo - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-12	
		A2-13	Plan Maestro Aeropuerto El Tepual - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-13	
		A2-14	Plan Maestro Aeródromo Mocopulli - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-14	
		A2-15	Plan Maestro Aeródromo Balmaceda - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-15	
		A2-16	Plan Maestro Aeropuerto Carlos Ibáñez - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-16	
		A2-XX	Plan Maestro Nuevos Aeropuertos/Aeródromos - Parte A	A1-09	A2-YY, B2-XX	
		A2-YY	Compendio de Planes Específicos - Parte A	A2-01 a A2-XX	C2-ZZ	3

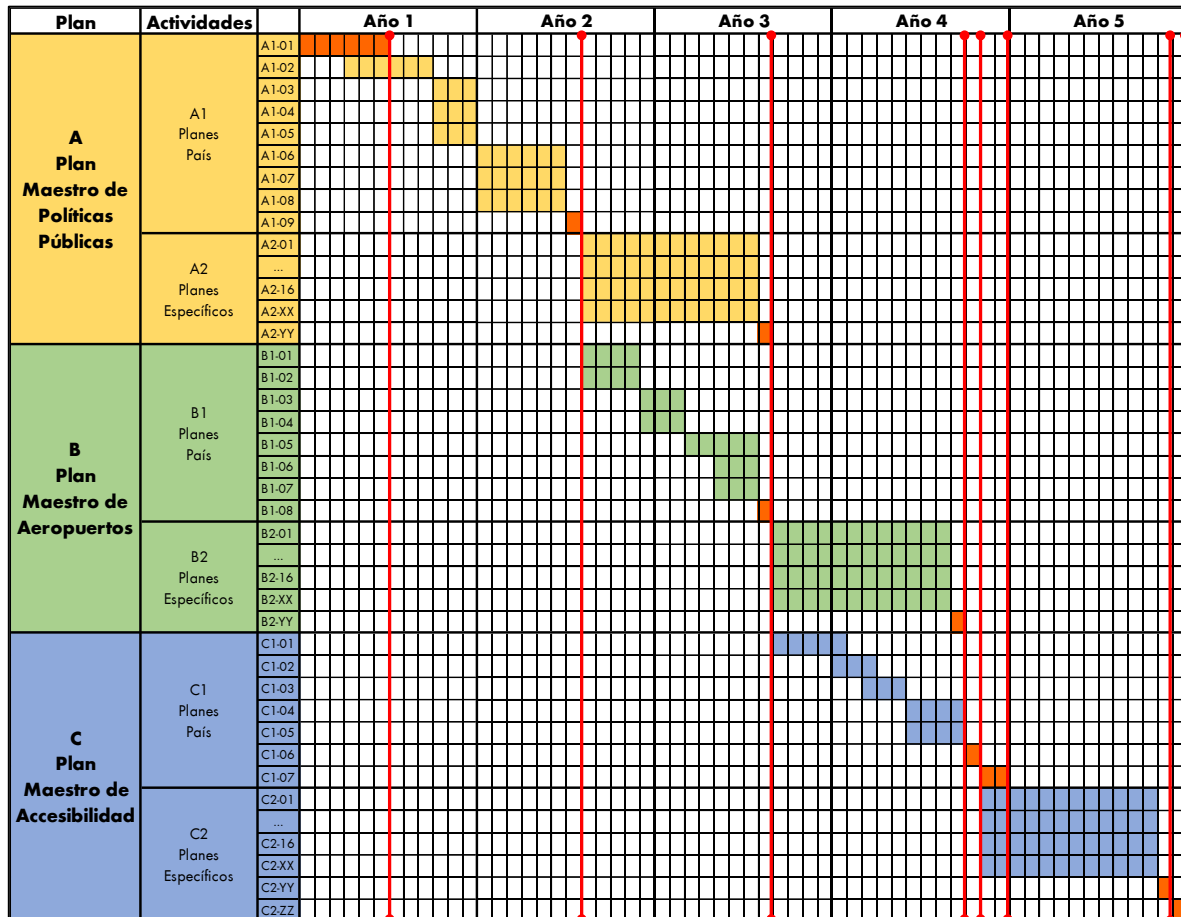
Plan	Actividades Clave	Actividades Específicas	Precedentes	Sucesoras	Hito
B Plan Maestro de Aeropuertos	B1 Planes País	B1-01 Estudio de Demanda de Carga y Pasajeros	A1-09	B1-03, B1-06, B1-08, C1-01, C1-02	
		B1-02 Estudio de Caracterización de Oferta	A1-09	B1-03, B1-08	
		B1-03 Estudio de Brechas Oferta-Demanda	B1-01, B1-02	B1-05, B1-07, B1-08	
		B1-04 Estudio de Nuevas Tendencias de la Industria	A1-09	B1-05, B1-08, C1-04	
		B1-05 Estudio de Nuevos Aeropuertos/Aeródromos	B1-03, B1-04	B1-08	
		B1-06 Estudio de Impactos Ambientales y Mitigaciones	B1-01	B1-07, B1-08	
		B1-07 Estudio de Uso de Suelo	B1-03, B1-06	B1-08	
		B1-08 Compendio de Planes País - Parte B	B1-01 a B1-07	B2-01 a B2-XX, C1-07	4
	B2 Planes Específicos	B2-01 Plan Maestro Aeropuerto Chacalluta - Parte B	A2-01, B1-08	B2-YY, C2-01	
		B2-02 Plan Maestro Aeropuerto Diego Aracena - Parte B	A2-02, B1-08	B2-YY, C2-02	
		B2-03 Plan Maestro Aeródromo El Loa - Parte B	A2-03, B1-08	B2-YY, C2-03	
		B2-04 Plan Maestro Aeropuerto Andrés Sabella - Parte B	A2-04, B1-08	B2-YY, C2-04	
		B2-05 Plan Maestro Aeródromo Desierto de Atacama - Parte B	A2-05, B1-08	B2-YY, C2-05	
		B2-06 Plan Maestro Aeródromo La Florida - Parte B	A2-06, B1-08	B2-YY, C2-06	
		B2-07 Plan Maestro Aeropuerto Mataverí - Parte B	A2-07, B1-08	B2-YY, C2-07	
		B2-08 Plan Maestro Aeropuerto Arturo Merino Benítez - Parte B	A2-08, B1-08	B2-YY, C2-08	
		B2-09 Plan Maestro Aeródromo Carriel Sur - Parte B	A2-09, B1-08	B2-YY, C2-09	
		B2-10 Plan Maestro Aeródromo La Araucanía - Parte B	A2-10, B1-08	B2-YY, C2-10	
		B2-11 Plan Maestro Aeródromo Pichoy - Parte B	A2-11, B1-08	B2-YY, C2-11	
		B2-12 Plan Maestro Aeródromo Cañal Bajo - Parte B	A2-12, B1-08	B2-YY, C2-12	
		B2-13 Plan Maestro Aeropuerto El Tepual - Parte B	A2-13, B1-08	B2-YY, C2-13	
		B2-14 Plan Maestro Aeródromo Mocopulli - Parte B	A2-14, B1-08	B2-YY, C2-14	
		B2-15 Plan Maestro Aeródromo Balmaceda - Parte B	A2-15, B1-08	B2-YY, C2-15	
		B2-16 Plan Maestro Aeropuerto Carlos Ibáñez - Parte B	A2-16, B1-08	B2-YY, C2-16	
		B2-XX Plan Maestro Nuevos Aeropuertos/Aeródromos - Parte B	A2-XX, B1-08	B2-YY, C2-XX	
		B2-YY Compendio de Planes Específicos - Parte B	B2-01 a B2-XX	C2-ZZ	5

Plan	Actividades Clave	Actividades Específicas	Precedentes	Sucesoras	Hito
C Plan Maestro de Accesibilidad	C1 Planes País	C1-01 Estudio de Demanda de Accesibilidad	B1-01	C1-02, C1-03, C1-06	
		C1-02 Estudio de Caracterización de Oferta de Accesibilidad	B1-02, C1-01	C1-03, C1-06	
		C1-03 Estudio de Brechas Oferta-Demanda de Accesibilidad	C1-01, C1-02	C1-04 a C1-06	
		C1-04 Estudio de Nuevos Modos de Acceso	B1-04, C1-03	C1-05, C1-06	
		C1-05 Estudio de Nuevos Accesos	C1-03, C1-04	C1-06	
		C1-06 Compendio de Planes País - Parte C	C1-01 a C1-05	C1-07, C2-01 a C2-XX	6
		C1-07 Creación del Plan País	A1-09, B1-08, C1-06	C2-ZZ	7
	C2 Planes Específicos	C2-01 Plan Maestro Aeropuerto Chacalluta - Parte C	B2-01, C1-06	C2-YY	
		C2-02 Plan Maestro Aeropuerto Diego Aracena - Parte C	B2-02, C1-06	C2-YY	
		C2-03 Plan Maestro Aeródromo El Loa - Parte C	B2-03, C1-06	C2-YY	
		C2-04 Plan Maestro Aeropuerto Andrés Sabella - Parte C	B2-04, C1-06	C2-YY	
		C2-05 Plan Maestro Aeródromo Desierto de Atacama - Parte C	B2-05, C1-06	C2-YY	
		C2-06 Plan Maestro Aeródromo La Florida - Parte C	B2-06, C1-06	C2-YY	
		C2-07 Plan Maestro Aeropuerto Mataverí - Parte C	B2-07, C1-06	C2-YY	
		C2-08 Plan Maestro Aeropuerto Arturo Merino Benítez - Parte C	B2-08, C1-06	C2-YY	
		C2-09 Plan Maestro Aeródromo Carriel Sur - Parte C	B2-09, C1-06	C2-YY	
		C2-10 Plan Maestro Aeródromo La Araucanía - Parte C	B2-10, C1-06	C2-YY	
		C2-11 Plan Maestro Aeródromo Pichoy - Parte C	B2-11, C1-06	C2-YY	
		C2-12 Plan Maestro Aeródromo Cañal Bajo - Parte C	B2-12, C1-06	C2-YY	
		C2-13 Plan Maestro Aeropuerto El Tepual - Parte C	B2-13, C1-06	C2-YY	
		C2-14 Plan Maestro Aeródromo Mocopulli - Parte C	B2-14, C1-06	C2-YY	
		C2-15 Plan Maestro Aeródromo Balmaceda - Parte C	B2-15, C1-06	C2-YY	
		C2-16 Plan Maestro Aeropuerto Carlos Ibáñez - Parte C	B2-16, C1-06	C2-YY	
		C2-XX Plan Maestro Nuevos Aeropuertos/Aeródromos - Parte C	B2-XX, C1-06	C2-YY	
		C2-YY Compendio de Planes Específicos - Parte C	C2-01 a C2-XX	C2-ZZ	8
		C2-ZZ Anexión de los Planes Específicos	A2-YY, B2-YY, C1-07, C2-YY	-	9

En la Tabla 21, se presenta la Carta Gantt Resumida del Plan Maestro del Transporte Aéreo. Dado que no se tiene una fecha específica de inicio, se ha construido en un periodo genérico de cinco años. Cada plan contiene sus actividades en su color distintivo, aunque los hitos se han

destacado en naranja, además de indicarse como líneas verticales rojas. La agregación temporal es a nivel de meses, con cada columna representando dicho periodo. La Carta Gantt Completa se exhibe en el Anexo 6.12 Plan Maestro del Transporte Aéreo.

Tabla 21: Carta Gantt Resumida del PMTA





4. Conclusiones

4. Conclusiones

Este documento constituye una propuesta argumentada técnicamente para el desarrollo del transporte aéreo en Chile para los próximos 30 años. Su publicación implica el inicio de un proceso iterativo de discusión y desarrollo de propuestas que derive en el compromiso de todas las organizaciones de los sectores público y privado necesarias para la concreción oportuna y exitosa del plan. En esa línea, el plan no se concibe como un instrumento monolítico, sino como una herramienta a ser actualizada en periodos quinquenales, de forma de adaptarse a los cambiantes requerimientos y contextos.

Entre las principales conclusiones alcanzadas en su elaboración, se destaca la visión transversal y prácticamente unánime de los Actores Clave respecto a la necesidad de generar modificaciones a la institucionalidad, buscando **lograr una gobernanza eficiente y coordinada del Transporte Aéreo en Chile**. Esperan que la institución que tome dicho rol desarrolle estrategias para mejorar las dinámicas de concesión de terminales, con énfasis en la optimización del uso de los recursos y la mejora en los niveles de servicios percibidos por todos los usuarios, en lugar de continuar enfocados en la provisión de infraestructura.

En cuanto a las estimaciones de demanda, se aprecia que previo al Coronavirus existía un escenario auspicioso, con proyecciones de alcanzar 97 millones de pasajeros y 1,27 millones de toneladas transportadas en la Red Primaria en 2050. Sin embargo, al incorporar el Covid-19 a las estimaciones las proyecciones disminuyen significativamente en el corto plazo y no logran recuperar la trayectoria de referencia en el largo plazo.

Es decir, **la pandemia tiene un efecto permanente en la industria**, el cual no podrá ser recuperado a menos que existan variaciones estructurales en el comportamiento y formas de vuelo. Esto hace que las proyecciones de pasajeros en los escenarios con pandemia

vayan entre 68 y 92 millones en 2050, siendo crucial para el largo plazo lo que suceda entre 2021 y 2024. En esas situaciones, **la demanda observada en 2019 no se repetirá antes de 2024**, pudiendo incluso suceder en 2036.

A partir de la demanda estimada, se realizó un diagnóstico de los eslabones que permiten la operación de la Red Primaria, incluyendo en la oferta los proyectos del Plan de Aeropuertos (DAP, 2020). En el caso de las **Pistas de Aterrizaje, se aprecia que existe capacidad suficiente durante el periodo de análisis en toda la Red Primaria**, aunque en el caso de Arturo Merino Benítez es posible que se requieran mejoras de equipamiento y Calles de Rodaje antes de 2050.

En las **Plataformas existen dispares realidades, con la mayoría de los terminales presentando congestión incluso con la demanda de 2019**. Este es el caso de Arica, Iquique, Calama, Antofagasta, La Serena, Isla de Pascua, Temuco, Balmaceda y Punta Arenas. Por su parte, Copiapó, Concepción, Valdivia, Osorno, Puerto Montt y Castro cuentan con capacidad suficiente en el inmediato, pero esta es sobrepasada antes del final del periodo de análisis. Solamente el Aeropuerto de Santiago tiene sitios suficientes para estacionamiento de aeronaves durante todo el periodo de análisis. No obstante, el análisis no considera la operación de aeronaves exclusivas de carga, las cuales podrían producir falta de sitios antes de 2050.

Los Terminales son el eslabón más saturado, encontrándose sobrepasados en su capacidad en casi toda la Red Primaria, aun considerando los proyectos del Plan de Aeropuertos (DAP, 2020). En consecuencia, durante la próxima década se requieren obras adicionales a las planificadas para toda la red, exceptuando los terminales de pasajeros de Santiago. El único terminal que cuenta con capacidad suficiente para todo el

periodo de análisis es el doméstico (T1) de Arturo Merino Benítez. El Terminal Internacional (T2) de Santiago requerirá obras de expansión hacia 2040, década en que también se necesitarán en todo el resto de la Red Primaria, así como en los terminales de carga doméstica e internacional de SCL.

En el eslabón de **Accesibilidad, el principal requerimiento en el corto plazo es la habilitación de sistemas de transporte público especializados a cada terminal de la Red Primaria.** Estos son una alternativa más económica y eficiente al transporte privado (autos particulares, taxis, *transfers*) para conectar a los pasajeros con los servicios de transporte aéreo. **También se requiere habilitar sistemas de telepeaje (TAG)** en las vías de acceso de los terminales que no lo poseen. No obstante, aun con ellos se requieren obras de aumento de capacidad en las vías de acceso en la próxima década para Iquique, Calama, Antofagasta, Santiago y Puerto Montt. Posteriormente, se necesitan en Arica, La Serena, Santiago (nueva expansión), Temuco y Punta Arenas. En el caso de Arturo Merino Benítez, además se requiere estudiar un sistema de rieles para conectar el terminal con la ciudad, ya que sus niveles de demanda son demasiado altos para proveer un servicio adecuado únicamente con transporte rodoviario.

Del diagnóstico, se aprecia que **no existe el requerimiento de crear nuevos aeropuertos entre 2020 y 2050, aunque si es necesario optimizar la operación de los actuales terminales.**

En base a las proyecciones de demanda, también se estimaron los impactos ambientales de la industria aérea, con énfasis en las emisiones de contaminantes atmosféricos y el ruido. Con ellas, se definieron estrategias de forestación y mitigación de ruido, en el marco de la Canasta de Medidas de OACI. El principal hallazgo de los mapas de ruido teórico es que **los terminales de La Serena, Isla de Pascua y Balmaceda generan una exposición residencial máxima al ruido entre 60 y 65 dB**, lo que se encuentra sobre la norma de 50

dB. Calama, Santiago y Concepción están en el rango entre 55 y 60 dB, mientras que Temuco y Osorno entre 50 y 55 dB. En consecuencia, en todos ellos se requieren mediciones empíricas del ruido y posteriores medidas de mitigación. En Arica, Iquique, Antofagasta, Copiapó, Valdivia, Puerto Montt, Castro y Punta Arenas no existen exposiciones residenciales sobre la norma, lo cual debe ser preservado a través de instrumentos de planificación territorial, como los Planes Reguladores.

La principal estrategia identificada para potenciar el Transporte Aéreo es la creación de Planes Maestros integrales, que abarquen plazos de 30 años, sujetos a una actualización en periodos quinquenales. Además, es releva la necesidad de infraestructura flexible, adaptable a transformaciones tecnológicas y cambios en la demanda; así como la importancia de contar con información abierta y niveles de servicio definidos para cada proceso experimentado pasajeros, carga y aeronaves al utilizar los terminales.

Dado lo anterior, se elaboró el **Plan Maestro del Transporte Aéreo (PMTA)**, que articula las múltiples tareas y actividades necesarias para orientar el desarrollo del transporte aéreo en Chile hasta el año 2050. Este se encuentra dividido en tres planes: **A – Plan Maestro de Políticas Públicas, B – Plan Maestro de Aeropuertos y C – Plan Maestro de Accesibilidad.** La dinámica general del flujo consiste en comenzar por realizar estudios que entreguen visiones y definiciones generales (A). Luego, se avanza a aspectos más específicos del funcionamiento de los aeropuertos y aeródromos (B), para finalmente tratar la accesibilidad de los mismos (C). En cada uno de los tres planes existen dos tipos de acciones claves: Planes País y Planes Específicos. La estrategia es realizar primero los estudios nacionales, para luego llevarlos a cada aeropuerto a través de los planes específicos. Esto permite que se pueda intercalar el desarrollo de las actividades en función de su nivel de alcance.

Cabe destacar que, esta lógica tiene un marco flexible, dejando espacio para el surgimiento de modificaciones y nuevas actividades. Esto es

porque el PMTA es una directriz de trabajo, pero debe ser actualizado periódicamente, tanto con las fechas efectivas de ejecución de las tareas como con la inclusión de nuevas actividades.

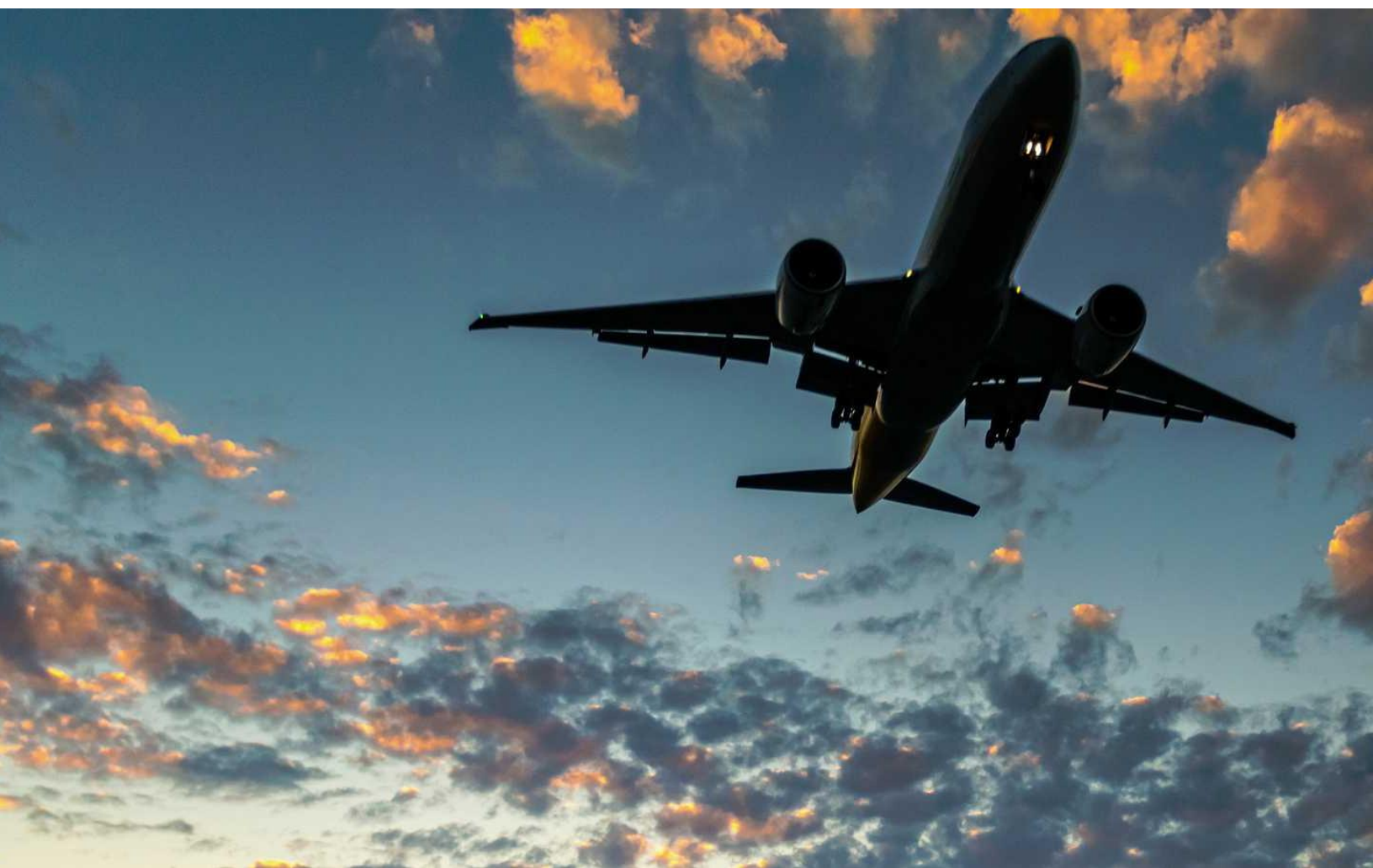
Para el correcto desarrollo del PMTA, **se requiere contar con recopilaciones sistemáticas y actualizadas de la oferta disponible en cada eslabón de la cadena aeroportuaria de la Red Primaria**, tanto para pasajeros como para carga. Esto implica estudiar en detalle la operación de las Pistas de Aterrizaje, Calles de Rodaje, Plataformas, Terminales y Accesibilidad. De esa manera, se cuenta con los insumos apropiados para tomar las mejores decisiones posibles.

Además, **es fundamental analizar la forma en que se relacionan los terminales con los usuarios, comprendiendo la forma en que estos toman sus decisiones**. Por ejemplo, se requiere saber cómo eligen los pasajeros el modo de transporte por el cual acceden al terminal, y cuáles son sus orígenes y destinos finales, de forma de poder planificar sistemas de transporte óptimos para servirlos.

En cuanto a la carga, se requieren esfuerzos adicionales, ya que la información actualmente disponible es muy escasa. Se

necesita caracterizar la oferta de la Red Primaria, así como establecer parámetros para determinar la capacidad que esta puede brindar con ciertos niveles de servicio, según el equipamiento, tecnología y tipo de producto. Igual que con la accesibilidad, también se debe comprender como los porteadores de carga eligen los terminales y servicios, así como cuáles son los servicios mínimos que requieren y los servicios adicionales que se pueden prestar. Esto permitirá tener una visión sistémica y comprensiva de la oferta y demanda de carga, en base a la cual es posible elaborar proyectos que la sirvan de forma óptima.

Un último aspecto a destacar es el **potencial de terminales como Arica, Iquique, Calama, Antofagasta, La Serena, Concepción, Puerto Montt y Punta Arenas para instalarse como aeropuertos internacionales** alternativos a Arturo Merino Benítez. Se necesita estudiar cuál es la demanda que podrían inducir, además de aquella que pueden desviar desde Santiago. También debe contarse con una adecuada caracterización de los servicios que requerirán para lograrlo, de forma de coordinar su provisión con las diversas instituciones involucradas, como SAG, PDI y DGAC, así como la creación de eventuales proyectos de infraestructura.



5. Referencias

5. Referencias

- de Abreu e Silva, J.; Goncalves, J.; Correia, M.; & Marreiros, S. (2015). Airport Planning Process: The Case of the New Lisbon Airport.
- ACHILA (2019). Sector de Carga Aeropuerto AMB.
- ACI (2012). Guide to Airport Performance Measures.
- ACI (2013). Manual Measurement of Passenger Service Process Times and KPI's.
- ACI (2017). The Competitive Edge: Airports in Europe.
- Airbus (2011). Global Market Forecast.
- Airbus (2018). Global Market Forecast: Global Networks, Global Citizens.
- Airbus (2019). Global Market Forecast: Cities, Airports & Aircraft.
- Airport Construction & Design Supplement (2015). Improving and optimizing the LoS of an airport.
- ATAG (2018). Aviation Benefits Beyond Borders.
- Aziz, D. (2018). A model for airport strategic planning and master planning in the Arabian Gulf.
- Azzam, M. (2017). Evolution of airports form a network perspective – An analytical concept.
- Bacheliloglu, I. (2014). Airport Site Selection.
- Badanik, B. (2010). Future strategies for airports.
- Banco Mundial (2004). Infrastructure, Competition Regimes, and Air Transport Costs: Cross-Country Evidence.
- Banco Mundial (2012). Airport Economics in Latin America and the Caribbean.
- Bezerra, G. C.; & Gomes, C. F. (2016). Performance measurement in airport settings: a systematic literature review.
- Boeing (2018). World Air Cargo Forecast.
- Boeing (2019a). Commercial Market Outlook 2019-2038.
- Boeing (2019b). Pilot & Technician Outlook.
- CChC (2016). Infraestructura Crítica para el Desarrollo.
- CChC (2018). Infraestructura Crítica para el Desarrollo.
- Centre for Aviation (2016). The world's top 20 international airports in 2025 will mostly reflect hub connectivity expansion.
- Colegio de Ingenieros de Chile (2016). Política de Transportes y los Planes Modales de Desarrollo.
- Consejo federal suizo (1986). OPB 814.41.
- Cumberbatch, G. (2016). An Operational Analysis of 5 Top Airports for 2013 and 2014.
- DAP (2011). Manual de Desarrollo Aeroportuario.
- DAP (2020). Plan de Aeropuertos.
- Deloitte (2018). Balanced Concessions for the Airport Industry.
- Department for Transport (2013). UK Aviation Forecasts.
- DGAC (2018). DAN 16.
- DICTUC (2017). Análisis de Mercado y Competencia en la Ruta Aérea Santiago-Osorno.
- Domper, M. de la L.; & Hurtado, J. (2009). Concesiones Aeroportuarias: Presente y Futuro.
- FAA (2012). Estimated Airplane Noise Levels in A-Weighted Decibels.
- FDC (2018). Actualización del Modelo ESTRAUS con Información de la EOD 2012.

- Fischer, R. (2006). Política comercial estratégica en el mercado aéreo chileno.
- GfK (2011). Volumen y Destinos de Pasajeros que Viajan a Europa.
- Gillen, D. (2008). Airport Governance and Regulation: The Evolution over Three Decades of Aviation System Reform.
- Gobierno de Chile (2020). Ley N°19.300 Sobre Bases del Medio Ambiente.
- Graham, A. (2004). Airport Strategies to Gain Competitive Advantage.
- Hanse University (2015). Airport Design.
- Hutt, G. (2018a). Databases Scheme on AMB Passengers.
- Hutt, G. (2018b). Marco Conceptual Aeropuertos.
- IATA (2004). Airport Development Reference Manual.
- IATA (2014a). Airport Development Reference Manual.
- IATA (2014b). Doc 10031, Guía de evaluación ambiental de los cambios operacionales propuestos para la gestión del tránsito aéreo.
- IATA (2017). Futuro Potencial de Chile.
- IATA (2018a). Consideraciones para nuevas concesiones.
- IATA (2018b). Recomendaciones para una buena operación de AMB.
- IATA (2019). El Valor de la Aviación en Chile.
- Indiana Department of Transportation (2012). 2012 Indiana State Aviation System Plan - Chapter 2: Airport Categories.
- International Investor (2019a). Accelerating and Managing the Growth of Air Transport in Chile.
- International Investor (2019b). Air Transport Development Chile.
- InterVISTAS (2007). Estimating Air Travel Demand Elasticities.
- InterVISTAS (2015). Economic Impact of European Airports: A Critical Catalyst to Economic Growth.
- IPCC (2018). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing.
- JAC (2013). Hacia una Política de Desarrollo Aeronáutico.
- JAC (2018). Anuario de transporte aéreo.
- JAC (2020a). 2019 Tráfico entre pares de ciudades, Internacional.
- JAC (2020b). 2019 Tráfico entre pares de ciudades, Nacional.
- JAC (2020c). Bases de Datos del Transporte Aéreo.
- JAC (2020d). Ejemplo de Ficha Conceptual de Aeropuertos.
- JAC & PDL (2019). Proyección de Carga Aérea - Aeropuerto AMB.
- Kasioumi, E. (2015). Emerging planning approaches in airport areas: the case of Paris-Charles de Gaulle (CDG).
- Laplace, I. (2008). FAST: Future Airport Strategies.
- Logística Aérea (2018). Diagnóstico & Mejoras Zona Carga.
- Mangattu, S. D. (2014). Airport Operations.
- Middle East Technical University (2017). The Strategic Spatial Planning of an 'Airport City'; Case of Amsterdam Schiphol International Airport.
- Ministerio de Fomento (2017). DORA (Documento de Regulación Aeroportuaria).
- MIT (2019). Airline Data Project.
- MOP (2014). Bases de Licitación Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago.
- MOP (2020a). Informe Mensual de Concesión de Febrero 2020, Aeropuerto El Loa de Calama.

- MOP (2020b). Informe Mensual de Concesión de Marzo 2020, Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez de Santiago.
- MTT (2018). Terminal de Carga Internacional – AMB.
- de Neufville, R. (2008). Low-cost airports for low-cost airlines: flexible design to manage the risks.
- de Neufville, R.; & Odoni, A. (2003). Airport Systems. Planning, Design and Management.
- Nuevo Pudahuel (2019). Terminales de Carga.
- OACI (1987). Doc 9184, Airport Planning Manual – Part I: Master Planning.
- OACI (1997). Actividades Clave.
- OACI (2005). Doc 9157, Aerodrome Design Manual – Part II: Taxiways, Aprons and Holding Bays.
- OACI (2006a). Doc 8991, Manual on Air Traffic Forecasting.
- OACI (2006b). Doc 9157, Aerodrome Design Manual – Part I: Runways.
- OACI (2008). Protección del medio ambiente – Volumen II: Emisiones de los motores de las aeronaves.
- OACI (2011). Aviation Statistics & Data: A Vital Tool for the Decision Making Process.
- OACI (2012a). Caribbean/South American Regional Traffic Forecasts 2011-2031.
- OACI (2012b). Doc 9980, Manual sobre la privatización de los aeropuertos y los servicios de navegación aérea.
- OACI (2013). Doc 9161, Manual sobre los aspectos económicos de los servicios de navegación aérea.
- OACI (2014). Protección del medio ambiente – Volumen I: Ruido de las aeronaves.
- OACI (2016a). Doc 7100, Tarifas de aeropuertos y de servicio de navegación aérea.
- OACI (2016b). OACI Long-Term Traffic Forecasts: Passenger and Cargo.
- OACI (2017a). Plan Estratégico para el Sosténimiento del Transporte Aéreo en la Región Sudamericana – Plan SAM 2020-2035.
- OACI (2017b). SEP 2017: Air Transport Monthly Monitor.
- OACI (2018a). Airport Master Planning – Process & Update.
- OACI (2018b). Airport Planning.
- OACI (2018c). Airport Planning Manual, Section 2 – Airside Development.
- OACI (2018d). Annex 14: Aerodromes – Volume I: Aerodrome Design and Operation.
- OACI (2018e). Doc 9184, Airport Planning Manual – Part II: Land Use and Environmental Management.
- OACI (2019). Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, Esquema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Civil Internacional.
- OECD (2011). Strategic Transport Infrastructure Needs to 2030.
- PDL (2020). Comisión Nacional de Facilitación Transporte Aéreo Internacional.
- Qualimet (2013). Estimación de Demanda por Transporte Aéreo Nacional e Internacional en Chile.
- Quiz Consultores (2018). Aeropuertos.
- Ramirez, N. (2019). Airport Strategic Planning; Master Planning: An Exploratory Research Project.
- Sanhueza, J. I.; & Delgado, F. (2019). Estudio de costos y tiempos de viaje en el tráfico aéreo nacional.
- SCL Econometrics (2009). Análisis de Eficiencia del Mercado del Transporte Aéreo en Chile.
- STATCOM (2010). Encuesta para determinar el destino final de los pasajeros que salen de Chile

con destino internacional desde el Aeropuerto Arturo Merino Benítez y procesamiento de la información obtenida.

SUBTRANS & PDL (2020). Hoja de Ruta Aeroportuaria.

Sumathi, N.; & Parthasarathi, A. (2018). Analysis of Airport Operations.

TRB (2009). ACRP Report 20 – Strategic Planning in the Airport Industry.

TRB (2010). Highway Capacity Manual.

UAEAC (2018a). Crecimiento del Transporte Aéreo en la Región Latinoamericana y del Caribe.

UAEAC (2018b). Presentación Plan Estratégico Aeronáutico 2030.

UAEAC (2018c). Resumen Ejecutivo – Retos, Plan Estratégico Aeronáutico 2030.

World Economic Forum (2017). The Travel & Tourism Competitiveness Report 2017.

World Travel & Tourism Council (2014). Inversión en Viajes y Turismo en las Américas.

Wyman, O. (2017). Aviation Growth is Outpacing Labor Capacity.

Zamanov, A. (2017). Designing the Airport City: An International Perspective.

Zamanov, A.; & Yetiskul, E. (2016). Designing an Airport City: Case Examples.



6. Anexos

6. Anexos

6.1. Análisis de la Red Primaria

6.2. Entrevista con Actores Clave

6.3. Análisis Normativo y de Políticas Públicas

6.4. Estimación de Demanda

6.5. Estimación de Oferta

6.6. Análisis de Equilibrio Oferta-Demanda

6.7. Requerimientos de Infraestructura

6.8. Necesidad de Terminales Exclusivos

6.9. Estudio de Impactos Ambientales

6.10. Necesidad de Capital Humano

6.11. Estrategias para Potenciar el Transporte Aéreo

6.12. Plan Maestro del Transporte Aéreo

