



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

OPTIMIZACIÓN DE LA VENTA DE ORÍGENES- DESTINOS CON COMPONENTE OFFLINE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

BORIS HOUZVIC SÁNCHEZ

**PROFESOR GUÍA:
RENÉ CALDENTEY MORALES**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
GIANNI LAMBERTINI MALDONADO
RICARDO SANMARTIN ZURITA**

**SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2008**

La integración entre líneas aéreas ha sido un tema relevante en la industria durante muchos años. Esfuerzos concretos en este sentido se han observado durante la década pasada con la creación de las grandes alianzas y con la posibilidad de compartir vuelos en conexión; pero una integración real, utilizando los sistemas de *Revenue Management* nunca se ha intentado.

Como consecuencia de esto, las aerolíneas se encuentran en islas de información, si saber lo que pasa fuera de ellas hasta que tratan de vender un pasaje conectando con otra línea aérea. Esto causa que sus vuelos estén optimizados para condiciones irreales, esperando poder vender pasajes que en la práctica no se podrán emitir dadas las limitaciones de capacidad de las aerolíneas con las que se pretende conectar. De esta forma, se optimiza erróneamente la red y al mismo tiempo, se rechazará demanda que se hubiera podido aceptar.

LAN Airlines ha detectado este problema hace un tiempo y desea encontrar mecanismos que le permitan optimizar adecuadamente sus vuelos, tomando en cuenta la realidad de la industria. Dado que esta clase de vuelos representa para LAN más del 15% de su ingreso, este es un tema de gran importancia, donde cualquier avance en este sentido sería muy valioso.

Dado lo anterior, el presente trabajo de título tuvo como objetivo buscar alternativas para poder enfrentar este problema (optimizar la venta de orígenes-destinos volados por más de una aerolínea) y se encontró que en la industria no existen prácticas establecidas para resolver este problema.

Es por esto que se levantaron en conjunto con la gente de LAN 4 opciones de acción, de las cuales 2 fueron descartadas. Las alternativas seleccionadas fueron: compartir los valores a los cuales una aerolínea está dispuesta a vender un asiento (*bid prices*), o tratar de inferirlos a través de la información disponible.

Se analizó la factibilidad técnica de ambas soluciones, encontrándose las dos posibles de realizar. A su vez, una estimación del beneficio potencial encontró que ambas metodologías resultaban provechosas de implementar, generando ingresos de entre un 0.35% a un 1.12% superiores. Además, los resultados son consistentemente mejores a medida que mejora la calidad de la información.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a mis profesores René y Gianni, el primero por enseñarme el camino de la teoría y rigurosidad, y el segundo por guiarme cuando me hacía falta. También a Mauricio quién me enseñó el lado práctico de las cosas y a Pilar que me apoyó en cada paso de este trabajo. También deseo agradecerle a Hans por sus valiosas enseñanzas y a Pedro por sus iluminadores consejos.

Además, deseo darle las gracias a mis compañeros y amigos de trabajo, que siempre estaban dispuestos a escucharme cuando tenía algún problema.

Finalmente, deseo agradecerles a mis padres, a quienes les debo todo.

Este trabajo está dedicado a ellos.

INDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| Resumen Ejecutivo | ii |
| Agradecimientos..... | iii |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1 La industria aérea..... | 1 |
| 1.2 El Revenue Management en LAN Airlines..... | 1 |
| 1.3 El problema que enfrenta LAN Airlines..... | 2 |
| 1.3.1 Ejemplo..... | 3 |
| 1.3.2 Tamaño del problema | 5 |
| 1.4 Alcance del trabajo..... | 6 |
| 1.5 Plan de trabajo | 7 |
| 2. Contexto y Marco Teórico | 7 |
| 2.1 El revenue Management..... | 7 |
| 2.2 Historia del Revenue Management..... | 10 |
| 2.3 El control por capacidad..... | 11 |
| 2.3.1 La solución para un recurso y 2 clases de Littlewood..... | 14 |
| 2.3.2 La Heurística EMSR-b..... | 15 |
| 2.4 El control por Bid price..... | 16 |
| 2.5 Métodos de cálculo de bid prices | 17 |
| 2.5.1 Método de Programación lineal Determinística..... | 18 |
| 2.5.2 Método EMSRc | 18 |
| 2.6 Como trabaja LAN en la práctica | 19 |
| 2.7 Investigaciones y <i>benchmark</i> de la industria | 22 |
| 3. Metodología | 23 |
| 3.1 Estadísticas..... | 23 |

| | |
|--|----|
| 3.2 Revenue mangement | 23 |
| 4. Prefactibilidad y elección de la ruta | 24 |
| 4.1 El tamaño del mercado offline y sus principales actores | 24 |
| 4.2 Principales OD's offline | 26 |
| 4.3 Relación comercial con las distintas aerolíneas | 30 |
| 4.4 Mercado Seleccionado | 30 |
| 5. Levantamiento de procesos de RM en LAN | 31 |
| 5.1 Actores relevantes | 31 |
| 5.2 Estimaciones de tarifa | 32 |
| 5.3 Estimaciones de Demanda | 34 |
| 5.4 Bid prices de la red | 37 |
| 5.4.1 Ejemplo | 37 |
| 5.4.2 Conclusiones del ejemplo | 38 |
| 5.4.3 Los bid price | 39 |
| 5.5 Conclusiones del estudio | 41 |
| 6. Soluciones propuestas y restricciones | 42 |
| 6.1 Alternativas consideradas | 42 |
| 6.1.1 Acuerdos de Block Space | 42 |
| 6.1.2 Utilizar la información histórica existente | 43 |
| 6.1.3 Inferir Bid Prices | 44 |
| 6.1.4 Compartir bid prices | 45 |
| 6.2 Conclusiones | 45 |
| 7. Metodología de implementación de las soluciones | 46 |
| 7.1 Incorporar la información nueva en PROS O&D | 46 |
| 7.2 Compartir Bid prices | 50 |
| 7.3 Estimar bid prices a partir de la información de las clases abiertas | 51 |

| | |
|--|----|
| 8. Estimacion del beneficio..... | 54 |
| 8.1 El simulador PODS..... | 54 |
| 8.2 La simulación..... | 55 |
| 8.2.1 Supuestos de la simulación | 56 |
| 8.2.2 Resultados de la simulación | 56 |
| 8.3 Conclusiones de los resultados | 58 |
| 9. Conclusiones..... | 58 |
| Referencias | 60 |
| Anexos | 1 |
| glosario..... | 1 |

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se expone el contexto general en el que está inserto este trabajo, así como cual es el problema central que motiva su desarrollo.

Para evitar definiciones excesivas que entorpezcan al lector, se ha preparado un glosario de términos, que se puede revisar en los anexos. Se recomienda manejar al menos los conceptos de: Tramo, Segmento y Origen-Destino; antes de continuar.

1.1 LA INDUSTRIA AÉREA

Las líneas aéreas están insertas en un mercado altamente competitivo, el cual les obliga a ser muy eficientes en sus operaciones. Obligadas por la fuerte competencia, se han construido alianzas, las que comparten algunos de sus servicios generando economías de escala. Además, cada aerolínea de la alianza puede vender espacios en los aviones del resto, ampliando así la cobertura del conjunto.

Aun así, los márgenes son cada vez más bajos debido a la competencia, y los costos de los insumos básicos han llegado a niveles históricamente altos. Esto ha hecho de la eficiencia una necesidad para subsistir.

Parte fundamental de esta eficiencia es el *Revenue Management* (RM), el cual se centra básicamente en maximizar el ingreso al tratar de vender el asiento adecuado al pasajero adecuado en el momento adecuado, minimizando el excedente del consumidor.

En síntesis, se trata de rentabilizar al máximo el producto central de las aerolíneas, el asiento, que tiene la enorme complejidad de ser perecible (es decir, si un asiento no es vendido antes de la hora de vuelo, este se perderá).

1.2 EL REVENUE MANAGMENT EN LAN AIRLINES

Para realizar esta labor, LAN Airlines enfrenta el problema en 2 partes. Primero, segmenta a los pasajeros en grupos significativos de manera estándar, generando un producto distinto para cada grupo resultante. Este producto es básicamente un asiento en el avión, sujeto a una serie de restricciones, que mientras más barato sea el asiento, más restrictivas son. Esta segmentación es lo que comúnmente se conoce como clases tarifarias.

Luego, para cada uno de los segmentos se determina la demanda esperada en cada uno de los vuelos. Para esto se utiliza el software “PROS O&D”, el cual fue recientemente implementado, reemplazando la versión anterior de este software PROS 5. La novedad de este nuevo software es que permite realizar optimizaciones de acuerdo al Origen-Destino real del pasajero, y no por un tramo específico de vuelo, que era como se realizaba antes. De esta manera, se puede estimar la red completa de LAN, reconociendo lo que se espera que haga realmente el pasajero.

Una vez que el programa determina las demandas esperadas existen dos alternativas. La primera, es manejar el inventario (los asientos del avión) a través de “disponibilidades”. Esto es, asignarle a cada clase un número máximo de asientos. Esto es muy importante porque si todas las clases tuvieran una disponibilidad infinita, en los escenarios de alta demanda, los pasajeros comprarían con anticipación las clases más baratas nada más, y los pasajeros de negocios, que son más rentables y suelen desear comprar un pasaje cuando el vuelo está más próximo a su salida, no encontrarán espacio.

La segunda forma, y es a la cual LAN está migrando, es manejar su inventario a través de un elemento similar al costo de oportunidad llamado *Bid price*. En términos simples es asignarle a cada asiento un valor que corresponde a cuanto le cuesta a la aerolínea venderlo ahora según su valor esperado futuro dada la demanda estimada. Este valor, se compara con la tarifa que el pasajero quiere pagar, y si ésta es mayor, se le vende el asiento (por supuesto, todo esto resulta invisible para el pasajero).

El manejo de disponibilidad por clase, y el manejo por *Bid prices* son teóricamente idénticos como solución, pero en la práctica permiten un manejo mucho más detallado y preciso del inventario, permitiendo tomar mejores decisiones.

Por otro lado, muchas veces un ticket aéreo es volado por más de una línea aérea, ya que existen acuerdos que así lo consienten. Esto permite aumentar la cobertura de la red de la aerolínea.

Actualmente, cerca del 9% (155 MMUSD aproximadamente) de los ingresos de la compañía provienen de vuelos con estas características.¹ Este tipo de vuelos, no operados por la línea aérea que los vende, son conocidos como vuelos con componente “*Offline*”.

1.3 EL PROBLEMA QUE ENFRENTA LAN AIRLINES

La evolución tecnológica de LAN abrió la posibilidad a muchas mejoras para el manejo de su red. Una de estas es mejorar su operación cuando tienen vuelos con componentes *offline*.

¹ Anexo: Figuras N°8 y N°9

Actualmente, el principal problema detectado es que el programa Pros O&D considera que los segmentos de las otras líneas aéreas estarán siempre disponibles, cuando en la realidad no es así (ya que la otra aerolínea también hace sus propios manejos sobre su red, y puede decidir si cerrar o abrir una determinada clase).

Esto se traduce en que LAN optimiza su red pensando en que va a poder vender una serie de asientos en el futuro, pero cuando la demanda para estos asientos llega, no se les puede vender lo que solicitan. Entonces, se produce una pérdida de ingresos por los pasajeros a los que no se les pudo vender un pasaje, y al mismo tiempo se rechazaron otros pasajeros antes, que pudiendo haber estado interesados en comprar algo que si era factible, se rechazaron con la esperanza de que llegasen los que se estimó inicialmente más valiosos.

1.3.1 EJEMPLO

Supóngase que una aerolínea (LA) vuela desde Santiago (SCL) a Miami (MIA) y tiene una conexión con otra aerolínea (XX) que permite a sus pasajeros llegar hasta Washington.

Figura 1: negro se ve el tramo operado por LAN, y e rojo el tramo operado por la aerolínea en conexión.



Además, supóngase que existe un avión de 20 asientos que vuela SCL-MIA y otro de iguales características que vuela MIA-WAS. Los analistas de LAN confirmaron que el espacio en este avión estaría disponible para ese vuelo, y asumieron que también habría espacio en el vuelo MIA-WAS.

Además, con anterioridad los analistas de LAN estudiaron el caso y predijeron que iban a llegar los siguientes pasajeros, para cada OD y con la siguiente disponibilidad a pagar²:

SCL-WAS

10 Pasajeros: 650 USD

SCL-MIA

5 Pasajeros: 800 USD

5 Pasajeros: 700 USD

10 Pasajeros: 600 USD

Como un pasajero en el primer segmento utiliza un espacio que podría servir tanto para alguien que vuela SCLMIA como SCLWAS, lo más conveniente es aceptar solamente a los pasajeros más valiosos, es decir, a los 5 pasajeros que están dispuestos a pagar 800 USD para el SCL-MIA, a los 5 que están dispuestos a pagar 700 USD también para el SCL-MIA y a los 10 que desean volar SCL-WAS a 650 USD.

Dado lo anterior, se reservarán espacios de la siguiente forma:

5 Espacios para pasajeros SCL-MIA (800 USD)
5 Espacios para pasajeros SCL-MIA (700 USD)
10 Espacios para pasajeros SCL-WAS (650 USD)

Así, se impide que pasajeros que aportan menor ingreso (como los que están dispuestos a pagar 600 USD), suban al vuelo ocupando el espacio de un pasajero de mayor revenue.

Por lo tanto, se espera obtener un ingreso de:

$$10 * 650 + 5 * 700 + 5 * 800 = 14000 \text{ USD}$$

Ahora, supóngase AA cierra su vuelo MIA-WAS a los pasajeros de LAN, ya que justo es un fin de semana largo y sus vuelos se llenaron. Si esto sucede, ninguno de los 10 pasajeros que desean volar SCL-WAS pagando 650 USD podrán subirse, al mismo tiempo, ninguno de los

² Los valores en USD son los netos finales que recibe LA por vender cada pasaje, por lo que son comparables

pasajeros que deseaban volar SCL-MIA a una tarifa de 600 USD podrán hacerlo ya que nunca se les reservó espacio a ellos.

Si la situación anterior ocurre el avión saldrá con 10 asientos vacíos y el ingreso será:

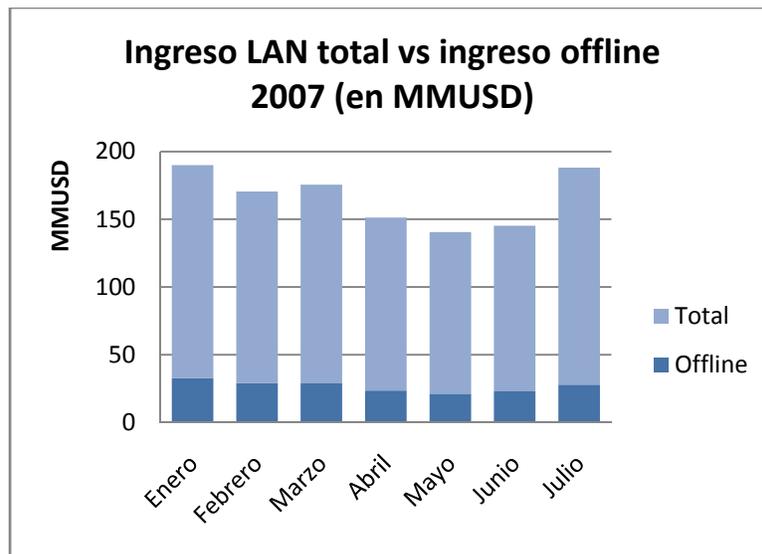
$$0 * 650 + 5 * 700 + 5 * 800 = 7500 \text{ USD}$$

Al tomar equivocadamente el supuesto de disponibilidad en la aerolínea que opera el vuelo en conexión, se induce a errores que pueden llegar a ser muy costosos para LAN.

1.3.2 TAMAÑO DEL PROBLEMA

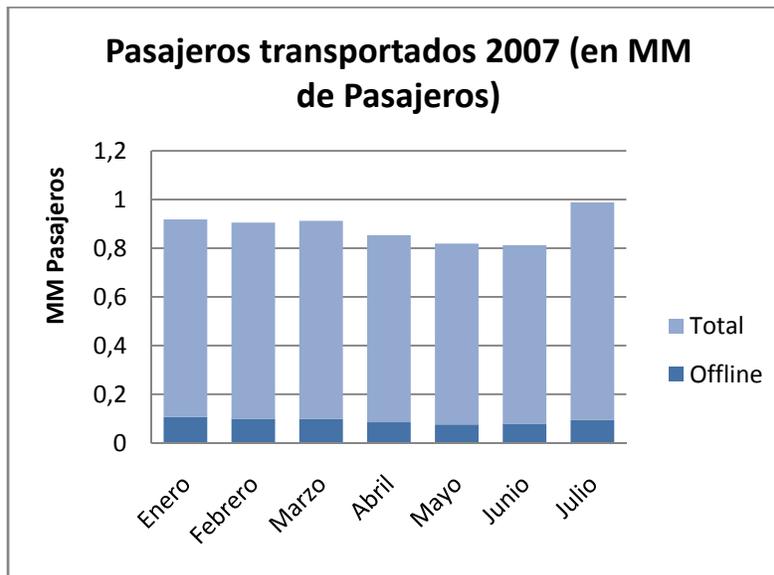
Para poder dimensionar el tamaño del problema en cuestión, se estudió que porcentaje de la venta de LAN era producto de la venta offline. Para esto, se estudiaron los OD volados durante los primeros seis meses de 2007 que tuvieran algún vuelo offline dentro de su itinerario.

Figura 2: Ingreso producto de la venta de pasajes con algún vuelo offline, versus el ingreso total.



Como se puede apreciar en la ilustración anterior, durante el primer semestre del 2007, la venta de pasajes con componente offline alcanzó un 16% del ingreso bruto de la compañía. Algo similar sucede viendo las cifras según pasajeros.

Figura 3: Pasajeros que volaron en vuelos en conexión, versus el total de pasajeros.



Según el gráfico anterior, el 10.5% de los pasajeros que volaron algún tramo de su OD con LAN, también lo hicieron con otra aerolínea.

En conjunto, esto refleja que más del 10 % de los pasajeros de LAN están en juego, ya que este 10% es en promedio más valioso que el pasajero corriente de LAN.

1.4 ALCANCE DEL TRABAJO

Determinar como mejorar el manejo de los vuelos offline que posee LAN es el punto del cual pretende hacerse cargo esta memoria. Para esto, se pretende establecer una metodología que pueda aplicarse sobre toda la red.

Primero que todo, se desea analizar los mercados en los que opera LAN, para poder escoger una ruta específica (un Origen-Destino), cuyas características sean propicias para iniciar un plan piloto. Esto quiere decir, que posea un segmento operado por LAN y otro por otra aerolínea, y que cuyo número de pasajeros sea significativo.

Luego, se analizarán distintas metodología que sean aplicables a la ruta seleccionada y que solucione el problema planteado anteriormente.

1.5 PLAN DE TRABAJO

Primeramente se presenta un trabajo de investigación sobre el RM en la industria y de cómo se aplica para el caso de uso actual

A continuación, se define las herramientas metodológicas a utilizar y se prosigue con un estudio sobre cual es la mejor ruta a estudiar.

Luego, se analiza cada una de las etapas del proceso en cuestión y se muestran sus principales características y fallas.

Después, se proponen soluciones para cada uno de los puntos encontrados y en particular, se ahonda en el problema central de la memoria.

Finalmente se utilizarán los estudios y simulaciones que se encuentran en la literatura para dimensionar el impacto de la solución.

2. CONTEXTO Y MARCO TEÓRICO

En esta sección se pretende introducir el concepto de RM, su historia e importancia en la industria. Se acompaña lo anterior con una breve exposición de las principales herramientas teóricas y como éstas se han llevado a la práctica.

2.1 EL REVENUE MANAGEMENT

La industria aérea es muy demandante en muchos los aspectos que la componen, posee enormes volúmenes de clientes que deben ser atendidos día a día, además su producto central posee una gran perecibilidad (una vez que el asiento de un avión despegó vacío, se ha perdido para siempre). Lo anterior también tiene sus ventajas, pequeñas mejoras en una industria de billones de dólares puede dejar varios millones en ganancias; y justamente este es el punto en donde el RM entra en juego, en las pequeñas mejoras que van un poco más allá de la operación misma del negocio y que pueden dejar grandes beneficios. No solo las industrias aéreas se han dado cuenta de esto, sino que todas aquellas que poseen productos valiosos y de rápida perecibilidad, como hoteles, cruceros y trenes.

¿Cómo poder mejorar los márgenes en la última línea del negocio?, la herramienta fundamental para esto es poder segmentar la demanda según las necesidades de los clientes, ya

que de esta forma se le puede vender al cliente correcto, el producto correcto, en el momento correcto [9].

En pocas palabras, esto significa reducir el excedente del consumidor ofreciéndole un mejor producto, el cual este acorde a su disposición a pagar.

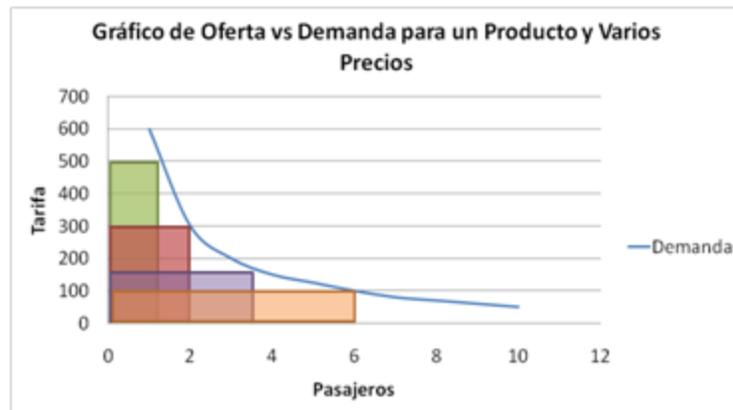
Cabe destacar que esto no significa que una empresa que aplica técnicas de RM este perjudicando a sus clientes, sino todo lo contrario.

Figura 4: Intersección entre una curva de demanda arbitraria y un precio.



Como se ve en el gráfico anterior, para una curva de demanda típica, si se ofrece una sola tarifa de \$300 para el producto, muchos pasajeros no estarán dispuestos a pagar ese precio, y muchos otros se beneficiarían pues estaban dispuestos a pagar tarifas más altas.

Figura 5: Ingreso de una empresa con un esquema de multi tarifas.



Ahora bien, si se ofrecen varias tarifas, como en el caso del gráfico 4, más pasajeros podrán encontrar una tarifa acorde a sus disposición a ganar, aumentando la cantidad de personas que podrán viajar. Al mismo tiempo, la compañía obtendrá mayores ingresos ($500 \cdot 1 + 300 \cdot 1 + 150 \cdot 2 + 2 \cdot 50 = 1200$).

La clave para poder lograr esto, como ya se dijo, es poder segmentar adecuadamente la demanda. Comúnmente esto se logra agregándole condiciones al producto pasaje, dándole así mayor flexibilidad a los pasajes más caros y menor a los más baratos.

Un ejemplo típico son los pasajes para ejecutivos y para turistas, los primeros están dispuestos a pagar más por tener más flexibilidad y poder comprar a última hora para quedarse en estadías cortas, mientras que los segundos planifican con mucha anterioridad su compra y son muy sensibles al precio, quedándose típicamente más de un fin de semana en el lugar de destino. Con esto en consideración, lo política adecuada es permitir que los boletos de vacaciones que son más económicos, solo se puedan comprar hasta un par de semanas antes del vuelo y exijan quedarse un fin de semana en el destino.

Todo lo anterior levanta una serie de preguntas evidentes: ¿Cuáles son las restricciones óptimas para segmentar? ¿Cuántos pasajeros más espero que lleguen a un vuelo justo antes de un fin de semana largo? ¿Cuántos asientos debo reservar para pasajeros de negocios y cuantos para turistas? ¿Debo sobrevender mis vuelos dado que siempre hay pasajeros que no se presentan? Estas, entre otras preguntas, pretende responder el RM.

2.2 HISTORIA DEL REVENUE MANAGEMENT

Pocas disciplinas han nacido tan íntimamente ligadas a un negocio particular, como el caso del RM con las líneas aéreas. Fueron éstas las que detectaron su necesidad desde un principio y quienes han apoyado su desarrollo a lo largo de los últimos 40 años.

Ya en los años 70, existían esfuerzos concretos de investigación enfocados en optimizar el nivel de sobreventa de las reservas (ya que era conocido que un porcentaje de las reservas nunca se presentaba, lo que dejaba el espacio disponible para otro pasajero). Para poder lograr esto, se avanzó mucho en las técnicas de pronóstico de demanda, avances vitales para poder tomar acciones adecuadas sobre que nivel de sobreventa tener.

Durante muchos años toda la industria aérea de Estados Unidos estaba regulada, las tarifas estaban fijadas y los niveles de ingresos controlados. En 1978 todo esto cambió y se desregularizó la industria.

Inmediatamente aparecieron empresas ofreciendo vuelos charter y aerolíneas de bajo costo (las famosas *low cost*) capaces de ofrecer tarifas significativamente menores (entre un 50 y un 70% más baratas que las que existían en el mercado en ese momento), sacrificando en parte la calidad del servicio abordo.

Esta disminución de los precios y aumento de la oferta, trajo consigo un boom de la demanda, logrando que viajes que antes se hacían en auto o en bus, se empezarán a hacer por avión.

Frente a todo esto, las aerolíneas tradicionales empezaron a perder terreno, pues toda la demanda más sensible al precio, como jóvenes y turistas, empezaron a volar en estas aerolíneas de bajo costo (para una aerolínea tradicional, competir por precio era considerado imposible, pues los costos que tenían no se lo permitían).

Pero ese mismo año, Robert Crandall, Vicepresidente de marketing de American Airlines, notó que muchos de sus asientos tenían realmente un costo marginal cercano a 0 (el combustible, los derechos de tráfico, el servicio de mantenimiento, eran cosas que de todas formas tenían que ser pagadas, independientemente de si el avión volaba lleno o vacío). Con esto en mente, se crearon las *American Super Savers Fares*, las cuales eran tarifas de un valor mucho menor y con mayores restricciones (se podían comprar hasta 30 días antes del vuelo, y exigían que el pasajero se quedara al menos 7 días en el destino), orientadas en llenar los asientos vacíos con los que estaba saliendo el avión. Al mismo tiempo, las restricciones impedían que los pasajeros de negocios desearan usarlas.

Fue así como American Airlines pudo empezar a competir para tratar de recuperar el terreno perdido.

Aunque en un inicio beneficiosas, estas tarifas trajeron muchos problemas al interior de American, ya que no tardaron en darse cuenta de que no bastaba disponibilizar un cierto número de tarifas de descuento en cada avión, pues la demanda para cada avión cada día se comportaba de manera distinta, y por ende, una única regla que rigiera todos sus vuelos no era suficiente.

A través de grandes esfuerzos, recién en 1985 pudieron darle una solución satisfactoria a este problema con la creación de DINAMO (*Dynamic Inventory Allocation Maintenance Optimizer*) el cual el primer gran intento de realizar un sistema de RM a gran escala.

Junto con DINAMO lanzaron una nueva campaña de tarifas bajas, las *Ultimate Super Saver Fares*, las cuales igualaban o incluso superaban las tarifas más baratas en cada uno de los mercados en los que American Airlines participaba.

De esta forma, aerolíneas que hasta el año anterior a DINAMO habían tenido ingresos extraordinarios, tardaron solo un par de años en quebrar, como el caso de PeopleExpress, una aerolínea símbolo de las *low cost*.

La revolución que trajo poder controlar la disponibilidad de asientos con descuento a nivel de vuelo fue enorme, y fue el inicio de lo que hoy conocemos como *revenue management*. Ahora se podían responder preguntas tales como ¿Cuántos asientos destinar para la venta anticipada y cuantos para los que están dispuestos a pagar más (pero que llegan más tarde)?

Todo este adelanto fue posible gracias a los avances teóricos que se realizaron durante la década de los 70, en particular Littlewood en 1972 propuso que un pasajero con un pasaje con descuento debía ser aceptado solamente si el valor esperado de dejar el espacio reservado para un pasajero de tarifa completa era menor. Esta regla, simple a primera vista, fue el inicio de una revolución en la industria aérea [6].

El gran interés de las aerolíneas en el RM dada su probada efectividad, motivó a muchos estudios que a su vez fueron mejorando aún más el desempeño del RM. Estas prácticas se han llegado a popularizar a tal punto, que hoy en día la mayoría de las líneas aéreas tienen algún grado de manejo de RM, y, considerando que los ingresos adicionales que entrega un adecuado uso de las metodologías del RM, se estiman entre un 4 y 5%³ para un buen año, aplicar el RM se transforma más en una necesidad que en una opción.

2.3 EL CONTROL POR CAPACIDAD

Calcular el valor del inventario (asientos) de una aerolínea a través del tiempo es una tarea central para ésta, pues con este valor se puede saber a qué precio se debe vender cada asiento.

³ Estos resultados son citados en [7] como resultado de múltiples estudios, pero se hace el alcance de la existencia de escépticos de la veracidad de estas cifras.

Sin embargo, basta con contar con unos pocos OD's en una red para que este problema se vuelva sumamente complejo de resolver. Es por esto que aparece la necesidad del RM, el cual brinda las herramientas adecuadas para poder asignarle un valor a los asientos, y con el cual se puede hacer un manejo eficiente del inventario de la red.

Este proceso se basa en considerar cual es el costo que tiene utilizar un asiento, es decir, cuanto se está dejando de ganar en el futuro por venderlo ahora.

Lógicamente, el incremento en el ingreso debe ser superior a este costo de desplazamiento. Es decir, si x es la capacidad remanente, y $V()$ es la función de valor del inventario de la aerolínea, entonces:

$$V(x) - V(x - 1) = \text{Valor del asiento } x$$

Ecuación 1

Pero el manejo de las aerolíneas incluye múltiples clases por vuelo, lo que complica aún más el análisis, ya que cada clase posee su propio patrón de demanda y restricciones. Además, las aerolíneas deben responder esta pregunta miles de veces por segundo, por lo que la evaluación debe demorar solo unos cuantos milisegundos. Es por esto que la única manera es establecer una serie de reglas simples que permitan determinar si se debe vender o no una clase entre cada periodo de optimización de la red. Esta clase de restricción se conoce como control de capacidad o límites de capacidad (en inglés se conocen también como *Authorization Level* o simplemente AU), que no es más que el número de asientos que se pueden vender de una determinada clase en un determinado vuelo un determinado día.

Como se comentó anteriormente, la idea de esto es poder proteger los espacios de las clases más caras (cuya demanda suele llegar a último momento) frente a la demanda de las clases turistas (que suele llegar antes). Como se sabe que llegará un cierto número de pasajeros que están dispuestos a pagar una tarifa alta a último minuto, se les guarda espacio a ellos a través de esta restricción de capacidad.

Por ejemplo, supónganse 2 clases C1 y C2 (C1 más cara que C2), y un avión de 20 asientos. Entonces una configuración válida de las restricciones de capacidad podría ser:

C1: 6 espacios

C2: 15 espacios

Nótese que ambas clases suman 21, lo que es más que el número total de asientos disponibles. Esto último se conoce como *Overbooking*, y se hace para evitar que el avión salga con asientos vacíos, dado el porcentaje natural de pasajeros que no se presentarán a la hora del vuelo.

Una mejora natural de este sistema, conocido como *nesting*, es ocupado por un gran número de líneas aéreas en la actualidad, el cual consiste en permitir que las clases superiores hereden la capacidad de las clases inferiores. De esta forma, si llega más demanda de clases caras que la estimada, estas le van a poder quitar disponibilidad a las clases más baratas.

En el ejemplo anterior, esto se vería de la siguiente forma:

C1: 21 espacios

C2: 15 espacios

Y así se respondería frente a distintos escenarios:

Cuadro 1: Ejemplo de distribución de espacios para distintos escenarios.

| Ejemplo 1 | Ejemplo 2 |
|--|--|
| Llegan 15 pasajeros de la clase C2 | Llegan 6 pasajeros de la clase C1 |
| Se aceptan todos, y la disponibilidad de las clases queda: C1: 6 espacios C2: 0 espacios | Se aceptan todos, y la disponibilidad de las clases queda: C1: 15 espacios C2: 15 espacios |
| Llega 1 pasajero adicional de la clase C1 | Llega 1 pasajero adicional de la clase C1. |
| Se rechaza por falta de disponibilidad: C1: 6 espacios C2: 0 espacios | Se acepta, y queda: C1: 14 espacios C2: 14 espacios |

Ahora bien, determinar cual es el nivel óptimo de espacios a reservar para los pasajeros de mayores ingresos es un tema clave en esta metodología, y fue justamente el problema con el que se enfrentó American Airlines cuando implemento sus *Super Saver Fares*.

2.3.1 LA SOLUCIÓN PARA UN RECURSO Y 2 CLASES DE LITTLEWOOD

La primera solución al problema anterior la propuso Littlewood en 1972 [6], utilizando un modelo simple de 1 solo recurso (tramo) y 2 clases (C1 y C2) con dos tarifas p_1 y p_2 , donde $p_1 > p_2$ y donde además la demanda de la clase 2 llega antes que la de la clase 1.

Dada la demanda para la clase j , D_j , y la capacidad remanente del recurso, x , el problema era decidir cuanta demanda de la clase 2 aceptar.

La solución a este problema se logra analizando un análisis del ingreso/pérdida marginal que se incurre al aceptar o rechazar un pasajero. Por ejemplo, si se acepta un pasajero de la clase 2, se gana p_2 , sino, se ganará p_1 si y solo si la demanda de la clase 1, D_1 , es mayor que la cantidad de asientos remanente x . Entonces, el valor esperado del x -ésimo asiento es $p_1 P(D_1 \geq x)$. Entonces, tiene sentido aceptar a un cliente de la clase 2, si y solamente si:

$$p_2 \geq p_1 P(D_1 \geq x)$$

Ecuación 2

Es fácil demostrar que esta expresión, para una función de distribución continua, posee un y^* tal que:

$$p_2 = p_1 P(D_1 \geq y^*)$$

Ecuación 3

Donde y^* representa el nivel de protección óptimo para la clase 1, y por ende, $c - y^*$ es el nivel óptimo de protección para la clase 2. Esta es conocida como la regla de Littlewood.

Esta metodología, aunque simple, fue un gran avance para el revenue management pues fue el punto de partida para poder solucionar el problema. Es más, se puede extender fácilmente

el caso anterior a n-clases. Para esto, basta resolver el siguiente problema de programación dinámica:

$$V_j = E(\max_{0 \leq u \leq \min(D_j, x)} \{P_j u + V_{j-1}(x - u)\})$$

Ecuación 4

$$\text{CB: } V_0(x) = 0$$

$x = 0, 1, \dots, c$ Donde c es la capacidad total.

Donde D_j es la demanda en la clase j , u es la cantidad de asientos asignados, P_j es el valor de asiento de la clase j . La solución de este problema arroja u_j^* , como la cantidad óptima de asientos a reservar para la clase j .

Nótese que se mantiene el supuesto de que la demanda de cada clase llega en etapas distintas, siendo la primera demanda (D_1), la que compra al menor precio (P_1), la siguiente demanda (D_2) llega después y compra a $P_2 > P_1$. Así sucesivamente hasta D_N , donde $P_1 < P_2 < \dots < P_N$. Este supuesto, así como el resto, puede levantarse refinando el modelo, pero para el sentido de esta explicación es suficiente tener en cuenta que la solución viene por el lado del ingreso/costo marginal que deja cada asiento.

2.3.2 LA HEURÍSTICA EMSR-B

En la práctica, es raro encontrar aerolíneas que utilicen métodos exactos para obtener las soluciones óptimas, sino que más bien utilizan heurísticas, las cuales son más simples de implementar y usar, siendo al mismo tiempo muy precisas.

Las heurísticas más conocidas para responder este problema son EMSR-a y EMSR-b (*Expected Marginal Seat Revenue*, versiones a y b respectivamente), desarrolladas por Peter Belobaba. Ambas están basadas en el problema de n clases, estático y de un solo recurso, expuesto anteriormente. Solo se diferencian en la manera en que realizan las aproximaciones.

De todas formas, entre ambos, el más conocido es el EMSR-b y es el que se expondrá a continuación.

Básicamente el algoritmo calcula cual es la demanda que queda por llegar cuando (S_j) y el ingreso promedio por clase que se espera que llegue cuando se está en la clase j . Es decir:

$$S_j = \sum_{k=1}^j D_k$$

Ecuación 5

$$\bar{p}_j = \frac{\sum_{k=1}^j p_k E(D_k)}{\sum_{k=1}^j E(D_k)}$$

Ecuación 6

Entonces, utilizando la regla de Littlewood:

$$P(S_j > y_j) = \frac{p_{j+1}}{\bar{p}_j}$$

Ecuación 7

Es decir, se está reduciendo el problema anterior al resuelto por Littlewood, ya que se aceptará alguien de la clase $j+1$ (que es más barata), si y solo si supera lo que se espera percibir en promedio con las clases siguientes.

2.4 EL CONTROL POR BID PRICE

Equivalentemente al calculo del nivel óptimo de asientos a vender por clase, se pueden utilizar los costos marginales para determinar desde que punto es o no conveniente aceptar un pasajero. Es decir, en vez de utilizar capacidades, utilizar precios para discriminar a los clientes. Intuitivamente:

$$V_j(x) - V_j(x - 1) = \Delta V_j(x) = \Pi_{j+1}(x)$$

Ecuación 8

Donde el vector Π_{j+1} representa los valores que deben ser vencidos para aceptar a un pasajeros de la clase j dado que quedan x asientos disponibles. Cada uno de estos valores se

conoce como *bid price*. Si un pasajero desea comprar un OD, el ingreso que le reporte a la compañía la tarifa que está comprando debe ser superior a la suma de todos los bid prices asociados a todos a los recursos (tramos) que está utilizando. Esto le agrega simplicidad al problema pues en vez de tener controles de capacidad para cada clase, basta tener un solo bid price por tramo que vaya discriminando a los pasajeros entrantes, y que se vaya actualizando según estos vayan comprando.

Tanto las restricciones por capacidad como las de bid price son solución del mismo problema, ya que ambas pretenden aceptar pasajeros solo cuando se venza el costo de oportunidad de utilizar un asiento⁴, y para términos generales del análisis de los capítulos siguientes es suficiente. Sin embargo, existen una serie de metodologías distintas para obtener estos valores, las cuales son usadas para comparar distintos escenarios de resultados más adelante.

2.5 MÉTODOS DE CÁLCULO DE BID PRICES

La clave en el proceso de optimización que realiza toda aerolínea con su sistema de RM es lograr estimar el valor de su inventario. El problema es que calcular esto es infactible; tomando como ejemplo una aerolínea que posee tan solo 20 tramos, cada tramo con 100 asientos, existen 100^{20} combinaciones posibles para el inventario, todas las cuales deben estar valoradas.

Es por esto que el foco es tratar de estimar los valores de los bid price, sin tener que resolver el problema de programación dinámica.

Aun así, resolver una red completa puede resultar muy complejo, por lo que los esfuerzos están centrados en métodos que logran descomponer el problema multirecurso en un monorecurso (tramo-cabina), mucho más simple de resolver. Este enfoque también trae el gran beneficio de poder ir actualizando los cálculos de cada tramo a medida que va avanzando el tiempo o cambiando la disponibilidad, sin tener que resolver toda la red.

Por supuesto, el costo de lo anterior es que se pierde parte importante de la información de red, es por esto que la idea es tratar de trabajar con sistemas híbridos que logren capturar las ventajas de ambos acercamientos.

A continuación se exponen las 2 formas más comunes de enfrentar este problema.

⁴ Cabe destacar que pese a que el nacimiento del bid price esta muy ligado al costo de oportunidad (y de hecho en algunos casos lo es), esta no es su definición y por ende no tienen que ser necesariamente iguales ambos valores.

2.5.1 MÉTODO DE PROGRAMACIÓN LINEAL DETERMINÍSTICA

La esencia de este método es resolver el siguiente problema de programación lineal, el cual pretende encontrar el número óptimo de asientos (x_i^*) a ser vendido:

$$\max \sum_{i \in I} f_i x_i$$

Ecuación 9

$$\text{s.a.:} \quad \sum_{i \in I(l,c)} x_i \leq AU_{(l,c)} - CurBkd_{(l,c)} \quad \forall l \in L, \forall c \in C$$

$$x_i \leq d_i, \forall i \in I$$

Donde f_i es la tarifa de la clase i , L es el conjunto de tramos, y C es el conjunto de cabinas. $CurBkd$ corresponde al número de reservas actuales, mientras que AU , son las restricciones de espacio virtuales del tramo-cabina (número de asientos más sobrerreservas).

Obsérvese que la demanda ya fue precalculada para toda la red, y descompuesta por tramo (d_i). De esta forma, por ende, este problema es completamente determinístico (las demandas son un dato).

Mientras que la solución primal de este problema entrega los niveles de protección óptimos, el problema dual entrega una solución que puede ser interpretada como el ingreso generado al relajar la restricción de capacidad en una unidad, también conocida como precio sombra. Estos precios sombra son una aproximación de los costos de desplazamiento de cada tramo, por lo que son una primera estimación de los bid price (conocidos como NetBP).

El algoritmo DAVN (*Displacement Adjusted Virtual Nesting*) es una refinación de lo anterior, pues usa los precios sombra simplemente como costos de desplazamiento, que resta a las tarifas para obtener las pseudo tarifas por tramo. Estas pseudo tarifas (que ahora contienen la información de los costos de desplazamiento de la red) son usadas como si fueran las verdaderas en el algoritmo EMSRb.

2.5.2 MÉTODO EMSRC

Otra forma de estimar el costo de desplazamiento en un tramo es calcular el valor del último asiento disponible en ese tramo con el método EMSR. Este método se conoce como el método del valor EMSR crítico, o simplemente EMSR-c.

El valor obtenido se puede interpretar como el ingreso que se obtendría se le agregará un asiento más al tramo.

Nótese que con este algoritmo, se está tomando en cuenta la estocasticidad del problema (a diferencia del acercamiento anterior de los precios sombra). Además, no requiere que se precalculen las demandas de la red.

El algoritmo más simple basado en este método es el *Heuristic Bid Price* (HBP), el cual simplemente ocupa los costos de desplazamiento calculados como bid prices.

El principal problema de este algoritmo es que al no contar con tarifas prorrateadas por tramo, se calculan los costos de desplazamiento con las tarifas totales, sobreestimando así los resultados.

Williamson propuso una mejora al algoritmo anterior al prorratear el ingreso del itinerario en los tramos volados. Se probó prorratear por millas, número de tramos volados entre otras medidas, y no se logró obtener ninguna que fuera suficientemente robusta [4].

Esto motivó en parte la aparición del algoritmo Iterative Prorated Bid Price (ProBP), el cual consiste en utilizar los resultados del EMSRc de cada tramo para prorratear el valor de cada OD que utiliza un itinerario dado. Estos valores prorrateados por OD son utilizados como dato para el algoritmo EMSRc. Esto se repite hasta que se cumple algún criterio de convergencia.

2.6 COMO TRABAJA LAN EN LA PRÁCTICA

LAN ocupa en su sistema de RM llamado PROS O&D el cual combina un poco de ambos enfoques. Utiliza una programación lineal para poder estimar los costos de desplazamiento, y estos resultados son utilizados para prorratear las tarifas por tramo. Previamente la demanda es calculada a nivel de OD y luego bajada a nivel de tramo.

Con las tarifas prorrateadas y las demandas a nivel de segmento, se construyen los vectores de bid prices de cada cabina resolviendo el problema de programación dinámica determinístico de un recurso.

El sistema PROS O&D optimiza la red todas las noches, informándole a su sistema de inventario (RESIBER) sobre los nuevos bid price. Estos están desagregados por:

- El tramo utilizado.
- El día.
- La cabina (Primera, Ejecutiva o Económica).

Además, las tarifas están a nivel de:

- Punto de venta.
- Origen-Destino
- Itinerario.
- Día.

Luego, dos pasajeros que desean comprar un mismo asiento en un mismo vuelo en una misma clase, pueden encontrar o no disponibilidad dependiendo del origen-destino de cada uno, el punto de venta y el día que hagan la consulta.

La consulta anterior, y todas las que se realicen, ya sea a través de una agencia de viaje o directamente a través de la página Web de LAN, deben seguir el siguiente flujo:

Figura 6: Diagrama del flujo de información entre los distintos sistemas involucrados en el proceso de una consulta de disponibilidad.



Como muestra el Diagrama 1, el requisito de disponibilidad del cliente es atendido por Amadeus (el sistema de reservas de LAN), el cual posee la información de clases y tarifas. Amadeus a su vez consulta a RESIBER si existe disponibilidad en la clase más barata posible, y este a su vez responde según los bid prices que le envía PROS O&D todos los días. RESIBER responde la disponibilidad de la clase más barata disponible si la hay y Amadeus despliega la tarificación adecuada según lo que el cliente solicitó.

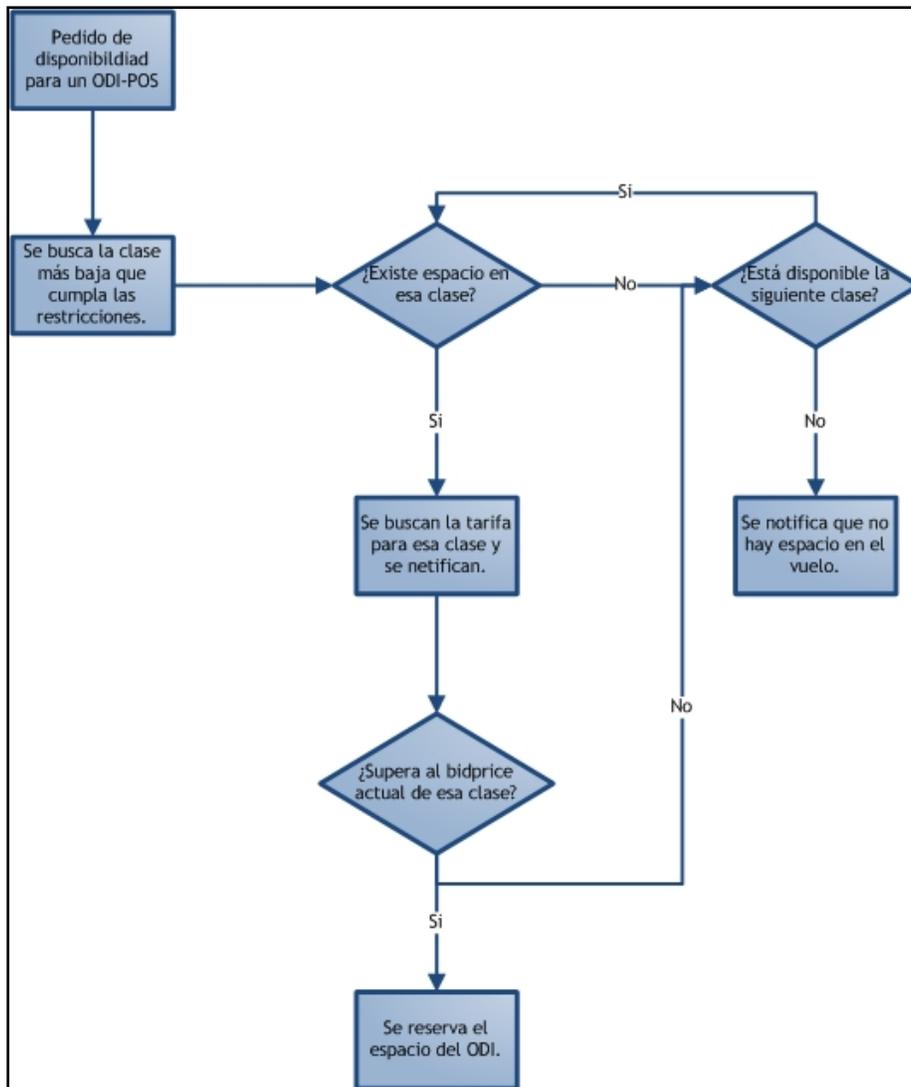
La parte central en la disponibilidad o no de un asiento en un tramo es si la tarifa netificada de la clase solicitada, supera al todos los bid price activos para los tramo en cuestión. Es decir, el pasajero que desea volar una determinada serie de tramos, debe vencer el valor de la suma de todos los bid prices de su ruta con el ingreso neto de su tarifa cancelada para ser aceptado:

$$\text{Ingreso Neto} \geq \sum \text{Bidprices de la ruta}$$

Ecuación 10

Todo este proceso queda ejemplificado en el siguiente diagrama:

Figura 7: Diagrama de decisión recorrido al consultarse una disponibilidad para un ODI-POS.



Como los bid prices se manejan a nivel de tramo, y solamente están disponibles para el inventario de LAN (ya que solo LAN conoce cuanto valen sus asientos), para los tramos volados en conexión con otras aerolíneas se utilizan un factor corrector llamado *Interline Adjustment* (IA), el cual representa el porcentaje del ingreso de la tarifa pagada que queda en LAN tras descontarle el pago que se le hace a la otra aerolínea por volar el tramo adicional. Entonces, la decisión que se toma para un vuelo vendido por LAN, pero que comparte el itinerario con otro operador es:

$$\text{Ingreso Neto} * IA \geq \sum \text{Bidprices del ODI}$$

Ecuación 11

Lo anterior equivale a castigar la tarifa neta del pasajero en el porcentaje que pierda LAN por vender el vuelo en conexión. Sin embargo, como las tarifas están por Origen-Destino, es esperable que los itinerarios que posean otras aerolíneas en sus recorridos serán superiores, para poder pagarle el pasaje a la otra aerolínea. Esto quiere decir, que el IA (*Interline Adjustment*, factor por el que se castiga la venta *offline*) no necesariamente será un valor inferior a uno, aunque si se espera que lo sea la mayoría de las veces. Además, por defecto las aerolíneas comparten los ingresos de un itinerario compartido por milla volada (en caso de que no existan otros acuerdos), esto implica que la aerolínea que vuele la mayor parte del itinerario debe ser la mayor.

Analizando el lado de la aerolínea que acompaña a LAN en el itinerario, esta puede tener su propio sistema de RM que decide si responder positiva o negativamente frente a un pedido de disponibilidad en uno de sus aviones.

Asumiendo que la otra aerolínea es coherente en sus prácticas, si la tarifa que le ofrece LAN es mayor que su bid price (en caso de que se maneje por bid prices) o si existe espacio en la clase de la tarifa seleccionada (en caso de que trabaje por AU), la otra aerolínea debería aceptar el requerimiento.

Es justamente acá que se produce el principal punto nocivo para la optimización: la disponibilidad offline nunca es tomada en cuenta. Es decir, en ningún momento se considera que la otra aerolínea también posee un sistema de RM y que deberá tomar su propia decisión al momento de aceptar o no a un pasajero en uno de sus aviones.

2.7 INVESTIGACIONES Y BENCHMARK DE LA INDUSTRIA

Aprovechando que LAN es partícipe de conferencias mundiales de RM (PODS y AGIFORS) en las que se comparten las mejores prácticas, se indagó en el tema de cómo han solucionado otras aerolíneas el manejo de las rutas con conexión.

En estas reuniones, solamente se ha mencionado con respecto al tema estudiado las simulaciones que realizó Jérémy F. J. Darot en su tesis de magister y sus resultados generales, por lo que cualquier avance en esta línea de investigación será una novedad para la industria.

Sin embargo, conversando con otras aerolíneas, se descubrió que NorthWest y KML si utilizan un sistema para optimizar de manera conjunta sus redes. Lo que hacen es compartir los bid prices y los utilizan por fuera de su sistema de RM para comparar con ellos la tarifa que le ofrecen a la otra compañía, para poder saber si les aceptará o no venderles un asiento a ese precio.

Claramente este enfoque no es el óptimo, pues los bid prices de aerolíneas distintas no son comparables (por ejemplo, una puede estar utilizando ProBP mientras que la otra utiliza HBP), y además trabajar por fuera de su propio sistema de RM puede ser muy engorroso y poco eficiente.

De todas formas, Andrew Boyd sugiere que usar los bid prices como precio de transferencia puede ayudar a coordinar los ingresos de los vuelos en conexión. También comenta que sistemas de RM separados, pero que puedan intercambiar información son capaces de llegar a soluciones cercanas al óptimo [2].

3. METODOLOGÍA

Para las secciones que vienen a continuación, se utilizarán las siguientes herramientas metodológicas.

3.1 ESTADÍSTICAS

Para la prefactibilidad y la elección de la ruta se realizarán estudios de ventas, emisiones y reservas y tarifas, todos para períodos de un mes o más.

Dada la gran variabilidad de las fuentes de datos, y de los mismos cambios que experimenta la industria, no se espera poder obtener resultados estadísticamente exactos, sino, aproximaciones del estado actual. Lo anterior, junto a la ayuda de los juicios de expertos dentro de la empresa dará las conclusiones definitivas.

3.2 REVENUE MANGEMENT

Existen una serie de condiciones que dicta la teoría sobre la utilización de bid prices. Estos dependen del tipo del tipo de aplicación (industria) y del grado de exactitud empleado.

En particular LAN Airlines ocupa un modelo de bid prices generado a través de una optimización lineal, ocupando como fuente, la información de contabilidad, itinerarios y demanda (esta última es generada directamente por el software apoyado por los analistas que supervisan cada ruta estimada).

En este sentido, es necesario revisar cada uno de estos puntos desde la mirada del *Revenue Management* para poder detectar las fallas y proponer las soluciones.

4. PREFACTIBILIDAD Y ELECCIÓN DE LA RUTA

Se estudió cual era el tamaño del mercado offline, cuanto representaba para LAN y cuales eran sus principales actores. Además, se estudiaron una serie de rutas que podrían servir para los fines de este estudio y se escogió la más adecuada.

Debido a requerimientos de confidencialidad, los nombres de las aerolíneas y los mercados que estas vuelan han sido enmascarados.

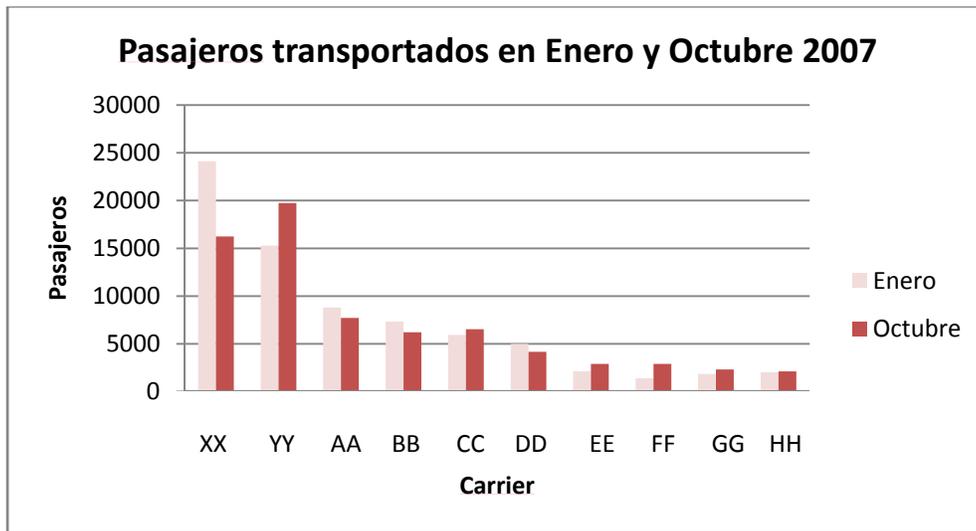
4.1 EL TAMAÑO DEL MERCADO OFFLINE Y SUS PRINCIPALES ACTORES

Los vuelos con conexión con otras aerolíneas representan cerca del 17% del ingreso de LAN, y en ellos se transportan cerca del 10% de los pasajeros que vuelan con esta aerolínea⁵.

Del total, 10 líneas aéreas transportan más del 70% de los pasajeros que vuelan en conexión, como lo muestra la siguiente figura:

⁵ Anexo: Figuras N°1 y N°2

Figura 8: Grafico comparativo de los pasajeros en conexión transportados durante Enero y Octubre. Por razones de confidencialidad los nombres de las aerolíneas han sido encubiertos.

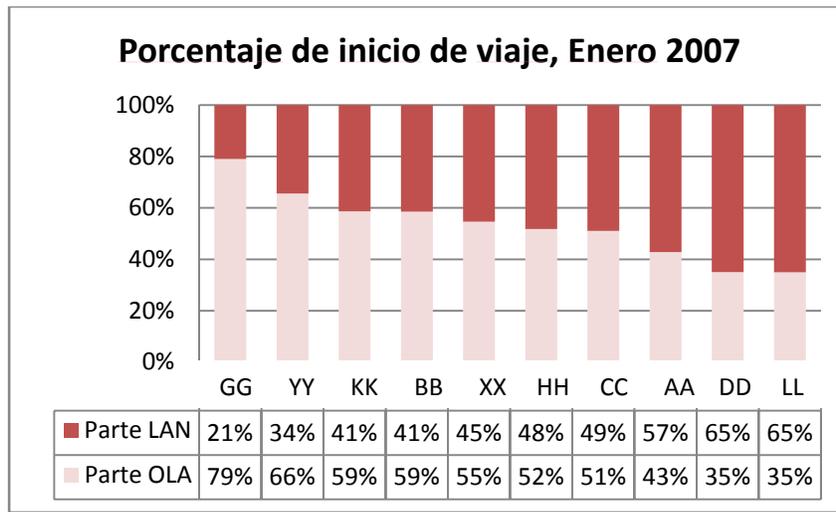


Esta muestra se obtuvo de 2 meses muy distintos, Enero, que es la alta temporada y Octubre, un mes de temporada baja y bastante plano en su demanda.

Consistentemente, XX e YY son las principales aerolíneas con las que conecta LAN, contando cada una con más de 15000 pasajeros transportados mensualmente.

Adicionalmente, ambas aerolíneas, suelen iniciar el viaje en sus redes. Esto quiere decir, que el pasajero primero compra un pasaje en su red, y conecta luego con nosotros. Normalmente esto se traduce en que la aerolínea inicial vende el segmento más largo, mientras que la segunda vende la conexión más corta hacia el destino final. Lo anterior se ve en la siguiente figura:

Figura 9: Porcentaje de viajes iniciados con otras aerolíneas comparativamente con LAN. Por razones de confidencialidad los nombres de las aerolíneas han sido encubiertos.

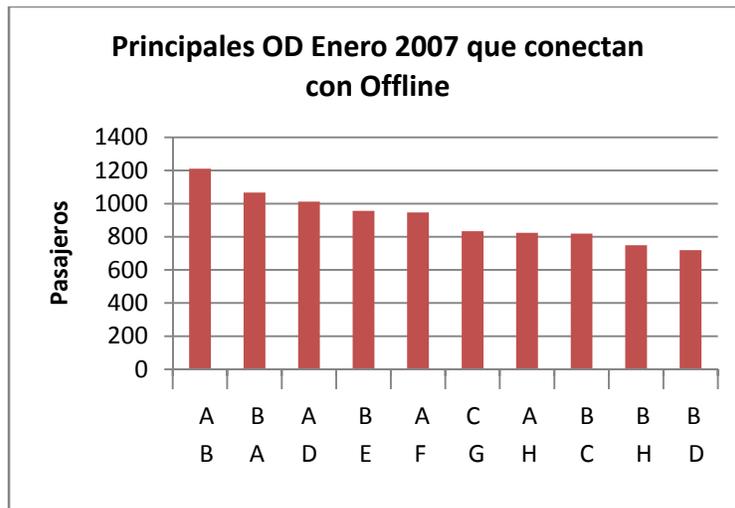


Por lo tanto, las líneas aéreas que poseen más de un 50% de inicio de viaje, están utilizando a LAN más de lo que LAN las utiliza. Esta situación se puede deber a que se está manejando inadecuadamente la manera en se que conectan con ellas, pues las tarifas y acuerdos de interconexión se basan en la equidad de resultados para ambas partes.

4.2 PRINCIPALES OD'S OFFLINE

Se realizó un estudio de los principales OD que se vuelen con conexión, y los resultados fueron los siguientes:

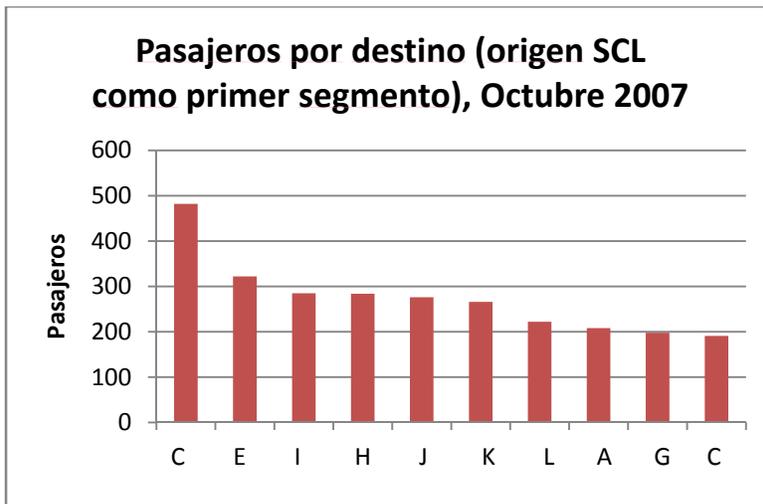
Figura 10: Principales Orígenes-Destinos que poseen tramos offline o conectan con otras aerolíneas. Por razones de confidencialidad los nombres de los OD han sido encubiertos.



Primeramente, llama la atención que sea B-A y A-B los OD's más volados en conexión, siendo que estas rutas son voladas de principio a fin y sin conexiones por LAN. Un estudio posterior reveló que la manera en que LAN maneja su criterio de corte de OD es a través del tiempo de estadía en la ciudad de destino. Para el caso de vuelos intracontinente, esto es 6 horas, y esto fue justamente lo que se cumplía en este caso pues eran vuelos con largos tiempos de conexión y que por ende, figuraban como si el pasajero hubiera llegado a su destino, cuando realmente no era así.

Fue por esto que se descartó este enfoque y se eligió ver cuales eran los principales OD's que hacían los pasajeros que partieran en Santiago y que poseyeran más de dos segmentos. El resultado fue el siguiente:

Figura 11: Pasajeros transportados desde Santiago con conexión a los distintos destinos. Por razones de confidencialidad los nombres de los destinos han sido encubiertos.



Nuevamente se observan algunos destinos que están dentro de la red de LAN, pero ahora si es seguro que son puntos a los que se llega en conexión. Además, no es sorprendente que sean rutas que XX e YY (como ya se dijo, los principales actores en el mercado offline de LAN) manejan, las que primero aparecen, salvo con la excepción de D, la que se llega en conexión con DD.

Del análisis anterior, se determinó que estas tres aerolíneas eran las que más conexiones interlineales estaban creando, y por ende se estudió hacia donde partían los pasajeros de LAN que hacían conexión en cada uno de sus *Hubs* (D para DD, H para XX y I para YY). Los resultados fueron los siguientes:

Figura 12: Pasajeros e ingreso para vuelos en conexión con XX iniciados en H, para principales destinos.

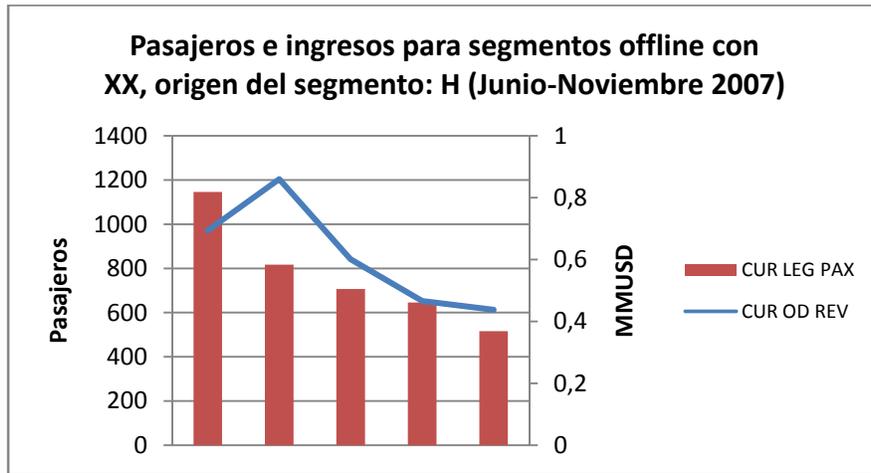


Figura 13: Pasajeros e ingreso para vuelos en conexión con DD iniciados en D, para principales destinos.

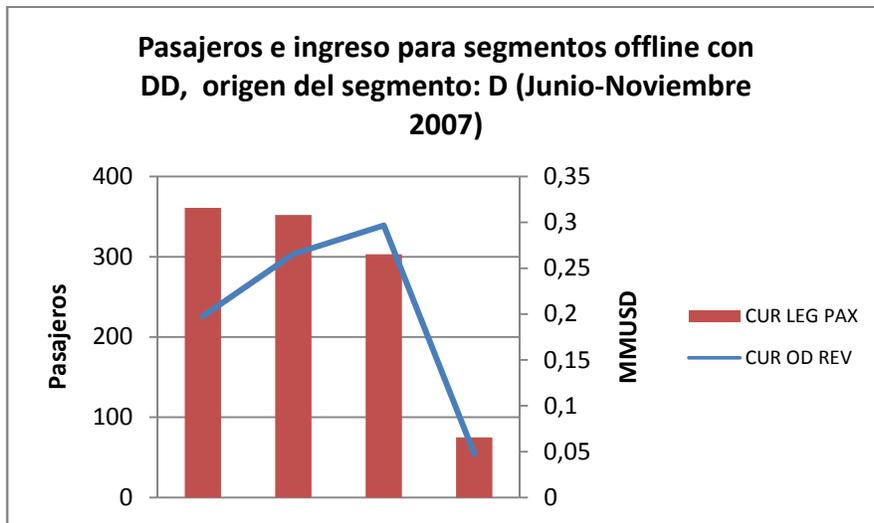
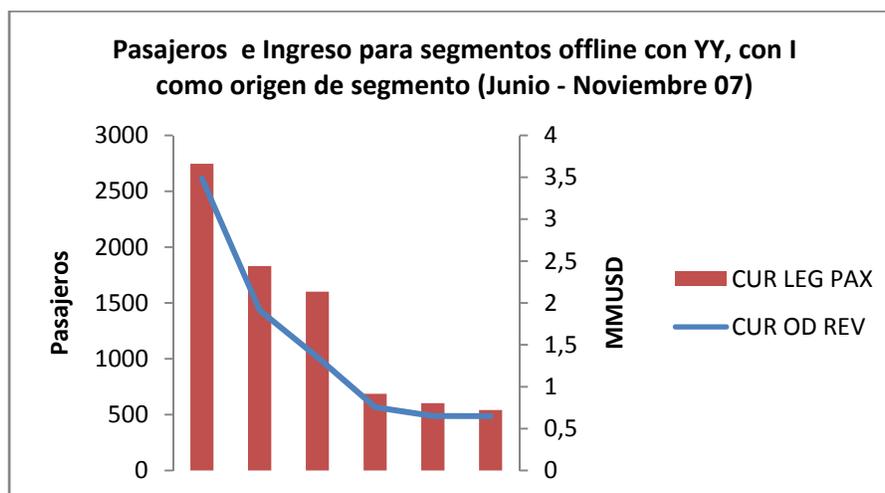


Figura 14: Pasajeros e ingreso para vuelos en conexión con YY iniciados en I, para principales destinos.



En términos de pasajeros y de ingreso, las rutas que conectan en H con XX y en I con YY son bastante mayores que las que lo hacen en D con DD.

4.3 RELACIÓN COMERCIAL CON LAS DISTINTAS AEROLINEAS

Actualmente, XX es la aerolínea que más pasajeros de LAN transporta en vuelos con conexión, seguida de YY. Ambas son miembros del grupo *One World*, lo que es un gran apoyo a la hora de realizar acuerdos y alianzas estratégicas.

En particular, en el caso de YY, existe una gran colaboración en temas de *revenue management*.

Además, ambas aerolíneas poseen un sistema de RM compatible con el de LAN, que maneja sus disponibilidades en función de AU's o bid prices.

En el caso de DD, no se posee ninguna de estas ventajas.

4.4 MERCADO SELECCIONADO

Finalmente, debido a la fuerte relación comercial que se tiene, y al alto número de pasajeros transportados, se escogió con el apoyo de un grupo de gerentes de LAN ligados al RM, a YY como aerolínea para comenzar el estudio, y al tramo offline I-M (principal arrojado en los estudios anteriores) como tramo a optimizar para la red.

La ventaja de este tramo es que es casi únicamente volado con YY y que posee pasajeros que provienen de 3 grandes orígenes bastante claros: B, N y O (los tres tramos Online que alimentan al I-M).

5. LEVANTAMIENTO DE PROCESOS DE RM EN LAN

En este capítulo se pretende ilustrar como funciona el proceso de asignación de bid prices, y que actores interactúan en él.

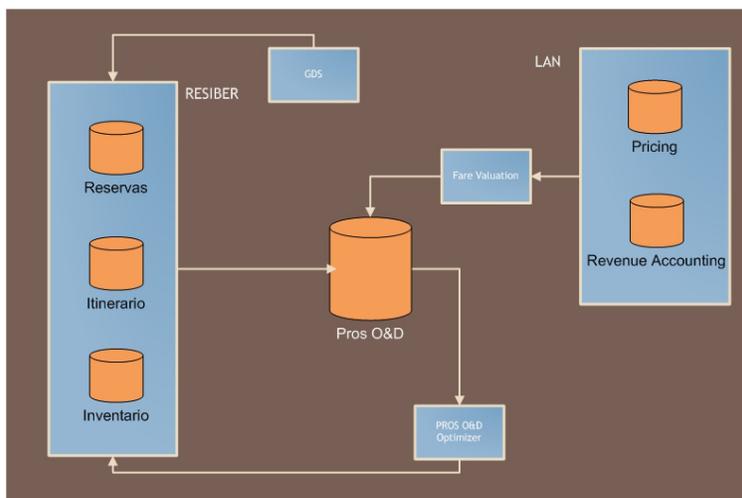
5.1 ACTORES RELEVANTES

Para poder hacer un adecuado diagnóstico del proceso de RM, es fundamental notar primeramente los actores relevantes del proceso.

El sistema de optimización de redes, PROS O&D, posee 2 principalmente fuentes de información, RESIBER y LAN.

De RESIBER, PROS O&D recibe toda la información de reservas e inventarios, es decir, cuantos pasajeros tienen tomado un asiento y cuantos quedan disponibles. Complementa lo anterior con una versión actualizada de todo el itinerario de LAN.

Figura 15: Cuadro resumen con las interacciones que tiene el sistema PROS O&D con las distintas fuentes de datos.



Por otro lado, el sistema recibe como input la información del área de *Pricing* (tarifas) y de *Revenue Accounting* (información para la netificación de las tarifas). Esta información es tomada por el programa y transformada en *Fare Values* (valores netos de las tarifas) e *Interline Adjustments* (factores de corrección para los vuelos en conexión).

Toda esta información es almacenada en la base de datos de PROS y con ella se realiza una estimación de la demanda.

Finalmente, esta información alimenta al modulo optimizador de la herramienta, el cual genera los bid prices que se le envían a RESIBER.

Toda esta labor es apoyada por analistas que interactúan en las distintas etapas del proceso, haciendo ajustes a las estimaciones y optimizaciones, así como agregando influencias para las cosas que PROS no puede percibir (feriados, conciertos, eventos deportivos, etc.).

5.2 ESTIMACIONES DE TARIFA

Como se menciono anteriormente, este módulo recibe la información de tarifas y comisiones de LAN, para obtener valores netos de ellas. Esto es importante porque representa cuanto vale un pasajero para LAN, y un valor correcto es fundamental para poder utilizar los bid price como herramienta de discriminación.

A modo de prueba, se realizó una extracción de datos para el vuelo M-I-B con punto de venta en Chile para la cabina económica:

Cuadro 2: Interline Adjustments para el tramo M-I, POS CL Abril 08.

| Clase | IA |
|--------------|-----------|
| B | 0.45 |
| H | 0.51 |
| K | 0.53 |
| L | 0.69 |
| M | 0.55 |
| N | 0.49 |
| O | 0.90 |
| Q | 0.46 |
| S | 0.47 |
| V | 0.62 |
| Y | 0.60 |

Cuadro 3: Net Factors para el tramo I-B, POS CL Abril 08.⁶

| Clase | NF |
|--------------|-----------|
| B | 1.01 |
| H | 0.99 |
| K | 0.99 |
| L | 0.99 |
| M | 0.99 |
| N | 1.00 |
| O | 1.11 |
| Q | 0.99 |
| S | 0.92 |
| V | 0.99 |
| Y | 0.99 |

Con la información de tarifas, y las dos tablas anteriores, se obtuvieron los siguientes resultados:

⁶ Para algunas clases se observan algunos valores superiores a 1. Esto se debe a que se toma una tarifa representativa para la clase (típicamente la más vendida), para representar a todas las demás. Como el NF se calcula utilizando el grado de utilización de cada tarifa para cada clase, puede ser que al hacer el neteo el valor resulte superior a 1.

Cuadro 4: *Farevalues*, *Farevalues* corregidos y *Farevalues* por milla, para el vuelo M-B, POS SCL, Abril 08.

| Clases | Tarifa*Nf = | | | Farevalue por |
|--------|-------------|------|--------------|---------------|
| | Tarifa | FV | Tarifa*Nf*IA | Milla |
| Y | 4200 | 4261 | 1934 | 4069 |
| B | 3010 | 2967 | 1515 | 2834 |
| H | 1410 | 1396 | 734 | 1333 |
| K | 1116 | 1108 | 768 | 1058 |
| M | 919 | 913 | 503 | 872 |
| V | 869 | 867 | 426 | 828 |
| L | 799 | 889 | 803 | 849 |
| S | 656 | 653 | 298 | 623 |
| N | 595 | 545 | 254 | 521 |
| Q | 481 | 478 | 297 | 457 |
| O | 442 | 438 | 264 | 418 |

La anterior muestra cuales serían los valores finales, con los IA entregados por *Revenue Accounting* y los generados según las millas voladas por cada aerolínea.

Analizando los números obtenidos, queda en evidencia que mientras los valores de los NF (cuadro 3) son bastante razonables (cerca de 1), los IA en cambio (cuadro 2) no lo son. En promedio, los IA tienen un valor de 0.57, muy por debajo de lo que uno esperaría considerando que si se prorrateara por milla, este valor sería de 0.95 aproximadamente. Esto causa que se obtengan *Farevalues* corregidos (FV*IA) muy bajos, por lo que se disminuye mucho la posibilidad de que sean capaces de vencer a los bid prices que les corresponden (del tramo I-A) y por ende, mostrarán una disponibilidad muy inferior a la real.

Para el pasajero, todo esto se traducirá en que deberá pagar más por comprar un ticket, o simplemente no podrá hacerlo dado el fuerte castigo que recibe su tarifa al volar el segmento M-I.

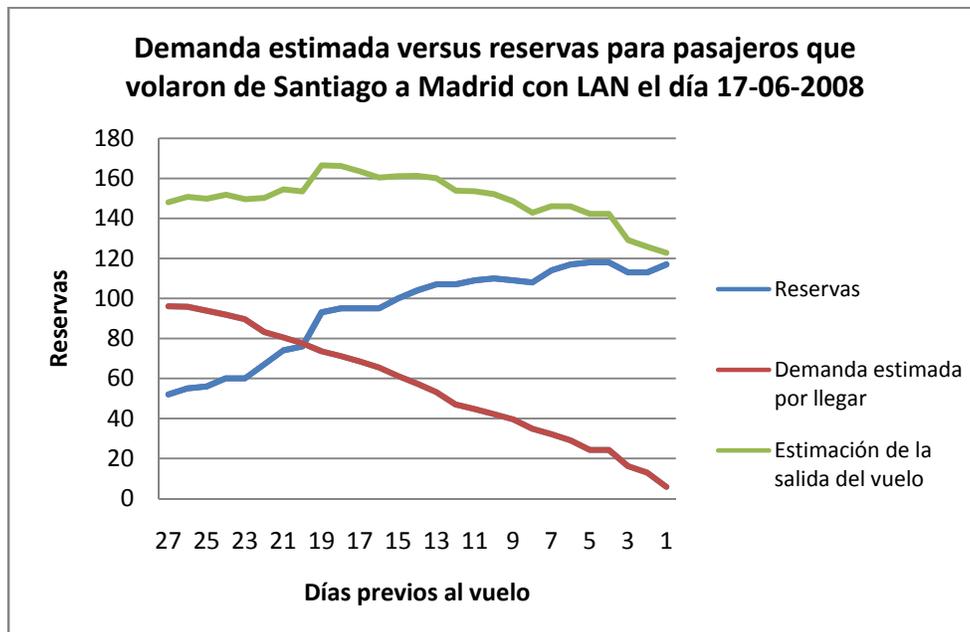
5.3 ESTIMACIONES DE DEMANDA

Para las estimaciones de demanda, PROS O&D utiliza un sistema bayesiano, el cual se va aprendiendo a medida que van llegando los pasajeros. Esto quiere decir, que si históricamente el sistema ve que para un vuelo determinado llegan alrededor de 100 personas siempre, sus estimaciones de demanda estarán cercanas a este valor. A su vez, si las reservas para el vuelo en cuestión no se acercan a lo que se ha experimentado anteriormente, el programa forzosamente irá cambiando las proyecciones para ajustarse a la nueva demanda y el cambio que se experimentó será registrado para futuros vuelos.

Los resultados de esta estimación se pueden reducir a demandas particulares para cada tramo de cada vuelo proveniente de un POS determinado. Esta demanda no considera la capacidad del avión ni el estado de las clases como restricción, pero sí toma en cuenta la historia del vuelo. Es por esto que esta demanda se conoce como demanda *Achievable* (dado lo que sucedió en el pasado, cuanta demanda podría llegar si todas las clases estuvieran disponibles).

Como esta demanda es la cantidad máxima de pasajeros que se estima que podrían llegar para un día dado, se utiliza para poder realizar la estimación, y comparar como cada cambio en los bid prices la afecta.

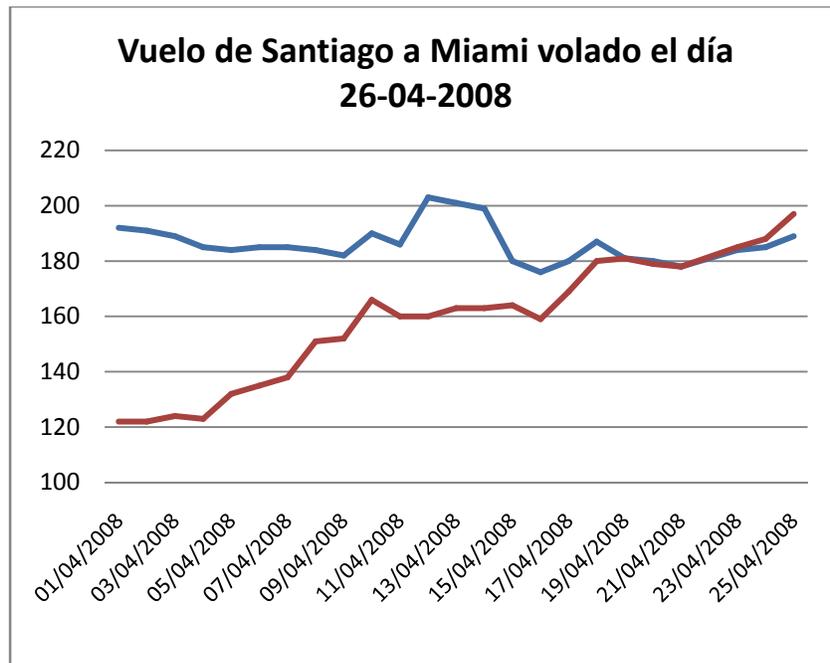
Figura 16: Esta figura muestra las reservas y la estimación de la demanda de pasajeros que querían volar con LAN en el tramo Santiago-Madrid únicamente, independiente de si conectaron más tarde con otros vuelos.



Como muestra la figura anterior, Pros calcula diariamente cuanta es la demanda que espera que llegue a un vuelo según lo que el pasajero desea hacer (de donde a donde volará), suponiendo que todas las clases están abiertas para la compra. Esto significa, que es una cota superior de la demanda que efectivamente se va a captar.

Por otro lado, si la estimación de la demanda considera que las restricciones actuales de un vuelo se mantendrán en el tiempo, obtendremos la demanda *Constrained*, la cual representa como se espera que salga el vuelo en las condiciones actuales. La suma de todos los Orígenes-Destino-POS que pasan por un tramo conforma la demanda *Constrained* de este, como se ve en la siguiente figura.

Figura 17: Esta figura muestra como Pros O&D va corrigiendo sus estimaciones de demanda a medida que va acercándose la fecha del vuelo.



La figura muestra un ejemplo de cual fue la demanda *constrained* proyectada para cada día para el vuelo de Santiago a Miami que volaba el 26 de abril. Además, muestra cuales fueron las reservas día a día.

En el gráfico también se aprecia claramente que la proyección de la demanda se va corrigiendo día a día según van entrando o saliendo reservas. Esto habla de que el sistema aparte de basarse en la historia de vuelos pasados, también toma la información reciente para ir corrigiendo sus estimaciones. Aún más, existen revisiones periódicas (mientras más cercana es la salida del vuelo, más cercanas en el tiempo son las revisiones entre sí) que van revisando si la demanda que se esperaba que llegase para ese periodo llegó o no, corrigiendo las estimaciones de ser necesario. Esto se hace así para evitar tener que estar corrigiendo las estimaciones de demanda día a día.

De todas formas, la habilidad de principal de Pros O&D es ir aprendiendo de la historia, y es con ella que evita que el sistema tome una decisión equivocada todo el tiempo con respecto a los vuelos en conexión. Esto es porque si históricamente un vuelo en conexión está constantemente cerrado, lo que observará PROS O&D será simplemente que no está llegando demanda para ese destino en particular (ninguna persona puede reservar un espacio en esos vuelos). Una historia de vuelos cerrados provocará que el sistema crea que no tiene demanda para el vuelo en conexión y por ende no esperará que esta llegue en el futuro.

En este sentido, si los vuelos estuvieran igual de cerrados constantemente, no se tendría la inquietud principal que trata de abordar este trabajo, pues el sistema ya se habría adaptado a este tipo de escenario y estimaría siempre la cantidad real de pasajeros que van a llegar al vuelo en conexión.

Pero la realidad es más compleja, y cuando la variabilidad y el tamaño de la red entran en juego, tenemos cientos de vuelos en conexión algunos abiertos y otros cerrados, y un sistema que no es capaz de diferenciar unos de otros.

5.4 BID PRICES DE LA RED

Antes de adentrarse en este punto, es conveniente revisar el siguiente ejemplo que muestra la problemática actual.

5.4.1 EJEMPLO

Supongase el mismo ejemplo expuesto en el capítulo introductorio. Como un pasajero en el primer segmento utiliza un espacio que podría servir tanto para alguien que vuela SCLMIA como SCLWAS, lo más conveniente es aceptar solamente a los pasajeros más valiosos, es decir, a los 5 pasajeros que están dispuestos a pagar 800 USD para el SCL-MIA, a los 5 que están dispuestos a pagar 700 USD también para el SCL-MIA y a los 10 que desean volar SCL-WAS a 650 USD.

Dado lo anterior, el sistema crea (acertadamente), el siguiente vector de bid prices:

Cuadro 5: Tabla resumen de los bid prices para un vuelo de 20 espacios.

| SCL MIA | |
|----------|----------|
| Espacios | Bidprice |
| 25 | 599 |
| 24 | 599 |
| 23 | 599 |
| 22 | 599 |
| 21 | 599 |
| 20 | 649 |
| 19 | 649 |
| 18 | 649 |
| 17 | 649 |
| 16 | 649 |
| 15 | 649 |
| 14 | 649 |
| 13 | 649 |
| 12 | 649 |
| 11 | 649 |
| 10 | 699 |
| 9 | 699 |
| 8 | 699 |
| 7 | 699 |
| 6 | 699 |
| 5 | 799 |
| 4 | 799 |
| 3 | 799 |
| 2 | 799 |
| 1 | 799 |

Esta tabla indica que para vender el asiento 20, el pasajero debe pagar más de 650 USD. Así mientras se van utilizando los asientos. Al ocuparse 10 asientos, se debe empezar a pagar más de 699 para que el sistema de disponibilidad al pasajero. Así sucesivamente, hasta que el último asiento no se va a vender a menos de 799 dólares. Los bid price del 21 al 25 no poseen un asiento físico asociado, pero pueden ser utilizados si se desea sobrevender el vuelo.

5.4.2 CONCLUSIONES DEL EJEMPLO

Como queda en evidencia, puede llegar a ser muy perjudicial que una línea aérea que tiene un vuelo en conexión, deje de poder venderlo, ya que todas las estimaciones que hace el sistema son con el vuelo offline completamente abierto. Por supuesto, este ejemplo exagera el problema para que sea más claro para el lector, pero los problemas de fondo subyacen. Se está tomando un supuesto equivocado al suponer la disponibilidad infinita de las conexiones offline, esto es tan erróneo como suponer lo mismo en los vuelos de LAN (es decir, que un pasajero al

encontrar espacio en el primer segmento, encontrará espacio en todos). Esto causa que en caso de un cierre de un vuelo en conexión, pasajeros que estando dispuestos a pagar una tarifa rentable, y habiendo espacio en el avión, se queden abajo. Así mismo, pasajeros regulares que desean utilizar el segmento en cuestión, para combinar hacia otros lugares (ya sea offline u online) podrían no encontrar disponibilidad ya que se podría reservar espacios para la demanda offline a bid prices mayores.

Como ya se mencionó, el comportamiento bayesiano del programa permite que este pueda darse cuenta de que no le está llegando demanda para el vuelo en conexión, y por ende, empezará lentamente a corregir sus bid prices dada la caída en la demanda estimada. Pero este proceso es lento y al menos al principio, el problema estará presente. Además, dado que PROS siempre asume completa disponibilidad en los vuelos en conexión, este problema siempre existirá.

Es acá donde una ventana para aumentar los ingresos se abre, pues si se logra mejorar la política de manejo de los vuelos offline, los aviones podrán salir con menos asientos vacíos, y los asientos que podrían haber salido desocupados, ahora podrán ser utilizados por pasajeros de menor revenue que por ejemplo, deseen volar solamente el segmento online.

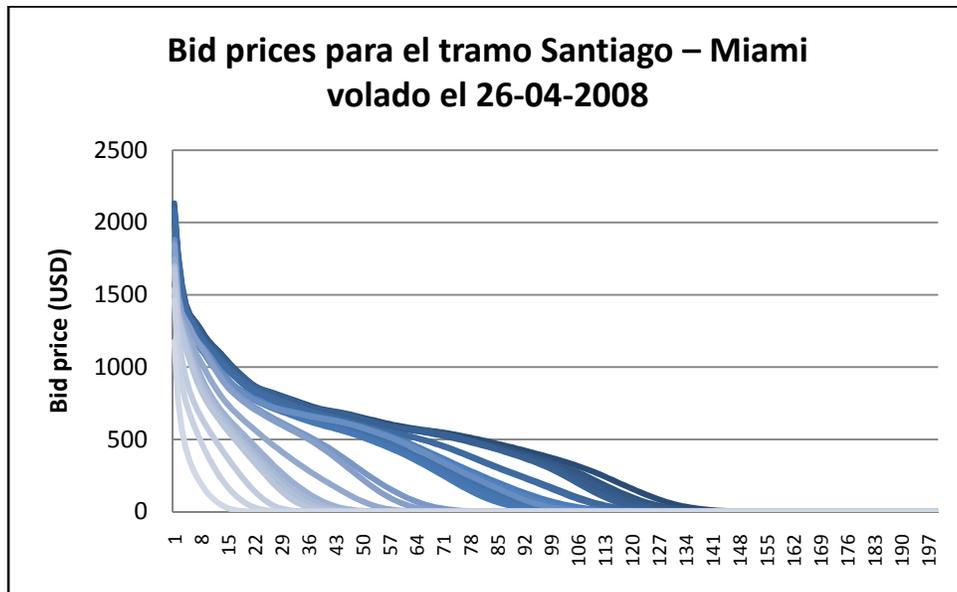
5.4.3 LOS BID PRICE

La teoría indica que si los bid prices están bien calculados, y si la red no cambia drásticamente (cancelación o aparición de vuelos), estos darán una adecuada estimación del valor que posee un asiento en particular.

Además, dado un comportamiento similar al de la proyección de demanda que se hizo en la sección anterior (figura 6), se tendería a pensar que los bid prices deben oscilar a lo largo del tiempo, en una magnitud comparable con los cambios en la demanda pronosticada (que es función de la estocasticidad de las reservas y de los parámetros que se van actualizando día a día).

Para ilustrar lo anterior, se decidió realizar muestras para una serie de vuelos, en particular, se muestran los resultados del LA500 que vuela de Santiago a Miami que se analizó en la sección de estimación de la demanda:

Figura 18: Vectores de bid prices para 3 semanas antes de la fecha de vuelo. Cada línea representa el vector de bid prices que existía ese día.



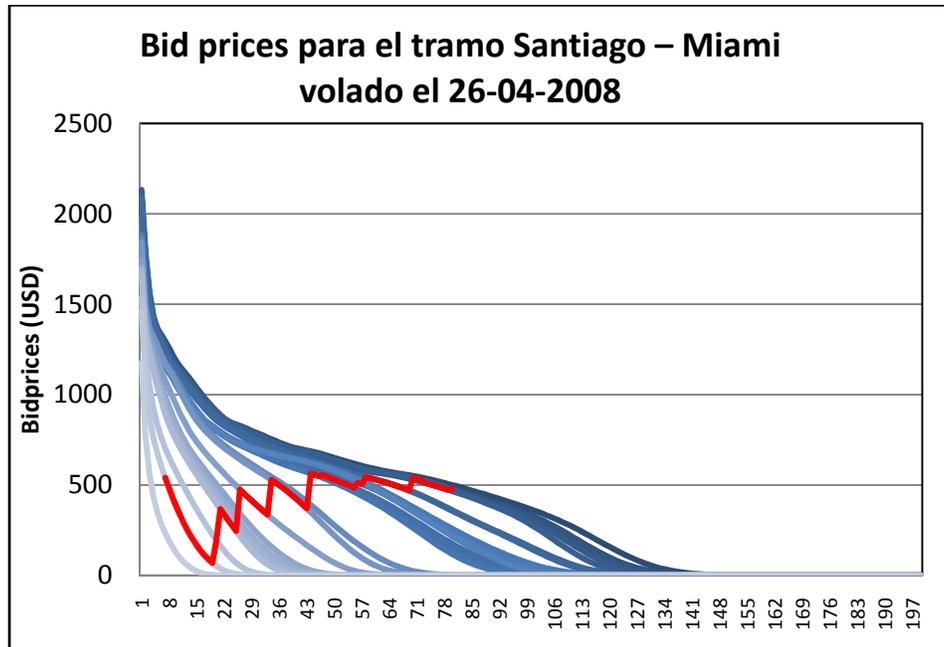
En este gráfico, las líneas más oscuras representan fechas vistas más antiguas, y las más claras son más recientes.

Salta a la vista que las líneas oscuras están generalmente por sobre las más claras, esto quiere decir, que los valores de los bid price van disminuyendo a medida que van pasando los días. De por sí, este resultado ya es extraño, pues contradice la intuición sobre bid price oscilantes en torno a un valor.

Analizando el tema desde el punto de vista del *Revenue Management*, un asiento a medida que se acerca la fecha de vuelo, es menos valioso pues aumenta la posibilidad de que este salga vacío es mayor. Esto explicaría porque PROS castiga tanto el valor de los asientos a medida que se acerca la salida del vuelo. Sin embargo, justamente cuando queda poco para la salida del vuelo es cuando llegan los pasajeros más valiosos, por lo que sería un contrasentido bajar los bid price a estas alturas (ya que se estaría perdiendo todo el esfuerzo que se puso en todo el proceso de *Revenue Management*).

Lo anterior queda claramente ejemplificado en el siguiente gráfico:

Figura 19: Mis gráfico anterior, pero con los bid prices escogidos día a día marcados en rojo.



En la figura 10 se grafican los últimos bid prices que se vencieron para utilizar cada uno de los asientos. Claramente existe un periodo ascendente (las reservas que van entrando durante el día), y un periodo descendente, que corresponde a cada una de las optimizaciones que corre PROS O&D y en donde se va castigando el valor de los bid price a medida que se va acercando la fecha del vuelo.

Como ya se analizó anteriormente, este comportamiento no parece ser resultado de la demanda proyectada para el vuelo, pues esta era más o menos estable.

Este comportamiento se encontró en muchos otros vuelos de la red, lo que revela que PROS O&D reacciona exageradamente durante los últimos días antes de la salida de un vuelo.

5.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

La gran variabilidad de los resultados encontrados revela que los bid price y las evaluaciones que estos realizan son muy dependientes de los sistemas en los que están insertos y en como se regulan estos. Por ejemplo, el manejo inadecuado de las tarifas canceladas lleva a groseros errores en el cálculo de *Interline Adjustments*, mientras que un sistema mal calibrado, puede generar bid price demasiado sensibles a ciertos factores.

Para efectos de la memoria, el problema principal que se debe abordar es encontrar una metodología que sea adecuada para mejorar la venta interlineal, en el largo plazo. Es por esto que el problema central a abordar en las soluciones será la disponibilidad en los tramos offline, mientras que los demás temas serán dejados solamente como puntos relevantes del estudio.

6. SOLUCIONES PROPUESTAS Y RESTRICCIONES

Dada la naturaleza de este trabajo, las soluciones propuestas deben ser técnicamente factibles, y legalmente posibles, para permitir su implementación. Algunas de estas condiciones son generales de la industria, mientras que otras son específicas de cada mercado.

6.1 ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

Durante el levantamiento de la situación, se contemplaron 4 metodologías que apuntan en una primera instancia en resolver los problemas causados por la falta de información que se tiene a la hora de vender un OD en conexión. Estas son:

1. Utilizar acuerdos de *Block Space*:
2. Utilizar información histórica existente.
3. Inferir bid prices
4. Compartir bid prices.

A continuación se expone cada una de estas, considerando sus puntos a favor y en contra.

6.1.1 ACUERDOS DE BLOCK SPACE

Los acuerdos de este tipo son una alternativa conocida en la industria y que esquivan el problema de fondo. Lo que sugiere es que se utilicen acuerdos de precompra de asientos en los aviones de la otra aerolínea, los que aseguren la disponibilidad futura.

Esta clase de acuerdo permite a la aerolínea que lo suscribe ser dueña de los asientos del avión que no opera, vendiéndolos como estime conveniente, e incluso agregándolos a su propio sistema de RM como si fueran un avión en miniatura.

Los problemas que traen este tipo de acuerdos son principalmente 2. Primero que todo, esta suerte de aviones en miniatura, compuestos solo de una fracción de los asientos, son mucho más sensibles a la varianza de la demanda. Por ejemplo, en un acuerdo de *Block Space* de 10

asientos, que un pasajero no se presente significa inmediatamente una pérdida del 10% del ingreso (asumiendo para efectos del ejemplo que todos los pasajeros pagan lo mismo). Como a la aerolínea dueña del avión hay que pagarle de todas formas, lo que se está haciendo es asumir todo el riesgo de la llegada de los pasajeros y por ende, los costos que esto implica (y la pérdida de un asiento, cuando se tienen 10, fácilmente puede costar más que el beneficio de tener los otros 9 asientos ocupados). Una solución a esto podría ser tratar de tener un número suficientemente bajo de asientos en el acuerdo, de forma en que sea seguro en que siempre saldrán todos ocupados, pero esto causará que muchos pasajeros no tengan disponibilidad en el vuelo del acuerdo, el cuál era el problema inicial que se trataba de solucionar.

El segundo gran problema que tiene esta clase de acuerdos, es que desde el punto de vista de las relaciones entre aerolíneas, este es un paso hacia atrás, pues entre poder vender libremente un vuelo de otra aerolínea y vender solo una cantidad limitada, se requiere un grado mucho mayor de integración y confianza para lo primero (ya que con un acuerdo de venta libre, se le permite a la aerolínea que no opera, participar de las ganancias y no de los costos de la variabilidad de la demanda).

Es por lo anterior que esta alternativa, pese a ser factible, no resulta conveniente para resolver el problema planteado.

6.1.2 UTILIZAR LA INFORMACIÓN HISTÓRICA EXISTENTE

LAN posee gran cantidad información en sus bases de datos, referente a tarifas, demanda por OD, venta, etc. Con esta información se pensó en tratar de reconstruir los escenarios en que se rechazó demanda pese a que los aviones de LAN tenían espacio suficiente (y el bid price a vencer era inferior a la tarifa ofrecida). De esta manera, se podría entender en que casos fue rechazada demanda y así buscar formas para corregir las proyecciones.

La razón por la que se dejó de lado esta línea de investigación fue porque estas bases carecían de un dato fundamental: la cantidad de demanda rechazada. Es decir, se desconoce cuántas personas hicieron la pregunta “¿Existe disponibilidad para SCL-BCN?”.

Sin este dato, lo que podría tratar de hacerse es comparar la cantidad de pasajeros que se esperaba que llegasen cada día y compararlos con la cantidad de pasajeros que efectivamente compró un ticket. Así, la diferencia sería la cantidad de pasajeros que fueron rechazados.

El problema, es que aun así hay que asumir que la estimación de la demanda es exacta y esta debe ser discretizada (ya que PROS utiliza demanda continua para sus análisis). Aún más, resulta complejo hacer una regla que permita diferenciar los casos en que se rechazó un pasajero por falta de capacidad propia o de la competencia ya que se desconoce cual llega primero.

La falta de información crítica, sumado a la fragilidad del proceso terminó por detener esta línea de investigación.

6.1.3 INFERIR BID PRICES

Dado que la información histórica es insuficiente, la alternativa de recolectar información disponible en el mercado aparece como una mejora razonable. Teniendo en mente que el objetivo es poder predecir la disponibilidad futura, lo mejor que se puede utilizar es la disponibilidad actual, es decir, revisar si el vuelo está permitiendo hacer reservas actualmente para una clase determinada.

Esta información está enmascarada en las páginas web de las aerolíneas ya que solo nos suelen mostrar cual es la tarifa más barata disponible. Sin embargo, las páginas web que utilizan las aerolíneas tienen un sistema de reserva público por detrás el cual si contiene la información de manera más transparente para todas las clases. Esta información muestra las clases disponibles, y a veces incluso cuantos espacios tienen en ellas para cada POS que las consulte (un vuelo Santiago – Concepción puede aparecer más abierto visto desde Europa que desde Argentina ya que ambos países tienen tarifas distintas disponibles al público).

Figura 20: Esta imagen muestra la disponibilidad para 2 vuelos que hacen el tramo Santiago – Madrid el 12 Julio de 2008. El primer vuelo, es un vuelo Codeshare LAN operado por Iberia que no tiene disponibilidad en ninguna de sus clases. El segundo es un vuelo operado y volado por LAN, y que posee bastante disponibilidad (una clase marcada con 9 significa que tiene al menos 9 espacios disponible, una clase marcada con 0 significa que está cerrada a la venta).

```
ANIASCLMAD/ALA
** AMADEUS AVAILABILITY - AN ** MAD MADRID.ES          0 SA 12JUL 1034
** RT*NOVOTEL PUENTE DE LA PAZ 4*IN MAD*CLOSE APT AND BUSINESS
** AREA AND CTY CTR*BST RT GUARANTEED*PROMO FR 93EUR >HARTMADNOV
1IB:LA5704 00 D0 Y0 B0 H0 K0 M0 /SCL I MAD4S 1215 0700+1E0/346 12:45
GL
2 LA 704 F5 A5 Z2 J1 DL IL RL /SCL I MAD4S 1845 1350+1E0/340 13:05
Y9 B9 H9 K9 M9 L9 V9 S9 N9 Q7 04 EL
>_
```

Con esta información se puede ir conociendo el estado de un tramo determinado minuto a minuto e ir estudiando su evolución.

Sin embargo, varios son los problemas que aparecen con este método. Primero que todo, esta información pese a ser pública, no es gratis acceder a ella ya que se debe pagar por cada transacción que se realice en el sistema de reservas, entonces, si se considera que existen miles de combinaciones tramo-POS-día, la cifra puede llegar a ser considerable.

Además, según el sistema de RM que utilice la compañía, se van a poder observar distintos resultados dependiendo del OD que se seleccione, lo que nuevamente abre aún más los resultados que deben estudiarse para entender el estado de un tramo determinado.

De todas formas, su implementación es posible y se estudiará en el próximo capítulo.

6.1.4 COMPARTIR BID PRICES

En vez de tratar de inferir con la información histórica si una clase va a estar abierta o cerrada, una alternativa más directa es solicitar a la aerolínea que opera el vuelo en conexión que disponibilice los bid price de ese tramo. Con esta información, se podría optimizar la red conjunta al incorporar la información de la otra línea aérea en el sistema de RM de LAN. Recíprocamente, LAN podría disponibilizarle a la otra aerolínea sus bid price en vuelos compartidos para que ellos hagan lo mismo.

Comparativamente, con las otras soluciones planteadas, este es un gran salto en términos de la calidad de la información pues se contaría con el criterio exacto que utilizaría la otra aerolínea para tomar sus decisiones.

La calidad de información superior también trae un costo asociado: los problemas legales.

Compartir información entre dos empresas que compiten en un mismo mercado es un tema delicado desde el punto de vista legal pues puede ser sujeto a cuestionamientos de *antitrust*, es decir, a sospecha de colusión de precios.

Además, esta clase de solución requiere una relación muy profunda con la empresa que se desee realizar compartir información, ya que esta debe ser fidedigna y además periódica en su entrega.

Actualmente en los congresos de PODS se ha sabido que NorthWest y KLM están intercambiando bid prices en tiempo real, aunque ocupan un algoritmo que va por fuera de sus sistemas de RM.

Como ya se mencionó, Boyd sugiere que sistemas centralizados de optimización proveen soluciones superiores; y también menciona que esto se puede lograr con sistemas de RM separados y con libertad para intercambiar información sobre sus inventarios.

Por todo lo anterior, y pese a los problemas enumerados, esta alternativa, al igual que la anterior, es factible, y la metodología de su implementación se estudiará en el siguiente capítulo.

6.2 CONCLUSIONES

De las 4 metodologías estudiadas, las 2 primeras han sido descartas por ser consideradas un retroceso en la calidad de la información actual. Las dos restantes aparecen como factibles, aunque ambas poseen sus puntos bajos. Por un lado, compartir bid prices implica que se debe tener una fuerte relación comercial con la aerolínea que se esta haciendo el acuerdo, y al mismo

tiempo requiere un manejo cuidadoso de la información utilizada, acorde a los reglamentos de libre competencia de los país en los que se esté operando, ya que compartir esta información puede generar acusaciones de *antitrust*.

Por otra parte, la solución de inferir los bidprices, se presenta como información de segundo nivel, y que además puede llegar a requerir muchas transacciones a través de los sistemas de reservas, las cuales no son gratuitas. Por el lado positivo, la información requerida está disponible en el mercado y no representa ninguna complejidad técnica obtenerla.

Pese a lo anterior, ambos métodos presentan una mejora aparente con respecto al caso base de no contar con la información de las demás aerolíneas.

7. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES

En el capítulo anterior se determinó que existen 2 soluciones y que ambas apuntan en la misma dirección: incorporar la información de la compañía de la compañía amiga dentro del sistema.

En este capítulo se pretende exponer como debiera hacerse esto y que consideraciones deben tenerse.

7.1 INCORPORAR LA INFORMACIÓN NUEVA EN PROS O&D

Para poder lograr incorporar efectivamente la información nueva al sistema, ya sea obtenida a través de compartir bid prices o inferirlos, se necesita que con la información proporcionada este tome la misma decisión de aceptar o rechazar un compañero que tomaría la aerolínea en conexión. Es decir, se desea emular dentro del sistema de LAN la decisión que está tomando el operador del vuelo en conexión cuando se le solicita disponibilidad en él.

Como se vio anteriormente, la decisión que toma la aerolínea en conexión puede ser representada como:

$$IA * NF * Tarifa > Bid\ price\ del\ tramo\ offline$$

Ecuación 12

En otras palabras, si se conocen los bidprices de la aerolínea que opera el tramo en conexión, es posible saber si ellos darán disponibilidad o no a los vuelos en conexión.

Para que PROS O&D pueda tomar esta misma decisión se ideó la siguiente metodología:

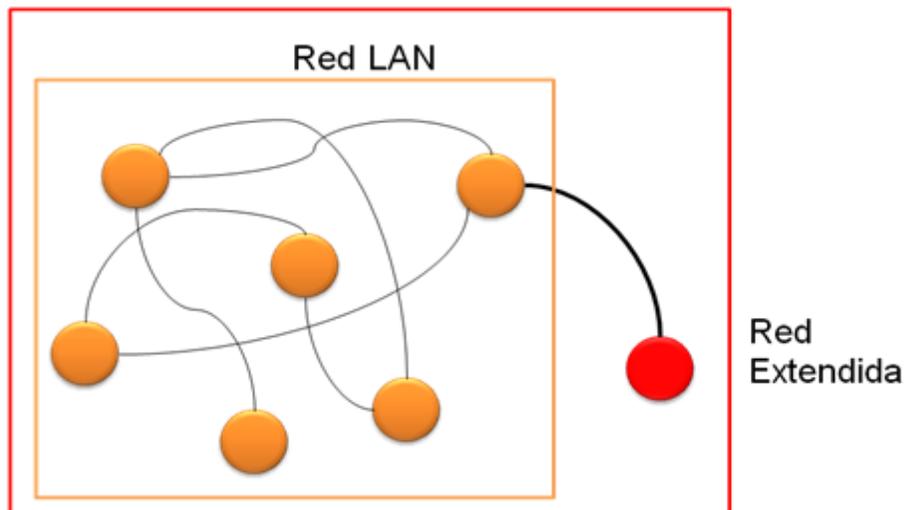
1. Crear un vuelo ficticio en PROS O&D que cubra el tramo offline.
2. Transformar la información obtenida (ya sea a través de compartir bidprices o de inferirlos) y transformarlos en demanda.
3. Ocupar la demanda estimada como dato para la demanda del vuelo ficticio.
4. Optimizar la red normalmente.

Con esta metodología, lo que se está haciendo es decirle al sistema que le va a llegar una cierta demanda (con probabilidad 1) y que debe construir los bidprices ad-hoc a ella.

Como se vio anteriormente, el sistema calcula los costos de desplazamiento por tramo, acorde a la demanda que va a tener. Con ellos, prorratea sus tarifas y optimiza tramo a tramo. Si mantengo tarifas similares y le entrego la misma demanda que en un principio, los resultados deben ser equivalentes.

De esta forma se están replicando los bidprice de la aerolínea en conexión dentro del sistema y por ende, se utilizarán estos para tomar la decisión del tramo seleccionado (en vez del IA que solamente tomaba en cuenta los vuelos dentro de LAN).

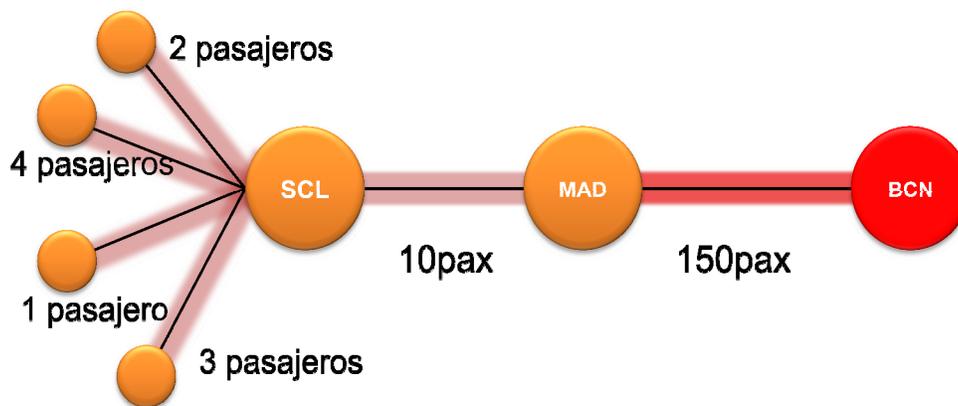
Figura 21: Esta ilustración muestra como se vería la red una vez agregado el vuelo ficticio.



Existen una serie de consideraciones que deben tenerse para poder lograr implementar efectivamente esta solución. Primero que todo, la aerolínea que opera el vuelo offline debe utilizar los bidprices o las restricciones que sirven para su construcción (en el caso de inferir bidprices) para tomar todas sus decisiones de aceptar o rechazar pasajeros. Si no es así la información carece de valor.

Además, desde el punto de vista de la implementación no debe olvidarse que la aerolínea que entregó sus bidprices está estimando su demanda contando con la demanda que LAN agregará en sus vuelos. Por ende, utilizar estos valores directamente implica considerar 2 veces a los mismos pasajeros.

Figura 22: En este ejemplo se muestran la cantidad de pasajeros que vuela cada uno de los tramos con destino final Barcelona. En total, 10 pasajeros de la red vuelan a BCN desde orígenes distintos, pasando por Santiago y conectando a Barcelona en Madrid. Los vuelos hasta Madrid son operados por LAN, y el tramo Madrid – Barcelona es volado por Iberia.



En este ejemplo, existen 10 pasajeros que LAN esta aportando al tramo Madrid – Barcelona (en donde se estimó inicialmente una demanda de 150 pasajeros), los cuales ya fueron contados por Iberia en su estimación de demanda, y por ende esta información esta incorporada en los bidprices.

Si LAN utiliza los mismos bidprices, estaría contando 2 veces los 10 pasajeros que aporta históricamente sobre ese tramo, totalizando una estimación de 160 pasajeros para el tramo en cuestión. EL exceso de demanda implicaría tener bidprice más restrictivos que los reales, disminuyendo aparentemente la disponibilidad de tramo, aunque en la práctica no sea necesariamente así.

Cabe destacar que los pasajeros son calculados por vuelo, por lo que pasajeros que llegan a Madrid por caminos distintos, llegaran a distintas horas y conectaran con distintos vuelos en el

tramo Madrid - Barcelona. En particular, considerando los pasajeros que llegan solamente desde Santiago con destino Barcelona,

Ahora bien, analizando en más detalle el tramo de ejemplo, Madrid - Barcelona, tenemos las siguientes estadísticas:

Cuadro 6: Estadísticas para pasajeros volando de Santiago a Barcelona entre Enero y Junio de 2008.

| | |
|---|------|
| Desde Santiago a Barcelona a través de Madrid y vendido por LAN: | 2676 |
| Además, volando el tramo Santiago- Madrid con LAN y el Madrid - Barcelona con Iberia: | 1435 |
| Promedio diario: | 8,0 |

Como se puede apreciar en la tabla anterior, existen en promedio 8 pasajeros que diariamente se dirigen desde Santiago a Barcelona, pasando por Madrid y conectando con un vuelo offline operado con Iberia.

Sin embargo, pese a que todos llegan a la misma hora, no necesariamente conectan con los mismos vuelos, ya que existen más de 10 alternativas diarias para este vuelo, las que son elegidas por los pasajeros según sus preferencias y disponibilidad (Ver anexo tabla cuadro 11 del anexo). Esto significa que en realidad, a nivel de vuelo-tramo, el impacto que presentan los pasajeros de LAN en la red de Iberia es despreciable.

Sin embargo, este no va a ser siempre el caso, y por ende, va a ser importante estudiar caso a caso la demanda que se aporta al tramo offline para que sea restada de la estimación obtenida de ser necesario.

Por último, para el caso de compartir bid prices, debe tenerse en cuenta que esta práctica aunque completamente factible desde el punto de vista técnico, puede tener consecuencias legales complejas, ya que demostrar que compartir información de la demanda no impactará en el precio o afectará la competencia es un tema que debe manejarse con cuidado.

A continuación se profundiza en la manera de obtener la información de la demanda a partir de los bidprices (compartir bidprices), u obteniéndola a través de lo que muestran los sistemas de distribución.

7.2 COMPARTIR BID PRICES

Siendo un sistema de optimización de redes, Pros O&D está construido como tal, para utilizar como input la información de demanda que día a día se va generando y a través de ella ir generando los distintos resultados (bid prices en este caso).

Es por esto que no es posible utilizar este sistema para ingresar directamente los valores de los bidprices suministrados por otra aerolínea.

En cambio, lo que si es posible es ingresar demanda determinística (que el sistema asuma que va a llegar con probabilidad 1 según).

Para poder recuperar esta información a partir de los bidprices, se necesita primero estimar cual es ingreso que tiene Iberia con cada pasaje. En particular, IB recibe con cada pasaje de LAN:

$$IA * NF * Tarifa de la clase = Ingreso de IB por pasajero de LAN$$

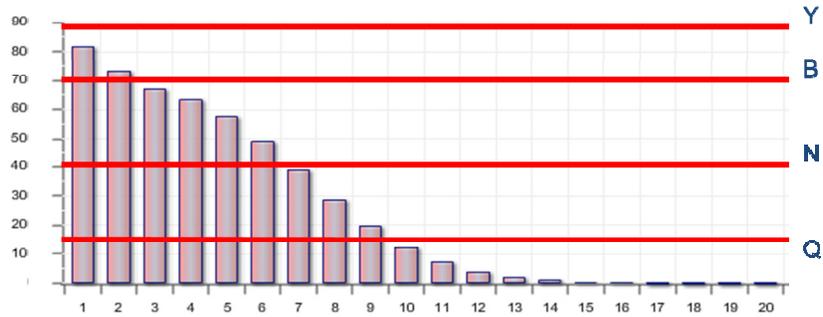
En general, existen reglas bastante claras de cual es el porcentaje del ingreso con el que se queda la aerolínea en conexión por cada ruta, pero en caso de que este no fuera el caso, debe tomarse la más representativa de estas.

Teniendo este valor calculado por clase, se cruza esta información con la de los bidprice y se obtiene cuanta demanda sería aceptada en cada uno de los segmentos.

Cuadro 7: Ingreso de Iberia por la clase del pasajero de LAN.

| Clase | Ingreso IB |
|-------|------------|
| Y | 90 |
| B | 70 |
| N | 40 |
| Q | 15 |

Figura 23: Las líneas rojas indican el punto de corte de cada clase, los bid prices entre cada línea corresponden a la demanda de la clase superior. Es decir, se espera la llegada de 2 pasajeros de la clase Y, 4 de la B, 3 de la N y 11 de la Q.



En la figura anterior se puede apreciar que lo que se está recuperando es la cantidad de asientos que se espera vender en cada una de las clases, es decir, la demanda que se espera observar.

Esta información es utilizada para alimentar al sistema, indicándole que esta es la demanda final que llegará para cada una de las clases para el Origen-Destino Madrid-Barcelona.

Hay que tener en consideración que mientras la demanda aportada no sea significativa para el tamaño del avión, no deberían ser un problema el hecho de estar considerando 2 veces la demanda del tramo, como se comentó anteriormente.

7.3 ESTIMAR BID PRICES A PARTIR DE LA INFORMACIÓN DE LAS CLASES ABIERTAS

Muchas veces no se contará con la información de bidprice de la aerolínea en conexión, ya sea porque no existe una relación suficientemente profunda con esta, o porque esta ocupa un sistema de RM distinto (asumiendo que la implementación técnica y las trabas legales no son un impedimento).

En estos casos, lo que se puede hacer es recurrir a la información que está disponible en los sistemas de reservas (llamados CRS por sus siglas en ingles). En estos sistemas, se puede ir monitoreando día a día cual es la disponibilidad en cada clase, como se muestra en el siguiente ejemplo:

Cuadro 8: Ejemplo de disponibilidades por clases desplegadas en un sistema de reservas.

| BCN-MAD | Y | B | N | Q |
|------------|---|---|---|---|
| 28-04-2008 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 29-04-2008 | 9 | 6 | 4 | 4 |
| 30-04-2008 | 9 | 6 | 4 | 4 |
| 01-05-2008 | 9 | 6 | 4 | 4 |
| 02-05-2008 | 8 | 6 | 4 | 0 |
| 03-05-2008 | 6 | 6 | 4 | 0 |
| 04-05-2008 | 6 | 6 | 3 | 0 |
| 05-05-2008 | 6 | 5 | 0 | 0 |
| 06-05-2008 | 5 | 3 | 0 | 0 |

En estos sistemas, típicamente el número 9 representa disponibilidad ilimitada, mientras que el 0 significa que la clase se encuentra cerrada. Los números intermedios representan los valores exactos de espacios disponibles para reservar en cada clase. Nótese que independientemente de ser representada la disponibilidad con el sistema de restricciones de capacidad, el vuelo puede seguir siendo controlado por bidprices por atrás.

Como parte del trabajo realizado durante la tesis de Darot, Craig Hopperstad elaboró el siguiente algoritmo para determinar cual es el valor del primer bidprice:

$$Bid\ Price_{Est} = \frac{F_{Hi} + F_{Lo}}{2}$$

Ecuación 13

Donde F_{Hi} representa la tarifa de la clase más baja abierta, y F_{Lo} la tarifa de la clase más alta cerrada⁷. En los casos de borde, el bid price será F_{Hi} cuando todas las clases estén cerradas y $0.5F_{Lo}$ cuando todas estén abiertas.

Esto tiene sentido pues el bid price que se encuentra activo debe estar por sobre la última clase cerrada pero bajo de la primera clase abierta.

Sin embargo, como se comentó anteriormente, el sistema requiere la demanda de todas las clases, lo que significa que todo el vector de bid prices debe ser calculado.

⁷ En la investigación, Hopperstad sostiene que la interpolación se puede afinar, analizando los resultados para distintos factores, aunque de todas formas, los resultados dependen fuertemente de la red en cuestión y del sistema de RM utilizado.

Para lograr esto, René Caldentey, como parte del trabajo realizado en esta tesis sugirió crear un vector de bid prices discreto, escalonado por la cantidad de espacios disponible por clase.

Cuadro 9: Ejemplo tabla de tarifa y disponibilidad.

| Clase | Tarifa | Disponibilidad |
|--------------|---------------|-----------------------|
| Y | 90 | 8 |
| B | 70 | 6 |
| N | 40 | 3 |
| Q | 15 | 1 |

Es decir, para el vector de disponibilidades y precios de la tabla anterior, utilizar estos mismos valores como las demandas estimadas para cada clase.

Sin embargo, este nivel de detalle no es entregado por todos los sistemas, y además no es fácil conocer cual es la demanda que queda por llegar cuando la clase superior tiene disponibilidad total (ya que la cantidad de asientos utilizados en un momento dado es una incógnita).

Esta información puede ser inferida utilizando la información de reservas de agencias llamada MIDT (*Market Information Data Tapes*), que representa aproximadamente un 50% de las ventas que LAN realiza (aunque esto significa agregar un grado más de incertidumbre al problema).

Dado todo lo anterior, lo que se puede hacer es mantener el tramo con un *minimun bid price value*, es decir, con un valor determinado por el primer método que indique que para que una petición de disponibilidad sea aceptada, este valor deba ser superado.

Lo anterior equivale a tener un avión con un solo bidprice, que debe ir actualizándose a medida que van cerrándose o abriéndose las clases.

Como la decisión de aceptar o rechazar un pasajero se toma exclusivamente con el primer bid price del vector, mientras este vector se mantenga actualizado simulará una política equivalente.

8. ESTIMACION DEL BENEFICIO

Para poder estimar el beneficio potencial de cada uno de estos enfoques, se utilizaron los resultados de la Tesis de magister Darot [4], quién junto a al equipo de PODS, utilizó el simulador que ellos poseen para probar los distintos escenarios previamente expuestos.

Con estos resultados, se expone cual es el nivel de beneficio esperado de ser implementado.

8.1 EL SIMULADOR PODS

El simulador fue originalmente desarrollado en Boeing por Hopperstad, Berge y Filipowski como el *Boeing Decision Window Model* (DWM) en 1993. Desde entonces muchas versiones y mejoras han ido perfeccionando el simulador, y hoy es conocido como simplemente como PODS (*Passenger Origin-Destination Simulator*).

Bajo el alero de este simulador, se fundó un consorcio de investigación PODS, entre el MIT y varias líneas aéreas, con el objetivo de usar el simulador como una herramienta de investigación del impacto de los sistemas de RM.

PODS modela el comportamiento de un mercado con varias aerolíneas compitiendo, en las que miles de pasajeros toman la decisión de volar con alguna de ellas según una serie de parámetros. Además, las aerolíneas maximizan su ingreso según distintos tipos de metodologías de RM.

Los principales parámetros son:

- Factor de demanda (DF por sus siglas en inglés): Parámetro lineal que permite escalar el nivel de la demanda. Típicamente se utilizan valores entre 0.8 a 1.1 para obtener resultados similares a los de la industria.
- Imagen conjunta (JI por sus siglas en inglés): Este valor indica que tan parecidas serán percibidas las aerolíneas de una alianza por los consumidores. Un valor de 1 indicará que para los consumidores, 2 vuelos que salen un mismo día a horas distintas y de aerolíneas distintas pertenecientes a una misma alianza, serán considerados iguales. Si en cambio el valor es 2, serán consideradas completamente distintas.
- Sistema de RM: Cada aerolínea puede utilizar un tipo de método de RM distinto (EMSRb, HBP, DAVN, ProBP entre otros).
- Tipo de valoración de los pasajeros en conexión: Las aerolíneas pertenecientes a una alianza pueden tener pasajero en conexión, y valoran el valor de estos de dos formas:

Según lo que aportan en el tramo que vuelan en cada operador (típico de la industria), y lo que aportan a la red. Para estas simulaciones, se utilizará el primer caso.

Asimismo, el simulador entrega los siguientes valores como resultado:

- Número de pasajeros llevados por cada aerolínea a nivel de mercado o de tramo, y con el detalle del tipo de compra que realizó.
- Pasajeros por asiento-milla: una forma de medir la participación de mercado de cada aerolínea.
- Factor de ocupación.
- Pasajeros en conexión y en vuelos locales.
- Ingreso.

Para efectos de esta simulación se considerara el mercado regional de Estados Unidos, el cual contará con 40 ciudades y 2 Hubs (uno al norte y otro al sur). Las ciudades estarán divididas como ciudades del este y del oeste (20 por lado). Existirán 3 aerolíneas, la aerolínea A, volara todas las ciudades desde el Hub del norte. La segunda y la tercera (B y C) volarán desde el segundo Hub (del sur), pero se repartirán el mercado en 2 partes. Sumadas B y C serán del mismo tamaño que A. Además, B y C conformarán una alianza, permitiendo que pasajeros puedan volar desde el este al oeste (o viceversa) utilizando combinaciones de ambas aerolíneas

Debe notarse que las dos aerolíneas de la alianza no son simétricas, ya que la aerolínea B volará ciudades del norte a su Hub en el sur, mientras que C volará desde el Hub a las ciudades del sur. De esta forma, en promedio los vuelos de B serán más largos.

En el caso de la alianza, cuando existe un vuelo en conexión el ingreso de la tarifa se divide según el valor que tiene cada tramo para cada aerolínea. Esto hace que en términos monetarios, los pasajeros en conexión sean más convenientes para la aerolínea B que vuela vuelos más largos y que según la configuración de la simulación, tiene menores factores de ocupación.

Lo anterior significa también que para un vuelo en conexión propio, o de la otra aerolínea, la cantidad de ingreso que deja es la misma a la aerolínea operadora, por lo que ambos casos deberían experimentar el mismo nivel de disponibilidad.

8.2 LA SIMULACIÓN

Como se ha discutido hasta el momento, existe una gran deficiencia del sistema de Revenue Management de LAN, el cual no considera adecuadamente lo que sucede en los vuelos en conexión.*

Esto sucede porque el sistema no puede conocer cuales son los costos de desplazamiento de la otra línea aérea, es decir, no puede saber si a la otra línea aérea le va a convenir llevar un pasajero de LAN o no, dada la tarifa que le están pagando.

Para poder solucionar este problema, en la sección anterior se analizaron 2 caminos posibles, compartir *bid prices* o inferir *bid prices*.

8.2.1 SUPUESTOS DE LA SIMULACIÓN

El escenario son 3 aerolíneas compitiendo en un mismo mercado. 2 de estas son parte de una alianza y están dispuestas a compartir información, o, son capaces de inferir los *bid price* de la otra compañía.

Ya sea compartiendo *bip rices* o infiriéndolos, la esencia es la misma. Ambas aerolíneas incorporarán la información adicional en sus sistemas, pero la optimización de sus redes la realizan por separado.

Los resultados se comparan con el caso en que ambas aerolíneas fueran una sola gran aerolínea que ocupa un único sistema de RM y estarán con respecto al caso base en que todas utilizaran el algoritmo EMSRb como su método de RM.

Los parámetros Jl y DF son fijados iguales a 1, por lo que los pasajeros consideraran equivalente volar en cualquiera de las dos aerolíneas de la alianza para un mismo itinerario, y la demanda que experimentará el mercado estará dentro de lo normal. Además se asumirá que ambas aerolíneas están utilizando el mismo sistema de RM basado en el algoritmo ProBP, ya que este es el que más se asemeja al utilizado por Pros O&D.

8.2.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Los resultados de la simulación quedan representados por la siguiente tabla:

Cuadro 10: En esta tabla se muestran los resultados obtenidos con respecto al caso base (utilizar el algoritmo EMSRb).

| Caso | Aerolínea A | Aerolínea B | Aerolínea C | Alianza (B + C) |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| Normal | -0,61% | 0,83% | 0,35% | 0,61% |
| Compartir bid prices | -0,87% | 1,95% | 1,03% | 1,53% |
| Inferir bid prices | -0,53% | 1,65% | 0,70% | 1,23% |
| Una sola aerolínea | -0,75% | 1,33% | - | 1,33% |

La primera línea del recuadro muestra los resultados obtenidos si ambas aerolíneas de la alianza utilizan bid prices (ProBP) en vez del algoritmo EMSRb para fijar espacios de reservas por clase.

Como se puede apreciar, al aplicar esta metodología, los ingresos de las aerolíneas de la alianza experimentan un aumento de un 0.61% en conjunto. Algo muy alentador si se considera que hace poco LAN ha migrado al sistema de bid prices e Iberia (ambas pertenecientes a la alianza Oneworld) está pronta a hacerlo.

Si a la utilización de bid prices se le suma el compartir bid prices, los resultados esperados son mucho mejores. Ambas aerolíneas experimentan un aumento en más de 0.5% de ingreso con respecto al estado anterior de utilizar bid prices. A su vez, la aerolínea A, que continua controlando sus disponibilidades por restricciones de espacio para cada clase, se ve fuertemente afectada.

Analizando el caso en que B y C infieren los bid prices de la una y la otra, se observa que los beneficios son más modestos, coincidiendo con la idea de que esta información es de menor precisión.

Finalmente, si ambas aerolíneas trabajaran como una sola gran aerolínea, es decir, solo hubieran dos aerolíneas en el mercado, A y B, los resultados para el conglomerado serían menores en promedio que si ambas aerolíneas compartieran sus bid prices. Esto puede deberse porque existe una cierta preferencia de los pasajeros por cada una de las aerolíneas en el modelo, por lo que al reducir las opciones implica que ciertos pasajeros que antes estaban dispuestos a volar con C, ahora prefieren volar con A en vez del conglomerado.

8.3 CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS

Queda bastante claro que la simulación arrojó resultados positivos para ambos métodos, y además prevalecieron los mejores resultados para los casos en que la calidad de la información es superior (compartir bidprices).

Dado lo anterior, es realista pensar que al compartir bidprices se puede llegar a observar ingresos incrementales de alrededor de entre un 0.7 y un 1.1% si se compete en mercados como el de la simulación y en donde 2 aerolíneas pertenecientes a una alianza con una demanda normal, y con un competidor más grande que no utiliza un sistema de RM basado en bid prices.

Llevando estos resultados a la realidad de LAN, en los que se desea implementar para un tramo piloto (I-M, como se vio en el capítulo de prefactibilidad) esta metodología, y tomando en cuenta que los Orígenes – Destinos que pasan por este tramo reportaron a LAN alrededor de 2 millones de USD en ingresos, se puede esperar que la implementación de este método entregue 27 mil USD adicionales como mínimo por año.

Mientras más rutas se ingresen, mayores serán los ingresos observados, y más se potenciarán ambas redes. De esta forma, si todos los orígenes-destinos en conexión de LAN (que representaron el 2007 cerca de 300 millones de USD) se beneficiasen de este método, los ingresos adicionales podrían llegar a ser superiores a los 2 millones de USD.

9. CONCLUSIONES

En una industria que se vuelve cada vez más competitiva por la incursión de las denominadas *low cost*, las cuales compiten por precio y no suelen tener un sistema de RM muy avanzado, y en donde el costo de los insumos ha crecido a niveles históricos, cualquier aumento en los ingresos, manteniendo el nivel de operación, resulta muy valioso.

Ambas soluciones estudiadas impactan en varias líneas distintas dentro de la aerolínea, por un lado, ambas aerolíneas podrán contar con un mejor producto, pues sabrán con más exactitud cuando habrá disponibilidad en los tramos en conexión, haciendo que cuando no la haya, se dispondrán más espacios para los pasajeros que dejan menos ingresos y que solo desean volar dentro de la red.

Por otro lado, ambas aerolíneas experimentarán un incremento en los factores de ocupación en sus aviones, producto de la alimentación de pasajeros por parte de la aerolínea

compañera. Además, no estarán dejando pasajeros sin volar, cuando dadas las condiciones finales del vuelo si era conveniente aceptarlos.

Sin embargo, de las dos propuestas, compartir información de bid prices es la que se asoma con mayores dificultades. Primeramente, esta práctica seguramente va a ser vista con recelo por los actores de la industria. Los consumidores podrán pensar en se esta efectuando una colusión, mientras que la aerolínea a la que le ofrezcan esta clase de acuerdos puede sentirse intimidada de informarle a la oferente información que le podría permitir conocer cual es la demanda que espera tener en sus vuelos.

En este sentido, la alternativa de tratar de inferir los bidprice de las aerolíneas en conexión gana fuerza, pero dada su menor calidad de información, y a que los sistemas de RM son capaces de comprender en cierta mediada, con el comportamiento histórico de un vuelo, la aceptación o rechazo de pasajeros en conexión, no representan un avance muy significativo.

De todas formas, pese a todas las dificultades e inconvenientes, la teoría y las simulaciones han demostrados que esfuerzos por mejorar la integración entre aerolíneas dan resultados positivos para las participantes, y afectan negativamente el resultado de los competidores.

Si LAN decide dar un paso adelante en esta dirección, seguramente será pionera en la industria y los resultados obtenidos seguramente serán un hito en la historia del RM.

REFERENCIAS

- [1] ADELMAN, D., 2007. Dynamic Bid Prices in Revenue Management. *Operations Research*. Vol 55 (4): 647-661
- [2] AKAN, M., ATA, B., 2007. On Bid-Price Controls for Network Revenue Management. *Management Science*. 33p.
- [3] BOYD, A., 1998 Airline Alliances. *OR/MS Today*. Edición de Octubre (25): 28-31
- [4] DAROT, J.F.J., 2001 Revenue Management for Airline Alliances: Passenger Origin-Destination Simulation Analysis. Tesis de Magister. Massachusetts Institute of Technology. 167p.
- [5] FENG, Y., GALLEGO, G., 2006. Capacity Contracts – A solution to Profit Share between Code-Sharing Airlines. *Operations Research*. Massachusetts Institute of Technology.
- [6] LITTLEWOOD, K. 1972. Forecasting and control of passenger bookings. En: Twelfth Annual AGIFORS Symposium, Nathanya, Israel.
- [7] KALYAN T. TALLURY, GARRETT J. VAN RYZIN. 2005. *The Theory and Practice of Revenue Management*. Boston, Kluwer Academic Publishers
- [8] MCGILL, J. I., VAN RYZIN, G. J., 1999. Revenue Management: Research Overview and prospects. *Transportation Science*. Vol 33: 233-256
- [9] MENDOZA, S. 2008. Revenue Management por Origen – Destino. En: TALLER DE REVENUE MANAGEMENT. Santiago, Chile. LAN Airlines S.A.

Cuadro 11: Vuelos disponibles para el tramo Madrid - Barcelona operados por Iberia que lleva al 90% de los pasajeros vendidos por LAN (independiente de quién opere el primer tramo), para los meses de Enero a Junio de 2008.

| Operador | N°Vuelo | Pasajeros transportados |
|----------|---------|-------------------------|
| IB | 2606 | 697 |
| IB | 6402 | 229 |
| IB | 6620 | 224 |
| IB | 6830 | 203 |
| IB | 8010 | 200 |
| IB | 6122 | 143 |
| IB | 2734 | 93 |
| IB | 2710 | 63 |
| IB | 2614 | 61 |
| IB | 2626 | 39 |

GLOSARIO

Este glosario pretende instruir al lector en la terminología típica utilizada en la industria aérea y en el RM, algo fundamental para poder comprender las ideas expuestas en este trabajo. Para una lista más exhaustiva, revisar la referencia [2].

Amadeus: Este es el sistema de reservas que utiliza actualmente LAN, conocido también como GDS (Global distribution system). A través de este sistema, presente en todos los puntos de venta de la aerolínea, se pueden realizar compras y reservas, así como conocer la disponibilidad de asientos en los distintos vuelos que obtiene de RESIBER.

Bid price: Un valor neto que representa el costo de oportunidad de vender un asiento adicional en un tramo de una red de vuelos. También es conocido como *tarifa mínima aceptable*, precios sombra, costo de desplazamiento, entre otros.

Booking Class (Clase de reserva): Reservas que comparten características (Ej.: restricciones, valores), y que son controladas de manera conjunta (también conocido como *fare class o clases tarifarias*).

Cabina: El compartimiento físico de un avión que contiene un determinado tipo de asientos. Típicamente estos asientos son: primera clase, ejecutiva, y turista. Dentro de cada cabina puede haber múltiples clases tarifarias.

Origen-Destino u OD: El origen y el destino real del pasajero, puede ser Online (dentro de la aerolínea) u Offline (en conexión con otras aerolíneas).

ODI: Representa el origen, el destino y el itinerario recorrido.

ODIF: Representa lo mismo que el ODI pero incluye la tarifa.

PROS O&D: Sistema de RM que optimiza la venta de asientos de una red al estimar la demanda según los orígenes y destinos reales de los pasajeros y asignando bid prices acordes para todas las cabinas en todos los aviones.

RESIBER: Este es el sistema de inventarios que utiliza LAN, en el está alojada toda la información sobre la disponibilidad de asiento en cada uno de los vuelos de LAN.

Segmento: Uno o más tramos, que componen un vuelo (Ej: el vuelo LA 500). Representa los puntos posibles en que un pasajero puede bajarse de un avión. Por ejemplo, un vuelo que parte en A, hace escala en B, y llega a C, puede tener los segmentos: AC, AB y BC.

Tramo: Sección de un vuelo que involucra un despegue y un aterrizaje. Es la medida más pequeña de control.