
MEJORAMIENTO DEL REVENUE MANAGEMENT EN UNA LÍNEA AÉREA UTILIZANDO INTELIGENCIA DE NEGOCIOS, PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA Y ANÁLISIS CONJUNTO

FRANCISCO CISTERNAS*

RICHARD WEBER**

Resumen

En el contexto del revenue management, una línea aérea trata de identificar los clientes que son más apropiados para participar en una promoción. Una promoción consiste en un descuento por asientos desocupados en un vuelo determinado. Antes del desarrollo de este proyecto se estaban enviando dichas promociones a todos los clientes de la línea aérea por correo electrónico. Esta política tiene varios problemas, entre ellos la dilución, que se produce cuando un cliente que estaba dispuesto a pagar la tarifa normal del vuelo, al recibir una promoción, se cambia de tarifa. Este problema es el más grave, puesto que reduce potenciales ganancias para la línea aérea. En el presente trabajo se proponen dos enfoques de solución para este problema, por un lado, herramientas de programación matemática con minería de datos y, por otro lado, una modificación innovadora de análisis conjunto tradicional para optimizar el efecto de las promociones. Así se logró detectar a los clientes que cumplían con estas características que, según los expertos, eran potenciales dilusores y aplicar la lógica obtenida, para no enviar promociones a los clientes que resultasen dilusores y con ello mejorar el efecto de las promociones. Otro beneficio adicional que se consiguió es la notable disminución de correos electrónicos enviados, lo cual tiene otros efectos positivos para la empresa, como la disminución de la molestia a los clientes por la emisión constante de correos.

Palabras Clave: Análisis Conjunto, Revenue Management, Programación Matemática, Línea Aérea.

* Alumno de doctorado en Sistemas de Ingeniería, Universidad de Chile

** Departamento de Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Chile

1. Introducción

El presente trabajo se basa en un proyecto realizado para una línea aérea nacional, que busca la forma de aumentar sus ingresos mediante un uso efectivo de promociones que incrementen la utilización de los vuelos sin alterar mayormente los precios.

Antes del desarrollo de este proyecto la empresa utilizaba ofertas masivas para promocionar sus vuelos cuando, según pronósticos de demanda, se estimaba que no se utilizaría la capacidad completa de éstos. La promoción consiste en enviar correos electrónicos a todos sus clientes ofreciéndoles vuelos con capacidad disponible, a precios menores que los usuales. Esta práctica tiene algunos problemas, el principal es la dilución, fenómeno que se produce cuando un cliente que estaba dispuesto a pagar la tarifa normal del vuelo, ante el aviso de una promoción, se cambia de tarifa, con la consecuente pérdida de potenciales ganancias para la empresa.

En este trabajo se propone la utilización combinada de herramientas de marketing y de gestión de operaciones, las cuales, utilizando la información contenida en una base de datos de clientes, permiten identificar a clientes que serían buenos candidatos para recibir promociones. Esto es desde el punto de vista económico de la empresa, la cual prefiere a los clientes que viajan motivados por la promoción y que sin la promoción no viajarían. Al mismo tiempo trata de evitar enviar promociones a los clientes que estarían dispuestos a pagar la tarifa completa para viajar, es decir, clientes dilusores.

Se sugieren dos alternativas de solución, siendo la primera alternativa más precisa pero que involucra el poseer una base de datos con un gran volumen de información, que actualmente no se posee. La segunda alternativa puede utilizarse con la información actual y genera resultados satisfactorios.

Es destacable que se propone un nuevo enfoque de utilización de la herramienta de análisis conjunto, que permite resolver problemas complejos cuantificando valores subjetivos. Estos valores posteriormente son aplicados al mejor entendimiento de las bases de datos.

El resultado obtenido es una metodología que permite encontrar, dentro del conjunto de clientes de la empresa, a buenos candidatos para recibir las promociones. Esta metodología fue aplicada a datos reales, y el efecto fue

evaluado utilizando juicios de ejecutivos de la empresa.

En lo que sigue de este artículo se mostrará:

- **Descripción de la situación previa al proyecto:** en el capítulo 2 se dará una breve descripción de como la empresa realizaba el envío de promociones antes de la ejecución de este proyecto.
- **Primera alternativa de solución:** en el capítulo 3 se mostrará el primer enfoque que se propuso para resolver el problema y los problemas que existían para su implementación.
- **Análisis conjunto:** en el capítulo 4 veremos la metodología basada en análisis conjunto, que se planteó para resolver el problema descrito.
- **Solución definitiva:** el capítulo 5 resume cómo fue, finalmente, resuelto el problema.
- **Conclusiones:** en el capítulo 6 se muestran las conclusiones y se comenta el aprendizaje que se derivó de este proyecto.
- **Trabajos futuros:** por último, se comentarán refinamientos que pueden ser aplicados a este trabajo.

2. Descripción de la Situación Previa al Proyecto

En la industria de las líneas aéreas se ha visto la importancia que tiene el conocer a los clientes, y lo importante que es saber cuál es el precio adecuado del servicio, para el cliente adecuado y en el momento adecuado. Todo lo cual puede significar la diferencia entre una empresa rentable y la quiebra.

En este sentido, aplicado al caso nacional (si es que, en el mundo globalizado que vivimos, puede hacerse esta separación), las líneas aéreas han debido adaptarse a los nuevos tiempos, incorporando nuevas herramientas. Es por ello, que una importante empresa nacional ha estado innovando y generando una poderosa herramienta que le permita mejorar el conocimiento sobre sus clientes. Así podrá mejorar sus beneficios ofreciendo mejores servicios a los clientes más adecuados.

Una posible oferta consiste en el envío de correos electrónicos a todos los clientes que no han comprado pasajes, ofreciéndoles estos vuelos a precios promocionales. Antes del proyecto la empresa estaba realizando estas ofertas para vuelos que, según pronósticos de demanda, no tendrían una ocupación elevada.

Utilizando el hecho económico de que a menor precio la demanda debería ser mayor, se ofrecen precios menores para los vuelos, con lo cual se incentiva la demanda y por lo tanto se debería tener una mejor utilización del vuelo.

Este tipo de promociones tiene algunos efectos no deseados, debido principalmente a que las ofertas se realizan en forma masiva. Los principales son:

- **Frustración de los clientes:** se produce al recibir ofertas de pasajes que al momento de consultar no se encuentran disponibles (puesto que no hay suficientes asientos para todos los clientes que podrían estar interesados).
- **Molestia a los clientes:** al recibir muchos correos que no han sido solicitados los clientes se molestan. Todo esto trae aparejado la consecuente pérdida de imagen para la empresa.
- **Dilución:** efecto que se produce cuando un cliente que estaba dispuesto a pagar la tarifa completa toma una promoción, haciendo que la empresa reciba un ingreso menor.

El problema de la dilución es el más relevante, ya que produce graves pérdidas de beneficio directas para la línea aérea, y tiene un tratamiento especial en este trabajo.

3. Primera alternativa de solución

En la primera parte de este capítulo se muestra el modelo planteado para resolver el problema, mientras que en la segunda parte se comenta esta alternativa y se analizan los problemas para su implementación.

3.1. Modelación Inicial

Para poder mejorar la situación de la empresa previa al proyecto, se procedió a estimar el valor que tiene el envío de una oferta adicional a un cliente, para así poder determinar cuando no conviene enviar una promoción a un cliente determinado. Lo que se quiere decidir es si enviar o no un correo electrónico promocional a un cliente, tratando de maximizar el beneficio de la empresa y reduciendo los inconvenientes que produce enviar exceso de promociones: dilución, frustración y molestia de los clientes.

En este sentido se calculó el valor de ingreso incremental "I", que corresponde al valor que agregaría un cliente si se le envía un correo electrónico

ofreciéndole un pasaje para un destino a un precio preferencial, lo cual define la promoción.

El valor que agrega este cliente a la empresa depende de si el cliente iba a comprar el pasaje aunque no se le ofreciera, o lo compró sólo porque se le envió la promoción. Esto se modeló utilizando un factor de dilución Δ_{ij} que representa cuán probable es que el cliente i se esté cambiando de pagar la tarifa completa para el destino j , a la promocional (que tan dilusor es ese cliente con respecto de ese destino). Esto se representa con la siguiente ecuación:

$$I_{ij} = TP_j - TN_j * \Delta_{ij}$$

Donde:

I_{ij} : ingreso incremental de enviar un correo electrónico al cliente i para la promoción con destino j .

TN_j : valor de la tarifa más económica del vuelo con destino j , cuando no hay promoción (tarifa turista).

TP_j : valor de la tarifa promocional al cual acceden los clientes que reciben la promoción al destino j .

Δ_{ij} : es un factor de dilución, cuyo valor fluctúa entre 0 y 1, donde a mayor valor, el cliente es más dilusor para la promoción al destino j .

Con todo esto se generó un modelo de programación lineal entera que logre satisfacer los objetivos de la empresa: maximizar el ingreso, es decir, no mandar ofertas a clientes que podrían comprar el pasaje a tarifa completa y mejorar la utilización del avión, vendiendo a tarifa promocional asientos que de otra forma viajarían vacíos. Todo esto sin enviar una cantidad excesiva de ofertas para no causar molestias en los consumidores.

Es importante notar que debe utilizarse un modelo para cada promoción que se realice. Por eso queda en función del destino j .

El modelo propuesto para resolver esto es el siguiente:

Función objetivo:

$$\max_{x_{ij}} Z_j = \sum_i I_{ij} * P_{ij}(TP_j) * X_{ij}$$

Restricción de capacidad disponible para una promoción:

$$\sum_i N_{ij} * P_{ij}(TP_j) * X_{ij} \leq C_j$$

Naturaleza de las variables:

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i$$

Donde:

X_{ij} : variable de decisión, que es una variable binaria que es igual a 0 si es que no se le debe enviar la oferta al cliente i y es igual a 1 si es que se le debe enviar.

$P_{ij}(TP_j)$: probabilidad que el individuo i acepte una promoción al destino j a precio preferencial.

C_j : cantidad de asientos disponibles para ser utilizados por clientes que aceptaron la promoción. Este valor se considera un parámetro que debe manejar el tomador de decisiones que utilizará el modelo.

N_{ij} : cantidad de pasajes que compraría el cliente i para el destino j .

Este modelo requiere de parámetros para poder ser utilizado. Algunos de ellos deben ser suministrados por el usuario, como: las tarifas promocionales, la tarifa más económica del vuelo, la cantidad de asientos disponibles para la promoción. Otros se deben calcular desde la base de datos.

En un principio se trató de calcular el factor de dilución utilizando la siguiente expresión:

$$\Delta_{ij} = \frac{P_{ij}(TN_j)}{P_{ij}(TP_j)}$$

Donde:

$P_{ij}(TN_j)$: es la probabilidad de que un cliente i acepte una promoción al destino j , a la tarifa normal (TN_j).

$P_{ij}(TP_j)$: es la probabilidad de que un cliente i acepte una promoción al destino j , a la tarifa preferencial (TP_j).

Estas probabilidades serían calculadas directamente desde la base de datos utilizando la razón entre casos favorables y casos totales de los eventos en cuestión.

El valor de Δ_{ij} es menor que 1, utilizando el supuesto económico de que la probabilidad de que un cliente acepte la promoción a una tarifa preferencial TP_j es mayor que la probabilidad que acepte viajar al destino j al precio normal TN_j , puesto que $TP_j < TN_j$.

El valor de Δ_{ij} calculado, cuando se acerca a 1, quiere decir que el individuo es casi indiferente entre pagar una tarifa u otra, por lo que se infiere que sería un cliente dilusor. Mientras que si este valor se acerca a 0, se deduce que este cliente es muy sensible a la oferta realizada, por lo que se infiere que sería un cliente menos dilusor (en términos relativos).

3.2. Comentarios y problemas de la alternativa planteada

La metodología propuesta tiene ventajas y desventajas. Principalmente hay que analizar la herramienta en función de la cantidad y calidad de la información que requiere, y contrastarla con lo que se tiene en el caso de estudio.

3.2.1. Comentarios de la alternativa

Al momento de calcular el parámetro de dilución, hay que asegurarse de que efectivamente se esté hablando del mismo producto, puesto que en caso de existir diferencias en el tipo de pasajes ofrecido a los clientes (por ejemplo que el pasaje tenga restricciones de uso o cambio de fecha) este parámetro pierde la interpretación para la que fue modelado. Por ejemplo, cuando se compara un pasaje a un destino que tenga la posibilidad de cambiar la fecha del vuelo, con otro al mismo destino, pero que no pueda ser modificado, entonces una persona podría valorar más el primer tipo de pasajes, aunque el segundo sea más barato.

Para poder resolver este modelo se realizó una relajación lineal del modelo. La adaptación implica una utilización de variables de decisión continuas, lo cual implica posibles soluciones infactibles, puesto que no es posible enviar una cantidad de correos electrónicos fraccionaria (o se envía, o no se envía). Para resolver esto se procedió a utilizar una heurística de redondeo, con la consecuente pérdida de optimalidad de la solución.

El valor que toman las variables duales asociadas a las restricciones de capacidad del modelo, corresponde al precio sombra de un asiento adicional disponible para este tipo de promociones. Esto es muy útil para el tomador de decisiones puesto que tiene un indicador que le permite evaluar cuánto deja de ganar al no poner otro asiento para el uso de la promoción.

El modelo reduce la cantidad de correos promocionales que deben ser enviados, descartando los clientes que puedan ser perjudiciales para la empresa, utilizando para esto el valor de dilución. Cuando este valor toma valores cercanos a 1 hace que el beneficio por enviarle un correo electrónico a un individuo de ese perfil, sea negativo. Por ejemplo, si un cliente tiene un factor de dilución de 0.75 para el destino j y la tarifa normal de un vuelo a ese destino es de U\$300 y el valor de la tarifa promocional de ese vuelo es de U\$200 entonces el ingreso incremental de este pasajero es de -U\$25, con esto el modelo sugeriría no enviar la promoción a este cliente. Cuando el valor de Δ_{ij} es cercano a 1, los clientes de ese perfil comprarían pasajes aún cuando no se le envíe la promoción, lo que implica que es mejor no enviarle la oferta, pues conviene que pague la tarifa normal.

3.2.2. Problemas para la implementación de esta alternativa

Esta alternativa requiere información detallada de las tarifas para los vuelos. Estos valores tienen problemas como, por ejemplo, no existe en la base registro de las tarifas referenciales de los vuelos y muy bajo poblamiento del campo de tarifas pagadas por los clientes (inferior al 10 %). Esto hace que los factores de dilución y de probabilidad de aceptación de promociones propuestos no pueden ser calculados con los datos con que contaba la empresa antes del proyecto.

Todo esto llevó a una segunda aproximación de resolución del problema, la cual es practicable, y se deja esta solución propuesta para que desde ahora se empiece a tomar los datos requeridos para su desarrollo y en un tiempo posterior pueda ser utilizada.

4. Análisis conjunto

En este trabajo se utilizó un conjunto de varias herramientas tradicionales como la programación matemática [1] e inteligencia de negocios [3] en el cálculo de parámetros, para potenciar las promociones, pero lo destacable es que se propuso un nuevo enfoque de Análisis Conjunto.

El Análisis Conjunto es una herramienta utilizada en marketing para medir preferencias de los consumidores sobre un producto [3, 5, 6]. Se utilizó aquí esta herramienta conceptual con otro objetivo. Aquí se mostrará la utilización clásica de la herramienta y luego se explicará cómo fue utilizada.

4.1. Análisis Conjunto Tradicional

Esta herramienta es un conjunto de métodos diseñados para medir las preferencias del consumidor para productos con múltiples atributos.

Consiste en entrevistas a los consumidores, los cuales manifiestan sus preferencias sobre potenciales productos. Los productos son definidos por atributos en distintos niveles. Por ejemplo un atributo de un producto puede ser el color y sus niveles rojo, azul y amarillo.

Luego con los datos de las entrevistas se pueden utilizar varias herramientas de calibración para poder interpretar los resultados. Al realizar la calibración descrita, se cuantifican preferencias como:

- Importancia relativa de cada atributo.
- Pérdidas o ganancias que se obtienen al variar un nivel.
- Utilizando las formas cerradas de la utilidad se puede interporlar para encontrar valoraciones con comparación de atributos no encuestados.

4.1.1. Metodología general del Análisis Conjunto Tradicional

Selección de atributos: lo primero que se debe hacer es seleccionar los atributos. En esta parte es necesario utilizar atributos que puedan ser manipulables y lo más objetivos posible. Por ejemplo atributos para un auto como deportivo o conveniente, no deberían ser incluidos en este estudio. En cambio, atributos como: si tiene aire acondicionado o radio con CD, deben incluirse, pues estos atributos son objetivos y se tiene cierta ingerencia en ellos. Los atributos deben ser sobresalientes en la influencia en las preferencias sobre un producto. Por ejemplo [precio, kilometraje por litro, espacio interior] es un mejor conjunto que [color, aro ruedas, número de parlantes]. Generalmente se utiliza juicio experto o investigación cuantitativa para la elección de los atributos.

Selección de niveles: luego se deben seleccionar los niveles de cada atributo. Es necesario tomar en cuenta que éstos inciden directamente en la cantidad de parámetros a calcular y la cantidad de perfiles que se deben generar, por lo que es recomendable que no sean muchos. Una cantidad razonable es 4 niveles por cada atributo [6]. Cuando se estima que la función de utilidad es lineal sólo son necesarios 2 atributos, mientras que cuando no es lineal son necesarios más atributos.

También al decidir los niveles se debe tomar en cuenta que el rango de éstos puede alterar la importancia de los atributos entre sí, pues si se toma rangos demasiado amplios podría incorporar una relevancia poco realista a un atributo. Por ejemplo, si tomo los siguientes niveles para el precio de un auto:

- 3,50 millones; 3,55 millones y 3,60 millones, el precio no sería tan relevante.
- 2,0 millones; 3,50 millones y 5,0 millones entonces el precio sí sería relevante.

En la segunda selección de niveles le estaría dando una mayor importancia al precio. Es por esto que hay que tener cuidado con los niveles y escoger niveles que puedan ser implementados, generalmente se utiliza juicio experto en esta etapa.

Construcción de estímulos: los estímulos corresponden a los perfiles que se utilizarán en las encuestas. Con la definición de los atributos y niveles se procede a fabricar los estímulos tratando de replicar lo más fielmente posible el proceso de elección de los clientes. Se suele apoyar con medios gráficos para facilitar el proceso de toma de información.

La construcción de los estímulos o perfiles está muy relacionada con la técnica que se utilizará para la calibración de los datos. El método puede ser utilizado con:

1. Comparación de estímulos: aquí se presentan al cliente dos o más productos para que sean evaluados tomando en cuenta el producto como un todo y no sólo un atributo en particular. Se le pide al cliente que los ordene, ver figura 1.



Figura 1: Ejemplo de Comparación de Estímulos

2. Por puntuación: se le pide al cliente que califique con alguna escala un producto determinado, ver figura 2.

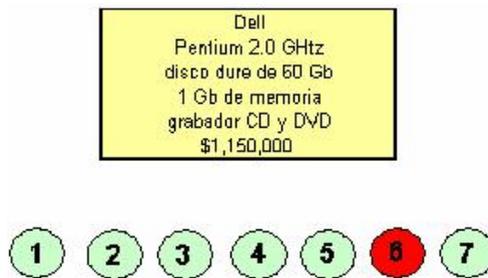


Figura 2: Ejemplo de Puntuación de Estímulos

3. Grados de preferencia: se pide que el individuo evalúe qué tanto prefiere un producto sobre otro, ver figura 3.

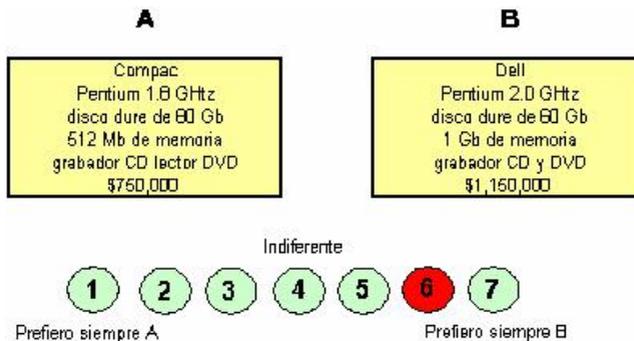


Figura 3: Ejemplo de Grados de Preferencia

Calibración: para todos los modelos es necesario representar los perfiles como vectores binarios que representan el nivel de cada atributo que define al perfil. Además se asume que la utilidad que representa un producto o perfil para un usuario se puede representar como una función lineal de los atributos ponderados por algún parámetro de importancia relativa entre atributos. Cada tipo de cuestionario entrega respuestas de los encuestados representada de distintas formas, por lo que es necesario un método de regresión distinto para cada uno de ellos.

Para el caso de puntuación, figura 2, se utiliza la herramienta de regresión, allí se encuentran los ponderadores de los niveles y atributos minimizando el cuadrado del error que se comete al comparar los resultados del modelo con las respuestas entregadas por los encuestados.

Para el caso de comparación de perfiles, figura 1, se utiliza el estimador de máxima verosimilitud para encontrar los parámetros que hagan que la probabilidad calculada para representar las respuestas con el modelo se asemeje lo máximo posible a las respuestas entregadas por los encuestados [5, 6].

Es importante mencionar que también existe un análisis conjunto adaptivo [2], el cual utiliza la misma idea del análisis conjunto que se mostró, pero a medida que se van realizando las preguntas un computador va seleccionando las preguntas que se realizarán y va adaptando el cuestionario para ajustar mejor los parámetros. Las principales diferencias residen en el método de calibración y que requiere un computador para poder realizarse.

4.2. Análisis Conjunto Modificado

En esta sección se analizará la adaptación que se realizó para aplicar el análisis conjunto para poder calcular el índice de dilución, puesto que se considera que este trabajo puede ser un aporte para investigadores que trabajan con bases de datos y deben descubrir información subjetiva cuando no se tiene la suficiente experiencia en un área determinada. Posteriormente, en el capítulo de trabajos futuros, se mostrará una generalización de las características de los problemas a los cuales podría ser aplicada esta metodología.

En muchos casos, al trabajar con bases de datos, existe el problema de que al momento de extraer información útil de ésta, nos encontramos con datos faltantes, datos incorrectos (edades negativas, etc), para lo cual ya existe amplia literatura que ayuda a manejar esto de forma adecuada [4].

Pero también existe otro tipo de información en la base de datos, la cual no se encuentra directamente como un atributo, o como una simple relación de atributos. Existe información que puede inferirse de la base de datos, pero para ello se necesita de un ojo experto, con experiencia en el tipo de datos que se está analizando, la cual, no siempre es poseída por el encargado de analizar

la base de datos, y a veces ni siquiera por una persona en particular, sino que se obtiene de un consenso de un grupo de personas.

Estos casos involucran la utilización de atributos subjetivos, que no son observables a simple vista, pero que indudablemente existen. Este es el caso de la dilución. En este caso el consumidor no manifiesta su intención de pagar la tarifa completa por el producto, pero es indudable, que aunque no se denote directamente, el fenómeno de la dilución existe.

Otro ejemplo de esto es el caso de las aseguradoras de automóviles, que aseguran a clientes que simulan robos de sus radios, para cobrar el seguro y obtener beneficio al vender la radio. Aquí tampoco existe un indicador claro de la ocurrencia de este hecho, pero los expertos de estas empresas tienen una noción de que esto ocurre.

Lo que se propone en este trabajo es inferir el comportamiento que se desea conocer, por medio de información que sí está disponible. El problema entonces es, cómo determinar cuando a un cliente determinado, no se le debe ofrecer una promoción.

Entonces se procede a investigar el hecho que podría gatillar el comportamiento que se quiere averiguar, o sea el propósito de la compra del producto en el caso de la dilución. Con esta información se generan varios atributos que de alguna manera reflejan el comportamiento que se quiere medir, pero: *¿Cómo determinar cuál de los atributos es más importante que otro? y ¿Cuánto más importante?.* Hay que responder estos interrogantes para medir este valor subjetivo y que nunca podrá ser supervisado en una base de datos.

Lo que se propone en este trabajo es utilizar una variación a la herramienta de análisis conjunto para poder evaluar la importancia de los atributos en valores no solamente ordinales sino cuantificables.

El análisis conjunto utiliza encuestas para cuantificar utilidades percibidas por los consumidores sobre un producto dado, al cual se le hacen variaciones en algunos atributos para comparar las diferencias de utilidad al variarlos. Así se busca poder determinar qué atributo es más valorado y si puede ser compensado por la variación de otro, con lo cual se puede escoger el mejor producto.

En este trabajo se propone utilizar esta misma herramienta, pero en vez de comparar conjuntos de productos, se deben comparar conjuntos de perfiles de individuos, utilizando atributos que midan de alguna forma el comportamiento que se desea evaluar.

Esta metodología, en vez de medir la utilidad del producto, como en el análisis conjunto tradicional, estará midiendo el atributo subjetivo que se quiere examinar, si es que se ha realizado una buena generación de atributos que ayuden en este sentido.

Otra diferencia importante es que en vez de realizar la encuesta a consumidores de los productos, ésta es realizada a expertos en el tema, que deben

tener los conocimientos acerca del comportamiento de los clientes.

Este nuevo enfoque del análisis conjunto permite descubrir atributos conceptuales y cuantificarlos, y una vez cuantificados podrán ser calculables directamente desde la base de datos, cuantificarlos y poder automatizar los cálculos de valores subjetivos en la base de datos, es decir, incorporar inteligencia para la extracción de parámetros.

Esta metodología une la herramienta de análisis conjunto con minería de datos. Una herramienta relativamente nueva, que ha tomado fuerza con el desarrollo de la nueva tecnología, y una herramienta antigua que a pesar de ello, por sus resultados, resulta vigente principalmente en el área del marketing. Esta unión podría utilizarse en numerosos casos que tienen características similares a los expuestos en este trabajo, que requieran extraer información subjetiva de bases de datos.

La metodología que aquí se presenta logra consta de los siguientes pasos:

- analizar las respuestas de un conjunto de expertos con respecto a la dilución, para un conjunto determinado de perfiles de clientes.
- modelar el comportamiento de los expertos frente a la dilución.
- automatizar este comportamiento y replicarlo para la selección de clientes a toda la base de datos.

La automatización permite replicar el proceso de clasificación de clientes según su dilución, para miles o millones de clientes, lo cual, no sería posible de otra forma.

5. Solución implementada

Después de un estudio más detallado de la base de datos nació la necesidad de calcular el factor de dilución de una manera alternativa y se destacaron los factores que están relacionados con la dilución.

La dilución está relacionada al destino de la promoción, puesto que un individuo que tiene parientes en Buenos Aires, o realiza negocios en Miami, no tiene el mismo comportamiento para los 2 destinos, y menos con un tercer destino donde no tiene un interés en particular. Por lo que la dilución debe relacionarse al destino.

La dilución también está relacionada con el propósito del viaje, ya que es muy probable que una persona que viaje por negocios, viajará aunque no se le ofrezca la promoción, es decir, está dispuesto a pagar la tarifa normal del vuelo. En cambio, un cliente que viaja para ver a parientes o simplemente por placer, buscará el mejor precio posible para viajar. Y este grupo de gente es

el que interesa enviarle la promoción, puesto que ellos no estarían dispuestos a viajar a una tarifa normal pero sí a una tarifa promocional.

Esto llevó a estudiar el comportamiento de los clientes y tratar de inferir el propósito del viaje a través de la información histórica de los clientes. Varios atributos que ayudarían en este sentido se identificaron:

- Número de viajes al destino de la promoción.
- Cuántos días se queda en el destino de la promoción en promedio.
- Porcentaje de viajes al destino de la promoción que incluían fin de semana.
- Con cuántos acompañantes viaja a ese destino en promedio.
- Promedio de la tarifa pagada por el cliente cuando viaja al destino de la promoción.
- La proporción de promociones aceptadas en el último año.

Pero ninguno de estos atributos existían de manera pura en la base de datos. Algunos podían ser calculados directamente de la base de datos, otros tuvieron que ser aproximados combinando datos existentes.

El obtener estos parámetros requirió de un gran trabajo en la base de datos, y los resultados fueron utilizados en la adaptación del análisis conjunto para estimar el esquivo valor de la dilución.

5.1. Aplicación de Análisis Conjunto Modificado

Una vez calculados estos parámetros se requería de alguna forma transformar estos atributos en un conjunto de reglas que permitieran discriminar a los clientes dependiendo de su grado de dilución.

Aquí es donde se utiliza la parte innovadora de la metodología propuesta que consiste en realizar un análisis conjunto con un enfoque distinto.

- En vez de productos se utilizarán perfiles de clientes.
- En vez de realizar el análisis conjunto a los clientes, se hará a un conjunto experto de la línea aérea, que conoce mejor el comportamiento de los clientes.
- En vez de obtener la utilidad de un producto, se obtendrá un grado de dilución para cada perfil de los clientes.

Este valor de la dilución sí puede ser utilizado en el modelo matemático. El análisis conjunto que se realizó contó con un conjunto de 9 juicios expertos, los cuales respondieron 16 preguntas cada uno.

La encuesta que fue realizada consistía en comparación de pares de perfiles mostrando a cada experto 2 perfiles con 1 nivel de cada atributo y el experto debía escoger cuál de los 2 perfiles mostraba mayores características de dilusor.

Se escogieron 3 atributos que según los expertos representan el objetivo del viaje, lo cual es clave para poder identificar si un individuo es dilusor o no. Además se escogió este tipo de cuestionario (comparación de perfiles) porque es una herramienta intuitiva, fácil de llenar y requiere poco tiempo. Esto es fundamental porque el tiempo de los expertos es escaso y costoso.

Se tomó en cuenta el hecho de que los clientes son dilusores dependiendo del destino, por lo que estos atributos son calculados para el par cliente - destino.

Los atributos que se utilizaron, tomando en cuenta un período de 2 años de información, fueron:

- Tiempo promedio que permanece el cliente en el destino dado, cada vez que viaja a ese lugar.
- Cantidad de veces que ha viajado al destino de la promoción.
- El promedio del número de acompañantes con los que viaja el cliente al destino de la promoción.

El cuestionario que se realizó tenía una forma como la figura 4:

¿Qué Perfil de cliente es más probable que sea dilusor?

<u>Perfil A</u>	<u>Perfil B</u>
Cada vez que viaja a ese destino se queda más de 7 días	Cada vez que viaja a ese destino se queda menos de 2 días
El cliente ha viajado entre 1 y 3 veces al destino	El cliente ha viajado entre 7 y 12 veces al destino
Siempre viaja con 1 ó 2 acompañantes cuando viaja a este destino	Siempre viaja sólo cuando viaja a este destino



El perfil A
es más
dilusor



El perfil B
es más
dilusor

Figura 4: Ejemplo de cuestionario que deben resolver los expertos

Con esto se tiene un conjunto de respuestas del tipo:

Perfil A_i es más dilusor que el perfil A_j : Perfil $A_i \succeq$ Perfil A_j (A)

Los perfiles se pueden representar como un vector binario de 12 dígitos, en el cual los 4 primeros dígitos representan el primer atributo, los 4 siguientes, el segundo atributo y los 4 últimos el tercer atributo. Dentro de los dígitos que corresponden a un atributo, sólo un dígito puede tomar el valor 1, que es el que corresponde al nivel de ese atributo que caracteriza a ese perfil. Con esto un perfil donde se tenga el primer nivel en cada atributo se representaría de la siguiente forma:

$$\text{Perfil } A_i = \vec{A}_i = (1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0) \text{ (B)}$$

Para calcular el grado de dilución de un cliente, asumimos una función lineal de la siguiente forma, $\vec{\alpha} * \vec{A}_i$, donde $\vec{\alpha}$ son efectos que tendrían los correspondientes niveles en la dilución de un cliente con ese nivel en ese atributo, con:

$$D_i = \vec{\alpha} * \vec{A}_i \text{ (C)}$$

Luego, lo que se quiere encontrar, es una distribución de probabilidad que se asemeje de la mayor forma a las respuestas de los expertos, que son de la siguiente forma:

$$D_i \succeq D_j \quad \forall (i, j) \in R \text{ (D)}$$

Donde R es el conjunto de pares que fueron comparados por los expertos que respondieron que el perfil i era más dilusor que el perfil j.

Se asume que las respuestas de los expertos son independientes, es decir, que la probabilidad de que un experto responda que un perfil i es más dilusor que un perfil j ($D_i \succeq D_j$), no depende de la probabilidad de que otro experto responda que un perfil k es más dilusor que un perfil l ($D_k \succeq D_l$). Con esto se tiene que la probabilidad de todas las respuestas que fueron entregadas por los expertos se calcula con la siguiente ecuación:

$$L = \prod_{(i,j) \in R} P[D_i \succeq D_j] \text{ (E)}$$

Después se aplica logaritmo para linealizar la función, quedando de la siguiente forma:

$$\Lambda = \ln(L) = \sum_{(i,j) \in R} \ln(P[D_i \succeq D_j]) \text{ (F)}$$

Luego, se intenta encontrar la distribución de probabilidad que maximice este valor, tomando la probabilidad logit de la siguiente manera:

$$P[\vec{\alpha} * \vec{A}_i \succeq \vec{\alpha} * \vec{A}_j] = P[D_i \succeq D_j] = \frac{1}{1 + \exp(D_i - D_j)} \text{ (G)}$$

Asumimos que la probabilidad se comporta de forma logit. Se quiere estimar una distribución de probabilidad que se ajuste de mejor manera a las respuestas entregadas por los expertos, para mayor detalle ver [3, 5, 6].

Con esto se obtuvieron los resultados y se procesaron utilizando el concepto de utilidad logit (que en el sentido que estamos utilizando la herramienta tendría más sentido llamarle función de dilución). Así se obtuvieron los siguientes resultados que se ven en la figura 5.

Atributo	Nivel		Efecto (α)	Importancia
Permanencia En el lugar de destino	1	Permanece en el destino 0 ó 1 noche	0,91250	1,51340
	2	Permanece en el destino entre 2 y 4 noches	0,09341	
	3	Permanece en el destino entre 5 y 7 noches	-0,40501	
	4	Permanece en el destino más de una semana	-0,60090	
Cantidad de viajes	1	Ha viajado al destino de la promoción entre 1 y 3 veces al año	-2,21533	4,09141
	2	Ha viajado al destino de la promoción entre 4 y 6 veces al año	-0,90919	
	3	Ha viajado al destino de la promoción entre 7 y 12 veces al año	1,24844	
	4	Ha viajado al destino de la promoción más de 12 veces al año	1,87608	
Cantidad de acompañantes	1	Viaja sólo	-0,06960	0,35640
	2	Viaja a veces con 1 y otras veces con 2 acompañantes	0,28680	
	3	Viaja con 2 o 3 acompañantes generalmente	-0,08275	
	4	Viaja con más de 4 acompañantes en promedio	-0,13445	

Figura 5: Resultado del análisis conjunto

En esta tabla se puede ver que el atributo más relevante es la cantidad de veces que los clientes viajan al destino de la promoción. Pero hay que analizar esto con un poco más de precaución puesto que el número de niveles en cada atributo o el tamaño de cada uno puede afectar la importancia de cada atributo.

Al analizar el comportamiento de los clientes con respecto de un destino en particular, se asumió que había viajado al menos una vez al destino de la promoción, por lo que tiene sentido preguntarse, cuántos días se ha quedado, si incluyó fin de semana, etc. En el caso de que no haya viajado nunca, no se conoce información de los clientes con respecto a ese destino, y se toma el supuesto razonable de que esa persona no es dilusora para ese destino (que quiere decir que si no se le ofrece esta promoción para viajar a ese destino, no viajará). En caso de que esta persona efectivamente sea un dilusor, al tener información de sus viajes y su comportamiento con respecto a este destino, en una evaluación posterior para ver si se le enviará o no la promoción, probablemente quede descartada, por lo que el modelo es dinámico y *aprende* con la nueva información.

Con los valores obtenidos en la tabla de la figura 5 se pudo clasificar los 64 perfiles en estudio (pues son 4 atributos en tres niveles). En un principio

se utilizaron los valores de la tabla de la figura 5 para utilizar una función lineal que permitiera asignar un *puntaje* a cada perfil indicando su grado de dilución. Este valor fue normalizado para representar el parámetro de dilución que necesita el modelo. Un posterior análisis de la herramienta utilizada hizo ver que es más razonable utilizar la forma de probabilidad intrínseca del modelo que mide cuanto más dilusor es un perfil que otro, asumiendo que la probabilidad se comporta de esta forma (hay que recordar que los datos obtenidos sólo representan valores relativos a otros perfiles, pues la encuesta se realizó utilizando comparación por pares).

Por esto se necesitó calcular la probabilidad de que el perfil ponderado D_i sea preferido al D_j de la ecuación (F). Con esta probabilidad necesitamos tener una probabilidad de referencia, ya que todos estos valores son relativos. Es por esto que se decidió consultar a los expertos por el perfil más dilusor, que resultó ser el perfil que viaja por el día, que viaja más de 12 veces al año y que viaja con uno o dos acompañantes. Según los expertos, de los individuos que cumplen con este perfil, un 80% de ellos son dilusores. Y utilizando este valor, se llegó a la siguiente expresión, con la que se calcularon las probabilidades relativas de que un individuo con esas características sea dilusor:

$$Prob(D_i) = \frac{2 * 0,8}{1 + exp(D^* - D_i)}$$

Donde:

D^* = Es el puntaje de dilución del perfil más dilusor:

- Viaja por el día.
- Que viaja más de 12 veces al año.
- Viaja con uno o dos acompañantes

Con esto se logró calcular el parámetro de dilución para todos los perfiles.

Esta estrategia permitió disminuir drásticamente la cantidad de correos electrónicos que se enviaban usualmente, y con pruebas preliminares se vio un fuerte impacto en las utilidades. Como corolario la gente encargada de las promociones en la línea aérea quedó satisfecha.

Para obtener resultados concluyentes es necesario probar la solución al menos un año, lo que permitirá obtener resultados estadísticamente significativos y concluyentes.

6. Conclusiones

Este trabajo presenta una alternativa innovadora para resolver problemas donde se debe utilizar un juicio experto y generalizarlo para un gran conjunto de datos. Lo que se planteó en este proyecto es la utilización conjunta de herramientas que por sí solas pueden entregar sólo soluciones parciales a los problemas presentados, pero que en conjunto brindan una solución integral a este tipo de situaciones.

La metodología propuesta, con el nuevo enfoque de Análisis Conjunto, tiene muy buena aceptación por los gerentes de la línea aérea, puesto que es fácil de utilizar, se entiende claramente lo que persigue sin mucha explicación y ahorra mucho tiempo a los expertos, que son quienes responden las encuestas. Estas encuestas pueden ser enviadas por correo electrónico, respondidas en el momento que los expertos tengan tiempo y enviadas inmediatamente para que sean analizadas.

La metodología propuesta busca mitigar la dilución, que es el costo principal para la empresa. Al enviar ofertas a los clientes menos dilusores, es razonable pensar que se está enviando las promociones a los clientes más renuentes a tomar la promoción, por lo que, no necesariamente se está minimizando la cantidad de correos electrónicos promocionales enviados. Esto, si bien es cierto que puede producir una cantidad de correos electrónicos elevada, no es un gran problema para la empresa, ya que el costo de incomodidad de los clientes que pudieran recibir información no útil para ellos, es menor en comparación con el hecho de tener un par de clientes dilusores adicionales en cada vuelo. Además este costo puede ser mitigado utilizando formatos y texto más adecuado en el envío de correos, entregando información más útil que le aporte algún valor al cliente.

El estudio que se realizó permitió aplicar la metodología propuesta, y aunque para poder cuantificar los resultados se debe esperar un tiempo de utilización de esta metodología, se esperan buenos resultados. Esto se debe a que, dada una cierta capacidad que se desea ocupar con este tipo de promociones, se seleccionan a los candidatos más adecuados para el envío de la promoción, lo cual ayuda claramente a la empresa para evitar clientes que pudieran diluir.

Otro aspecto relevante de este trabajo es que la cantidad de correos electrónicos con ofertas es mucho menor que la cantidad que se enviaba anteriormente, puesto que ahora sólo se envía a clientes suficientes para completar, en valor esperado, la capacidad que se desea utilizar (con ciertas holguras definidas por el tomador de decisiones). Anteriormente se le enviaba a toda la base de datos, lo cual ya es una mejora con respecto a la situación de la empresa previa al proyecto.

La solución aplicada a la empresa en estudio puede y debe ser mejorada para tener mejores resultados, pero para esto se necesita un compromiso de la empresa, afinar el cálculo de los parámetros del modelo y una mejor base

de datos, la cual se está construyendo actualmente. Esto debería fortalecer la solución propuesta. Y por supuesto actualizar la encuesta realizada periódicamente: se recomienda cada 6 meses o cuando exista un abrupto cambio en el comportamiento de los clientes.

Sobre el impacto cuantitativo de este proyecto se debe destacar que si se logra hacer que 2 ó 3 clientes que estaban dispuestos a pagar la tarifa completa no se cambien a una promoción en cada vuelo que se realiza, las utilidades adicionales para la empresa son muy importantes.

El poder conocer mejor a los clientes y realizar una mejor discriminación no sólo trae beneficios a la empresa que lo logra, sino que también a sus clientes, puesto que al hacer esto, puede ofrecer mejores precios a consumidores que de otra forma no podrían viajar. Además no se afectan sus beneficios puesto que puede seguir cobrando el mismo precio a clientes con una mayor disposición a pagar, los cuales no se ven afectados mayormente. Este trabajo apunta en ese sentido, es decir, conocer más a los clientes y hacer una discriminación de los mismos.

7. Trabajos Futuros

La metodología propuesta para la resolución de este problema tuvo excelente aprobación en la empresa. Sin embargo, existen algunos refinamientos que pueden hacerse, principalmente en el cálculo de parámetros, puesto que es sensible a estos valores. Por lo que en una primera instancia la base de datos debe corregir varios problemas presentes, como los valores faltantes y la información errónea, que fueron muy frecuentes en la aplicación realizada.

En el presente trabajo se propone utilizar un modelo de programación matemática, el cual no pudo ser aplicado, debido a la falta de información suficiente para el cálculo de parámetros. Sin embargo, el modelo tiene algunas ventajas, como el hecho de calcular el valor que tiene marginalmente un asiento adicional al ser ingresado a este tipo de promociones¹, por lo que es recomendable que la empresa recopile la información necesaria para su utilización.

El análisis conjunto realizado consistió sólo en tres atributos, los cuales fueron conversados con los expertos, pero no fueron adecuadamente revisados y evaluados, por lo que un aspecto importante a considerar es la reformulación de este análisis, con el fin de afinar el parámetro de dilución. Este parámetro es muy importante, ya que es el indicador con que se seleccionan los clientes para el envío de las promociones y en el modelo matemático influye directamente

¹mediante el cálculo de las variables duales asociadas a las restricciones de capacidad puede observarse el precio sombra.

en la función objetivo.

Lo que se sugiere para mejorar el análisis de conjunto es realizar 3 pasos con los expertos. En el primero se deben recoger las opiniones de éstos sobre cuáles atributos consideran que deben ser incluidos en el análisis y listar estos atributos. En el segundo paso conversar con ellos la validez de estos atributos y llegar a un consenso de cuáles atributos son los más adecuados para el análisis. Por último se deben realizar los cuestionarios a un conjunto diverso de expertos para aumentar la variedad de soluciones y así enriquecer el estudio. En este trabajo se realizaron estos pasos, pero con un conjunto mayor y más diverso de expertos se espera una mayor precisión en el cálculo de la dilución.

En cuanto a los requerimientos de datos para este modelo, sería adecuado contar con las tarifas pagadas efectivamente por los clientes, tanto en las promociones como cuando viaja normalmente. Además de contar con tarifas referenciales de los vuelos.

También es necesario contar con información más precisa sobre las fechas y horarios de ingreso y salida de los pasajeros desde o hacia un destino, lo cual permitiría afinar el tiempo de permanencia en los destinos.

Es importante distinguir claramente cuándo un destino de un vuelo representa a un destino propiamente tal o es simplemente una escala camino a otro destino.

Es interesante además generalizar el nuevo enfoque de análisis conjunto y buscar otras aplicaciones. En este sentido queda propuesta una línea de investigación que potencie esta metodología y para utilizarla, por ejemplo en problemas de detección de fraude en compañías de seguros.

Por último, el trabajo que se debe realizar posteriormente es la evaluación de la metodología propuesta y compararlo con los resultados sin aplicar esta metodología, tomando vuelos en paralelo como grupo de control.

Otro trabajo futuro interesante es aplicar la metodología vista en este trabajo a otros rubros como el de las aseguradoras, para resolver problemas no supervisados y que requiere el cálculo de valores subjetivos para la utilización de modelos.

Agradecimientos: Al Núcleo Milenio: *Sistemas Complejos de Ingeniería* y al *Centro de Modelamiento Matemático*, especialmente a los académicos Jorge Amaya, Nancy Lacourly y Roberto Comminetti, por su apoyo.

Referencias

- [1] Bazaraa M. (1999), *Linear programming and network flows*. Editorial: John Wiley and Sons, Inc. New York - 2 edition. ISBN: 0471485993
- [2] Dobney Corporation Limited (2004), *Others Flavors of Conjoint Analysis*,

Choice Consultancy localizada en Bath, Inglaterra y Barcelona, España.
www.dobney.com

- [3] Green P. E. and Srinivasan V. (1990), *Conjoint Analysis in Marketing Research: New Developments and Directions*, Journal of Marketing 54, 4, 3-19.
- [4] Han J. and Kamber M. (2001), *Data Mining: Concepts and techniques*. Serie: The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems. ISBN: 1558609016
- [5] Huber J., D. R. Wittink, R. M. Johnson, and R. Miller (1992), *Learning Effects in Preference Tasks: Choice-Based Versus Standard Conjoint*, Sawtooth Software Conference Proceedings, 275-282. A.
- [6] Oliphant K., T. Eagle, J. Louviere, and D. Anderson (1992), *Cross-Task Comparison of Ratings-Based and Choice-Based Conjoint*, Sawtooth Software Conference Proceedings, 383-394.