

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

**UN INDICADOR DE GESTIÓN PARA VALORAR A LOS CLIENTES DE UNA
EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES.**

UNA APLICACIÓN DE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

JUANA MARIA PALOMINO LAIGNELET

FACULTAD INGENIERÍA, DEPARTAMENTO INDUSTRIAL

SANTAFÉ DE BOGOTÁ , ENERO 2003

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

**UN INDICADOR DE GESTIÓN PARA VALORAR A LOS CLIENTES DE UNA
EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES.**

UNA APLICACIÓN DE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

JUANA MARIA PALOMINO LAIGNELET

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**FACULTAD INGENIERÍA, DEPARTAMENTO INDUSTRIAL
SATAFÉ DE BOGOTÁ , ENERO 2003**

TABLA DE CONTENIDO

1.INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Descripción de la Empresa.....	4
2.1.1. Estructura Organizacional.....	6
2.1.2. Cadena de Procesos.....	9
2.2.Descripción de la Metodología.....	10
2.2.1. Metodología de Pesos Fijos.....	11
2.2.2 Metodología de Pesos Variables Data Envelopment Analysis	14
2.2.2.1 Modelo CCR.....	15
2.2.2.2. Modelo BCC.....	18
2.2.2.3 Modelo Aditivo.....	19
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	23
4. APLICACIÓN DE DEA EN LA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES.....	25
4.1. Líneas Residenciales.....	25
4.2. Líneas Comerciales.....	27
5. RESULTADOS.....	29
5.1. Comparación con la Metodología de Pesos Fijos.....	30
5.2. Análisis Matemático.....	35
5.3. Análisis de Sensibilidad.....	37
6.CONCLUSIONES.....	42

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama	7
Figura 2 Cadena de Procesos.....	10
Figura 3. Pirámide de valor de los clientes	13
Figura 4. Ejemplo Modelo BCC	19
Figura 5. Gráfica Modelo Aditivo.....	20

TABLA DE GRÁFICOS

<u>Gráfico 1.Comparación Metodologías. Empresas Pequeñas.....</u>	32
<u>Gráfico 2.Comparación Metodologías. Empresas Medianas.....</u>	33
<u>Gráfico 3.Comparación Metodología DEA con Variables.....</u>	35
<u>Gráfico 4.Comparación Metodología Actual con Variables.....</u>	36
<u>Gráfico 5.Análisis Sensibilidad. Todas Vs Sin Antigüedad.....</u>	38
<u>Gráfico 6. Análisis Sensibilidad. Todas Vs Sin Larga Distancia.....</u>	38
<u>Gráfico 7. Análisis Sensibilidad. Todas Vs Sin Score.....</u>	38
<u>Gráfico 8. Análisis Sensibilidad. Todas Vs Sin Celular.....</u>	39
<u>Gráfico 9. Análisis Sensibilidad. Todas Vs Sin Impulsos.....</u>	39
<u>Gráfico 10. Análisis Sensibilidad. Todas Vs Antigüedad, Impulsos, Score.....</u>	40

TABLA DE TABLAS

<u>Tabla 1.Pesos de Variables</u>	12
<u>Tabla 2.Clientes por estrato</u>	25
<u>Tabla 3.Cantidad Líneas Comerciales</u>	27
<u>Tabla 4.Outputs Comerciales</u>	27
<u>Tabla 5.Comparación Metodologías. Empresas pequeñas</u>	32
<u>Tabla 6. Comparación Metodologías. Empresas medianas</u>	32

TABLA DE ANEXOS

ANEXO A Resultados DEA Empresas Pequeñas

ANEXO B Resultados DEA Empresas Medianas

ANEXO C Resultados DEA Empresas Medianas (Sin Celular)

ANEXO D Resultados DEA Empresas Medianas (Sin Impulsos)

ANEXO E Resultados DEA Empresas Medianas (Sin Score)

ANEXO F Resultados DEA Empresas Medianas (Sin Antigüedad)

1. INTRODUCCIÓN

La investigación presentada en este proyecto está basada en información suministrada por una empresa de Telecomunicaciones de Bogotá que solicitó mantener su nombre en reserva.

La empresa necesitaba definir estándares de evaluación de la gestión del cliente con el objetivo de tener parámetros que sirvan de base para determinar planes de mercadeo con el fin de incentivar al cliente de alto valor a utilizar más servicios de la organización.

Desde hacía algo más de un año se venía evaluando la gestión del cliente. Así se había identificado que la metodología implementada dependía de la estimación de ciertos parámetros sobre los cuales se sospechaba se podía estar sesgando la investigación y por consiguiente, los resultados se estarían alejando de la realidad. Con base en esta metodología se trabajaron diferentes proyectos interesantes para el departamento de mercadeo y muy útiles para la institución. La decisión de estudiar una nueva herramienta para calcular indicadores de gestión, radica en la necesidad de acercarse más a la realidad en la evaluación de los clientes de esta empresa de telecomunicaciones y de esta forma optimizar los resultados del trabajo que se hace en el área de mercadeo relacional. En el transcurso de este

documento se van a exponer las ventajas que genera la nueva metodología en comparación con la que se ha venido utilizando.

Una vez evaluado cada cliente, la calificación se utilizaría para segmentar la población en clientes de alto, medio y bajo valor. Una vez hecha la segmentación, se crean estrategias de mercadeo diferentes basadas en las deficiencias comunes de los clientes del mismo segmento, con dichas estrategias se busca llegar de la forma más apropiada a cada cliente para incentivarlo a aportar más valor a la institución, ya sea, comprando más productos de la empresa, o dejando de utilizar los servicios de la competencia replazándolos por los nuestros.

Este Proyecto busca presentar una mejor forma de evaluar la gestión del cliente de una empresa de telecomunicaciones con el fin encontrar estrategias de mercadeo relacional más adecuadas según la calificación que se obtenga. Para esto se va a implementar Data Envelopment Analysis.

Objetivos Específicos

- Mostrar una aplicación de DEA en el área de Mercadeo. La mayoría de estudios realizados implementando esta herramienta se han enfocado primordialmente hacia la evaluación de las fuerzas de ventas en las áreas comerciales de las

empresas y en otros casos, hacia evaluar la gestión de las sucursales de diferentes instituciones como son hospitales, bancos, colegios etc. Todos estos estudios están dirigidos a analizar los recursos y los resultados que obtiene cada individuo. Este trabajo muestra otra aplicación en la que DEA aporta resultados interesantes para la evaluación de los clientes midiendo el valor que cada uno aporta a la institución.

- Comparar el método utilizado actualmente con los resultados que arroja DEA. Cada vez que se realizan este tipo de mediciones siempre se está cuestionando si la metodología aplicada está midiendo realmente la gestión del cliente. Con este trabajo se pretende mostrar en DEA una solución efectiva para este tipo de mediciones.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción de la Empresa

Este capítulo lleva al lector a conocer la misión, visión y gestión de la empresa de telecomunicaciones como también la estructura organizacional haciendo énfasis en el área comercial, esto con el propósito de justificar la realización de la investigación y posteriormente explicar los beneficios que esta traería a dicha institución.

La empresa es una Entidad Prestadora de Servicios Públicos Domiciliarios E.S.P., vigilada por la Superintendencia de Servicios Públicos. Nació por la apertura del sector dada por la Ley 142 de 1994. Es considerada como la primera empresa del país en la prestación de servicios públicos domiciliarios y modelo para América Latina.

Su objetivo primordial es la satisfacción total de sus clientes, y para lograrlo su personal de prepara para superar las necesidades y expectativas como proveedor de telecomunicaciones. Esta empresa, por ser relativamente nueva en la ciudad, se encuentra en un periodo introductorio, por lo tanto debe buscar la captación de más y mejores clientes. Para lograrlo se han inyectado grandes esfuerzos en el

área de mercadeo buscando darse a conocer en el sector y de esta forma lograr que los ciudadanos tomen sus servicios y no los de la competencia, y en algunos casos, que reemplacen las líneas del antiguo proveedor por líneas de esta institución.

Para poder servir a todos sus clientes cuenta con la más avanzada tecnología de conmutación y transmisión y un equipo humano comprometido con el servicio al cliente

Esta entidad se ha comprometido a prestar un servicio integral, con oportunidad, responsabilidad, alta calidad, cumplimiento, eficiencia y respeto por cada uno de sus clientes.

Misión

"Superar de manera integral y oportuna las expectativas de comunicación e información de nuestros clientes, con respeto y efectividad en la atención, a través de la prestación de servicios de telecomunicaciones, con innovación constante, y compromiso con la ciudad, nuestros colaboradores y accionistas".

Visión

"Seremos para el año 2002 la organización más atractiva y preferida de Santa Fe de Bogotá, por la excelencia en la prestación de servicios integrados de telecomunicaciones".

2.1.1 Estructura Organizacional

La empresa ha encausado su estructura hacia una consolidación organizacional por procesos orientada a la generación de capacidades estratégicas tales como:

- Planeación.
- Ejecución efectiva.
- Integración de las diferentes acciones organizacionales.
- Práctica del auto-control.
- Medición y verificación.

El Organigrama Empresarial es de tipo funcional, es decir, las relaciones son jerárquicas. Las empresas con este tipo de estructuras organizacionales cuentan con unidades especializadas en cada función, esto permite elevar el nivel de eficiencia ya que los problemas complejos se resuelven por agentes especializados en cada uno de los temas.

La empresa está encabezada por la Presidencia la cual cuenta con el apoyo de tres diferentes direcciones; Dirección de relaciones con la comunidad y Comunicaciones, Dirección Estratégica y Desarrollo y por último la Dirección de Gestión y Control.

En el segundo nivel organizacional están 4 Vicepresidencias que cuentan con diferentes subdependencias.

1. Vicepresidencia Técnica: tiene a su cargo la Dirección de Expansión y Dirección de Operación y Mantenimiento
2. Vicepresidencia de Recursos: la cual tienen a su cargo la Dirección de Gestión Financiera, la Dirección de Gestión Administrativa y la de Gestión en Informática.
3. Vicepresidencia Jurídica y de Regulación que dirige todos los aspectos jurídicos de la institución.
4. Por último se encuentra la Vicepresidencia Comercial, tiene a su cargo la Dirección de Atención al cliente, Dirección de ventas y Dirección de Mercadeo.

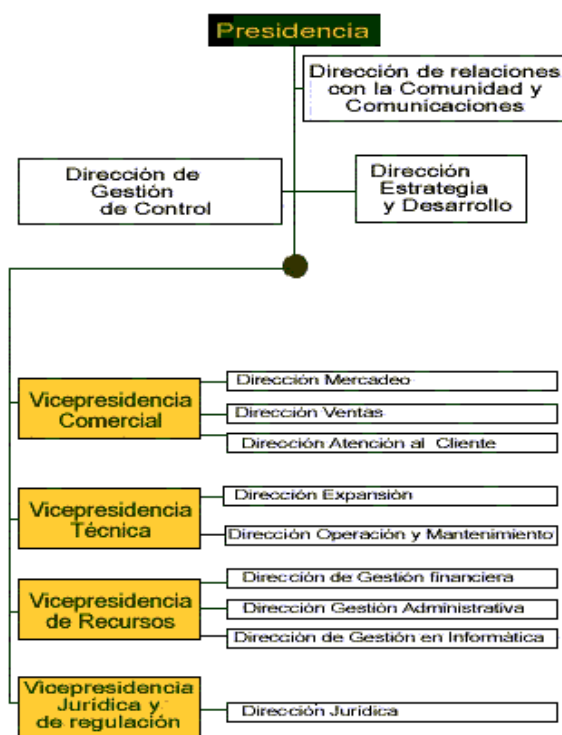


Figura 1. Organigrama

Fuente: Empresa de Telecomunicaciones

Área Comercial:

Se va hacer énfasis en la Vicepresidencia Comercial de la institución, más específicamente en el área de mercadeo, debido a que esta investigación está directamente relacionada con los trabajos que allí se realizan. El área comercial esta encabezada por el vicepresidente que dirige las diferentes subdependencias. La dirección de Mercadeo está segmentada en tres partes, una se encarga de los trabajos relacionados con los clientes de tipo residencial, estos son los que obtienen líneas para sus viviendas propias o constructores que deciden instalar líneas de esta empresa. A los clientes residenciales se les ofrecen los servicios a través de los medios de comunicación o por una estrategia de mercadeo llamada “mercadeo de calle”, que consiste en vendedores que visitan los lugares de residencia ofreciendo líneas o servicios de la empresa, o que hacen comunicados a las empresas constructoras. La segunda subdivisión de esta dirección se encarga de los clientes empresariales, esta se divide en empresas micros, pequeñas y medianas, las estrategias de mercadeo varían según la importancia y tamaño de la empresa, la más común es el envío de invitaciones a los encargados de telecomunicaciones de cada empresa a foros organizados por la institución para que estos conozcan los servicios y ventajas que allí se ofrecen. La tercera y última subdivisión se encarga de los “Grandes Clientes”. En este segmento se encuentran las empresas reconocidas en el ámbito nacional.

2.1.2 Cadena de procesos

La gestión de la empresa se divide en tres etapas; etapa de preventa, etapa de venta y etapa de postventa.

La etapa de preventa comienza con un proceso político en el que se desarrollan estrategias y se establecen las políticas de la institución. Sobre esta base se crean nuevos negocios y se establecen los procedimientos a seguir para el buen funcionamiento de estos. Es aquí donde las estrategias de mercadeo y expansión se hacen efectivas, apoyadas por las gestiones de los departamentos financiero, administrativo y jurídico.

En la etapa de venta se desarrollan las estrategias definidas en el área comercial. En esta etapa existe una relación directa con los clientes potenciales, ya sea por propagandas transmitidas por los medios de comunicación, por envíos personalizados o por comunicación verbal realizada por el grupo de fuerza de ventas de la institución. Una vez que el cliente decide adoptar los servicios de la empresa, éste hace una solicitud y finalmente se instalan los equipos y materiales necesarios para ofrecer el servicio y se hacen los respectivos procesos de conexión.

La Etapa de post venta consiste en el mantenimiento de los equipos con los que se ofrece el servicio, la facturación, recaudo y cartera, el soporte al cliente y la

operación de convenios. Esta etapa se encarga de mantener un buen funcionamiento del servicio para brindarle al cliente un servicio satisfactorio.



Figura 2. Cadena de Procesos

Fuente : Empresa de Telecomunicaciones

2.2 Descripción de la Metodología

En este capítulo se explicará la metodología de pesos fijos utilizada hasta ahora y la herramienta empleada en la elaboración de este proyecto, Data Envelopment Analysis (DEA). También se presentarán tres modelos; CCR , BCC y el modelo Aditivo.

2.2.1 Metodología de pesos fijos

La metodología empleada hasta ahora en la elaboración de indicadores de gestión para evaluar al cliente consiste en la ponderación de resultados utilizando pesos fijos asignados por la empresa según la importancia las variables. Los datos de cada variable se agrupan según su dimensión en conglomerados que presenten medias diferentes. De esta forma se obtienen n rangos para cada una de las variables, a cada rango se le asigna un peso diferente. El mayor rango de cada variable obtiene el máximo peso y los que le siguen obtienen pesos relativos a este, según la distribución de los datos. De esta forma cada dato de cada cliente obtiene un peso según el rango que se le asignó, y la evaluación se calcula sumando los diferentes pesos que obtuvo cada dato, esto se hace para cada uno de los clientes. Los resultados se dan en un intervalo de 0 a 100, el cliente que obtuvo todas sus variables en los rangos más altos obtendrá un puntaje igual a 100. Posteriormente se segmentan los clientes según los resultados obtenidos es decir los que hallan obtenido un puntaje entre 80 y 100 se les asigna el nombre de clientes preferentes, los que obtuvieron puntajes entre 60 y 90 caen en la segmentación de clientes de oportunidad, los de puntaje entre 30 y 60 son los llamados clientes en estudio y los que obtuvieron los puntajes más bajos se les llama clientes de valor 0.

El siguiente cuadro muestra los pesos asignados a cada variable

VARIABLES	Residenciales	Comerciales		
		Micro	Pequeñas	Medianas
Antigüedad	5%	5%	5%	5%
N. De líneas	5%	4%	6%	8%
Internet	5%	4%	5%	6%
Score	30%	30%	33%	31%
Redes BRI	No tiene	0%	5%	6%
Redes PRI	No tiene	0%	0%	6%
Redes PBX	No tiene	3%	3%	3%
Impulsos	30%	35%	33%	27%
Larga distancia	10%	6%	3%	3%
Celular	10%	6%	3%	3%
Servicios Class	2.5%	3.5%	2%	1%
Servicios Especiales	2.5%	3.5%	2%	1%

Tabla 1. Pesos de Variables

Fuente: Empresa de Telecomunicaciones

Proceso para la asignación de pesos:

La empresa en mención asigna cada peso según las características de la variable.

Estas están divididas en variables de tipo económico y de tipo característico .

Las de tipo económico son aquellas que se reflejan en los estados financieros de la empresa. Estas son: Impulsaciones, número de líneas, Internet, Redes BRI, Redes PRI , PBX, larga distancia, Celular, Servicios Class y servicios Especiales.

Los pesos de cada una estas variables se calculan según lo reflejado en el P&G

de la empresa, calculando el porcentaje que cada variable aporta sobre las ganancias totales.

Los pesos de las demás variables; Score y Antigüedad:

Score: El dinero que se cobra a los clientes, es depositado a una tasa determinada. Para calcular el peso que acompaña a la variable score, se tiene en cuenta el costo de oportunidad que genera a la empresa la demora en los pagos.

La antigüedad: el peso de esta variable no se puede determinar según el valor monetario que genera. Su valor correspondiente se determina de acuerdo con la importancia que los ejecutivos de la empresa le asignan en la valoración de los clientes.

Clientes Preferentes

Clientes de oportunidad

Clientes en estudio

Clientes de valor 0

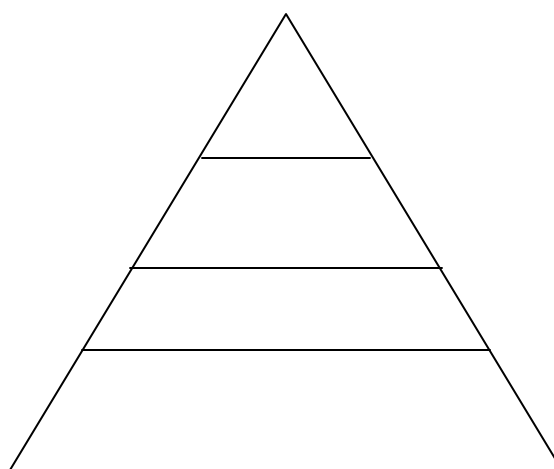


Figura 3. Pirámide de valor de los clientes

Fuente: Empresa de Telecomunicaciones

2.2.2 Metodología De Pesos Variables Data Envelopment Analysis (DEA)

DEA es una herramienta de optimización que permite comparar la gestión de un grupo de unidades que desempeñan la misma labor. A cada unidad evaluada se le da el nombre de DMU (Decisión Making Unit). Esta Técnica permite hallar indicadores de gestión para cada DMU con relación a los que el modelo identifique como eficientes.

Al aplicar DEA para medir la gestión del cliente, se estima una calificación la cual refleja el valor que este le aporta a la organización, comparando sus entradas y salidas, con las entradas y salidas de los otros clientes.

Las variables de entrada (Inputs Set) son los recursos con los que cuenta cada DMU para producir las variables de salida (Outputs). Se espera que la unidad más eficiente utilice la menor cantidad de inputs maximizando la producción de outputs. El conjunto de salida (Output Set) son todas las variables que representan los productos obtenidos por las variables de entrada.

Se dice que una variable es discrecional cuando esta puede ser controlada por el administrador que maneja los DMUs y por lo tanto puede alterar su magnitud. Una variable no discrecional no se puede controlar o es fijada de forma exógena, un ejemplo de esta podría ser la variable de antigüedad de las líneas instaladas por la empresa, es una variable imposible de alterar ya que fue fijada en un período de tiempo.

En los modelos de DEA la eficiencia está definida por la razón entre la suma ponderada de salidas y la suma ponderada de entradas. Estos modelos intentan maximizar los productos minimizando los recursos. De tal forma que una salida es maximizada cuando es imposible aumentar alguna de las salidas sin incrementar ninguna entrada.

2.2.2.1 Modelo CCR

Este modelo fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes: Es un modelo radial, publicado en el *European Journal of Operational Research* en 1978.

El modelo CCR busca maximizar la medida de la eficiencia de cada unidad. Así, si hay n unidades y cada unidad j usa m recursos (o variables de entrada) para el proceso de s productos (o variables de salida), la medida de la eficiencia de la unidad o se encuentra al solucionar el siguiente modelo de programación:

$$\begin{aligned}
 &\text{maximizar} && \mathbf{q}_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \\
 &\text{sujeto a} && \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n \\
 &&& u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i
 \end{aligned}$$

De la misma forma se define la medida de todas las n unidades del conjunto de datos a evaluar, donde

u_r : peso asignado a la variable de salida r

y_{ro} : cantidad de la variable de salida r lograda por la unidad o

v_i : peso asignado a la variable de entrada i

x_{io} : cantidad de la variable de entrada i lograda por la unidad o

Los pesos variables (u_r, v_i) que son los más convenientes para cada DMU, son asignados al solucionar los modelos de programación lineal de DEA. Los pesos duales (λ) se calculan utilizando el modelo Dual, estos están indicando qué tanto contribuyen las unidades de referencia en calcular el valor sobre la frontera eficiente con que se compara a cada unidad. (precios sombra)

La frontera eficiente es la envolvente constituida por los DMUs que el modelo considere como de mejor desempeño. Los DMUs ineficientes presentan un conjunto de referencia (Peer Group) el cual consta de un conjunto de DMUs eficientes que han sido usados para comparar y calcular la eficiencia de cada una de las unidades que no pertenecen a la frontera eficiente.

El modelo puede estar orientado a entradas o estar orientado a salidas según los requerimientos de la investigación. Se orienta a entradas si se está evaluando a la unidad por la minimización de recursos, y se orienta a salidas si mide la eficiencia por la maximización de los productos obtenidos. De esta forma una DMU se puede

convertir en eficiente si se logra aumentar las proporciones de variables de salida y se mantiene una proporción constante de las variables de entrada.

La eficiencia se determina cuando se mide la razón de la distancia desde el origen hasta el valor del DMU entre la distancia desde el origen hasta el punto eficiente. Esta es llamada eficiencia técnica. En este caso toma un valor igual a la unidad y hace parte de la frontera eficiente. Aún así puede suceder que alguna de estas DMUs técnicamente eficiente presente excesos de variables de entrada (s-) o escasez en las variables de salida (s+), en este caso se presentaría ineficiencia de mezcla. Esta unidad no es del todo eficiente ya que existe un DMU mejor que el en algún punto vertical u horizontal. Cuando esto sucede, se dice que el DMU presenta eficiencia radial pero carece de eficiencia de mezcla.

Se dice que el modelo presenta retornos constantes a escala cuando un cambio en una unidad de la variable de entrada produce un cambio proporcional en la variable de salida. Se asumen retornos variables a escala cuando un cambio en las variables de entrada no se refleja en un cambio proporcional en los resultados. Cuando un incremento en la variable de entrada produce un cambio proporcionalmente mayor en la variable de salida se dice que hay retornos variables crecientes a escala y, si por el contrario, se obtiene un cambio menor en proporción se dice que existen retornos decrecientes a escala.

2.2.2.2 Modelo BCC

El modelo BCC presentado a continuación, se emplea cuando existen retornos variables a escala, el modelo CCR es utilizado cuando se considera que el modelo presenta retornos constantes a escala.

$$\begin{array}{ll}
 \text{Max} & \theta \\
 \text{Sujeto a} & \sum_{j \in B} x_j \leq \theta x_o \\
 & \sum_{j \in B} y_j - Y \leq 0 \\
 & e = 1 \\
 & \theta \geq 0
 \end{array}$$

El modelo BCC determina una unidad eficiente si esta obtiene un $\theta = 1$ como eficiencia radial y $(s+) = 0$, $(s-) = 0$ como eficiencia de mezcla. Cuando θ es mayor que la unidad, se está refiriendo a un DMU ineficiente, y mide el esfuerzo que a esta le costaría llegar a estar dentro del grupo de sus compañeros eficientes.

2.2.2.2.1 Ejemplo BCC

En el siguiente ejemplo se está mostrando dos variables de salida: Score de Cartera e impulsaciones. Las dos variables se están maximizando; el cliente más eficiente es aquel que tenga la mejor combinación de los dos productos. Vemos que sobre la frontera eficiente están Gustavo, Jimena, Juan y Diana. Estos tendrían como puntaje un 100%, los demás obtendrían un puntaje relativo a la

frontera eficiente. Este puntaje se mediría como una relación entre la distancia entre el punto ineficiente y la frontera y la distancia entre el origen y la frontera.

Gustavo es un claro ejemplo de ineficiencia de Mezcla. Se ve que no existe ninguna unidad arriba de este, pero si más a la derecha en línea recta. El modelo lo toma como eficiente, pero presenta una holgura s diferente de 0, es decir la distancia entre Gustavo y Jimena, Jimena es técnicamente más eficiente que Gustavo, así los dos presentan un $\theta = 1$

El modelo presentado es el BCC, de retornos variables a escala.

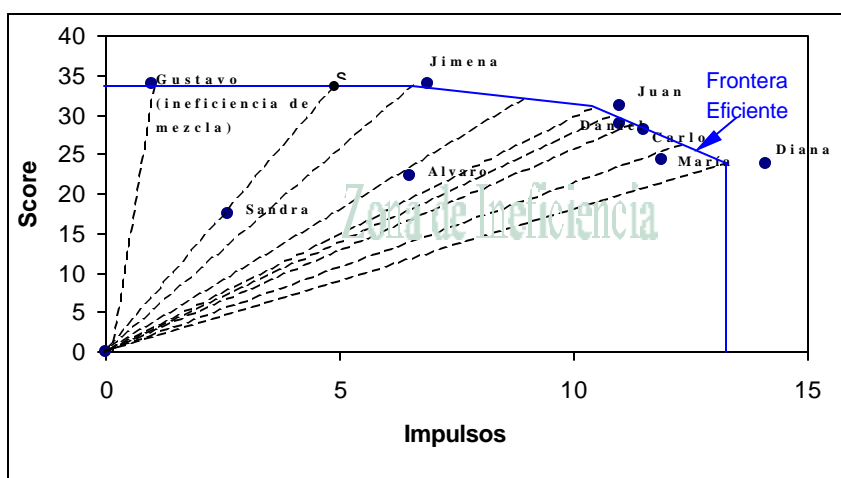


Figura 4. Ejemplo modelo BCC

2.2.2.3 Modelo Aditivo

En los anteriores modelos se necesitaba definir si estos eran orientados a salidas o hacia entradas, el modelo aditivo combina estas dos orientaciones en un solo modelo.

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & z = e s^- + e s^+ \\
 & X\lambda + s^- = x_0 \\
 & Y\lambda - s^+ = y_0 \\
 & e\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0
 \end{aligned}$$

El modelo aditivo tienen la mismo conjunto de posibilidades de producción (production possibility set) del modelo BCC. La frontera eficiente, consiste en el segmento AB y BC (ver grafico). Si se va a evaluar D se consideran los excesos de entradas s^- y la escasez de salidas (s^+) simultáneamente, es decir los resultados del modelo aditivo están dados por $s^- + s^+$ y se presenta eficiencia cuando $s^- = 0$ y $s^+ = 0$. Es suficiente notar que el score * de eficiencia no se mide explícitamente, pero está dado implícitamente en los slacks s^{-*} y s^{+*} . Más aún, donde quiera que refleja solo la eficiencia técnica, el objetivo en el modelo aditivo refleja todas las ineficiencias que el modelo puede identificar tanto en insumos como productos.

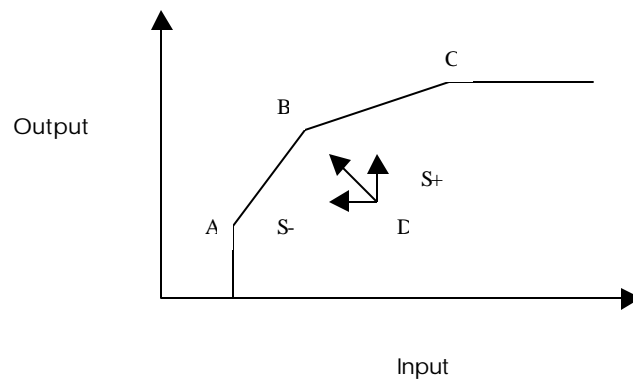


Figura 5. Gráfica modelo Aditivo

Fuente: Libro

Se puede mejorar una actividad mediante la siguiente fórmula (proyección por el modelo aditivo)

$$X_o \rightarrow x_o - s^-$$

$$Y_o \rightarrow y_o + s^+$$

Con (X_o, Y_o) como las coordenadas del punto frontera de eficiencia utilizado para evaluar cada DMUo

Regresando a los modelos BCC o CCR, puede notarse que $(1 - \theta^*)$ representan las disminuciones que pueden lograrse sin alterar la mezcla de insumos utilizados y $(1 - \theta^*)$ jugaría de manera similar para los incrementos del producto sin alterar su mezcla.

En la literatura de DEA, así como en economía, esta proporción es llamada "ineficiencia técnica" . Con todas las ineficiencias de los modelos BCC y CCR la segunda etapa de optimización se dirige hacia la maximización de los slacks para ver si se presentan mayores ineficiencias. El modelo aditivo no hace tal distinción, en este se desarrolla una medida que cubre todas las ineficiencias que el modelo puede identificar.

El término ineficiencia puramente técnica se refiere a las mediciones que hacen el modelo BCC y CCR en su primera etapa. En el modelo Aditivo se obtiene ineficiencia de mezcla.

En muchas aplicaciones puede ser necesario o conveniente ser capaz de manejar datos negativos en algunos de los insumos o productos. Esto tiene que ver con una propiedad del modelo aditivo conocida como "Translation Invariance". Un modelo DEA es invariante a la traslación si al trasladar los valores del insumo y/o producto original resulta un nuevo problema que tiene la misma solución óptima para la forma envolvente del anterior.

El modelo BCC orientado a entradas es invariante a la traslación con respecto a las salidas pero no a las entradas. De la misma forma, el modelo BCC orientado a salidas es invariante en la traslación con respecto a las entradas pero no a las salidas. El modelo aditivo, presenta la propiedad de ser invariante tanto a salidas como a entradas.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este capítulo mostrará las ventajas que presenta DEA sobre la metodología utilizada actualmente para medir los indicadores de gestión.

Los indicadores de gestión que se trabaja en este momento están muy ligados a la creación de intervalos para cada variable, según el consumo de los clientes. Es decir; en el caso de las impulsaciones se crean diferentes rangos de consumo y a cada rango se le asigna un puntaje, el cual ya está predeterminado por la empresa de Telecomunicaciones. Este mismo procedimiento se realiza con el número de líneas, score de cartera y con las otras variables explicadas posteriormente, en el transcurso de este documento. Al final se suman los puntajes de cada variable y esta suma es el valor del cliente. Un cliente que esté dentro de los intervalos más altos en todas sus variables obtendría un puntaje igual a 100.

DEA se presenta como una alternativa para calcular de una forma más precisa los indicadores de gestión del cliente. Se identificaron ventajas importantes con esta nueva herramienta sobre el método utilizado hasta ahora:

Los resultados se obtienen con relación al mejor. No siempre el mejor de los clientes va a obtener una calificación igual a 100, al segmentar la pirámide como

se ha venido haciendo es posible que se este “castigando” a clientes que presenten una buena valoración relativa pero, por no obtener un puntaje lo suficientemente alto, no caen dentro del segmento que realmente les corresponde.

No hay necesidad de crear rangos. Esta es una gran ventaja ya que los rangos pueden castigar a clientes que deberían obtener un peso mayor, o premiar a los que por el contrario deberían obtener menos puntaje, pero, por estar sesgado por los rangos, obtienen un puntaje que comparativamente no le corresponde.

Se toma cada unidad como objeto de estudio: DEA estudia cada individuo y le da porcentaje a cada uno según el comportamiento de las variables. En el método anterior la calificación se hacía por rangos en el que estaban incluidos varios individuos a la vez.

Identifica la variable o variables están haciendo ineficiente al individuo. DEA no solo arroja un porcentaje de ineficiencia, si no que también dice en que variables y en que porcentaje está siendo ineficiente el cliente.

4. APLICACIÓN DE DEA EN LA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES

Los datos manejados en este estudio corresponden a los obtenidos en el primer semestre del año 2002. Esta empresa de Telecomunicaciones maneja 66254 líneas residenciales y 2944 líneas comerciales.

4.1 Líneas residenciales

Se llevo a cabo un estudio con el cual se puede concluir que estadísticamente no hay diferencia en el número de impulsaciones entre estratos 2, 3 ,4, 5 y 6. El estrato 1 se refiere primordialmente a museos y patrimonios Nacionales, por lo tanto las impulsaciones no se pueden comparar con las de los otros estratos, que son residencias. Se decidió, junto con la empresa de Telecomunicaciones, hacer el estudio de cada estrato por separado ya que el departamento de mercadeo maneja estrategias diferentes para ellos.

ESTRATO	TOTAL DE REGISTROS	PORCENTAJE
1	122	0,18%
2	8557	12,92%
3	44285	66,84%
4	10202	15,40%
5	1687	2,55%
6	1401	2,11%
TOTAL GENERAL	66254	100,00%

Tabla 2. Clientes por estrato

Fuente: Empresa de Telecomunicaciones

Las variables que se van a tener en cuenta en el estudio son las siguientes:

Antigüedad: Número de meses de haber sido instalada la línea

Impulsaciones: promedio ponderado de las impulsaciones presentadas entre Enero y Junio del 2002.

Score de Cartera: Valoración que da la empresa al cliente según el manejo histórico de la cartera. Se toma del último mes de estudio.

Larga Distancia: Promedio Ponderado del monto en pesos gastado en llamadas de larga distancia

Celulares: Promedio ponderado del monto en pesos gastado en llamadas a teléfonos celulares.

Variables de Entrada:

No se identificaron variables de entrada, por lo tanto el único insumo sería el mismo cliente, y en valor numérico tomaría la unidad.

Variables de Salida:

Como variables de salida se tomaron todas las mencionadas anteriormente.

4.2 Líneas comerciales

Las líneas comerciales se sectorizan como Medianas, Pequeñas y Micros. Se crea esta segmentación ya que se ha encontrado diferencia estadística en las impulsaciones de cada sector.

	Cantidad de empresas
Micros	2272
Pequeñas	576
Medianas	96
Total	2944

Tabla 3. Cantidad de líneas comerciales

Fuente: Empresa de Telecomunicaciones

Al igual que en residencial; no se identificaron variables de entrada, por lo tanto el único insumo sería el mismo cliente, y en valor numérico tomaría la unidad.

SALIDAS		
Variables	Tipo Variable	Respuesta
Antigüedad	No discrecional	Números enteros de 1 a 40
Score	Discrecional	Número enteros de -300 a 1640
Impulsaciones	Discrecional	Números enteros de 1 hasta infinito
Llamadas de larga distancia	Discrecional	Monto en pesos
Llamadas a celulares	Discrecional	Monto en pesos

Tabla 4. Outputs comerciales

Fuente: Empresa de Telecomunicaciones

Software Utilizado

Para obtener los resultados del modelo se utilizó el software EMS: Efficiency Measurement System

5. RESULTADOS

Los resultados se limitaron a la evaluación de los clientes de las Empresas medianas y pequeñas ya que los clientes del sector residencial y las empresas micros son muy numerosos y el software EMS no se puede correr en computadores de capacidad corriente. Posiblemente se obtendrían resultados para la totalidad de la población con un hardware de mayor capacidad.

Sin embargo, los cálculos de los resultados de las empresas medianas y pequeñas permiten alcanzar los objetivos propuestos en este estudio, por tanto la valoración del sector residencial y de las empresas micros no es significativa para el trabajo. Si la empresa decide implementar esta metodología para todos sus clientes, sería necesario desarrollar un software capaz de manejar tal cantidad de registros.

Se utilizó el modelo Aditivo por ser el que mejor se acomoda al comportamiento de las variables utilizadas. Una de las razones más importantes es esa decisión fue la invariabilidad a la traslación. En el capítulo anterior se resaltó que el score, una de las variables del estudio, presenta resultados negativos. Esto implicaría un problema en la utilización del modelo BCC orientado a salidas, ya que este es invariante a las entradas pero no a las salidas y la variable score se tomó como un output en el estudio.

Los resultados que arroja el modelo Aditivo son números reales positivos y cero. Cuando el resultado es 0 se dice que el DMU es eficiente, en la medida en que el resultado se aleja de 0, el DMU se va haciendo ineficiente. Este resultado es la suma de los slacks $s^- + s^+$. En el caso que nos ocupa, como todas las variables son de salida, el resultado s es la suma de los slacks (s^+), sin incluir la variable de antigüedad por ser no discrecional.

La información fue manipulada de manera tal que pudiera ser comparada con la metodología actualmente implementada. Para esto se realizó la siguiente transformación $R = 1-(s)/\text{máximo}(s)$, siendo R el resultado transformado, y s el resultado arrojado por DEA.

Los resultados se anexan al final del trabajo, en ellos se puede ver el Resultado arrojado por DEA, el resultado con la transformación, el puntaje obtenido en la metodología de pesos fijos, los conjuntos de referencia para cada unidad ineficiente, y los slacks (s^+) por variable, es decir la escasez de salidas.

5. 1 Comparación con la Metodología de pesos fijos

Para hacer esta comparación se transformaron los resultados del modelo aditivo. Los resultados Transformados R se dan en porcentajes del mejor, es decir si el resultado del modelo aditivo (s) fue 0, en la transformación tomaría un valor del

100% y el mayor de los resultados tomaría un valor de 0, este sería el DMU más ineficiente.

Se elaboraron histogramas de cada uno de las metodologías. En los gráficos presentados a continuación se están comparando los histogramas de las dos metodologías.

Se puede ver que DEA presenta más individuos eficientes, con un puntaje igual a 100%, que la metodología de pesos fijos. En la gráfica de las empresas pequeñas es más notoria esta característica. La cantidad de datos de las empresas pequeñas es mucho mayor que las de las empresas medianas, por lo tanto, es más fácil notar esta característica en el primer tipo de empresa.

En la gráfica de empresas pequeñas la distribución de los resultados de DEA tiende más hacia la derecha que la de los resultados de la metodología de pesos fijos. Con este resultado se puede ver que, aunque el modelo está restringido a los pesos predeterminados por la empresa, DEA trata de darle el mejor resultado a cada cliente haciendo que la concentración se encuentre hacia el límite superior de la evaluación.

En los cuadros se incluye la media y la desviación estándar de cada una de las distribuciones. En la empresa pequeña la media en la metodología de pesos fijos es un poco menor a del modelo aditivo, las desviaciones son casi iguales. Esto

respalda la afirmación de que la distribución del modelo aditivo trata dar la combinación de pesos que más favorece a cada DMU.

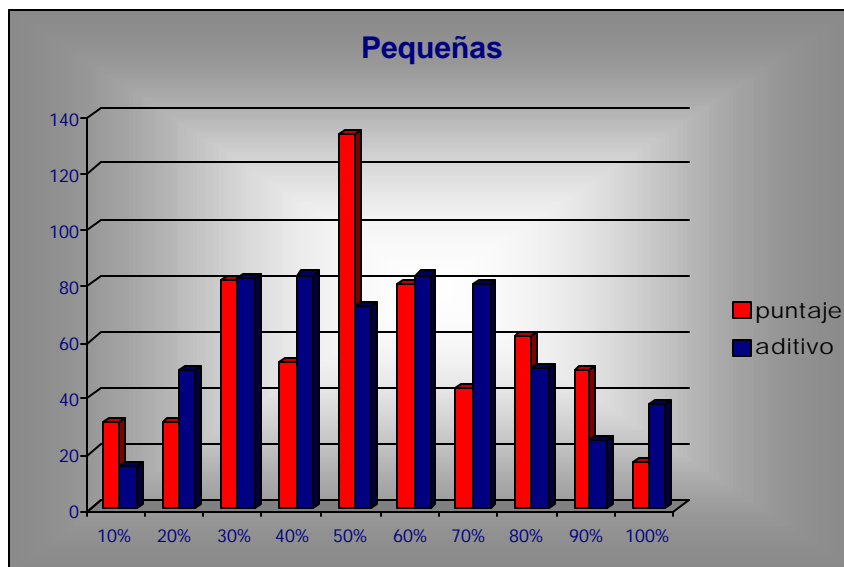


Gráfico 1. Comparación Metodologías. Empresas Pequeñas

	Puntaje	Aditivo
Media	0.48313192	0.49139199
Desviación Estándar	23%	24%
correlación	0.58396255	

Tabla 5. Comparación Metodologías. Empresas Pequeñas

En las empresas medianas los resultados no son tan claros, la media de la metodología de pesos fijos sobre pasa a la media de los resultados del modelo aditivo. Pero también se aprecia que el modelo Aditivo identifica más unidades eficientes.

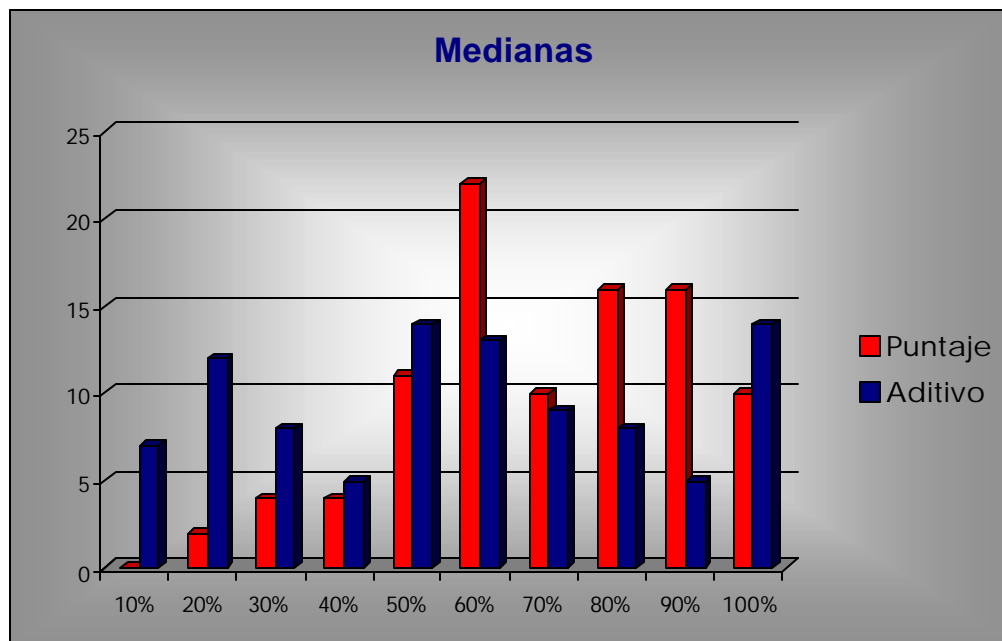


Gráfico 2. Comparación Metodologías. Empresas Medianas

	puntaje	DEA
Promedio	64.37%	51.43%
desviación estándar	20.41%	29.32%
correlación	0.604837752	

Tabla 6. Comparación Metodologías. Empresas Medianas

El coeficiente de correlación muestra que los resultados arrojados por los dos modelos están altamente correlacionados, es decir se sospecharía que la diferencia entre los valores que arroja cada metodología es pequeña. Se buscó respaldar esta afirmación analizando algunos de los resultados arrojados por DEA, comparándolos con los resultados de la metodología de pesos fijos y rectificando

que estos si estuvieran de acuerdo con la información ingresada, dicho de otra forma, que los clientes evaluados como ineficientes, en realidad sí presentaran datos relativamente bajos, y los eficientes, datos relativamente altos frente al resto de la población.

En los anexos se presentan, además de los resultados de cada metodología, los datos ingresados por la empresa de telecomunicaciones. Al hacer este análisis se notó que existían pocos casos en los que las unidades arrojadas como eficientes por el modelo aditivo tenían un bajo puntaje en la metodología de pesos fijos. Al analizar los datos ingresados, se dedujo intuitivamente que los resultados de DEA estaban más acordes con lo esperado en el estudio. Esto se concluyó al analizar el dato máximo de cada una de las variables y se comparó este con los datos del DMU donde se presentaban discordancias entre las metodologías. En muchos de estos casos los datos estaban muy cercanos al máximo de cada variable, por lo tanto le correspondería estar entre los más eficientes, y no con un puntaje bajo como lo presentaba la metodología de pesos fijos. Este mismo análisis se hizo con las variables arrojadas como ineficientes por DEA y con puntajes altos en la otra metodología, en este caso se comparaba con el mínimo de cada variable. Los resultados fueron parecidos, la metodología de DEA arrojaba resultados más acordes con lo esperado.

En los anexos están marcadas las DMUs en las que se veían diferencias en los resultados de las dos metodologías.

5.2 Análisis matemático

Con este análisis se busca hacer una comparación clara y consistente de las dos metodologías presentadas en el proyecto; Metodología de pesos fijos y Metodología de pesos variables (DEA)

El análisis consistió en hacer agrupaciones con igual número de clientes. Se graficaron los promedios de cada grupo para cada una de las variables y para el puntaje obtenido en cada una de las dos metodologías.

Se debe aclarar que los promedios se dan en porcentajes. Es decir para cada variable se obtuvieron valores relativos al mejor de cada una.

En la primera gráfica se muestra cada una de las variables y el puntaje obtenido por DEA.

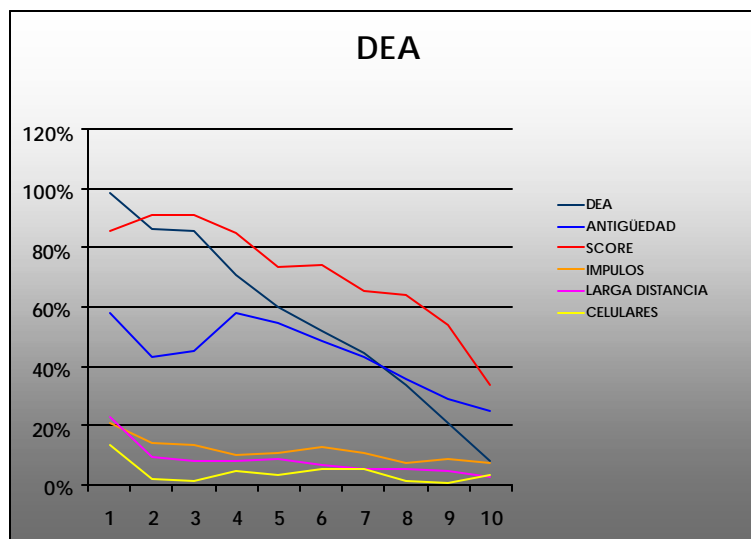


Gráfico 3. Comparación Metodología DEA con Variables.

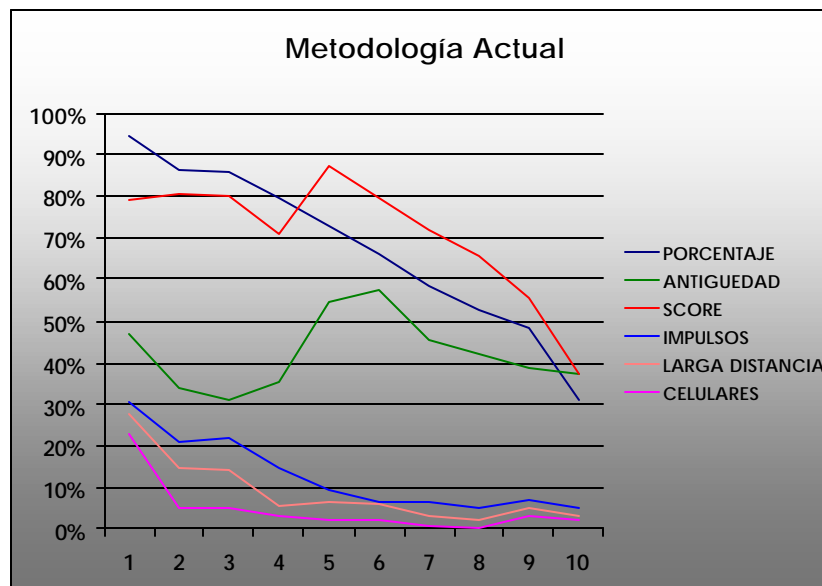


Gráfico 4. Comparación Metodología Actual con Variables.

Los clientes están ordenados de mayor a menor según el score que arroje la metodología de DEA (para la primera gráfica) y la metodología de pesos fijos (para la segunda gráfica). Se espera que las variables presenten un comportamiento similar al obtenido al graficar cada una de las metodologías. En la primera gráfica (DEA) se ve que todas las variables presentan un comportamiento descendente, se puede apreciar un pico que no es muy alto (menor de 20 puntos). En la gráfica de “Metodología Actual” en vez de graficar DEA se graficó la metodología de pesos fijos y las variables de salida. En esta se aprecian picos mucho más altos que en la anterior (de casi 30 puntos para la variable antigüedad y de 20 puntos en la variable score).

Con este análisis se confirma que DEA presenta una forma más acertada para calcular los indicadores de gestión. Esta Metodología se acerca más a lo esperado en el estudio.

5.3 Análisis de Sensibilidad

Este análisis buscaba identificar variables que no fueran relevantes para el modelo. Así fue como se corrió el modelo de DEA varias veces eliminando alguna variable, después se eliminaban simultáneamente las variables que en el primer análisis de sensibilidad hubieran dado como irrelevantes.

5.3.1 Análisis de Sensibilidad para las Empresas medianas

El análisis se llevó a cabo de tres formas; primero se hizo un análisis de las distribuciones y se compararon todos los modelos corridos, cada uno sin una variable, con el modelo que incluía todas las variables. Este análisis no dio bases muy sólidas para asegurar qué variables eran irrelevantes y cuáles no. Fue así como se decidió hacer un segundo análisis en el que se ordenaban DMUs en orden descendente según resultado del modelo aditivo. En la misma gráfica se comparaban los resultados de cada modelo sin una variable con el modelo con todas las variables. Se obtuvieron los siguientes gráficos.

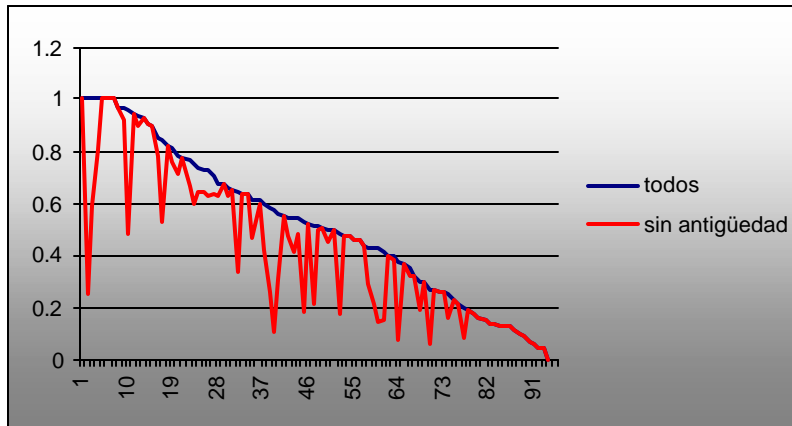


Gráfico 4. Análisis Sensibilidad. Todas las Variables Vs Sin Antigüedad

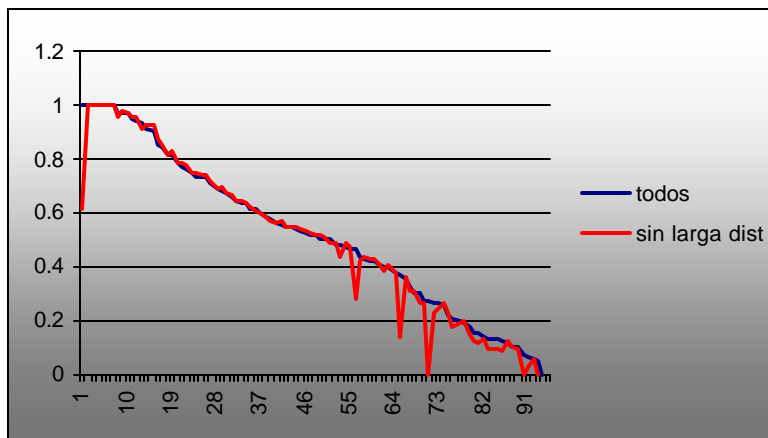


Gráfico 6. Análisis Sensibilidad. Todas las Variables Vs Sin Larga Distancia

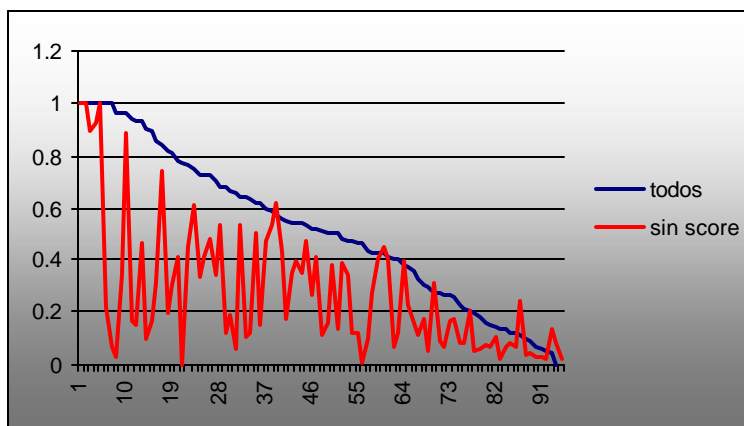


Gráfico 7. Análisis Sensibilidad. Todas las Variables Vs Sin Score

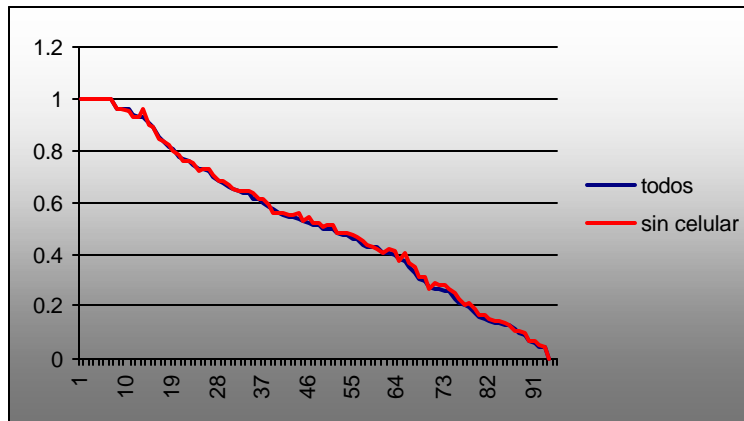


Gráfico 8. Análisis Sensibilidad. Todas las Variables Vs Sin Celular

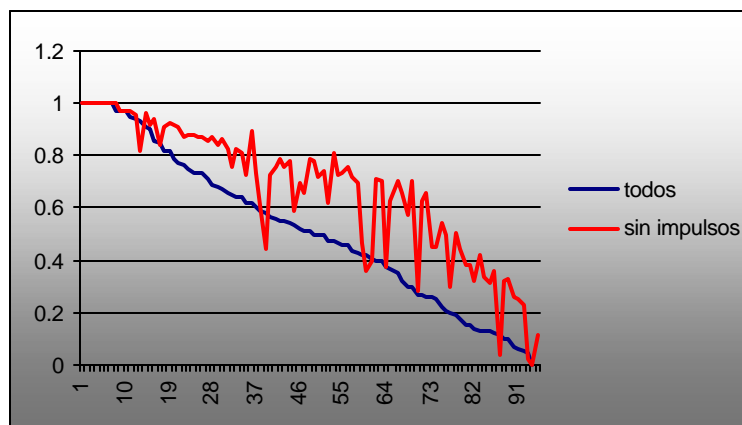


Gráfico 9. Análisis Sensibilidad. Todas las Variables Vs Sin Impulsos

Se puede deducir de este primer análisis que los resultados son muy parecidos cuando se corre el modelo sin celular y el modelo sin larga distancia a cuando se corre el modelo con todas las variables. Se corrió un último modelo en el que no se eliminaban estas dos variables. El resultado fue:

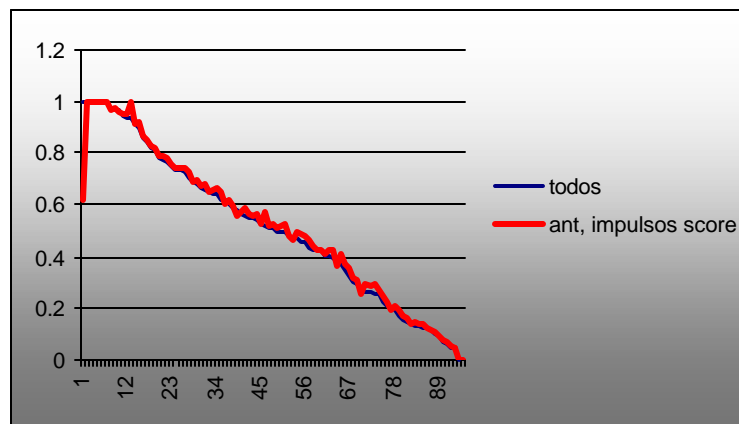


Gráfico 10. Análisis Sensibilidad. Todas las Variables Vs Antigüedad, Impulsos, Score

El gráfico explica que las variables “celulares” y “ larga distancia” no son relevantes para le modelo. Como se ve en el gráfico, los resultados por DMU no varían en forma significativa cuando se corre el modelo sin estas variables

El mismo análisis se realizó con las empresas pequeñas pero los gráficos no mostraban de una forma clara las diferencias entre los resultados, Fue por ello que se decidió hacer un análisis de diferencia de medias. Los resultados fueron iguales a los obtenidos con las empresas medianas; “larga distancia” y “celulares” son variables no relevantes para el modelo.

La evaluación del modelo de pesos fijos contempla las opiniones de los directores de la empresa de telecomunicaciones, es decir, la forma como ellos identifican las variables que más influyen en la evaluación del cliente, DEA, da un peso a cada dato, tratando de buscar la mejor combinación de pesos para cada uno de los DMUs y evita los supuestos a los que está ligado el modelo de pesos fijos

6. CONCLUSIONES

Se logró mostrar una aplicación de DEA en la valoración del cliente para definir trabajos de mercadeo. Los resultados obtenidos se aproximan a lo que se esperaba del estudio, y la aplicación mostró ventajas sobre la metodología de pesos fijos

La valoración realizada por DEA como una herramienta alternativa, logró cumplir con las expectativas ya que se reconoció otra forma para evaluar al cliente, y por los análisis realizados se puede decir que esta nueva metodología es más acertada que la utilizada anteriormente. DEA aporta otras herramientas importantes como la identificación de ineficiencias en las diferentes variables, logra independizar la evaluación de la estimación de rangos en los cuales se está sesgando el estudio, y en los que muchos individuos eran sub o sobre valorados. El estudio es relativo a la población, lo cual permite que se valore cada cliente comparándolo con el mejor de ellos mismos y no utilizando supuestos, como se hacía con el método anterior.

Al implementar la metodología de pesos fijos se gasta demasiado tiempo ya que el cálculo de conglomerados y de la asignación de pesos para cada rango es muy dispendioso y demorado. Al implementar DEA se puede hacer uso de un software

que arroja datos precisos de una forma rápida. Esta es otra de las ventajas que presenta la metodología propuesta sobre la utilizada actualmente.

Cuando se está evaluando el modelo de pesos fijos se está aceptando las suposiciones de los directores de la empresa de telecomunicaciones, con las cuales tratan de identificar y calificar las variables que más influyen en la evaluación del cliente, DEA, le da un peso a cada dato, tratando de buscar la mejor combinación de pesos para cada uno de los DMUs y evita los supuestos a los que está ligado el modelo de pesos fijos.

El modelo identifica solo salidas, donde la única entrada es el mismo individuo, en el caso en el que se encontrara alguna o varias variables de entrada que influyan en la evaluación del cliente, DEA permitiría evaluar este recurso, y además mostraría si este o estos recursos se estarían desaprovechando. Esto le da la oportunidad a los analistas de Mercadeo de utilizar otros procesos de segmentación, teniendo en cuenta las ineficiencias por variables.

Se debe validar los resultados de DEA con los evaluadores de la división de Mercadeo, para que queden claras las ventajas de este método sobre el vigente en la actualidad. Se esperaría que se tuviera en cuenta el análisis de sensibilidad para el cual los “celulares” y la “larga distancia” no influyen sobre los resultados del modelo, y se sugiere analizar junto con los ejecutivos de la entidad si existe alguna variable de entrada o si vale la pena ingresar otra variable de salida. Todo

esto con el fin de mejorar el modelo y obtener resultados que se acerquen más a la correcta valoración del cliente.

DEA es una buena alternativa para medir la valoración del cliente, siempre y cuando sus variables sí estén influyendo sobre el modelo. Es posible que más adelante la Vicepresidencia Comercial encuentre que ciertas variables no aportan definitivamente algún aspecto relevante al estudio, en este caso se debería reevaluar el modelo. Al finalizar este trabajo se concluye que la valoración relativa si aporta aspectos interesantes al estudio y por lo tanto se esperaría tener en cuenta para próximas evaluaciones una valoración relativa de la eficiencia.

BIBLIOGRAFIA

JAMES S., Boles; DONTU, Naveen y LOHTIA, Rithu. "*Salesperson Evaluation Using Relative Performance Efficiency: The Application of Data Envelopment Analysis*". *Journal of Personal Selling & Sales Management*. 15,3 (Summer), páginas 38 - 49. 1995.

COOPER, William; SEIFORD, Lawrence; TONE, Kaoru. *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS, A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver*. Kluwer Academic Publisher. USA, 1999.