



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Biblioteca "Alfredo L. Palacios"



Costo del transporte de caudales: un modelo de decisión

Larralde, Gustavo

2012

Cita APA: Larralde, G. (2012). Costo del transporte de caudales: un modelo de decisión. Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudios de Posgrado

Este documento forma parte de la colección de tesis de posgrado de la Biblioteca Central "Alfredo L. Palacios". Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

Fuente: Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Económicas - Universidad de Buenos Aires



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas



Escuela de Estudios de Posgrado
Especialización en Costos y Gestión Empresarial

Trabajo Final

*Costo del Transporte de Caudales
Un Modelo de Decisión*

**Autor :
Gustavo Larralde**

**Tutor :
Aldo Vicario**

Buenos Aires, Noviembre de 2012

ÍNDICE GENERAL

	<u>Página</u>
1. RESUMEN DEL TRABAJO	4
2. INTRODUCCIÓN AL TEMA	7
3. DESARROLLO DEL TRABAJO	10
3.1. COBRANZA EN EFECTIVO	10
3.2. LOGÍSTICA DE CAUDALES	12
3.3. TERCERIZACIÓN DEL SERVICIO LOGÍSTICO	14
3.4. PROCESO DE RECAUDACIÓN DEL EFECTIVO	15
3.5. COMPONENTES DEL COSTO	18
3.6. LOS COSTOS Y SU IMPACTO EN EL PROCESO DECISORIO	20
3.7. INVESTIGACIÓN OPERATIVA Y PROGRAMACIÓN LINEAL	21
3.8. LA HERRAMIENTA SOLVER	25
3.9. LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	26
3.10. RESULTADO DEL MODELO	33
3.11. UTILIZACIÓN ACTUAL DE LA HERRAMIENTA	35
3.12. ESCENARIOS	36
4. CONCLUSIÓN	39
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
6. ANEXO	43

1 . RESUMEN DEL TRABAJO

Términos tales como efectivo, inseguridad, decisión, bancos y costos están presentes diariamente en los diarios de circulación nacional. El trabajo a desarrollar combina dichos conceptos con el fin de mejorar la gestión de un negocio.

El negocio a analizar es el de las Estaciones de Servicio (EESS) y en particular su proceso de recaudación con efectivo. Se menciona EESS ya que el análisis abarca un conjunto de 30 puntos de venta distribuidos en diferentes ámbitos geográficos de la Argentina y que pertenecen a una empresa multinacional dedicada al negocio de la Energía.

El efectivo en poder de los playeros o los cajeros de la Estación de Servicio representa un riesgo no sólo monetario sino también físico por los hechos delictivos a los que pueden enfrentarse los locales de expendio de combustible. Ésta situación genera una enorme preocupación en el responsable de conducir el negocio como así también en el encargado de administrar el efectivo. Por dicho motivo, es que existen empresas especializadas que se encargan de la recolección, tratamiento y posterior depósito del efectivo en una cuenta bancaria.

Las empresas de Transporte de Caudales realizan la logística del efectivo y para ello cuentan con los recursos humanos y de capital necesarios para desempeñar una tarea que requiere de alta especialización. En nuestro país existe un número reducido de dichas empresas siendo dos las dominantes del mercado. Obviamente que el servicio que brindan no es gratuito y por consiguiente la empresa contratista debe asumir un costo que durante los últimos años ha presentado un incremento anual del 25%.

El operador de las EESS está dispuesto a tercerizar el servicio de transporte del efectivo, pero intentará reducir al máximo el costo del mismo sin resignar calidad en la prestación. Es práctica del mercado, realizar el proceso de contratación con la intermediación de una entidad bancaria, por lo que en última instancia, la elección del banco y por consiguiente de la transportista son los aspectos que definen el costo final del servicio.

Cada Banco tiene su propia tarifa para cada uno de los componentes del costo del servicio tales como viajes de recaudación, tasa sobre el monto transportado, viajes de cambio y sobres recontados. La utilización de la investigación operativa y en particular de la programación lineal permite identificar para cada Estación de Servicio que Banco asignarle a fin de minimizar el costo del servicio de Transporte de Caudales.

El objetivo de la programación lineal es modelar una situación y mediante la ayuda de la matemática encontrar la solución óptima, que para el caso de análisis, es la minimización del costo. El modelo está compuesto de un objetivo, variables y restricciones y su resolución se realiza mediante el programa Solver el cual forma parte de Excel. Las variables de decisión son el Banco a asignar a cada Estación de Servicio por lo que se utiliza la programación lineal entera y dichas variables son binarias.

La aplicación de Solver permite obtener la solución que minimiza el costo del Transporte de Caudales. Adicionalmente a dicha función primordial, el modelo se convierte en una guía para realizar el control de la facturación, medir la evolución de la recaudación del efectivo y la incidencia del costo de Transporte de Caudales sobre el monto total recaudado.

El modelo se transforma en una herramienta de ayuda para la toma de decisiones por su versatilidad y adaptabilidad a cambios en los parámetros como pueden ser tarifas o surgimiento de nuevas restricciones.

Mediante el desarrollo del trabajo se responde al interrogante planteado de si la programación lineal se podía considerar una herramienta útil para optimizar el costo del transporte. Dicha respuesta es afirmativa ya que no existen dudas de su aplicabilidad al caso y que si bien no reemplaza al decidor, colabora con él.

2. INTRODUCCIÓN AL TEMA

2.1. Estaciones de Servicio y Efectivo

Gran parte de la población está vinculada al consumo en negocios de retail y en particular a las EESS. Forma parte de la vida cotidiana de los propietarios de vehículos, la carga de combustible en dichos establecimientos o la adquisición de algún producto o servicio ofrecido en la tienda. Al momento de efectuar el pago, el cliente tiene la posibilidad de utilizar diferentes medios tales como efectivo y/o tarjetas de débito/crédito.

El efectivo, es un bien tangible y fungible, que por consiguiente las EESS deben administrar, con el riesgo que trae aparejado dicha actividad. Ante ésta situación hace varias décadas, se instalaron en la Argentina las denominadas empresas de Transporte de Caudales, las cuales comenzaron a ofrecer a sus clientes la operación de traslado y custodia del efectivo de los diferentes puntos de venta. Dicha situación generó que transiten por las calles de las grandes urbes del país camiones blindados que trasladan, entre otros documentos de valor, el efectivo recaudado por redes de EESS.

Actualmente, la cantidad de billetes circulantes han aumentado exponencialmente en nuestro país producto de la mayor emisión y de la inflación que genera que para abonar una compra se requiera una mayor cantidad de pesos y en especial de su valor nominal de cien pesos.

Tal como menciona un informe del diario Clarín¹, desde el 2003 hasta Enero de 2011 se cerraron más de 2.000 bocas de expendio de combustible. Sin realizar un análisis pormenorizado de los motivos de dicha reducción, se puede afirmar que el aumento de los costos operativos es una de las causas del abrupto cierre de EESS. Inmerso dentro de los costos operativos, se encuentran los costos relacionados con la seguridad y en particular el de Transporte de Caudales.

El análisis del presente trabajo no está enfocado sobre todos los aspectos de seguridad y controles que requiere la operatoria del traslado de Transporte de Caudales, sino que por el contrario, el objetivo es analizar el proceso de recaudación del efectivo y el impacto que el mismo genera sobre el costo del servicio a afrontar por la empresa operadora de las EESS.

2.2. Decisión apoyada por modelos matemáticos

Comprendido el proceso de recaudación de efectivo, el mismo será representado en un modelo matemático a fin de, mediante la utilización de métodos cuantitativos, intentar optimizar el costo del mismo. Dicho objetivo será enmarcado dentro de un proceso de decisión para lo cual se analizarán brevemente sus principales características y etapas a considerar.

La decisión final a adoptar será que entidades bancarias contratar para ejecutar la recaudación del efectivo para una red de 30 Estaciones de Servicio. Se desprende de dicho proceso decisorio que está implícita la necesidad de tercerizar el servicio por lo

¹ Diario Clarín. Suplemento de Economía (Ieco). 30 de Enero del 2011.

que se analiza el concepto de tercerización y aquellos aspectos que son necesarios considerar en la contratación de un “tercero”.

La utilización de métodos cuantitativos y en particular de la programación lineal permitirá encontrar una solución que minimice los costos del servicio de recaudación mediante la intervención del programa Solver.

Encontrada una solución óptima se realiza un análisis de sensibilidad con el impacto sobre el modelo que tendría la variación en un determinado porcentaje de los costos asociado a cada una de las entidades bancarias. Dicha simulación permite determinar claramente diferentes escenarios futuros y los cambios en las variables de decisión y por consiguiente en los Bancos y empresa de Transporte de Caudales a seleccionar.

3. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Cobranza en Efectivo

Debido a la proliferación de tarjetas de crédito y débito y de promociones bancarias vinculadas con la utilización de las mismas, una pregunta interesante a realizar es si los consumidores siguen empleando el efectivo para cancelar su operación de compra.

La respuesta al interrogante planteado en el párrafo anterior, es que los consumidores continúan utilizando en gran proporción el dinero en billete para cancelar sus obligaciones. Dicha situación, se evidencia aún más cuando la operación de venta se traslada fuera del ámbito de la Capital Federal.

Independientemente de la decisión final del consumidor sobre el medio de pago a utilizar, es importante mencionar que la venta con tarjetas de crédito y débito tiene para el comerciante un costo de aproximadamente el 1,30% sobre el total recaudado. A dicho costo explícito producto del cobro de la comisión por parte de las compañías de tarjeta, se le debe adicionar el desfasaje financiero por la demora de la acreditación de los fondos en la cuenta bancaria.

La decisión del consumidor de abonar en efectivo, aumenta el caudal de billetes en poder de los “playeros” o “cajeros” y lamentablemente aumenta el riesgo de inseguridad producto de la posibilidad de sufrir un robo. Las EESS son un blanco de hechos delictivos entre otras razones por disponer de efectivo líquido y por operar en horario diurno y nocturno. Existen denuncias por robos a EESS dentro de todo el ámbito nacional, aspecto que preocupa a las diferentes Cámaras y Federaciones² relacionadas con el expendio de combustible, a los propietarios de las EESS y al personal que trabaja en ellas.

Un tema que requiere especial atención dentro de la cobranza en efectivo, es la inflación vigente actualmente en nuestro país. Los precios de los combustibles y otros productos/servicios que se ofrecen en las EESS han sufrido aumentos en los últimos años y por consiguiente se requiere una mayor cantidad de billetes para cancelar la operación. Dicha situación que se presenta en éste rubro en particular, es extensiva a la economía nacional razón por la cual existe un crecimiento exponencial del efectivo circulante.

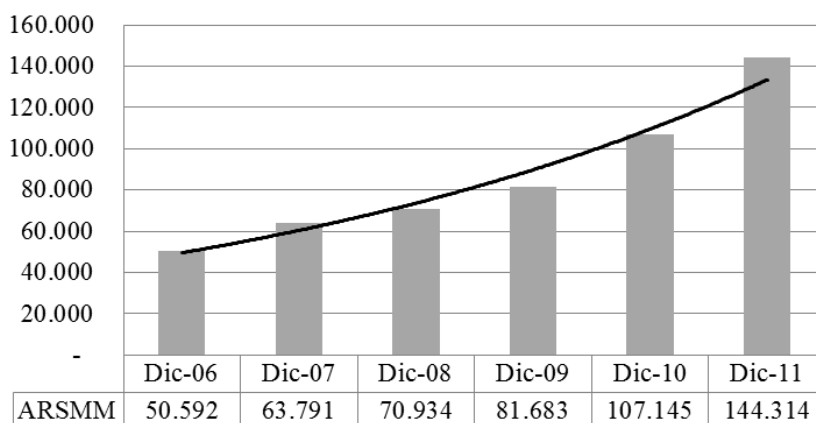
En relación al aumento del efectivo circulante mencionado en el párrafo anterior, se observa que desde Dic-06 a Dic-11 el monto de billetes y monedas en poder del público aumentó un 185,25% pasando de ARSMM 50.592 a ARSMM 144.314³

No sólo el aumento en la cantidad de papeles genera un problema, sino también la falta de “cambio” ya que los consumidores pagan con billetes de \$ 100 y las EESS carecen de billetes de baja denominación y/o monedas para entregar el “vuelto”.

² Las diferentes Cámaras y Federaciones son creadas sean su ámbito geográfico de participación como por ejemplo la Cámara de Estaciones de Servicio y Afines del Noreste.

³ Información elaborada en base al Informe Monetario Mensual emitido por el Banco Central de la República Argentina.

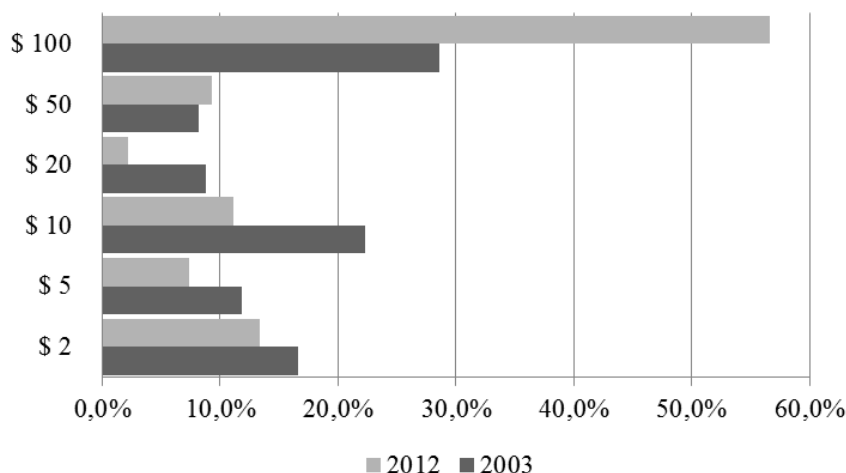
Gráfico I: Evolución de Billetes y Monedas en poder del público.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del BCRA

Analizando la cantidad de billetes circulantes en el 2003 comparado contra el 2012 se observa una evidente disminución de la cantidad de billetes de bajo valor monetario. En el año 2003 los billetes de \$ 100 representaban el 28,6% de los billetes en circulación mientras que actualmente representa el 56,6%⁴. Dicha situación, es una de las causas de la falta de “cambio” en poder del público.

Gráfico II: Comparación de billetes en circulación en % sobre el total.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del diario La Nación

En relación a la cobranza en efectivo, se puede afirmar que su utilización continúa vigente a pesar del crecimiento de las tarjetas de crédito/débito y que actualmente, producto de la inflación, se requiere una mayor cantidad del mismo. A diferencia de las tarjetas, su utilización no tiene asociado el cobro de una comisión y su disponibilidad es inmediata por lo que no existe ningún perjuicio financiero. Sin embargo, la situación de inseguridad y el faltante de “cambio”, obligan a la Empresa a buscar alternativas de solución a fin de velar por la integridad física de las personas que trabajan en el punto

⁴ Diario La Nación. 15 de Julio del 2012.

de venta, la conservación de la recaudación y la efficientización del proceso de cobranza sin generar malestar en los clientes.

El desafío planteado en el párrafo anterior, ha ocasionado el surgir de la idea de la tercerización del servicio de recaudación del efectivo y por consiguiente de la intervención de empresas dedicadas a tal fin conocidas comúnmente como empresas de Transporte de Caudales. Lógicamente, dicho servicio tiene un costo asociado y la empresa deberá decidir la opción de contratación más conveniente desde el punto de vista técnico y económico. Dicha decisión está dentro del ámbito de influencia del Gerente de Tesorería como responsable de la recaudación y de la custodia de los fondos. Xavier Olsina⁵ menciona como funciones inherentes al Tesorero, entre otras, las siguientes:

- Decidirá los mejores instrumentos de gestión.
- Llevará un exhaustivo control de los costos y gastos bancarios.
- Con las entidades financieras, establecerá y mejorará las relaciones mediante un trato honesto, correcto y profesional, negociando las mejores condiciones.

La utilización de métodos cuantitativos permitirá generar un importante caudal de información al servicio de la toma de decisión final. Sin embargo, antes de aplicar matemáticamente el modelo, es necesario comprender una gran cantidad de conceptos previos relacionados con logística, costos, métodos cuantitativos y toma de decisiones.

3.2. Logística de Caudales

El movimiento de bienes desde su origen hasta su lugar de destino constituye el componente más importante del costo logístico. Es posible identificar dos tipos de transporte:

- Desde los centros de producción hasta los almacenes de distribución denominado generalmente a “larga distancia”.
- Desde los almacenes de distribución a los diferentes puntos de venta, denominado de “distribución”.

Las empresas de Transporte de Caudales se encargan de la recolección, depósito, custodia, recuento y clasificación de objetos que por su valor económico requieren una protección especial ante la amenaza de sufrir hechos delictivos. Encuadrando a dicha actividad dentro de la clasificación mencionada en el párrafo anterior, es posible considerarla como un transporte de “distribución” pero en sentido inverso. Es decir que el traslado se realiza desde el punto de venta a la planta de procesamiento, por lo que sería más apropiada la utilización de la palabra de “recolección”.

Un proceso productivo es un sistema de acciones ejecutadas sobre determinados bienes para darles distinta utilidad a la que tenían antes del ejercicio de aquellas. El Transporte de Caudales, dentro del concepto de producción, representa la transformación de lugar.

Es decir que al proceso ingresan recursos productivos, representado por los objetos de

⁵ Xavier Olsina. Gestión de Tesorería. Profit Editorial. España 2009. Página 13.

valor y se logra un resultado el cual consiste en cambiar la ubicación de dichos objetos. Entre el ingreso y la salida, existen una gran variedad de acciones productivas que consumen recursos humanos (personal de seguridad y de administración en planta), bienes de capital (camiones blindados y otros elementos de seguridad), recursos financieros y tecnología.

El Transporte de Caudales se realiza en diferentes países del mundo y tiene su origen en el año 1856 en EEUU. En la Argentina, las empresas que realizan dicha actividad, están nucleadas en la Cámara de Empresas Argentinas de Transporte de Caudales (CETCA) y emplean más de 6.000 trabajadores contando con un total de aproximadamente 1.200 unidades blindadas. El traslado de efectivo por parte de dichas empresas, se considera un transporte de tráficos especiales y está regulado por normas específicas emitidas por la Secretaría de Transporte. Adicionalmente es importante señalar que los camiones blindados requieren ser registrados ante el RENAR⁶ y someterse a la normativa referida a las condiciones de seguridad de los mismos.

En líneas generales, las empresas de retail son las principales consumidoras del servicio de Transporte de Caudales, entendiéndose como empresas de retail a aquellas que realizan ventas minoristas de una gran cantidad de artículos como caso más emblemático los supermercados. Las estaciones de peaje, bancos y casinos son más ejemplos de rubros que contratan el Transporte de Caudales.

El segmento de negocios de Transporte de Caudales ha tenido un importante crecimiento en los últimos años producto del aumento del efectivo circulante y del incremento de la cantidad de viajes como consecuencia de la mayor cantidad de sucursales. Si bien no ha existido un aumento del número de bocas de expendio de combustible, el caso es plenamente visible en empresas de supermercados que han adoptado la estrategia de crear sucursales de tamaño reducido.

La cantidad de empresas prestadoras del servicio de caudales a nivel nacional es reducida y dentro de las de mayor envergadura se pueden mencionar Brink's, Prosegur, MACO y Vigencia SA. De dichas empresas, Prosegur y Brink's son las líderes del mercado no sólo por el volumen transportado sino también por la disponibilidad de recursos. Prosegur cuenta con aproximadamente 600 camiones blindados y posee 15 plantas de procesamiento distribuidas a lo largo del país.

Conjuntamente con la evolución de la tecnología se ha producido una mayor bancarización de la economía, pero la utilización de billetes sigue vigente en la economía nacional y por consiguiente la logística de caudales ha desarrollado las mejoras operativas en pos de mejorar el servicio y la seguridad.

Planteada la necesidad de relacionarse con una empresa de servicio de Transporte de Caudales y luego de haber definido el marco de acción de las mismas, resulta necesario desarrollar el concepto de tercerización ya que inexorablemente será necesario recurrir a un proceso de contratación de un "tercero".

⁶ El Registro Nacional de Armas (RENAR) es un organismo dependiente del Ministerio de Defensa, creado por la Ley Nacional de Armas y Explosivos N° 20.429 del 21 de mayo de 1973, que comienza a operar a partir de la sanción del Decreto Reglamentario N° 395/75; siendo asistido técnica y financieramente por el Ente Cooperador creado a partir de la Ley N° 23.979.

3.3. Tercerización del Servicio Logístico

La tercerización en logística, consiste en desarrollar los servicios logísticos mediante la contratación de un operador especializado denominado generalmente “el tercero”.

Dentro de las razones que justifican la tercerización de un servicio logístico se pueden mencionar las siguientes:

- Capacidad del tercero para hacer frente a los cambios de los volúmenes del mercado.
- Mayor especialización en las técnicas empleadas en la actividad.
- Falta de intereses del contratante del servicio en actuar en áreas menos importantes de la empresa.
- Posible reducción de costos operativos.

Al analizar el Transporte de Caudales, es evidente que las razones de la tercerización del mismo por parte de la Empresa, se ajustan a lo expresado en el párrafo anterior. A diferencia de otras actividades logísticas, el Transporte de Caudales requiere de un conocimiento técnico e infraestructura que obligan a la contratación del mismo. Sólo una empresa especializada puede ajustarse a todas las normas de seguridad que requiere una tarea de alto riesgo como puede definirse al Transporte de Caudales.

La calidad del servicio de transporte está relacionada con los siguientes conceptos:

- Rapidez y puntualidad de la entrega.
- Fiabilidad en las fechas prometidas.
- Seguridad en el transporte.
- Información del transporte.

En logística la reducción de costos se plantea como un objetivo elemental, pero dicha reducción no debe deteriorar la calidad del servicio, por lo que se debe buscar una mejora de costos mediante reorganización de actividades y coordinación.

El proceso de contratación requerirá la definición de ciertos aspectos entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Objetivo del contrato: es una condición básica de una buena relación contractual, definir claramente el objeto de contratación. La empresa contratante debe prestar especial atención a los servicios de recaudación contratados y a la existencia de seguros que respalden el movimiento del efectivo.
- Duración del convenio: es común que las empresas realicen convenios de Transporte de Caudales de largo plazo con el contratista. Esta situación se debe primordialmente a la baja oferta de empresas dedicadas a la actividad y por otra parte a que el cambio continuo de la empresa recaudadora podría generar altos impactos en los procesos y fundamentalmente en todos los desarrollos de sistemas. No obstante la situación detallada, la empresa debe ser hábil en lograr acuerdos que les posibiliten una rápida adaptación al mercado.
- Servicios a contratar: está claro que el servicio de contratación será el transporte de bienes de valor tal como el efectivo. Dentro de dicha definición global será necesario definir diversas condiciones tales como si la recaudación se realizará

de día o a la noche y en días hábiles o no hábiles, modo de envío de la información de los recuentos, seguros, mínimos de sobres a no facturar, frecuencia y distribución de cambio con posibilidad de entrega. Si bien existe un marco general de contratación, la empresa podrá requerir soluciones a diferentes situaciones particulares.

- Transparencia en la contratación: el proceso de selección del proveedor debe ser claro y con foco sobre los aspectos fundamentales para la ejecución del contrato. Todo proceso sistematizado que evite la subjetividad será de gran utilidad para decidir el proveedor a contratar.
- Evaluación de las ofertas: el proceso de contratación, en la práctica de mercado se efectúa sin apertura pública de las ofertas. El número de proveedores del servicio es reducido, por lo que el aspecto fundamental es analizar si pueden cumplir los requerimientos por parte la Empresa.
- Mejora continua: la búsqueda de aspectos a ser mejorados debe ser una cualidad del contratista. Si bien el concepto general de recaudación de efectivo no ha sufrido grandes variaciones, todos aquellos desarrollos en materia de seguridad física e informática deben ser incorporados por el contratista a fin de mejorar la calidad del servicio.

Es una práctica habitual del mercado realizar la contratación del servicio de recaudación con la intervención de una entidad bancaria quien actúa como intermediario y que en última instancia es la que deposita los fondos en la cuenta bancaria del cliente como así también le cobra por el servicio. A fin del análisis del presente trabajo, se analizarán las ofertas de tres entidades bancarias abarcando un total de dos empresas de Transporte de Caudales que por su cobertura son las únicas que podrían satisfacer las necesidades de la Empresa.

En función de lo explicado con anterioridad y habiendo definido cuales son las empresas con posibilidades técnicas de desarrollar el servicio, es necesario la evaluación de los costos de las tres propuestas por parte de los bancos a fin de evaluar la más conveniente de un punto de vista económico. Es en dicho proceso donde se intentará mediante la utilización de métodos cuantitativos y en particular de programación lineal colaborar en el proceso decisorio.

Como se analizará en futuros capítulos, la programación lineal requiere la definición de un modelo y por consiguiente es necesario, previamente, la clara interpretación de todo el proceso de recaudación del efectivo a fin de evaluar el impacto de cada acción sobre el costo total del servicio que se intenta minimizar.

3.4. Proceso de Recaudación del Efectivo

El proceso de recaudación comienza cuando el cliente entrega al “playero” o “cajero” el efectivo en concepto de pago por el bien o servicio prestado. En una Estación de Servicio no sólo se produce la carga de combustible, sino que también se prestan servicios como cambio de lubricantes o venta de diversos tipos de alimentos en la tienda anexa. En líneas generales, todas las empresas operan con un monto mínimo que el

“playero” o “cajero” puede tener en su poder y a medida que el efectivo supere dicho monto, se van haciendo rendiciones. Es por ésta situación que es común visualizar en las EESS cuando el “playero” entrega a su supervisor el dinero excedente.

El dinero recibido por el supervisor es ensobrado y se registra en una planilla el nombre del “playero” o “cajero”, número de sobre y monto entregado. El sobre es almacenado en una caja fuerte destinada a tal fin y de la cual una llave posee el supervisor de la Estación de Servicio y otra el personal de la empresa de Transporte de Caudales.

En un día determinado, según el cronograma de recaudación, el camión blindado se presenta en la Estación de Servicio a retirar el dinero almacenado en la caja fuerte. Se realiza la apertura de la caja y la empresa de transporte retira el efectivo previa firma de un formulario. Dicho formulario, denominado generalmente F-22, contiene todos los datos relacionadas con la recaudación y el monto en pesos retirado. A fin de realizar dicho proceso, es necesario que el supervisor de la Estación de Servicio se encuentre disponible para realizar la entrega del efectivo ya que el camión tiene un límite de espera muy escaso por razones de seguridad. Dicho aspecto es de suma importancia no sólo por un tema de seguridad, sino también de costos ya que luego de superado el tiempo de espera el camión se retira con o sin recaudación y el viaje es facturado igual.

La correcta confección del formulario “F-22” es un aspecto clave del proceso de recaudación por los siguientes motivos:

1. Seguro: el seguro sobre el monto transportado opera sobre dicho valor ya que en el momento de la entrega el transportista no tiene posibilidad de recontar los valores, por lo que toma como válido el monto que declara la Estación de Servicio.
2. Tasa sobre monto transportado: como se analizará en próximos apartados, un componente del costo del servicio está relacionado con el monto transportado que se calcula no sobre el monto recontado en planta, sino sobre el monto declarado.

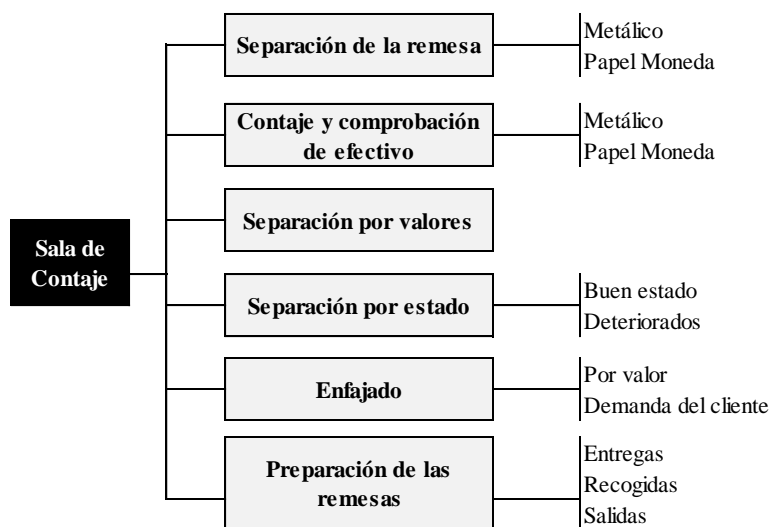
El cronograma de recaudación debe ser determinado por la operadora de las EESS e informado a la empresa de transporte⁷. Dicho cronograma debe especificar los días de la semana en los que se efectuará el servicio de recaudación según resulte más conveniente por razones de operación y/o seguridad. Es necesaria la definición de si la recaudación se realizará en horario diurno o nocturno y si ante la presencia de días feriados se realiza una reprogramación del servicio o si se mantiene la frecuencia definida en el cronograma.

El efectivo es trasladado por la empresa de caudales hasta la planta de recuento. En dicha planta se realiza el recuento del efectivo, su clasificación y posterior depósito en la cuenta bancaria de la Empresa. Adicionalmente, el sector administrativo de la Empresa recibe vía electrónica toda la información relacionada con el servicio de recaudación tales como monto recaudado, cantidad de sobres, billetes falsos.

⁷ El horario definitivo de recaudación y el personal encargado del mismo es designado aleatoriamente y con breve anticipación por parte de la empresa transportadora a fin de brindar mayor seguridad al proceso de recaudación.

La Estación de Servicio informa a su administración el monto recaudado a fin de luego poder cotejar dicha información con la suministrada por la empresa de Transporte de Caudales. En caso de que existieran diferencias, se analizan las causas de las mismas. Siempre existe la posibilidad de visualizar el video del recuento en planta.

Figura I: Actividades en planta de la empresa de transporte.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Manual del Vigilante de Seguridad

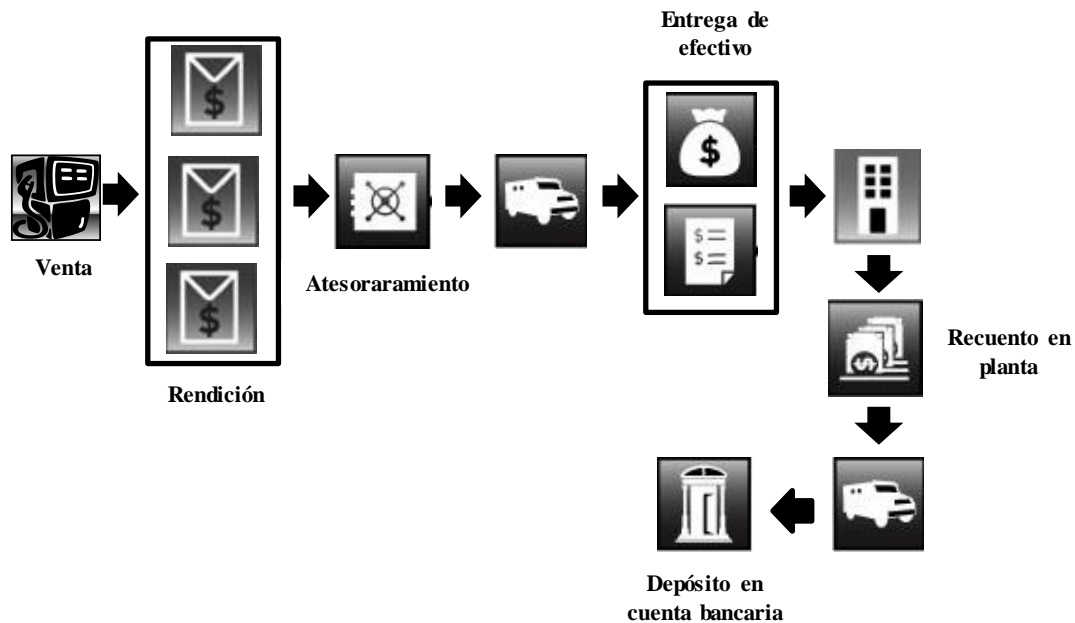
Una mención especial requiere el servicio de entrega de cambio. Dicho servicio responde a una necesidad de disponer de monedas y/o billetes de bajo valor monetario para poder entregar al cliente el “vuelto” al momento de la compra. La entrega del cambio por parte de la empresa de caudales se efectúa al momento realizar la recolección de la recaudación. El intercambio consiste en que la Estación de Servicio entrega billetes de alto valor y como contrapartida recibe “cambio” que integrará la “caja chica” y que será utilizado según lo demande la operatoria.

Tal como se detalló en párrafos anteriores, la baja circulación de billetes de bajo denominación y monedas, obliga a las empresas a contratar el servicio de entrega de cambio a fin evitar perder efectivo o entregar productos de bajo valor en concepto de “cambio”. La falta de “cambio” por parte de un negocio genera malestar en el cliente y una solución al mismo es la contratación del producto a la empresa transportadora.

Producto del contaje y comprobación de efectivo, puede surgir la existencia de billetes falsos. Dicha situación debe ser informada por la empresa de transporte como así también debe presentar los billetes falsos ante el BCRA⁷. La no aceptación de billetes falsos depende en gran medida de la persona encargada de realizar la cobranza y de su habilidad en el manejo de efectivo, pero desde la Empresa se debe proveer toda la información necesaria para colaborar en la detección de irregularidades en los billetes.

⁷ El BCRA es el Banco Central de la República Argentina y exige que todos los billetes falsos sean envidados por los Bancos a dicha institución a fin dejar constancia en acta y sacarlos de circulación.

Figura 2: Proceso de transformación de lugar del efectivo.



Fuente: Elaboración propia

Analizado el proceso de recaudación, se vislumbran determinados aspectos de la operatoria con influencia directa sobre el costo final del servicio tales como la cantidad de viajes, el monto recaudado y la cantidad de sobres. En el próximo apartado, se analizará en profundidad cada uno de dichos componentes.

3.5. Componentes del Costo

El costo del servicio de Transporte de Caudales se compone de los siguientes conceptos:

- Básico por cada viaje
- Tasa sobre el monto transportado
- Kilómetros fuera del radio urbano
- Envío de cambio
- Sobres excedentes
- Atesoramiento
- Instalación Caja Recaudadora

A continuación, se mencionan las particularidades de cada uno de dichos componentes y su aplicabilidad o no a la Empresa bajo análisis.

- Básico por cada viaje: es un monto fijo por cada uno de los viajes de recaudación que realiza el camión y que será diferente según el servicio se realice en día hábil o feriado y en horario diurno o nocturno. Es decir que es variable en función de la cantidad de veces que se recauda en el punto de venta.
- Tasa sobre el monto transportado: es un porcentaje fijo que se aplica sobre el monto recaudado y que será transportado. Dicho porcentaje es aplicado no sobre el monto recontado en planta, sino sobre el monto declarado en el

formulario F-22 tal como se mencionó con anterioridad. La tasa varía según el servicio se realice en día hábil o feriado y en horario diurno o nocturno.

- Kilómetros fuera del radio urbano: corresponde a un costo por kilómetro que se aplica luego de superar un límite de recorrido definido como radio urbano. A fin del presente trabajo, dicho concepto no tendrá impacto ya que los puntos de venta están radicados dentro del radio urbano.
- Envío de cambio: corresponde a un monto fijo a pagar por cada uno de los viajes de entrega de cambio que realiza el camión como así también una tasa sobre el monto entregado. Al igual que sucede para el costo de la recaudación, el monto fijo y la tasa son diferentes según el servicio se realice en día hábil o feriado y en horario diurno o nocturno.
- Sobres excedentes: es un monto fijo por cada sobre recontado, pero el mismo se comienza a aplicar sobres los sobres que excedan un límite definido previamente y que debe ser un punto de negociación en el contrato.
- Atesoramiento: es un concepto que no aplicará a la Empresa, pero que se computa cuando se solicita a la empresa de Transporte de caudales que no deposite los fondos, sino que los tenga en su poder por un tiempo determinado y para un fin específico.
- Instalación de caja fuerte: es un concepto que se soporta por única vez cuando se realiza la instalación de la caja en la ES. A fin del análisis a efectuar, el mismo no tendrá impacto ya que la totalidad de las EESS cuentan con una caja fuerte instalada y en situación de comodato con la empresa de transporte.

El costo del servicio de Transporte de caudales y en particular de cada uno de los componentes mencionados y explicados con anterioridad, ha sufrido actualizaciones semestrales durante los últimos años. La variación del precio del servicio de recaudación por parte de las compañías de Transporte de caudales, se debe a la combinación del aumento de los siguientes factores:

- Costos del personal nucleado bajo el Convenio de Trabajadores Camioneros y Empleados de Comercio.
- Combustible necesario para poner en funcionamiento las unidades blindadas.
- Mantenimiento de unidades blindadas
- Insumos de la operación.
- Pólizas de seguro por dinero en tránsito.

La variación de un 25% anual del costo del servicio de transporte, ha provocado que las empresas contratistas intenten minimizar el costo trabajando sobre las variables sobre las cuales se puede tener injerencia tales como la selección de proveedor, y una vez elegido el mismo, la cantidad de viajes, el monto de cambio, entre otros factores. Es sobre dicho punto que el presente trabajo enfocará su atención en pos de minimizar el costo mediante un proceso de decisión inteligente apoyado por herramientas matemáticas tales como el método cuantitativo.

3.6. Los Costos y su impacto en el Proceso Decisorio

La selección de una determinada empresa de Transporte de Caudales, la cual se realizará mediante la colaboración de métodos cuantitativos, constituye una decisión. Decidir puede considerarse como la elección de una alternativa de acción entre varias, con el fin de seleccionar aquellas que conduzca a lograr el objetivo que implica la necesidad de decidir.

La decisión final que será objeto del presente trabajo, se puede considerar como una decisión operativa. Dicho tipo de decisión depende de las decisiones estratégicas y estructurales y su misión es cumplir los objetivos fijados mediante la utilización de los recursos disponibles. A diferencia de las decisiones estratégicas y estructurales, las decisiones operativas están relacionadas con el corto plazo independientemente de los costos de estructura asignados para el desarrollo de las actividades.

Considerar la decisión de la empresa de Transporte de Caudales como una decisión de corto plazo no está basada en una cuestión temporal, sino que por el contrario en definir el corto plazo como el período en el cual no se producen variaciones en la estructura de la Empresa. Es decir que mientras la estructura del operador de las EESS se mantenga dentro de los valores actuales, el modelo sería perfectamente aplicable.

Las decisiones más trascendentales que se toman en una organización son aquellas que están relacionadas con el consumo de recursos. Éste tipo de decisiones se desarrollan en ámbitos de incertidumbre o riesgo ante la falta de certeza sobre los valores futuros de determinadas variables.

Tal como expresa Pedro Pavesi y Coautores⁸, existen determinados elementos que hacen que una decisión sea tomada correcta o incorrectamente tales como:

- Solidez de la información.
- Verosimilitud del modelo de la realidad.
- Profundidad en el análisis.
- Desarrollo de la interacción de los distintos componentes.
- Límite a la investigación.

Es preciso señalar que aún cumplido la totalidad de los elementos mencionados, el éxito no está garantizado ya que puede existir incertidumbre en el resultado.

El proceso de toma de decisiones es complejo ya que existen diferentes problemas con características como las siguientes:

- Existen varios criterios a considerar entre diferentes alternativas de solución.
- Puede no existir una clara definición de los criterios y/o alternativas.
- Ciertos criterios pueden ser medidos cuantitativamente pero otros no y como consecuencia es necesaria la realización de juicios de valor.
- Diferentes personas con diferentes visiones están involucradas en la solución del problema y pueden entrar en conflicto.

⁸ Pedro Pavesi y Coautores. La Decisión. Grupo Editorial Norma. Argentina 2004. Página 87.

Un proceso decisorio racional está compuesto por las siguientes etapas:

1. Definición del problema: el primer paso en la definición, es reconocer la existencia de un problema que para el caso bajo estudio será el aumento sostenido en el costo del transporte. El factor crítico del problema, considerado como aquel sobre el cual se requiere acción, es el costo.
2. Análisis del problema: consiste en un proceso de investigación para determinar sectores, responsables y hechos vinculados con el problema con el fin de tener un marco completo de la situación. La definición del proceso de recaudación del efectivo y de los componentes del costo cumplen con ésta etapa del proceso decisorio.
3. Identificación o desarrollo de alternativas: establecer alternativas de solución es la etapa que requiere de imaginación y participación activa por parte del analista de costos. Tal como se ha mencionado, el servicio de transporte debe ser contratado por lo que el margen de maniobra se traduce a la búsqueda del menor costo mediante el análisis de diferentes proveedores.
4. Evaluación de alternativas: consiste en el análisis de las alternativas mediante la evaluación de las posibles consecuencias que cada una generará en relación al objetivo final al cual se pretende arribar. La utilización de la programación lineal será fundamental en ésta etapa en la cual el analista de costos participa activamente.
5. Selección final: implica la elección de la alternativa que dirija a la Empresa hacia el objetivo establecido previamente, en pos de resolver un problema.

Tal como se señaló con anterioridad, la disponibilidad de información es un elemento clave a fin de realizar un adecuado proceso decisorio. Dicha información no sólo debe abarcar temas cuantitativos sino también cualitativos. Actualmente estamos transitando la era de la información por lo que el objetivo se centra en seleccionar aquella que sea de utilidad para el modelo decisorio. Disponer de una vasta cantidad de datos carece de valor sino se logra transformar dichos datos en información disponible al proceso decisorio.

3.7. Investigación Operativa y Programación Lineal

3.7.1 Investigación Operativa

La investigación operativa es una herramienta utilizada en campos tales como la administración, la economía y la ingeniería. Dicha herramienta, sigue los siguientes pasos:

1. La observación de un problema y definición del sistema real en el cual se presenta.
2. Selección de las variables que regulan el estado actual del sistema.
3. Construcción de un modelo matemático que contenga los elementos esenciales del problema e identifique la relación entre las variables.
4. La obtención de las mejores soluciones posibles mediante la utilización de un ordenador.
5. Interpretación de los resultados matemáticos y consideración de factores cualitativos no incluidos en el modelo. Ésta etapa está condicionada por la experiencia y juicio del decisor.
6. Implementación de la solución al sistema.

Según la Sociedad de Investigación de Operaciones de EEUU, la investigación operativa es la toma de decisiones científicas para el diseño y la operación de sistemas hombres-máquina, usualmente bajo condiciones que requieren la asignación de recursos escasos.

La investigación operativa surgió durante la segunda guerra mundial con la formación de un grupo multidisciplinario de científicos con la misión de encontrar soluciones a problemas de la guerra. La parte innovadora de la investigación operativa es su enfoque modelístico y constituye el pilar sobre el cual se fundamenta. La modelación puede ser considerada como el proceso de reducción del sistema real y su problema a funciones lineales con un objetivo y un conjunto de restricciones.

Un modelo puede considerarse como una representación simplificada de la realidad. La investigación operativa, ha desarrollado modelos para resolver problemas de inventario, líneas de espera, reemplazo, mantenimiento, asignación de recursos entre otros. Todo modelo tiene los siguientes componentes:

- **Objetivos:** consiste en optimizar el valor de la función objetivo. La intención es detectar la excelencia de las diferentes soluciones que puede obtenerse y determinar la óptima (máximo o mínimo).
- **Variables decisorias:** constituyen las incógnitas del problema y su definición es un punto clave del problema a formular.
- **Eventos o sucesos** que pueden ocurrir y que alterarán los resultados del modelo.
- **Restricciones o limitaciones** de la organización o del ambiente externo: son limitantes a los valores que pueden asumir las variables o niveles de las actividades. Se pueden identificar seis tipos de restricciones:
 1. Capacidad
 2. Mercado
 3. Entradas: corresponden a limitaciones en el input del proceso.
 4. Calidad
 5. Balance de materiales
 6. Internas
- **Relaciones entre las variables**
- **Resultado**

Considerando los objetivos del modelo, los mismos se pueden clasificar en⁹:

- **Descriptivos:** representan una problemática analizada y no permiten identificar el mejor curso de acción a seguir. La función es conocida y las variables desconocidas o inciertas.
- **Prescriptivos o de Optimización:** identifica el mejor curso de acción que debe seguir una entidad para lograr las metas establecidas previamente.
- **Predictivos:** se utilizan para realizar pronósticos siendo la función desconocida con variables conocidas.

Los modelos de programación matemática buscan encontrar los valores de las variables

⁹ Raúl Alberto Ércole y Coautores. Métodos Cuantitativos para la Gestión. Argentina. Asociación Cooperadora de la FCE de la Universidad Nacional de Córdoba. 2^{da} Edición. 2007. Página 28.

que hagan máxima o mínima una función que represente un determinado objetivo y por consiguiente se encuadran dentro de la clasificación de modelos prescriptivos.

Un problema no siempre se debe asociar con una situación negativa o perjudicial. Un problema se puede definir como la diferencia que existe entre el es y el debe ser en el estado de un sistema y para lograr su solución pueden existir varias alternativas. El proceso de selección de la mejor alternativa es denominado de toma de decisiones. En la búsqueda de la solución a un problema se deben sortear obstáculos denominados restricciones. Una solución será factible si cumple con las restricciones impuestas y en caso afirmativo será óptima si la misma es inmejorable.

La utilización del término programación se refiere a la planificación de actividades dentro de una organización en la cual existe un objetivo con o sin fines de lucro tales como la maximización de beneficios, minimización de costos o la maximización de la cobertura sanitaria en un país.

3.7.2 Programación Lineal

La programación lineal (PL) es la herramienta básica más utilizada dentro de la investigación operativa, debido a su gran posibilidad de aplicación y su relativa simplicidad de implementación. Es un caso de la programación matemática, en donde todas las funciones del modelo son lineales. Las técnicas de programación lineal se utilizan en un gran abanico de problemas como por ejemplo de planificación de recursos humanos, de transporte, financiera y de producción.

La programación lineal consiste en encontrar los valores de determinadas variables que maximizan o minimizan el resultado de un objetivo sujeto a ciertas restricciones.

Características de la PL:

- Único objetivo lineal a optimizar: las funciones utilizadas tanto para el objetivo como para las restricciones son lineales. Independientemente de que el objetivo sea maximizar o minimizar un resultado, el objetivo es único y por consiguiente no se puede resolver situación con múltiples objetivos. Las restricciones se componen de variables multiplicadas por parámetros generando como resultado una función menor, igual o mayor que un determinado recurso.
- Variables de decisión continuas: ésta característica no ocasiona problemas de cálculo a excepción de casos en los cuales la naturaleza del análisis requiere la utilización de valores enteros, como por ejemplo la asignación de recursos humanos a una determinada tarea. En dichos casos, será necesaria la utilización de programación lineal entera.
- Conocimiento exacto de los parámetros y recursos: es decir que los valores son determinísticos y que no se presentan valores con variabilidad tal como se conoce a los componentes estocásticos.

Modelo matemático general de la PL:

Optimizar

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

Sujeto a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Donde:

Z = función objetivo, la cual puede maximizarse o minimizarse.

x_j = variables de decisión del modelo.

c_j = parámetros que representan los coeficientes de beneficio, ingreso o costo.

a_{ij} = consumo del recurso i por unidad de actividad j o coeficiente técnico.

b_i = disponibilidades o recursos expresado como una constante del lado derecho de la restricción.

El modelo general de PL tiene suposiciones y limitaciones impuestas:

- Proporcionalidad: implica que si una variable se modifica en su valor, se modifica en la misma proporción sus contribuciones al objetivo y a las restricciones.
- Aditividad: los recursos son utilizados por las actividades y la disposición del recurso se realiza en iguales magnitudes. Es decir que si por ejemplo se dispone de un número total de horas hombres, las mismas deben ser empleadas para la totalidad de productos que se produzcan.
- Divisibilidad: significa que las variables pueden ser divididas en valores no enteros. Como se mencionará con posterioridad, el desarrollo del modelo del presente trabajo, requiere la existencia de valores enteros por lo que se aplicará la programación lineal entera.
- Determinístico: el valor de las variables debe ser constante y conocido.
- Estático: la variable tiempo no se incluye formalmente.
- No suboptimiza: el modelo encuentra la solución óptima o expresa que no existe la misma.

Existen dos formatos diferentes de presentar un modelo de PL. Un modelo está en formato canónico si la totalidad de las variables son no negativas y todas las restricciones son del tipo \leq para un objetivo de maximización o si todas las restricciones son del tipo \geq para un objetivo de minimización. Por el contrario, un modelo está representado en forma estándar cuando las variables son no negativas y todas las restricciones son igualdades, tanto en maximización como en minimización.

Cuadro I: Formatos de presentación de un modelo de Programación Lineal

	Caso de Minimización	Caso de Maximización
Formato Canónico	<p>Minimizar: $x_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j$</p> <p>Sujeto a: $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$</p> <p>$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$</p>	<p>Maximizar: $x_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j$</p> <p>Sujeto a: $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$</p> <p>$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$</p>
Formato Estándar	<p>Minimizar: $x_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j$</p> <p>Sujeto a: $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$</p> <p>$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$</p>	<p>Maximizar: $x_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j$</p> <p>Sujeto a: $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$</p> <p>$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$</p>

Fuente: Programación Lineal. Una introducción a la toma de decisiones cuantitativas

Los modelos de PL consideran que las variables de decisión presentan valores continuos o fraccionados. En ciertas situaciones un valor fraccionado, puede no ajustarse al problema sobre el cual se está trabajando y por consiguiente es necesaria la obtención de valores enteros en la solución final. Tal como se manifiesta en las características de la PL, en dicho caso será necesaria la utilización de programación lineal entera.

Los problemas lineales enteros se pueden clasificar en:

- Puros: todas las variables son enteras.
- Mixtos: existen variables continuas y variables que sólo pueden asumir valores enteros.
- Binarios: las variables que tienen que ser enteras sólo pueden tomar valores cero o uno. Es decir que son variables binarias que representan la decisión de hacer algo o no, por ejemplo la ampliación o no de una planta industrial.

Dentro de la programación lineal entera, existe la posibilidad de encontrar la utilización de restricciones ligadas. Dicho tipo de restricción relaciona el valor de las variables binarias con el resultado del objetivo, por lo que si la variable binaria asume el valor de cero el resultado también será cero a fin de evitar resultados inconsistentes.

Actualmente existen variados software que resuelven problemas lineales eficientemente¹⁰. Excel tiene incorporado un programa para obtener soluciones a problemas lineales denominado Solver. Dicha programa será el utilizado a fin de resolver el interrogante planteado en el presente trabajo.

3.8. La Herramienta Solver

Solver es un programa que permite resolver problemas de optimización lineal y que está incluido dentro de Excel. El primer paso para comenzar a operar es su activación ya que puede suceder que no esté dentro de las opciones de comandos visibles. Dicha activación se realiza desde la ventana Opciones de Word – Complementos para el caso de la versión de Office 2010 con la cual se desarrollará el modelo.

Luego de realizado el proceso de activación, en la solapa de datos está ubicado Solver y al realizar doble clic sobre el mismo se despliega la ventana de parámetros la cual contiene los siguientes campos:

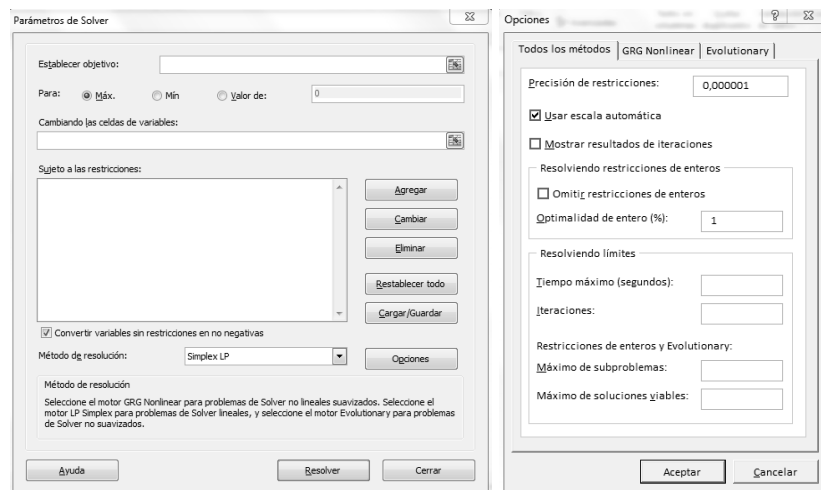
- Establecer Objetivo: contiene la celda donde se encuentra la función objetiva correspondiente al problema. A dicha función se le puede asignar un valor máximo (Máx.) o mínimo (Mín.) como así también un valor igual al definido en campo a la derecha de “Valor de”.
- Cambiando las celdas de variables: dicho cuadro de diálogo, contiene la ubicación de las variables de decisión del problema.
- Sujeto a las restricciones: definición de las restricciones del problema. Para introducir las mismas, se debe utilizar el botón “Agregar” pudiendo luego cambiar o eliminar las mismas mediante las opciones destinadas a tal fin.

¹⁰ Ejemplos de Software de Programación Lineal: QSB, Tora, WinQSBFull, Lingo.

- Opciones: dicho cuadro permite establecer los parámetros tales como:
 - Tiempo: tiempo máximo que Solver dedicará a buscar la solución.
 - Iteraciones: número de veces en los cuales se ejecutarán los parámetros para encontrar una solución.
 - Precisión: cuanto menor sea el número mayor es la precisión de la solución.
 - Tolerancia: se puede aumentar la tolerancia en detrimento de precisión en el resultado.
- Convertir variables sin restricciones en no negativas: impide que Solver coloque valores negativos en las celdas variables, aunque también es posible aplicar restricciones que indiquen que el valor debe ser mayor o igual a cero.

El programa permite resolver problemas con variables enteras o enteras binarias. A tal fin, dentro de las restricciones se debe fijar que las variables sean “int” o “bin” para el caso de que se desee que las variables sean enteras o binarias respectivamente. La resolución de un problema de programación entera no emitirá los informes de sensibilidad y límites ya que la solución no es la óptima sino la óptima entera.

Figura 3: Ventanas del programa Solver.



Fuente: Excel 2010

3.9. La Construcción del Modelo

3.9.1 Modelación: Concepto y Principios Generales

La modelación en la investigación operativa puede considerarse como el proceso de abstracción del sistema real al modelo cuantitativo. Los autores Jesús y Antonio Arreola Risa¹¹ expresan que la modelación es una combinación de arte y ciencia y que dichos modelos pueden auxiliar al decisor, pero no reemplazarlo.

¹⁰ Jesús Arreola Risa y Antonio Arreola Risa. Programación Lineal. Una introducción a la toma de decisiones cuantitativa. México. Editorial Thomson. 2003. Página 30.

Principios generales de la modelación

- No se debe elaborar un modelo complicado cuando uno simple es suficiente: aunque en ciertas ocasiones, el analista intente demostrar sus habilidades técnicas, un modelo sofisticado no necesariamente se traduce en uno de mejor utilidad.
- El problema no debe ajustarse al modelo: la realidad no debe ser distorsionada para poder aplicarle un modelo de Programación Lineal ya que puede suceder que dicha herramienta no sea la apropiada para resolver el problema.
- Realizar rigurosamente la fase deductiva de la modelación: el modelo debe aproximarse lo máximo posible a la realidad a fin de poder extraer conclusiones certeras.
- Los modelos deben ser validados antes de su implementación: una forma de validación es mediante la utilización de datos históricos para determinar cuál sería la reacción del modelo y poder compararlo con lo sucedido realmente. Otra opción, cuando el modelo no puede ser probado en su totalidad, es la de implementación por fases mediante la cual no se avanza a una etapa siguiente si no se verifica un resultado exitoso en la anterior.
- No debe pensarse que el modelo es el sistema real: el modelo ayuda en la toma de decisiones pero no es la realidad misma y por consiguiente se busca evitar las complejidades.
- Un modelo no debe cuestionarse cuando no se utiliza para la finalidad para la cual fue creado. Esto significa que si el modelo es útil debe ser utilizado, pero si se espera resolver situaciones que no se adaptan al modelo de Programación Lineal es necesario encontrar una solución alternativa.
- Los modelos no implican la máxima perfección. En ciertas ocasiones, un modelo puede arrojar un resultado irrisorio pero dicha situación no implica que la Programación Lineal no sirva, sino que simplemente que no aplica para el caso que se pretende analizar.
- Uno de los grandes beneficios de la modelación es el desarrollo del modelo ya que el analista adquiere una gran cantidad de conocimientos sobre el problema a solucionar en el desarrollo del mismo.
- El resultado final del modelo depende de la información con la cual se trabaja. Los modelos no son generadores de información, sino que por el contrario lo que permiten es agrupar los datos en un formato útil y que contribuya a la toma de decisiones. Un modelo no puede detectar ni corregir los errores en las entradas de datos.
- Los modelos no pueden reemplazar al decisor ya que siempre es necesaria la intervención de una persona física que resuelva cuestiones plenamente humanas y que por no ser rutinarias y cuantificables no pueden ser automatizadas.

3.9.2 El Modelo del Costo del Transporte de Caudales

El primer aspecto a desarrollar será la definición del objetivo que se plantea. Para el presente trabajo, el objetivo será minimizar el costo del servicio de Transporte de Caudales y por consiguiente se trabajará sobre la elección de la mejor alternativa.

El modelo es aplicado a una empresa de energía que actúa como operador de una red de 30 EESS. Dichas EESS pueden ser divididas de acuerdo a su ubicación en dos grandes grupos tales como Capital y Gran Buenos Aires o Interior. Los procedimientos aplican

de manera uniforme para todos los puntos de venta y por consiguiente, el proceso de recaudación del efectivo debe ser igual en todos ellos.

Tal como se señaló en el capítulo de Tercerización del Servicio Logístico, la contratación del servicio se realiza mediante la intervención de entidades bancarias. En tal sentido, la definición del prestador del servicio se realizará mediante el análisis de tres bancos diferentes de las cuales dos tienen convenio con una misma transportadora y el otro opera con otra compañía de Transporte de Caudales. Se consideran sólo dos empresas de transporte por ser las de mayor relevancia y con cobertura nacional acorde a los requerimientos del operador de las EESS diseminadas en varias provincias del país.

A fin de poder aplicar correctamente Solver, los datos tales como variables, restricciones y el objetivo deben ubicarse en la misma hoja de cálculo. Dicha hoja contendrá en su esquema central los siguientes datos:

- Estación de Servicio
- Recaudación en días hábiles (\$)
- Viajes de recaudación en días hábiles (Q)
- Recaudación en días feriados (\$)
- Viajes de recaudación en días feriados (Q)
- Cambio en días hábiles (\$)
- Viajes de cambio en días hábiles (Q)
- Cambio en días feriados (\$)
- Viajes de cambio en días feriados (Q)
- Sobres excedentes (Q)
- Variable de decisión
- Objetivo
- Restricciones

Al momento de armar la planilla es de relevancia determinar quién será el usuario final de la misma a fin de evitar confusiones y una fácil interpretación de la misma. Para el caso bajo análisis, el modelo está diseñado para que el Gerente de Tesorería pueda evaluar la mejor alternativa de decisión.

A fin de poder ejecutar el modelo, previamente, es necesario asignar valores a aquellos conceptos que fueron mencionados con anterioridad y que forman parte de la ecuación que determina el costo final del servicio. En tal sentido, se detalla a continuación que valores serán asignados a dichos conceptos y las condiciones en que se realiza su estimación.

Viajes de recaudación

En función del cronograma de recaudación, se determina la cantidad de veces que el camión de caudales se presentará en la Estación de Servicio a recaudar.

Tal como se observa en el Cuadro II, se coloca 1 o 0 dependiendo de si la Estación de Servicio presenta recaudación o no en un determinado día. Ninguna Estación de Servicio presenta un número menor de recaudación a dos días semanales, pudiendo en algunos casos elevarse a tres días en función de la recaudación o por temas de

seguridad. La definición de los días lunes o jueves como los de mayor cantidad de viajes responde a temas operativos y relacionados estrictamente con la estacionalidad de las ventas dentro de una semana

Cuadro II: Cronograma de recaudación semanal.

EESS	Cronograma de Recaudación					
	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Total
1	1	0	0	1	0	2
2	1	0	0	1	0	2
3	1	0	0	1	0	2
4	1	0	1	0	1	3
5	1	0	0	1	0	2
6	1	0	0	1	0	2
7	1	0	0	1	0	2
8	1	0	0	0	1	2
9	1	0	0	1	0	2
10	1	0	0	1	0	2
11	1	0	0	1	0	2
12	0	1	0	0	1	2
13	1	0	0	1	0	2
14	1	0	0	1	0	2
15	1	0	0	1	0	2
16	1	0	0	1	0	2
17	1	0	0	1	0	2
18	0	1	0	0	1	2
19	1	0	0	1	0	2
20	1	0	0	1	0	2
21	1	0	0	1	0	2
22	1	0	0	1	0	2
23	1	0	0	1	0	2
24	1	0	0	1	0	2
25	1	0	1	0	1	3
26	1	0	0	1	0	2
27	1	0	1	0	1	3
28	1	0	1	0	1	3
29	1	0	1	0	1	3
30	1	0	0	1	0	2

Fuente: Elaboración propia

Monto recaudado

A fin de estimar dicho valor se utiliza el presupuesto de ventas para el año 2013 para cada una de las EESS. El presupuesto de venta, constituye la pieza fundamental en todo proceso de presupuestación y debe ser considerado como la mejor estimación de lo que se espera vender¹¹. Si bien todo presupuesto de venta debe contener detalle de cantidades y precios a los cuales se espera vender cada uno de los productos y/o servicios, para el presente modelo se considera el monto estimado anual de ventas.

Forman parte del presupuesto de venta de una empresa todas las operaciones que implican una transferencia definitiva a título oneroso o gratuito de bienes o servicios a terceros. Dicha afirmación implica que todos los productos o servicios ofrecidos en la Estación de Servicio deberán ser incluidos en el presupuesto y no sólo limitarse al volumen de combustible estimado de venta.

A fin de determinar el monto recaudado en pesos, la obtención del valor de ventas es el paso inicial ya que luego es necesario definir el monto de dicha venta que será abonado en efectivo por los clientes. Dicha definición, es realizada considerando un porcentaje

¹¹ Antonio Lavalpe y Coautores. La Gestión Presupuestaria. Argentina. Ediciones Macchi. 2000. Página 31.

de recaudación de efectivo sobre la base de los montos recaudados durante los 12 meses móviles anteriores al análisis.

Un aspecto a considerar es si la recaudación se realiza en día hábil o feriado. En función a la estimación de feriados para el 2013¹² se determina la cantidad de días de lunes a viernes que se recaudará en días feriados y/o hábiles. Dicho cálculo arroja un porcentaje de cantidad de recaudaciones por tipo de día que aplicado al monto de ventas permite realizar una proyección de la recaudación en días feriados y/o hábiles.

Cuadro III: Estimación de recaudación en monto y viajes por tipo de día.

EESS	Presupuesto de Ventas Anual					Viajes de Recaudación Anual														
						Días Hábiles							Días Feriados						Total	
	Ventas Estimadas	% Efectivo	Total Efectivo	Total Efectivo Días Hábiles	Total Efectivo Días Feriados	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Total	%	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Total		%
1	19.942.877	52%	10.359.435	9.761.775	597.660	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
2	17.812.495	66%	11.712.404	11.036.688	675.716	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
3	14.509.100	72%	10.494.938	9.889.461	605.477	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
4	10.706.140	79%	8.495.401	8.005.282	490.119	47	0	50	0	50	147	94%	5	0	2	0	2	9	6%	156
5	26.449.394	78%	20.633.782	19.443.372	1.190.411	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
6	18.612.665	60%	11.197.600	10.551.584	646.015	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
7	21.240.470	50%	10.679.536	10.063.409	616.127	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
8	2.900.570	51%	1.480.452	1.380.806	99.646	47	0	0	0	50	97	93%	5	0	0	0	2	7	7%	104
9	4.228.934	69%	2.900.981	2.733.617	167.364	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
10	18.947.229	78%	14.829.298	13.973.761	855.536	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
11	11.427.035	69%	7.922.048	7.465.007	457.041	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
12	21.786.633	49%	10.605.392	9.999.370	606.022	0	49	0	0	50	99	94%	0	4	0	0	2	6	6%	105
13	24.126.161	78%	18.858.625	17.770.627	1.087.998	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
14	5.712.379	46%	2.652.803	2.499.757	153.046	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
15	8.377.915	64%	5.330.957	5.023.401	307.555	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
16	27.767.524	70%	19.463.781	18.340.870	1.122.910	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
17	6.256.404	79%	4.971.664	4.684.838	286.827	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
18	19.669.954	66%	13.052.318	12.306.471	745.847	0	49	0	0	50	99	94%	0	4	0	0	2	6	6%	105
19	31.309.449	64%	20.167.559	19.004.046	1.163.513	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
20	12.741.142	62%	7.884.525	7.429.648	454.876	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
21	8.127.563	53%	4.277.515	4.030.735	246.780	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
22	23.933.943	52%	12.363.052	11.649.799	713.253	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
23	33.858.545	57%	19.463.810	18.340.898	1.122.912	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
24	12.105.938	65%	7.898.309	7.442.637	455.672	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
25	17.537.117	67%	11.734.351	11.057.369	676.982	47	0	50	0	50	147	94%	5	0	2	0	2	9	6%	156
26	25.372.849	66%	16.632.525	15.672.956	959.569	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104
27	27.201.260	48%	13.167.612	12.407.942	759.670	47	0	50	0	50	147	94%	5	0	2	0	2	9	6%	156
28	19.537.630	68%	13.203.819	12.442.060	761.759	47	0	50	0	50	147	94%	5	0	2	0	2	9	6%	156
29	25.146.059	72%	18.003.831	16.965.149	1.038.683	47	0	50	0	50	147	94%	5	0	2	0	2	9	6%	156
30	25.542.218	78%	19.893.531	18.745.827	1.147.704	47	0	0	51	0	98	94%	5	0	0	1	0	6	6%	104

Fuente: Elaboración propia

Monto de Cambio

La cantidad y monto de entregas de cambio es definida según el cronograma de distribución de cambio, el cual especifica la distribución de cambio a recibir. Al igual que para el caso del monto recaudado, se estiman los viajes y monto en días feriados y/o hábiles.

¹² La estimación de los días feriados es realizada en base a la información publicada por el Ministerio del Interior y Transporte. www.mininterior.gov.ar

Cuadro IV: Cronograma de entrega de cambio semanal.

EESS	Cronograma de Entrega de Cambio Semanal						Cronograma de Entrega de Cambio Semanal (\$)					
	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Total	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Total
1	1	0	0	1	0	2	1.500	0	0	1.500	0	3.000
2	1	0	0	1	0	2	1.000	0	0	1.000	0	2.000
3	1	0	0	1	0	2	1.200	0	0	1.000	0	2.200
4	1	0	0	0	1	2	1.200	0	0	0	1.200	2.400
5	1	0	0	1	0	2	1.500	0	0	1.500	0	3.000
6	1	0	0	1	0	2	2.000	0	0	2.000	0	4.000
7	1	0	0	1	0	2	1.000	0	0	1.000	0	2.000
8	1	0	0	0	1	2	1.000	0	0	0	1.000	2.000
9	1	0	0	1	0	2	1.000	0	0	1.000	0	2.000
10	1	0	0	1	0	2	1.200	0	0	1.200	0	2.400
11	1	0	0	1	0	2	1.100	0	0	1.100	0	2.200
12	0	1	0	0	0	1	0	2.000	0	0	0	2.000
13	1	0	0	1	0	2	1.500	0	0	1.500	0	3.000
14	1	0	0	1	0	2	1.000	0	0	1.000	0	2.000
15	1	0	0	1	0	2	1.200	0	0	1.200	0	2.400
16	1	0	0	1	0	2	1.200	0	0	1.200	0	2.400
17	1	0	0	1	0	2	2.000	0	0	2.000	0	4.000
18	0	1	0	0	1	2	0	1.500	0	0	1.500	3.000
19	1	0	0	1	0	2	1.100	0	0	1.100	0	2.200
20	1	0	0	1	0	2	1.500	0	0	1.500	0	3.000
21	1	0	0	1	0	2	1.000	0	0	1.000	0	2.000
22	1	0	0	1	0	2	0	0	0	1.500	0	1.500
23	1	0	0	1	0	2	1.000	0	0	1.000	0	2.000
24	1	0	0	1	0	2	1.200	0	0	1.200	0	2.400
25	1	0	1	0	1	3	1.500	0	0	0	1.500	3.000
26	1	0	0	1	0	2	1.200	0	0	1.200	0	2.400
27	1	0	0	0	1	2	1.000	0	0	0	1.000	2.000
28	1	0	1	0	1	3	1.200	0	0	0	1.200	2.400
29	1	0	1	0	1	3	1.000	0	1.200	0	0	2.200
30	1	0	0	1	0	2	1.500	0	0	1.500	0	3.000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro V: Entrega de cambio en monto y viajes por tipo de día.

EESS	Viajes de Entrega de Cambio Anual												Entrega de Cambio Anual (\$)													
	Días Hábiles						Días Feriados						Total	Días Hábiles						Días Feriados						Total
	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Total	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Total		Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Total	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Total	
1	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	70.500	-	-	76.500	-	147.000	7.500	-	-	1.500	-	9.000	156.000
2	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	47.000	-	-	51.000	-	98.000	5.000	-	-	1.000	-	6.000	104.000
3	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	56.400	-	-	51.000	-	107.400	6.000	-	-	1.000	-	7.000	114.400
4	47	0	0	50	97	5	0	0	0	2	7	104	56.400	-	-	-	60.000	116.400	6.000	-	-	-	2.400	8.400	124.800	
5	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	70.500	-	-	76.500	-	147.000	7.500	-	-	1.500	-	9.000	156.000
6	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	94.000	-	-	102.000	-	196.000	10.000	-	-	2.000	-	12.000	208.000
7	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	47.000	-	-	51.000	-	98.000	5.000	-	-	1.000	-	6.000	104.000
8	47	0	0	50	97	5	0	0	0	2	7	104	47.000	-	-	-	50.000	97.000	5.000	-	-	-	2.000	7.000	104.000	
9	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	47.000	-	-	51.000	-	98.000	5.000	-	-	1.000	-	6.000	104.000
10	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	56.400	-	-	61.200	-	117.600	6.000	-	-	1.200	-	7.200	124.800
11	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	51.700	-	-	56.100	-	107.800	5.500	-	-	1.100	-	6.600	114.400
12	0	49	0	0	0	49	0	4	0	0	0	4	53	-	98.000	-	-	-	98.000	-	8.000	-	-	-	8.000	106.000
13	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	70.500	-	-	76.500	-	147.000	7.500	-	-	1.500	-	9.000	156.000
14	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	47.000	-	-	51.000	-	98.000	5.000	-	-	1.000	-	6.000	104.000
15	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	56.400	-	-	61.200	-	117.600	6.000	-	-	1.200	-	7.200	124.800
16	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	56.400	-	-	61.200	-	117.600	6.000	-	-	1.200	-	7.200	124.800
17	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	94.000	-	-	102.000	-	196.000	10.000	-	-	2.000	-	12.000	208.000
18	0	49	0	0	50	99	0	4	0	0	2	6	105	-	73.500	-	-	75.000	148.500	-	6.000	-	-	3.000	9.000	157.500
19	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	51.700	-	-	56.100	-	107.800	5.500	-	-	1.100	-	6.600	114.400
20	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	70.500	-	-	76.500	-	147.000	7.500	-	-	1.500	-	9.000	156.000
21	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	47.000	-	-	51.000	-	98.000	5.000	-	-	1.000	-	6.000	104.000
22	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	-	-	-	76.500	-	76.500	-	-	-	1.500	-	1.500	78.000
23	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	47.000	-	-	51.000	-	98.000	5.000	-	-	1.000	-	6.000	104.000
24	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	56.400	-	-	61.200	-	117.600	6.000	-	-	1.200	-	7.200	124.800
25	47	0	50	0	50	147	5	0	2	0	2	9	156	70.500	-	-	-	75.000	145.500	7.500	-	-	-	3.000	10.500	156.000
26	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	56.400	-	-	61.200	-	117.600	6.000	-	-	1.200	-	7.200	124.800
27	47	0	0	50	97	5	0	0	0	2	7	104	47.000	-	-	-	50.000	97.000	5.000	-	-	-	2.000	7.000	104.000	
28	47	0	50	0	50	147	5	0	2	0	2	9	156	56.400	-	-	-	60.000	116.400	6.000	-	-	-	2.400	8.400	124.800
29	47	0	50	0	50	147	5	0	2	0	2	9	156	47.000	-	60.000	-	-	107.000	5.000	-	2.400	-	-	7.400	114.400
30	47	0	0	51	0	98	5	0	0	1	0	6	104	70.500	-	-	76.500	-	147.000	7.500	-	-	1.500	-	9.000	156.000

Fuente: Elaboración propia

Sobres Excedentes

La definición previa del monto en el cual los playeros deberán realizar “rendiciones” o entrega de billetes a su supervisor es un factor determinante en la cantidad de sobres a

recontar por la empresa de transporte. Para el presente análisis, se determina un monto de \$ 2.500 por lo que a fin de estimar la cantidad de sobres se realiza la división entre el total recaudado y dicho monto. Luego de obtenido el monto total de sobres, es necesario tener presente la cantidad mínima de sobres para la cual no existe costo.

Cuadro VI: Cantidad de sobres excedentes anuales.

EESS	Cantidad Excedente de Sobres Anual			
	Presupuesto de Ventas en Efectivo	Total de Sobres	Mínimo	Sobres Excedentes
1	10.359.435	4.144	3.000	1.144
2	11.712.404	4.685	3.000	1.685
3	10.494.938	4.198	3.000	1.198
4	8.495.401	3.398	3.000	398
5	20.633.782	8.254	3.000	5.254
6	11.197.600	4.479	3.000	1.479
7	10.679.536	4.272	3.000	1.272
8	1.480.452	592	3.000	-
9	2.900.981	1.160	3.000	-
10	14.829.298	5.932	3.000	2.932
11	7.922.048	3.169	3.000	169
12	10.605.392	4.242	3.000	1.242
13	18.858.625	7.543	3.000	4.543
14	2.652.803	1.061	3.000	-
15	5.330.957	2.132	3.000	-
16	19.463.781	7.786	3.000	4.786
17	4.971.664	1.989	3.000	-
18	13.052.318	5.221	3.000	2.221
19	20.167.559	8.067	3.000	5.067
20	7.884.525	3.154	3.000	154
21	4.277.515	1.711	3.000	-
22	12.363.052	4.945	3.000	1.945
23	19.463.810	7.786	3.000	4.786
24	7.898.309	3.159	3.000	159
25	11.734.351	4.694	3.000	1.694
26	16.632.525	6.653	3.000	3.653
27	13.167.612	5.267	3.000	2.267
28	13.203.819	5.282	3.000	2.282
29	18.003.831	7.202	3.000	4.202
30	19.893.531	7.957	3.000	4.957
Total	350.331.853	140.133	90.000	59.487
Monto \$/Sobre				2.500
Sobres sin costo mensuales por EESS				250

Fuente: Elaboración propia

Variables de decisión

Las variables de decisión, como se menciona con anterioridad, pueden ser manejadas por la Empresa y por consiguiente tiene la opción de elegir entre tres entidades bancarias para realizar el proceso de contratación del servicio de Transporte de Caudales para cada una de las EESS.

En función de lo detallado en el párrafo anterior, existirán 90 celdas que podrán variar en su valor con la ejecución de Solver. Es importante recordar que las celdas a modificar deben estar en la misma fila o columna, en forma contigua y que la cantidad máxima de celdas no puede ser superior a 150 celdas.

Para cada Estación de Servicio la definición de las variables, son excluyentes y no complementarias ya que no puede existir más de un banco asignado a cada Estación de Servicio pero es necesario que exista uno. Es decir que sólo una entidad bancaria será la seleccionada y por consiguiente una empresa de Transporte de Caudales para cada una de las EESS. Tal como se analizará en el detalle de las restricciones, dichas variables de decisión deben ser binarias.

Objetivo

El objetivo a asignar al modelo de PL será identificar la combinación de entidades bancarias que produzcan una minimización del costo total por el servicio de Transporte de Caudales.

Restricciones

Se enuncian a continuación, la totalidad de restricciones que operan sobre el modelo:

1. Las variables de decisión deben ser binarias ya que sólo podrán tomar el valor de 0 o 1. Dicha restricción se presenta a fin de que el cálculo de costo se realice con los valores que corresponde al Banco que está asignando el modelo.
2. No puede existir ningún punto de venta que no tenga asociado un servicio de recaudación (uno y sólo uno). La sumatoria de las variables de decisión binarias por cada punto de venta debe ser igual a uno. Dicha restricción es una de las utilizadas en casos de elección de proyectos alternativos. En dicha situación, se pueden presentar que sólo uno de los proyectos sea realizado, que por lo menos uno de los proyectos se realice o hacer un proyecto sólo si se realiza el otro. Para el caso de análisis se aplica la primera de las situaciones es decir que sólo se seleccionará un banco por lo que la restricción tendrá la siguiente expresión matemática: $Y1 + Y2 + Y3 = 1$
3. La sumatoria de la totalidad de las 90 variables de decisión binarias deberá ser igual al número total de EESS.
4. Por decisión Comercial, se define que el Banco Itaú debe tener asignadas como mínimo 4 EESS correspondientes a Capital y GBA. En función de dicha restricción, la sumatoria de las variables binarias correspondientes al Banco Itaú para las EESS de Capital y GBA deberá ser igual o superior a 4.
5. Debido a cuestiones operativas, las EESS 7,15 y 26 deben estar asignadas a la empresa de transporte Prosegur. La restricción está fundamentada en que los puntos de venta están ubicados geográficamente en zonas donde la otra empresa de transporte no tiene planta de procesamiento de valores.

3.10. Resultado del Modelo

Al ejecutar Solver se obtiene una solución de optimización del costo del transporte que asigna los bancos a las EESS de la siguiente forma:

- Banco Itaú: 4 EESS. Si bien el Banco presenta costos más altos en relación al Banco Río, el modelo incluye EESS debido a la restricción comercial impuesta. La selección está relacionada con EESS de grandes volúmenes de recaudación y la menor cantidad de viajes posibles ya que en comparación con el Banco Citi, el Itaú presenta una menor tarifa en el costo sobre el monto transportado.
- Banco Río: 9 EESS. Las EESS asignadas corresponden a puntos de ventas con el mayor volumen de recaudación ya que el costo sobre el monto transportado es menor que para el caso del Citi. Es importante mencionar que para el caso de la ES 15 sería conveniente económicamente su traslado al Citi, pero al igual que las EESS 7 y 16 forma parte de una restricción operativa.
- Banco Citi: 17 EESS. No existen restricciones relacionadas con dicha institución bancaria y debido a su menor costo por viaje en relación al resto de los bancos, aquellas EESS con mayor incidencia del costo del viaje son asignadas al Citi.

Cuadro VII: Resultado del modelo

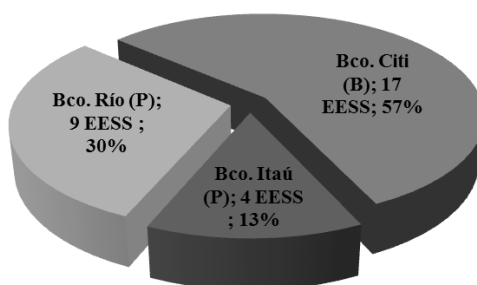
EESS				Datos										Objetivo	Variables de Decisión			
EESS	Capital y GBA	Interior	Rec. Días Hábles (\$)	Viajes Rec. Días Hábles (Q)	Rec. Días Feriados (\$)	Viajes Rec. Días Feriados (Q)	Cambio Días Hábles (\$)	Viajes Cambio Días Hábles (Q)	Cambio Días Feriados (\$)	Viajes Cambio Días Feriados (Q)	Sobres Excedentes (Q)	Costo (\$)	Bco. Itaú (P)	Bco. Río (P)	Bco. Citi (B)	Total Bco.		
1	1	0	9.761.775	98	597.660	6	147.000	98	9.000	6	1.144	126.760	0	0	1	1	Citi	
2	1	0	11.036.688	98	675.716	6	98.000	98	6.000	6	1.685	134.780	0	0	1	1	Citi	
3	0	1	9.889.461	98	605.477	6	107.400	98	7.000	6	1.198	127.393	0	0	1	1	Citi	
4	0	1	8.005.282	147	490.119	9	116.400	97	8.400	7	398	130.863	0	0	1	1	Citi	
5	0	1	19.443.372	98	1.190.411	6	147.000	98	9.000	6	5.254	184.484	0	1	0	1	Río	
6	0	1	10.551.584	98	646.015	6	196.000	98	12.000	6	1.479	132.123	0	0	1	1	Citi	
7	0	1	10.063.409	98	616.127	6	98.000	98	6.000	6	1.272	131.181	0	1	0	1	Río	
8	1	0	1.380.806	97	99.646	7	97.000	97	7.000	7	0	80.717	0	0	1	1	Citi	
9	1	0	2.733.617	98	167.364	6	98.000	98	6.000	6	0	87.469	0	0	1	1	Citi	
10	1	0	13.973.761	98	855.536	6	117.600	98	7.200	6	2.932	165.394	1	0	0	1	Itaú	
11	1	0	7.465.007	98	457.041	6	107.800	98	6.600	6	169	111.676	0	0	1	1	Citi	
12	1	0	9.999.370	99	606.022	6	98.000	49	8.000	4	1.242	115.023	1	0	0	1	Itaú	
13	1	0	17.770.627	98	1.087.998	6	147.000	98	9.000	6	4.543	175.015	0	1	0	1	Río	
14	1	0	2.499.757	98	153.046	6	98.000	98	6.000	6	0	86.305	0	0	1	1	Citi	
15	0	1	5.023.401	98	307.555	6	117.600	98	7.200	6	0	105.735	0	1	0	1	Río	
16	0	1	18.340.870	98	1.122.910	6	117.600	98	7.200	6	4.786	178.120	0	1	0	1	Río	
17	1	0	4.684.838	98	286.827	6	196.000	98	12.000	6	0	97.673	0	0	1	1	Citi	
18	1	0	12.306.471	99	745.847	6	148.500	99	9.000	6	2.221	156.216	1	0	0	1	Itaú	
19	0	1	19.004.046	98	1.163.513	6	107.800	98	6.600	6	5.067	181.833	0	1	0	1	Río	
20	1	0	7.429.648	98	454.876	6	147.000	98	9.000	6	154	111.642	0	0	1	1	Citi	
21	1	0	4.030.735	98	246.780	6	98.000	98	6.000	6	0	93.928	0	0	1	1	Citi	
22	1	0	11.649.799	98	713.253	6	76.500	98	1.500	6	1.945	151.058	1	0	0	1	Itaú	
23	1	0	18.340.898	98	1.122.912	6	98.000	98	6.000	6	4.786	178.038	0	1	0	1	Río	
24	1	0	7.442.637	98	455.672	6	117.600	98	7.200	6	159	111.580	0	0	1	1	Citi	
25	1	0	11.057.369	147	676.982	9	145.500	147	10.500	9	1.694	171.846	0	0	1	1	Citi	
26	0	1	15.672.956	98	959.569	6	117.600	98	7.200	6	3.653	163.018	0	1	0	1	Río	
27	0	1	12.407.942	147	759.670	9	97.000	97	7.000	7	2.267	159.304	0	0	1	1	Citi	
28	0	1	12.442.060	147	761.759	9	116.400	147	8.400	9	2.282	180.675	0	0	1	1	Citi	
29	1	0	16.965.149	147	1.038.683	9	107.000	147	7.400	9	4.202	209.945	0	0	1	1	Citi	
30	1	0	18.745.827	98	1.147.704	6	147.000	98	9.000	6	4.957	180.536	0	1	0	1	Río	
Total	19	11	330.119.163	3.186	20.212.689	196	3.628.300	3.036	228.400	190	59.487	4.220.330	4	9	17	30		
Restricciones																		
Operativa: las EESS 7, 15 y 26 deben estar asignadas a Proseguir.																		
Operativa: Cada EESS deben tener un banco asignado y el total de las variables de decisión debe ser igual a la cantidad de EESS																		
Comercial: como mínimo 4 EESS de Capital y GBA deben estar asignadas al Bco. Itaú																		
Modelo: las variables de decisión deben ser binarias																		

Fuente: Elaboración Propia

En función de los parámetros establecidos, el modelo arroja un costo mínimo de \$ 4.220.330. Observando el costo anual del servicio de Transporte de Caudales, queda en evidencia su significativa importancia y que por consiguiente requiere de una revisión y análisis permanente por parte de la empresa operadora de las EESS y en particular del Gerente de Tesorería.

La decisión final sobre los bancos a contratar y por consiguiente la empresa de Transporte de Caudales, es una función de la Tesorería y si bien el modelo arroja cuál sería la solución óptima, la herramienta es una ayuda al decisor y no la decisión por sí misma. Esto significa que al momento de decidir pueden entrar en consideración factores no cuantificables como por ejemplo afinidad con un banco por mantener una relación comercial de varios años.

Gráfico III: Distribución de Bancos a las Estaciones de Servicio.



Fuente: Elaboración propia

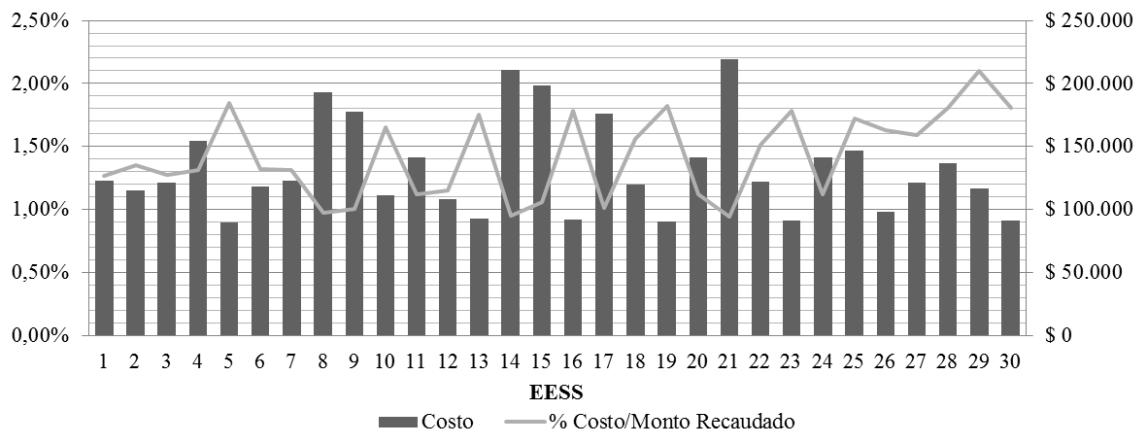
3.11. Utilización Actual de la Herramienta

Independientemente de la utilización del modelo para optimizar el costo del servicio de Transporte de Caudales, el mismo puede ser utilizado para las siguientes funciones:

- Control mensual de la facturación por parte de los bancos: la inclusión de la totalidad de los factores que influyen en el costo final de servicio, posibilitan realizar un rápido cálculo del mismo y poder cotejarlo con el monto facturado por los bancos a fin de detectar posibles inconsistencias.
- Seguimiento de los montos recaudados en efectivo: el monto recaudado es necesario para poder realizar un control del costo pero adicionalmente el modelo permite conocer el monto promedio recaudado por cada servicio. Dicho dato es de gran importancia desde el punto de vista de la seguridad ya que permite conocer el stock de efectivo que tiene cada ES antes de que el camión retire los fondos. Un aumento considerable del monto recaudado puede originar una modificación al cronograma de recaudación en el sentido de aumentar la cantidad de viajes.
- Incidencia del costo sobre el total recaudado: responde a un cociente que expresa la relación entre el total recaudado y el costo de tratamiento del efectivo. Dicho valor es de utilidad para comparar la eficiencia en relación a los costos de recaudación entre los diferentes medios de pagos habilitados. La recaudación en efectivo presenta para la Empresa un menor costo en comparación con tarjetas de crédito y/o débito pero es necesario realizar un seguimiento de su evolución.

- Medición de la evolución de la cantidad de sobres por cada EESS. La cantidad de sobres recontados depende del monto recaudado y del monto de las rendiciones. Su seguimiento no sólo es importante para controlar los costos sino también para conocer si existen desviaciones en relación al monto que los playeros y/o cajeros deben tener en su poder.

Gráfico IV: Incidencia del costo sobre el total recaudado.



Fuente: Elaboración propia.

3.12. Escenarios

La programación lineal requiere la hipótesis de constancia de los datos empleados. Dicha condición se puede mantener sólo en el corto plazo ya que los precios de los factores de producción y la tecnología cambian constantemente. Por ejemplo, las compañías de transporte y los bancos pueden generar variaciones de los costos actuales sobre los cuales se desarrolla el modelo.

A fin de evitar tener que confeccionar nuevamente el modelo, se utiliza el análisis ex-post o post-optimización lo cual permite validar si con los nuevos datos el modelo sigue siendo válido y que nuevo resultado arroja.

En función de dicha aclaración y considerando el proceso inflacionario que está teniendo nuestro país, el modelo permite una rápida adaptación a dicha variación sobre los costos totales medida en una variación en porcentaje sobre los costos actuales.

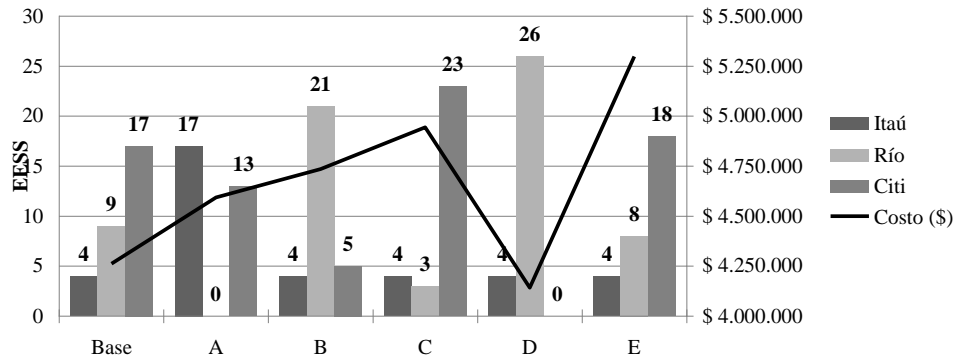
Cada escenario presenta determinados supuestos para el costo de los componentes del servicio de recaudación y por consiguiente arrojan diferentes resultados.

Al momento de efectuar un análisis de sensibilidad, cada alternativa es independiente de la otra por lo que si se calcula el impacto de una variación en el costo de los componentes del transporte, se supone que los restantes factores se mantienen constantes como por ejemplo el monto recaudado y/o viajes de recaudación.

A fin de ejemplificar el funcionamiento del modelo, se han planteado cinco escenarios con diferentes variaciones en porcentajes y bancos a fin de determinar el efecto de

dichas variaciones sobre los valores finales de Solver. Como puede observarse en el Gráfico V, pequeñas variaciones generan un costo diferente y modifican el esquema de distribución de bancos como así también de la empresa de Transporte de Caudales.

Gráfico V: Escenarios



Escenario	Variación sobre base		
	Itaú	Río	Citi
Base	0%	0%	0%
A	0%	10%	10%
B	5%	10%	15%
C	15%	20%	15%
D	0%	-5%	5%
E	20%	25%	25%

Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIÓN

La aplicabilidad de la investigación operativa y de la programación lineal a diferentes problemas del mundo real está demostrada por intermedio de numerosos análisis que han realizado los investigadores matemáticos.

El desarrollo del trabajo ha demostrado que sus conceptos teóricos y prácticos son totalmente aplicables a la decisión de la contratación de una empresa de Transporte de Caudales. No sólo permiten una optimización del costo sino que mediante la modelación es posible conocer en profundidad el proceso de recaudación de efectivo y su posterior traslado.

En la Argentina la utilización del efectivo como medio de pago continúa en porcentajes elevados en relación a otros medio de pago como tarjetas de crédito y/o débito. Es indudable que los adelantos tecnológicos y las diferentes normativas en pos de lograr una mayor bancarización de la economía, colaborarán en la reducción del dinero circulante. Sin embargo, el contexto actual requiere un proceso de recaudación seguro y ordenado del efectivo.

La situación de inseguridad a las que se enfrentan las EESS como así también a los crecientes costos operativos entre los cuales se incluye el Transporte de Caudales, ha generado una alerta en los propietarios de las bocas de expendio de combustible. Es por dicha situación, que una herramienta como la desarrollada, colabora en el proceso de decisión y gestión del negocio.

Descartada la posibilidad de realizar eficientemente el proceso de traslado del efectivo por parte de la misma empresa operadora de las EESS, la tercerización es una alternativa totalmente válida en una actividad donde la especialización en seguridad y el capital humano son un recurso indispensable. Ningún empresario pondría en discusión la funcionalidad de las empresas de Transporte de Caudales pero sí sus tarifas y proceso de contratación por lo que se considera que los conceptos desarrollados son totalmente aplicables al mundo real de los negocios.

La bibliografía existente sobre la investigación operativa es vasta y extensa por lo que el interesado podrá ampliar los conocimientos técnicos sobre el tema, pero se considera que a los fines prácticos de aplicabilidad se han desarrollado los conceptos necesarios.

Como punto final se puede mencionar que se ha demostrado que el manejo correcto de las matemáticas ayuda en la resolución de situaciones tan reales y palpables como puede ser el costo del traslado del efectivo. Concepto éste último, con el cual la población se relaciona diariamente a fin de poder realizar transacciones e intercambios de productos y/o servicios.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 5.1.** Héctor Mora Chamorro. **Manual del Vigilante de Seguridad.** Capítulos 10 y 11. España. Editorial Club Universitario. Tomo 1 2^{da}. Edición.
- 5.2.** Raúl Alberto Ércole y Coautores. **Métodos Cuantitativos para la Gestión.** Capítulos 1, 2, 3 y 4. Argentina. Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba. 2^{da} Edición. 2007
- 5.3.** Carlos M. Giménez y Coautores. **Decisiones en la Gestión de Costos para crear Valor.** Capítulo 16. Buenos Aires. Errepar. 1^{ra} Edición. 2006.
- 5.4.** Antonio Lavolpe. **La Gestión Presupuestaria.** Capítulo 3. Buenos Aires. Ediciones Macchi. Edición 2000.
- 5.5.** Xavier Olsina. **Gestión de Tesorería.** Capítulos 1 y 2. Profit Editorial. España. 2009
- 5.6.** Pedro F.J. Pavesi y Coautores. **La Decisión.** Capítulo 5. Argentina. Grupo Editorial Norma. Edición. 2004.
- 5.7.** Jesús Arreola Risa y Antonio Arreola Risa. **Programación Lineal. Una introducción a la toma de decisiones cuantitativa.** México. Editorial Thomson. 2003.
- 5.8.** Daniel Serra de La Figuera. **Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones.** Capítulos 1, 2 y 3. España. Ediciones Gestión 2000. Edición. 2004.
- 5.9.** Pablo Tanzer. **Logística Empresarial.** Capítulo 11. Argentina. Nueva Librería. Edición. 2010.

6. ANEXO

6.1. Modelo Matemático

Parámetros

MRDH_i: Monto de Recaudación en Días Hábiles en la estación i
VRDH_i: Viajes de Recaudación en Días Hábiles en la estación i
MRDF_i: Monto de Recaudación en Días Feriados en la estación i
VRDF_i: Viajes de Recaudación en Días Feriados en la estación i
MCDH_i: Monto de Cambio en Días Hábiles en la estación i
VCDH_i: Viajes de Cambio en Días Hábiles en la estación i
MCDF_i: Monto de Cambio en Días Feriados en la estación i
VCDF_i: Viajes de Cambio en Días Feriados en la estación i
SE_i: Sobres Excedentes en la estación i

IP: Bco. Itaú (Prosegur)

RP: Bco. Río (Prosegur)

CB: Bco. Citibank (Brink's)

AA: Costo de Recaudación en Días Hábiles IP (tasa sobre monto transportado)
AB: Costo de Recaudación en Días Hábiles RP (tasa sobre monto transportado)
AC: Costo de Recaudación en Días Hábiles CB (tasa sobre monto transportado)
AD: Costo de Recaudación en Días Hábiles IP (básico por viaje)
AE: Costo de Recaudación en Días Hábiles RP (básico por viaje)
AF: Costo de Recaudación en Días Hábiles CB (básico por viaje)
AG: Costo de Recaudación en Días Feriados IP (tasa sobre monto transportado)
AH: Costo de Recaudación en Días Feriados RP (tasa sobre monto transportado)
AI: Costo de Recaudación en Días Feriados CB (tasa sobre monto transportado)
AJ: Costo de Recaudación en Días Feriados IP (básico por viaje)
AK: Costo de Recaudación en Días Feriados RP (básico por viaje)
AL: Costo de Recaudación en Días Feriados CB (básico por viaje)
AM: Costo de Cambio en Días Hábiles IP (tasa sobre monto transportado)
AN: Costo de Cambio en Días Hábiles RP (tasa sobre monto transportado)
AÑ: Costo de Cambio en Días Hábiles CB (tasa sobre monto transportado)
AO: Costo de Cambio en Días Hábiles IP (básico por viaje)
AP: Costo de Cambio en Días Hábiles RP (básico por viaje)
AQ: Costo de Cambio en Días Hábiles CB (básico por viaje)
AR: Costo de Cambio en Días Feriados IP (tasa sobre monto transportado)
AS: Costo de Cambio en Días Feriados RP (tasa sobre monto transportado)
AT: Costo de Cambio en Días Feriados CB (tasa sobre monto transportado)
AU: Costo de Cambio en Días Feriados IP (básico por viaje)
AV: Costo de Cambio en Días Feriados RP (básico por viaje)
AW: Costo de Cambio en Días Feriados CB (básico por viaje)
AX: Costo de Sobres Excedentes IP
AY: Costo de Sobres Excedentes RP
AZ: Costo de Sobres Excedentes CB

Variables de decisión

A_i = 1, si se asigna el Bco. Itaú (Prosegur) a la estación i; 0, si no se le asigna.

B_i = 1, si se asigna el Bco. Río (Prosegur) a la estación i; 0, si no se le asigna.

C_i = 1, si se asigna el Bco. Citibank (Brink's) a la estación i; 0, si no se le asigna.

Modelo matemático (sin importe de tarifa)

Min Z =

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n A_i [(MRDH_i AA) + (VRDH_i AD) + (MRDF_i AG) + (VRDF_i AJ) \\ & + (MCDH_i AM) + (VCDH_i AO) + (MCDF_i AR) + (VCDF_i AU) + (SE_i AX)] + \\ & \sum_{i=1}^n B_i [(MRDH_i AB) + (VRDH_i AE) + (MRDF_i AH) + (VRDF_i AK) \\ & + (MCDH_i AN) + (VCDH_i AP) + (MCDF_i AS) + (VCDF_i AV) + (SE_i AY)] + \\ & \sum_{i=1}^n C_i [(MRDH_i AC) + (VRDH_i AF) + (MRDF_i AI) + (VRDF_i AL) \\ & + (MCDH_i A\tilde{N}) + (VCDH_i AQ) + (MCDF_i AT) + (VCDF_i AW) + (SE_i AZ)] \end{aligned}$$

Modelo matemático (con importe de tarifas)

Min Z =

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n A_i [(MRDH_i 0,412\%) + (VRDH_i 352,15) + (MRDF_i 0,616\%) + (VRDF_i 528,43) \\ & + (MCDH_i 0,412\%) + (VCDH_i 166,79) + (MCDF_i 0,616\%) + (VCDF_i 270,00) + (SE_i 3,73)] + \\ & \sum_{i=1}^n B_i [(MRDH_i 0,384\%) + (VRDH_i 327,29) + (MRDF_i 0,575\%) + (VRDF_i 490,93) \\ & + (MCDH_i 0,384\%) + (VCDH_i 155,02) + (MCDF_i 0,575\%) + (VCDF_i 175,40) + (SE_i 3,46)] + \\ & \sum_{i=1}^n C_i [(MRDH_i 0,456\%) + (VRDH_i 298,53) + (MRDF_i 0,683\%) + (VRDF_i 413,93) \\ & + (MCDH_i 0,456\%) + (VCDH_i 139,88) + (MCDF_i 0,683\%) + (VCDF_i 177,50) + (SE_i 3,54)] \end{aligned}$$

Restricciones

Modelo: las variables tienen que ser binarias.

$$A_i = (0,1) \quad i=1,\dots,n$$

$$B_i = (0,1) \quad i=1,\dots,n$$

$$C_i = (0,1) \quad i=1,\dots,n$$

Operativa: las EESS 7, 15 y 26 deben estar asignadas a Prosegur.

$$A_7 + B_7 + A_{15} + B_{15} + A_{26} + B_{26} = 3$$

Operativa: cada EESS deben tener un banco asignado y el total de las variables de decisión debe ser igual a la cantidad de EESS.

$$A_1 + B_1 + C_1 = 1$$

$$A_2 + B_2 + C_2 = 1$$

$$A_3 + B_3 + C_3 = 1$$

$$\dots + \dots + \dots = 1$$

$$A_n + B_n + C_n = 1$$

Comercial: como mínimo 4 EESS de Capital y GBA deben estar asignadas al Bco. Itaú.

$$A_1 + A_2 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13} + A_{14} + A_{17} + A_{18} + A_{20} + A_{21} + A_{22} + A_{23} + A_{24} + A_{25} + A_{29} + A_{30} \geq 4$$