

DISEÑO DE SISTEMA DE COSTEO ABC AL SERVICIO DE TRANSPORTE EN LA INDUSTRIA DE LA CARNE. PRIMERA PARTE: MODELADO DEL SISTEMA DE COSTEO

Rolón, Jazmín; Ascúa, Lucia; Rolón, Milagros; Tucci, Víctor y Rodríguez, M. Analía
Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
Lavaise 610 (3000) Santa Fe, Argentina
jazmin_rolon@live.com.ar

Área temática: Gestión Económica

RESUMEN

Los costos logísticos constituyen el núcleo en la administración de costos de las industrias de transporte. Seleccionar un método apropiado para evaluar y gestionar dichos costos, contribuye a la optimización de la cadena de suministros (CS), buscando mejorar la productividad y beneficios de este tipo de organizaciones.

Teniendo en cuenta que la industria de transporte de la carne opera con un nivel de competencia intensa, es de vital importancia conocer la conformación de sus costos y el impacto que tendrá en las decisiones de estructura y gestión en resultados económicos.

El presente trabajo propone un conjunto de ecuaciones que permiten cuantificar los costos logísticos dentro de la industria de la carne aplicando la técnica de costeo ABC (del inglés, *Activity Based Costing*). Esta técnica utiliza generadores de costos a fin de asignar el consumo de recursos (amortización de equipos, personal, materiales, entre otros) a las actividades. Por medio de la determinación de ecuaciones de cálculo, se pretende reflejar la variación en los costos logísticos frente a diversas decisiones operativas y de estructura.

Las actividades identificadas en la función de transporte dentro de la CS de la carne así como las ecuaciones propuestas en el marco del sistema de costeo ABC son validadas a través de un ejemplo numérico.

Como segunda parte del trabajo se propone el desarrollo de un programa informático sustentado en la metodología propuesta, sirviendo como herramienta no solo para obtener indicadores económicos sino también para poder evaluar diversos escenarios y alternativas.

Palabras claves: actividades, cadena de suministros, costos, ABC, logística.

ABSTRACT

Logistics costs constitute the core in costs administration of transportation industries. Selecting an appropriate method to assess and manage those costs contributes to the supply chain (SC) optimization and improves the organizations productivity and profits.

Considering that the meat transportation industry operates under an intense competition level, knowing the costs structure as well as their impact on the management decisions and economic performance is vital to the company.

A set of equations for the meat transportation costs is proposed in the present paper. The approach is based on the Activity Based Costing (ABC) technique. This method considers the cost drivers to assign the resources (equipment amortization, personnel, material consumption, among others) to the activities. The designed equations aim at reflecting the logistics costs changes when different activity operation levels are considered.

Identified activities as well as proposed equations for the transportation function in the meat industry SC are validated through a numerical example.

As a second part of this work, a computer program is developed. This tool is not only useful to generate economic indicators but also to assess various scenarios and operating alternatives.

Keywords: activities, supply chain, costs, ABC, logistics

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El estudio de costos en el contexto de las cadenas de suministros resulta un tema de interés dada la importancia de éstos en el diseño de estrategias de distribución y sistemas de transporte, entre otras cuestiones [1].

Son múltiples los enfoques con los que se aborda la problemática de costos. Por un lado, existen trabajos que realizan un análisis de costos a fin de brindar datos específicos de determinadas industrias. Tal es el caso del trabajo desarrollado por Tahuanainen y Anttila [2] en el que se determinan los costos para el transporte de larga distancia de madera en Finlandia, los cuales son determinantes en la producción de energía a partir de recursos forestales. Por su parte, Gonzales et al. [3] proveen un análisis de costos de transporte que sirve de base para el diseño y administración de cadenas de suministros de biocombustibles. Se utilizan indicadores de análisis de regresión a fin de determinar el impacto de las distancias de transporte, el volumen enviado, el modo de transporte y el destino del envío en el costo de transporte.

Por otro lado, Ozbay et al. [4] proponen un método de costeo completo marginal alternativo para la estimación de costos de transporte. La metodología propuesta permite evaluar diferentes políticas y cambios operacionales en las redes de transporte. El diseño de la cadena de suministros considerando descuento en los costos de transporte es abordado por Tsao y Lu [5]. Este trabajo analiza dos tipos de descuentos en el transporte simultáneamente. Se incluyen por un lado, descuentos por cantidad para los viajes de ida y descuentos por distancia para los viajes de regreso, y se analizan cómo afectan las decisiones de la cadena de suministros así como los costos totales. La técnica de costeo ABC surge como contrapartida a los sistemas tradicionales de contabilidad de costos, los cuales quedaron ineficientes frente a las nuevas exigencias del mercado, como la creciente competencia, el incremento de la calidad del servicio y del producto, entre otros; que obligaron a las organizaciones a gestionar de manera más precisa los costos para contar con información confiable para la toma de decisiones. [6]

Dentro de sus características, se destacan:

- Los productos no son los que consumen costos sino las actividades, por lo tanto estas últimas son las que realmente consumen los recursos utilizados en la empresa.
- La gestión de costos se centra principalmente en las actividades que los originan, por lo cual la gestión óptima de las actividades producirá una reducción de costos.
- Se asume que existe una relación causa-efecto entre las actividades y los productos o servicios, de modo que cuanto mayor sea el consumo de actividades, mayor será la imputación de costos.
- Se tiene una mayor objetividad a la hora de asignar costos. Si se conoce el costo de cada actividad, la imputación al producto o servicio será en función de las actividades que haya producido o consumido.

Existen dos elementos claves que se requieren en el desarrollo de modelos de costeo. Por un lado se debe definir el objeto de costo, el cual se refiere a la entidad respecto a la que interesa conocer el costo, y por ello es objeto de medición y de asignación de los mismos. Puede ser un producto, un departamento de la empresa, un servicio, etc. Por otro lado, el sistema de costeo ABC requiere específicamente la elección de los inductores de costos (*cost driver*), los que establecen causa-efecto entre los objetos de costos y las actividades y entre éstas últimas y los centros, y constituyen los criterios para asignar costos.

Los sistemas de costeo ABC se han empleado con éxito en numerosos contextos de servicios e industriales y demuestran un creciente interés tanto en el ámbito privado como en el científico. Para lograr competitividad, la gestión de cadenas de suministros requiere datos de costos precisos respecto a las actividades y los procesos de las compañías [7]. En el caso de Gupta y Galloway [8], se discute sobre cómo los sistemas de costeo ABC pueden soportar efectivamente la toma de decisiones en la gestión de operaciones. Concluyen en que los sistemas de costeo tradicional que asignan los costos fijos sobre la base de un inductor único son imprecisos en estos contextos ya que pueden sobrevalorar ciertos productos y subestimar otros. En la misma línea, Schulze et al. [9] explican que las herramientas de costos contables tradicionales no son apropiadas en el contexto de la gestión de cadenas de suministros y proponen un marco conceptual para el costeo por actividades en una cadena de suministros.

Por su parte, Liu y Pan [10] implementan un sistema de costeo ABC en una compañía manufacturera china. Examinan los factores claves que permiten llevar con éxito la implementación considerando los aspectos organizacionales y culturales. Otro caso de aplicación es presentado por Baykasoglu y Kaplanoglu [11] en una empresa de transporte de tierra de Turquía. Se compara además la

efectividad de este sistema en el contexto productivo analizado en relación a los sistemas de costeo tradicionales.

2. DISEÑO DEL MODELO DE COSTEO ABC

En primera instancia, el objetivo buscado por la metodología ABC es calcular el costo de las actividades primarias, por medio de la utilización de recursos propios de dicha actividad y del consumo de actividades secundarias. Una vez obtenidos dichos resultados, se distribuye el costo de las actividades primarias a los productos finales. En este caso existe un solo objeto de costos que está dado por el servicio de transporte medido en toneladas transportadas y kilómetros totales recorridos.

El análisis comienza con el desarrollo de ecuaciones de costos de actividades secundarias para luego poder asignárselas a las primarias. En la sección Nomenclatura se detallan los elementos y símbolos usados en las ecuaciones. Las actividades son enumeradas desde 1 hasta 15, esto se indica con el número antes del nombre de la misma.

Como se expresa en el resumen, el diseño propuesto puede ser analizado en un software, el cual es explicado en detalle como segunda parte del trabajo. El mismo se basa en el modelo iterativo incremental, cuyo objetivo es utilizar las ecuaciones desarrolladas a continuación para evaluar diversos escenarios y permitir de este modo obtener indicadores y/o resultados.[12]

3. IDENTIFICACIÓN DE COSTOS

Las actividades utilizan diferentes recursos, cuyo costo es clasificado en fijo o variable en función de su comportamiento respecto al volumen de actividad.

En este caso, los costos variables son aquellos que en su cuantía varían según los kilómetros recorridos. Los mismos se detallan a continuación:

- *Comisión por kilómetro para el personal de conducción:* se considera según la convención colectiva 40/89 para el conductor categoría de primera, un porcentaje según la cantidad de kilómetros recorridos.
- *Combustible:* su consumo depende en mayor o menor medida del tipo de material rodante y el tipo de combustible utilizado, también de la condiciones de circulación, antigüedad y mantenimiento de la unidad.
- *Amortización de las cubiertas:* las mismas se desgastan según su uso, y su cantidad depende del tipo de camión.

Por su parte, los costos fijos son aquellos que su cuantía total permanece constante al modificarse los kilómetros recorridos dentro cierto rango de operación (capacidad), y se miden en pesos por mes, dentro de los cuales se analizan los siguientes:

- *Mano de obra del personal de conducción:* los conductores reciben una remuneración fija por mes y su monto responde a "categoría de primera" a larga distancia.
- *Mano de obra de mantenimiento y carga/descarga:* refiere al personal destinado a realizar las diversas tareas de mantenimiento del camión y realizar la carga y descarga del mismo, junto con la actividad de picking. Estos reciben una remuneración fija mensual y alternan su tiempo en realizar dichas actividades.
- *Mano de obra del personal administrativo:* estos reciben un monto fijo por mes en concepto de tareas administrativas.
- *Amortización de los camiones:* refiere al desgaste de los vehículos de transporte cuya vida útil se mide según un determinado período de tiempo.
- *Insumos de limpieza y otros recursos fijos:* son aquellos recursos que hacen al buen funcionamiento de todas las actividades; los mismos se amortizan según su tiempo de uso, dentro de los cuales se encuentran el aparato cuentakilómetros, el equipo de frío, rampas, cuerda, bastón, malla, rieles, gancheras, vestimenta adecuada de los operarios (delantal, gorro y calzado), baldes, cepillos, escobas y demás accesorios, consumo de lavandina, agua y desinfectantes, entre otros.
- *Insumos para despacho:* corresponde a los recursos utilizados para el armado de pedidos en lo que respecta a material de embalaje y papel para etiquetado.
- *Amortización de máquinas de despacho:* representa el desgaste de aquellas máquinas utilizadas para el armado de pedidos.

- *Repuestos*: se refiere a los repuestos que deben cambiarse cada vez que se realizan las actividades de mantenimiento.
- *Cambio de aceite y filtro*: esto depende del tipo de camión utilizado, generalmente se revisan a partir de los 150.000 km.
- *Servicio de habilitación por SENASA*: representa un costo anual por camión de carácter obligatorio.
- *Revisión técnica vehicular (RTV) y seguros*: la RTV se lleva a cabo una vez al año por cada camión que se disponga. Representa un costo fijo anual por camión. Tiene como finalidad fundamental detectar anomalías que afecten el correcto funcionamiento de los mecanismos del vehículo, cumpliendo con la normativa técnica que los afecta. Además también se considera el costo mensual de todos los seguros, por camión.
- *Amortización del inmueble*: refiere al espacio físico destinado para el desarrollo de las actividades de mantenimiento, carga y descarga del camión y las tareas administrativas que se realizan. El mismo es amortizado en tiempo de uso.
- *Consumo de energía eléctrica*: representa un costo fijo por mes referido al servicio para iluminación del área donde se realizan las actividades de mantenimiento, carga y descarga de los vehículos y tareas administrativas.

4. IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES POR ÁREAS

Se identifica un total de 15 actividades que pueden gestionarse dentro del servicio, las mismas se agrupan por área de trabajo.

Área de traslado

- *Trasladar producto de un eslabón de la cadena a otro.*

Área de carga y descarga de productos

- *Cargar producto al camión*
- *Descargar producto desde el camión*
- *Armado de pedidos (Picking)*

Área de mantenimiento

- *Acondicionamiento exterior del vehículo*
- *Acondicionamiento interior del vehículo*
- *Revisión de chasis, motor y transmisión*
- *Mantenimiento de frenos*
- *Comprobación de iluminación*
- *Revisión de ejes y suspensión*
- *Limpieza del vehículo.*
- *Revisión técnica vehicular*

Área administrativa

- *Tomar pedidos*
- *Confeccionar remitos*
- *Planificar ruta*

4.1 Actividades Secundarias

Las actividades secundarias en este caso están conformadas por la actividad Armado de pedido, dentro del sector de carga y descarga; y todas las actividades realizadas dentro de las áreas de mantenimiento y administrativa. El cálculo del costo de estas actividades es primero determinado a fin de luego incluir estos costos entre las actividades primarias que las consumen.

(1) Armado de pedidos

La estructura de costos está formada por el costo de la mano de obra a cargo de la tarea, el espacio utilizado para llevarla a cabo, la energía eléctrica consumida para iluminación y los recursos utilizados (pallets, sistemas de transporte, cinta de embalaje, etc.).

Además se considera el nivel mensual del inductor elegido NA₁, tratándose del número de pedidos realizados en el mismo, para obtener finalmente el costo unitario de la actividad ($\$/\text{número de pedidos}$).

$$C_{UNIT_1} = \frac{C_{MO_1} + C_{EF_1} + C_{EE_1} + C_{RU_1}}{NA_1} \quad (1)$$

Donde cada uno de los términos de la Eq. (1) se detallan a continuación:

Costo de mano de obra: se considera la remuneración mensual de los trabajadores k destinados al armado de pedidos, teniendo en cuenta la fracción del tiempo que destinan para tal fin.

$$C_{MO_1} = \sum_1^k Rf_k * \Omega_{k1} \quad (1.1)$$

Costo del espacio físico: tiene en cuenta la amortización mensual de la proporción de espacio físico (e_1) que se destina a dicha actividad, el cual viene dado por la relación del valor económico de la estructura (P_{EF}) y la vida útil de la misma (D_{ESTRC}), en meses.

$$C_{EF_1} = \frac{P_{EF}}{D_{ESTRC}} \cdot e_1 \quad (1.2)$$

Costo de energía eléctrica: está dado por el consumo de energía eléctrica en el espacio físico donde se ilumina. Se está asumiendo que la iluminación es homogénea en todo el recinto.

$$C_{EE_1} = C_{EE} \cdot e_1 \quad (1.3)$$

Costo de los recursos utilizados: se enmarcan dentro de estos recursos todas aquellas herramientas o maquinarias que fueran necesarias para la realización de la actividad. Para calcular su costo se tiene en cuenta su precio de compra y su vida útil en meses.

$$C_{RU_1} = \sum_{r=1}^r \frac{P_{Rec_r}}{D_{rec_r}} \quad (1.4)$$

La ecuación (2) describe el costo unitario por inductor de las siguientes actividades de mantenimiento:

- (2) Acondicionamiento exterior del vehículo
- (3) Acondicionamiento interior del vehículo
- (4) Revisión de chasis, motor y transmisión
- (5) Mantenimiento de frenos
- (6) Comprobación de iluminación
- (7) Revisión de ejes y suspensión
- (8) Limpieza del vehículo

Dado que las variables que conforman el costo de estas actividades son las mismas y solo se distinguen en cuanto a la medida de cada una de ellas, es posible sintetizar el costo de estas actividades en una única ecuación tal como se expresa en la Eq (2). Los recursos que conforman el costo de estas actividades están dados por: mano de obra, espacio físico, energía eléctrica, otros recursos utilizados y repuestos.

Los inductores elegidos para cada actividad son distintos. Para el caso de las actividades de acondicionamiento (exterior e interior) se toma como inductor el número de veces que se realiza cada acondicionamiento respectivamente en un año; y a partir de allí se obtiene un promedio mensual. Para las actividades revisión de chasis, motor y transmisión, mantenimiento de freno y revisión de ejes y suspensión se considera conveniente que el inductor sea la distancia recorrida total en el período de un mes, medida en kilómetros. En la actividad comprobación de iluminación se tiene en cuenta como inductor el número de veces que esta actividad es efectuada mensualmente. Y finalmente, para la actividad de limpieza se considera como inductor mensual el número de viajes totales.

$$C_{UNIT_a} = \frac{C_{MO_a} + C_{EF_a} + C_{EE_a} + C_{RU_a} + C_{RS_a}}{NA_a} \quad ; \forall a \in \{2, \dots, 8\} \quad (2)$$

Costo de mano de obra: se constituye por una porción de la remuneración de cada personal de mantenimiento k, en función del tiempo que cada uno emplea en la realización de la actividad a sobre el total de tiempo que lleva su jornada, lo cual está representado con el parámetro Ω_{ka} .

$$C_{MO_a} = \sum_1^k Rf_k * \Omega_{ka} \quad ; \forall a \in \{2, \dots, 8\} \quad (2.1)$$

Costo de la estructura física: se trata de la amortización de la parte de estructura física que se destina a cada actividad de mantenimiento en función del espacio que se ocupa para ejecutar la tarea e_a .

$$C_{EF_a} = \frac{P_{EF}}{D_{ESTRC}} \cdot e_a \quad ; \forall a \in \{2, \dots, 8\} \quad (2.2)$$

Costo del consumo de energía eléctrica: es la porción del costo de energía eléctrica que incurre cada una de las actividades en concepto del espacio físico que ocupa cada una de ellas y por tanto, la iluminación necesaria.

$$C_{EE_a} = C_{EE} \cdot e_a \quad ; \forall a \in \{2, \dots, 8\} \quad (2.3)$$

Costo de los recursos utilizados: se trata del costo de las máquinas y herramientas r que se utilizan para llevar a cabo las operaciones pertinentes. Estas se amortizan en función de su vida útil dada por el transcurso del tiempo, medido en meses.

$$C_{RU_a} = \sum_{r=1}^r \frac{P_{Recr}}{D_{recr}} \quad ; \forall a \in \{2, \dots, 8\} \quad (2.4)$$

Costo de los repuestos cambiados: es el costo de aquellos repuestos de cada camión que requieren ser cambiados cada cierto período tiempo teniendo en cuenta su mantenimiento preventivo. Se trata de distintos repuestos según la actividad que se considere y son amortizados según la vida útil de los mismos medida en meses.

$$C_{RS_a} = \sum_{p=1}^p \frac{P_{adqpa}}{D_{repp}} \quad ; \forall a \in \{2, \dots, 8\} \quad (2.5)$$

La actividad 9 refiere a la revisión técnica vehicular la cual constituye una actividad tercerizada por la que se paga un canon anual por camión i . A fin de mensualizar este monto se divide por la cantidad de meses por año y luego por el inductor escogido (cantidad de kilómetros recorridos en el mes) como se detalla en la Eq. (3).

$$C_{UNIT_9} = \frac{\sum_{i=1}^i P_{RTVi}}{12 * NA_9} \quad (3)$$

La ecuación (4), que se detalla a continuación, describe el costo unitario por inductor de las siguientes actividades involucradas en el área administrativa.

(10) Tomar pedidos

(11) Confeccionar remitos

(12) Planificar ruta

Al igual que el sector mantenimiento, las variables que conforman el costo de estas actividades son las mismas y solo se distinguen en cuanto a la medida de cada una de ellas, por lo tanto es posible sintetizar su costo en una única ecuación tal como se expresa en la Eq (4). Los recursos consumidos son: mano de obra, espacio físico, energía eléctrica y otros como computadoras, papeles, muebles, teléfonos, impresoras, etc.

Los inductores elegidos para estas actividades son, en el caso de tomar pedidos, el número de pedidos tomados en el mes; para la actividad confeccionar remitos, el número de remitos confeccionados en el mes; y para planificar la ruta, la cantidad de viajes realizados en el mes.

$$C_{UNIT_a} = \frac{C_{MO_a} + C_{EF_a} + C_{EE_a} + C_{RU_a}}{NA_a} \quad ; \forall a \in \{10, \dots, 12\} \quad (4)$$

Los términos de la Ec. (4) pueden desagregarse como se muestra a continuación.

Costo de mano de obra: se constituye por una porción de la remuneración de cada trabajador k , en función del tiempo que cada uno emplea en la realización de la actividad a sobre el total de tiempo que lleva su jornada, lo cual está representado con el parámetro Ω_{ka} .

$$C_{MO_a} = \sum_1^k Rf_k * \Omega_{ka} \quad ; \quad \forall a \in \{10, \dots, 12\} \quad (4.1)$$

Costo de la estructura física: se trata de la amortización de la parte de estructura física que se destina a cada actividad administrativa en función del espacio que se ocupa para ejecutar la tarea e_a .

$$C_{EF_a} = \frac{P_{EF}}{D_{ESTRC}} * e_a \quad ; \quad \forall a \in \{10, \dots, 12\} \quad (4.2)$$

Costo del consumo de energía eléctrica: es la porción del costo de energía eléctrica que incurre cada una de las actividades en concepto del espacio físico que ocupa cada una de ellas y por tanto, la iluminación necesaria.

$$C_{EE_a} = C_{EE} * e_a \quad ; \quad \forall a \in \{10, \dots, 12\} \quad (4.3)$$

Costo de los recursos utilizados: se trata del costo de los elementos utilizados como computadoras, impresoras, muebles, entre otros. Estas se amortizan en función del tiempo de utilización.

$$C_{RU_a} = \sum_{r=1}^r \frac{P_{Recr}}{D_{recr}} \quad ; \quad \forall a \in \{10, \dots, 12\} \quad (4.4)$$

4.2. Actividades primarias

(13) Trasladar producto

El costo de esta actividad se conforma por los recursos que consume, tanto fijos como variables que a continuación se desagregan, y el aporte que reciben de las actividades secundarias que consume. El inductor seleccionado, está medido en kilómetros recorridos por mes como se detalla en la Eq. (5).

$$C_{UNIT_{13}} = C_{MO_{13}} + C_{CAM_{13}} + C_{COMB_{13}} + C_{CUB_{13}} + C_{AC Y FILT_{13}} + C_{SEC_{13}} \quad (5)$$

Costo de mano de obra: este costo se conforma, por el aporte de la remuneración fija por kilómetro recorrido, y por la comisión por kilómetro recorrido, para todos los conductores j , la cual es multiplicada por la cantidad de km recorridos por cada conductor respectivamente. A fin de obtener el costo unitario de la actividad, se hace necesario dividir por NA_{13} para llegar al nivel unitario de la actividad.

$$C_{MO_{13}} = \frac{\sum_{j=1}^j Sf_j + \sum_{j=1}^j Com_j * d_j}{NA_{13}} \quad (5.1)$$

Costo de los camiones: este costo se compone por la amortización de los camiones, los seguros mensuales correspondientes y la habilitación SENASA de los mismos. Todos estos costos mensuales se dividen por los kilómetros que se recorren en el mes (NA_{13}).

$$C_{CAM_{13}} = \frac{\sum_{i=1}^i \left[\frac{Padq_i}{D_{cam_i}} + \sum_{s=1}^s Seg_{si} + \frac{P_{SEN_i}}{12} \right]}{NA_{13}} \quad (5.2)$$

Costo del combustible: se determina multiplicando el precio del combustible utilizado por el consumo de combustible en litros por kilómetro. Este costo se suma para cada camión y se divide por la cantidad de camiones a fin de determinar el costo promedio.

$$C_{COMB_{13}} = \frac{\sum_{i=1}^i P_{comb_i} * \omega_i}{CAM} \quad (5.3)$$

Costo del cambio de cubiertas: considera el cambio de cubiertas de los camiones considerando la cantidad de cubiertas requeridas por cada camión i y su respectivo costo. Este valor es dividido por la distancia máxima (en km) que puede realizarse antes de requerir un cambio de cubiertas. Al igual que en caso anterior, se realiza la sumatoria para todos los camiones que maneja la empresa y se divide por la cantidad de camiones a fin de determinar el valor promedio por camión.

$$C_{CUB_{13}} = \frac{\sum_{i=1}^i \left(\frac{C_i + P_{cub_i}}{d_{m\acute{a}x_i}} \right)}{CAM} \quad (5.4)$$

Costo de cambio de aceite y filtro: tiene en cuenta el cambio de aceite y filtro para los camiones; costo que es dividido por los kilómetros máximos que se pueden recorrer hasta que se requiere un cambio de aceite y filtro. Nuevamente se determina el costo por camión dividiendo por el número de camiones considerados.

$$C_{AC Y FILT_{13}} = \frac{\sum_{i=1}^i \left(\frac{C_{AC_i} + C_{FILT_i}}{d_{m\acute{a}x_i}} \right)}{CAM} \quad (5.5)$$

Costo de la contribución de las actividades secundarias: se trata del aporte de las actividades secundarias al costo de las actividades primarias. Es decir a cada actividad primaria se le asigna una parte del costo de las actividades secundarias que consume.

Con respecto a la actividad de traslado, la misma recibe la contribución total de los costos de las actividades de mantenimiento (a excepción de limpieza), y parcialmente los costos de la actividad armado de pedido y las actividades del sector administrativo.

El parámetro μ_{a13} representa un factor de conversión, que permite relacionar el inductor de las actividades secundarias a con el de la actividad primaria 13, considerando que este último debe estar en \$/km; y el parámetro ϵ_{a13} el porcentaje de asignación de las actividades secundarias a la actividad primaria 13.

$$C_{SEC_{13}} = \sum_{a=1}^{12} C_{UNIT_a} * \mu_{a13} * \epsilon_{a13} \quad (5.6)$$

Donde:

$$\mu_{a13} = \frac{NA_a}{NA_{13}} \quad \forall a \in \{1, \dots, 12\} \quad (5.7)$$

Las restantes actividades primarias son las siguientes:

(14) cargar producto al camión

(15) descargar el producto del camión

Los costos que se incurren en la realización de estas actividades lo constituyen la mano de obra por parte del personal que se destina a tales tareas, la energía eléctrica que se consume en concepto de iluminación donde se realizan estas actividades, la amortización del espacio físico de estos lugares y finalmente, el aporte que se recibe de las actividades secundarias relacionadas con estas actividades. Para esto último, el aporte que reciban del costo de las actividades secundarias, tanto del área administrativa como de la actividad armado de pedido, es de forma parcial según la contribución correspondiente de cada una de ellas ($\epsilon_{a14,15}$).

Para la actividad de cargar el producto, el inductor considera la cantidad de viajes realizados en el mes; y en cuanto a descargar los productos, consiste en los pedidos transportados por viaje.

$$C_{UNIT_a} = \frac{C_{MO_a} + C_{EF_a} + C_{EE_a} + C_{RU_a}}{NA_a} + C_{SEC_a}; \forall a \in \{14, 15\} \quad (6)$$

La desagregación de cada uno de los componentes del costo es análoga a la realizada en las actividades anteriores.

El costo unitario del servicio de transporte se calcula como la suma del costo de las actividades primarias involucradas, cuya unidad es \$/km recorrido.

$$C_{UNIT.ACT.} = \sum_{a=1}^a C_{UNIT_a} * \frac{NA_a}{NA_{13}}; \quad \forall a \in \{13, \dots, 15\} \quad (7)$$

4.3. Cálculo del objeto de costos ton-kilómetro transportado

Finalmente, con el fin de obtener un costo por tonelada-kilómetro transportado, se realiza la consideración de que la capacidad a la cual se encuentra el camión durante el traslado es la máxima ($Q_{m\acute{a}x}$). Por lo tanto el costo por tonelada-kilómetro transportado se calcula como sigue:

$$C_{\text{TON-KM}} = \frac{C_{\text{UNIT.ACT.}}}{Q_{\text{máx}}} \quad (8)$$

5. EJEMPLO PRÁCTICO PARA LA EVALUACIÓN DE INDICADORES.

5.1 Cálculo de costos de las actividades

A continuación se plantea el caso de estudio de una empresa de transporte de hacienda en pie, con el objetivo de poner en práctica las ecuaciones estudiadas para el cálculo de la tonelada transportada por kilómetro.

La empresa cuenta con 4 conductores, cada uno asignado a un camión jaula simple con capacidad de 25 (tn). Realizan en promedio 48240 km. El ejemplo es resuelto en una planilla de Excel, la cual tiene un registro de datos, el procesamiento de los mismos mediante la utilización de las ecuaciones y la obtención de resultados.

Algunos de los datos más relevantes se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 1. Costos fijos en mano de obra.

Sueldos			
Remuneraciones por sector	Cantidad	Totalidad de pago	
Personal de mantenimiento	4	40000	\$/mes
Personal administrativo	2	18000	\$/mes
Conductores	4	80000	\$/mes
Personal de carga y descarga	2	40000	\$/mes

Tabla nº2. Datos de costos de repuestos

Costo de repuestos utilizados en sector mantenimiento			
Repuestos	Costo unitario	Cantidades	Vida útil en meses
Filtros	200 \$/u	17	2
Motor	10000 \$/u	1	36
Batería	2600 \$/u	4	36
Pintura	80 \$/lt	150	12
Cubierta auxiliar	8700 \$/u	4	36

A partir de los datos anteriores, el primer indicador que se muestra es el costo de las actividades secundarias (Tabla 3).

Tabla 3. Costos unitarios y mensuales de las actividades secundarias.

Costos unitarios y mensuales de las actividades secundarias			
Actividades secundarias	Costo unitario		Costo Mensual
Armado de pedidos (Picking)	14,29	\$/pedido	16288,00 \$/mes
Acondicionamiento exterior del vehículo	467,12	\$/acondicionamiento	7473,88 \$/mes
Acondicionamiento interior del vehículo	195,38	\$/acondicionamiento	6252,00 \$/mes
Revisión de chasis, motor y transmisión	0,11	\$/km	5452,33 \$/mes
Mantenimiento de frenos	0,20	\$/km	9458,67 \$/mes
Comprobación de iluminación	43,19	\$/comprobación	3454,85 \$/mes
Revisión de ejes y suspensión	0,09	\$/km	4257,00 \$/mes
Limpieza del vehículo	137,00	\$/viaje	20549,67 \$/mes
RVT	0,03	\$/km	1600,00 \$/mes
Tomar pedidos	2,95	\$/pedido	3368,17 \$/mes
Confeccionar remitos	5,64	\$/pedido	6428,17 \$/mes
Planificar ruta	62,65	\$/viaje	9398,17 \$/mes

Como se puede observar, las actividades de armado de pedidos y limpieza resultan ser las que incurren en mayores costos mensuales dentro de las actividades secundarias. El mayor aporte es

debido a los costos de mano de obra, en el caso de armado de pedidos existe personal exclusivo que dedica todo su tiempo a la realización de esta actividad, y para la limpieza de vehículos es la actividad de mantenimiento que mayor tiempo requiere por parte del personal de área, llevándose así el mayor porcentaje del costo.

El costo de las actividades primarias es reportado en la Figura 1, la que a su vez permite visualizar en qué proporción cada actividad primaria aporta al costo unitario calculado. Para el análisis, los costos se llevaron a la misma base de inductor de la actividad de traslado (kilómetros recorridos) para poder realizar un balance de las tres actividades, por medio de una comparación porcentual.

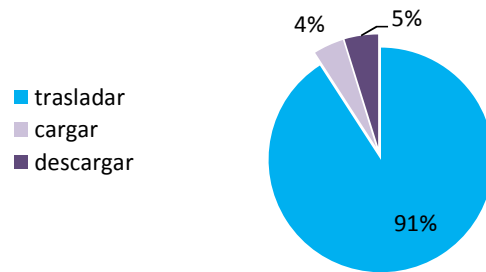


Figura 1. Costo de las actividades primarias.

5.2 Cálculo del costo del objeto de costos y rentabilidad.

En esta sección se analizan dos escenarios distintos considerando por un lado que se realizan viajes cortos¹ y por el otro, viajes largos; en ambos casos a 8 destinos diferentes.

Para cada situación se contempla que las variables como la velocidad promedio de viaje, las horas de mano de obra disponible, el tiempo de viaje, los kilómetros a cada destino, tiempos muertos de carga y descarga, entre otros, son idénticos a fin de analizar los indicadores costo unitario y rentabilidad en ambos escenarios. Con estos datos y las distancias asumidas para cada escenario, se determina la cantidad de viajes mensuales que pueden realizar los conductores y por lo tanto las distancias recorridas por los mismos.

A partir de lo anterior se calcula el costo unitario del objeto de costos y la rentabilidad para las distancias obtenidas en cada escenario. Esto se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Costo Unitario y rentabilidad

	Viajes Largos		Viajes Cortos	
Kilómetros mensuales	20096,59	km/mes	17171	km/mes
Viajes mensuales	28	viajes/mes	48	viajes/mes
Costo unitario	20,39	\$/km	22,66	\$/km
Rentabilidad	13	%	1,5	%

Lo anterior permite concluir que al realizar viajes cortos, la máxima cantidad de kilómetros mensuales posibles de realizar por los conductores es menor que para viajes largos, aun cuando el tiempo de mano de obra disponible en ambos casos es la misma.

Esto se debe a que los tiempos individuales de carga y descarga no varían de un escenario a otro, por lo cual su influencia es mayor en viajes cortos.

También se visualiza que la rentabilidad resulta mayor al realizar viajes largos, lo cual puede resultar útil para la toma de decisiones en cuanto a las políticas de fijación de precios.

6. CONCLUSIONES

La técnica de costeo basada en actividades, establece una relación causal entre los costos y las actividades que se llevan a cabo en la organización. En el caso de la CS vacuna, la posibilidad de conocer el costo de las actividades involucradas permite evaluar cómo éstas influyen en el costo del servicio. A su vez, diferentes políticas operativas pueden ser comparadas a fin de conocer el impacto

¹ Se consideran viajes cortos cuando se trata de menos de 250 [km].

de estas decisiones en los costos totales así como en la rentabilidad de la empresa y evaluar qué actividades fluctúan más frente a estas decisiones.

Un aspecto a destacar del trabajo propuesto consiste en la generalidad de las ecuaciones para el cálculo de las actividades planteadas lo cual permite su uso extendido para otras funciones de transporte dentro de la cadena de suministros vacuna. Resulta claro que a fin de implementar fácilmente las ecuaciones propuestas, es preciso desarrollar un sistema informático capaz de tomar los datos de entrada, procesar las ecuaciones y brindar los resultados de un modo amigable. Con este fin se plantea la segunda parte de este trabajo [12].

NOMENCLATURA

Conjuntos

i : camiones.

j : conductores.

s : seguros pagados.

r : recursos fijos utilizados

p : repuestos utilizados.

a : actividad.

k : personal de administración y mantenimiento.

Parámetros

C_i = cantidad de cubiertas del camión i

CAM = cantidad de camiones de la empresa.

$Drec_r$ = vida útil del recurso r .

$Dcam_i$ = vida útil del camión i en meses

D_{ESTRC} = vida útil de la estructura en meses.

$Drep_p$ = vida útil del repuesto p .

Sf_j = parte del sueldo fijo del conductor j .

Rf_k = remuneración fija del personal k .

P_{adq_i} = Precio de adquisición del camión i .

P_{Rec_r} = precio de adquisición del recurso r .

P_{EF} = precio de adquisición de la estructura física.

C_{EE} = costo mensual de energía eléctrica de iluminación.

Com_j = comisión recibida por conductor j .

P_{cub_i} = Precio de adquisición unitario de cubiertas del camión i .

P_{comb_i} = Precio de adquisición del combustible para el camión i

P_{ace_i} = precio de adquisición de la cantidad de litros de aceite requeridos por el camión i .

P_{filt_i} = precio de adquisición de los filtros requeridos por el camión i .

P_{RVT_i} = precio de la RTV anual para el camión i .

Seg_{si} = precio del seguro s para el camión i .

P_{SEN_i} = precio de habilitación SENASA del camión i .

$P_{adq_{pa}}$ = precio de adquisición del repuesto p utilizado en la actividad a .

NA_a = nivel mensual del inductor de la actividad a .

Ω_{ka} = porcentaje de tiempo que le dedica el trabajador k a la actividad a .

e_a = porcentaje del galpón utilizada para realizar la actividad a .

ω_i = litros que rinden por kilometro el camión i .

ϕ_i = Kilómetros en donde se requiere un cambio de cubiertas del camión i .

∂_i = kilómetros totales en donde se requiere un cambio de aceite y filtro para el camión i .

d_j = distancia total recorrida en un mes por el conductor j .

d_{max_i} = distancia máxima antes de requerir cambio de cubiertas, para el camión i .

ϵ_{aa} = porcentaje de asignación del costo de las actividades secundarias a cada primaria.

Variables

C_{UNIT_a} = Costo unitario por inductor de la actividad a .

C_{MO_a} = costo de mano de obra de la actividad a .

C_{EF_a} = costo del espacio físico utilizado por la actividad a .

C_{EE_a} = costo de la energía eléctrica de iluminación consumida por la actividad a .

C_{RU_a} = costo de los recursos utilizados por la actividad a .

C_{RS_a} = costo de repuestos cambiados por la actividad a .

CF_a = costos fijos mensuales de la actividad a .

C_{CAM_a} = Costo de los camiones para la actividad a .

C_{COMB_1} = costo de combustible para la actividad a .

C_{CUB_1} = costo del cambio de cubiertas para la actividad a .

$C_{AC Y FILT_1}$ = costo del cambio de aceite y filtro para la actividad a .

$C_{UNIT.ACT.}$ = costo unitario del total de las actividades.

REFERENCIAS

- [1] Sahin, B., Yilmaz, H., Ust, Y., Guneri, A.F., Gulsun, B. (2009). An approach for analyzing transportation costs and a case study. *European Journal of Operational Research*, 193, 1-11.
- [2] Tahvanainen, T., Anttila, P. (2011). Supply chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3360-3375.
- [3] Gonzales, D., Searcy, E.M., Ekşioğlu, S.D. (2013). Cost analysis for high-volume and long-haul transportation of densified biomass feedstock. *Transportation Research Part A*, 49, 48-61.
- [4] Ozbay, K., Bartin, B., Yanmaz-Tuzel, O., Berechman, J. (2007). Alternative methods for estimating full marginal costs of highway transportation. *Transportation Research Part A*, 41, 768-786.
- [5] Tsao, Y-C., Lu, J-C. (2012). A supply chain network design considering transportation cost discounts. *Transportation Research Part E*, 48, 401-414.
- [6] Hasda, G. (2010). ¿es el ABC la mejor técnica de costeo aplicable al sector financiero?. *Quinto Congreso de Costos del Mercosur*, pp.7.
- [7] Askarany, D., Yazdifar, H., Askary, S. (2010). Supply chain management, activity-based costing and organizational factors. *Int. J. Production Economics*, 127, 238-248.
- [8] Gupta, M., Galloway, K. (2003). Activity-based costing/management and its implications for operations management. *Technovation*, 23, 131-138.
- [9] Schulze, M., Seuring, S., Ewering, C. (2012). Applying activity-based costing in a supply chain environment. *Int. J. Production Economics*, 135, 716-725.
- [10] Liu, L.Y.J., Pan, F. (2007). The implementation of Activity-Based Costing in China: An innovation action research approach. *The British Accounting Review*, 39, 249-264.
- [11] Baykasoğlu, A., Kaplanoğlu, V. (2008). Application of activity-based costing to a land transportation company: A case study. *Int. J. Production Economics*, 116, 308-324.
- [12] Rolón-Harjunkoski, M., Ascúa, L., Rolón, J., Tucci, V., Rodríguez, M.A. (2015). "Diseño de sistema de costeo ABC al servicio de transporte en la industria de la carne. Segunda Parte: Desarrollo del programa informático para el análisis de costos". Trabajo presentado en el VIII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. Córdoba, Argentina.