



Capítulo 3

Modelado del costo del ciclo de vida de los activos de I+D en una industria petrolera

Nelson Enrique Moreno Gómez¹
Martha Lucía Rey Villamizar²
Amparo Lizette Pérez Saavedra³
Óscar Fernando Arciniegas Velandia⁴
Maryory Patricia Villamizar León⁵
Rossvan Johan Plata Villamizar⁶

¹ Investigador UPB. Correo electrónico: nelson.moreno@upb.edu.co

² Investigadora UPB. Correo electrónico: martha.rey@upb.edu.co

³ Profesional en Ingeniería Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Correo electrónico: amparoperez30@hotmail.com

⁴ Profesional en Ingeniería Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Correo electrónico: arci_1010@hotmail.com

⁵ Líder Técnico UPB. Correo electrónico: maryory.villamizar@upb.edu.co

⁶ Líder Técnico del ICP - Ecopetrol. Correo electrónico: rossvan.plata@ecopetrol.com.co



Resumen

El presente artículo muestra un sistema híbrido de costeo a partir de los lineamientos de la norma ISO 15663 para análisis del ciclo de vida de los activos complementado con el costeo basado en actividades para una planta piloto y un laboratorio en un Centro de Innovación y Tecnología, el cual se adapta a las necesidades y objetivos de la organización. La metodología utilizada es de tipo cualitativo en la cual se llevó a cabo una revisión teórica y el posterior análisis de los diferentes sistemas contables junto con visitas de campo y entrevistas, así se generó un diagnóstico a partir del cual se identificaron fortalezas y debilidades del sistema contable actual implementado. Se identificaron cuatro fases del ciclo de vida a trabajar: incorporación, operación, mantenimiento y desincorporación, con sus variables específicas. Se estableció el procedimiento de imputación de costos directamente relacionados con cada variable y costos transferidos relacionados con actividades de apoyo a través de inductores de costo. Se cuantifica el costo de ciclo de vida integrando las fases ya mencionadas, el tiempo de vida del activo y la tasa de descuento planteada por la organización.

El aporte es importante teniendo en cuenta el impacto económico que generará un sistema de costeo ajustado a la estructura económica general de una empresa de *oil & gas*. En este contexto, el artículo presenta un modelo de costeo híbrido que permita tener una visión real de los costos del ciclo de vida útil de los activos de la organización para la toma de decisiones en contextos de compra y desincorporación de un activo.

Palabras clave: activo, costeo, híbrido, costo del ciclo de vida, modelo.

3.1 Introducción

La contabilidad se convierte en un instrumento para las empresas que permite gestionar y dirigir, desde un enfoque financiero, cada una de las actividades relacionadas con las áreas específicas que las conforman [1]. Buscando facilitar estas actividades, la teoría general de costos define diversas metodologías o sistemas de costeo, los cuales mediante la aplicación de procedimientos específicos obtienen como resultado final el costo de productos o servicios [2].

La metodología implementada en el proceso de investigación inicia a través de una revisión bibliográfica en la que se estudian temas relacionados con sistemas de costeo como: estándar, basado en actividades, por ciclo de vida, por procesos, backflush, kaizen, por órdenes de producción y sistemas de costeo híbridos. Cada metodología de costos analizada individualmente posee un gran número de ventajas y limitaciones. Sin embargo, mediante la combinación de dos o más de ellas, las ventajas pueden potenciarse mientras que las desventajas pueden eliminarse o disminuirse [2]. Posteriormente, se realizó un análisis detallado de cada uno de los sistemas de costeo mencionados extrayendo sus ventajas y desventajas de acuerdo con los objetivos planteados. Finalmente se realiza la construcción de un modelo híbrido basándose en el análisis desarrollado.

Los sistemas de costeo híbridos surgen como herramienta gerencial útil para las empresas que deseen desarrollar un proceso de mejoramiento continuo y que busquen obtener mejores resultados e información real que sea la base para la toma de decisiones estratégicas en la organización.

El modelo de costos propuesto se basa en el costeo por ciclo de vida y el sistema basado en actividades integrando aspectos como las fases del ciclo de vida de un activo (incorporación, operación, mantenimiento y desincorporación) y el proceso de imputación por medio de inductores de costo a actividades específicas dentro de las fases mencionadas.

Finalmente, el objetivo del presente documento es presentar un modelo de costeo híbrido que permita tener una visión real de los costos del ciclo de vida útil de los activos de la organización para la toma de decisiones en contextos de compra y desincorporación de un activo.

3.2 Revisión de literatura

3.2.1 Antecedentes

Bierer *et al.* [3] presentan la necesidad de enlazar dos métodos, el "costo" del ciclo de vida y el "análisis" del ciclo de vida a las técnicas de evaluación económicas más comunes con el fin de generar una base para la toma de decisiones, ya que existe poca integración entre ellos. Esto trae como consecuencia la limitación en la importancia de los resultados y su futuro análisis. Por tal motivo, se presenta un modelo basado en la contabilidad de costos de flujo de material que permita la integración de ambos métodos tomando en cuenta los requisitos del ciclo de vida. Estos métodos presentan parámetros diferenciadores, pero siguen una estructura de rendimiento de entradas y salidas determinadas, las cuales se refieren a las demandas técnicas de flujos de materiales.

Asimismo, presentan un estudio de análisis de ciclo de vida a cuatro opciones de sistemas para la optimización de un sistema de compresión de gas *lift* para la superintendencia de operación en Orito, Putumayo [4]. Dicho análisis tomó en cuenta aspectos operativos, económicos y ambientales que afectaban directa e indirectamente el proceso de selección del mismo. La elección de compra de la mejor opción determinada a través del análisis de ciclo de vida, le permitirá eliminar los sobrecostos por mantenimiento, cumplir con las especificaciones técnicas y ambientales y, finalmente, aumentar la eficiencia del proceso para el cual fue asignado. Como primer paso se realizó un diagnóstico en el cual se determinaron las necesidades y expectativas de la superintendencia para el sistema de compresión de gas *lift*, al igual que las restricciones que poseían las varia-

bles que intervendrían y las cuatro opciones disponibles para una elección final. Posteriormente, se realizó un análisis con cada una de las opciones, y la compra y montaje de un compresor fue la más conveniente tomando como base los resultados de valor presente neto, análisis de riesgo y relación costo/beneficio; aunque esta no es la opción más económica, es la que cumple con los requisitos planteados en el modelo [4].

Por su parte, Santamaría de la Cruz, presenta un caso de aplicación del costeo por ciclo de vida, enfocado en la reposición de motores de unidades compresoras, para un sistema de levantamiento por inyección de gas a pozos y la optimización de los servicios auxiliares (sistemas de enfriamiento y de reposición de agua) de estos equipos [5]. El proyecto se plantea tomando como base la vida útil de los motores, pues estos contaban con más de 25 años de operación y se encontraban generando altos costos de operación y mantenimiento. Para el desarrollo del proyecto, se realizó un análisis económico en el que se incluyeron las siguientes variables económicas:

- Costo anual de operación
- Costo anual de mantenimiento
- Costo de ciclo de vida
- Costos de no-disponibilidad y de no-confiabilidad, con base en el histórico de tasa de fallas y tiempo medio para reparar.

La ejecución de cada una de las variables planteadas, permitió obtener resultados que soportan eficazmente la decisión de realizar la compra de un equipo nuevo, dados los beneficios económicos y operativos que representaba la inversión.

3.2.2 Conceptos, teorías o enfoques

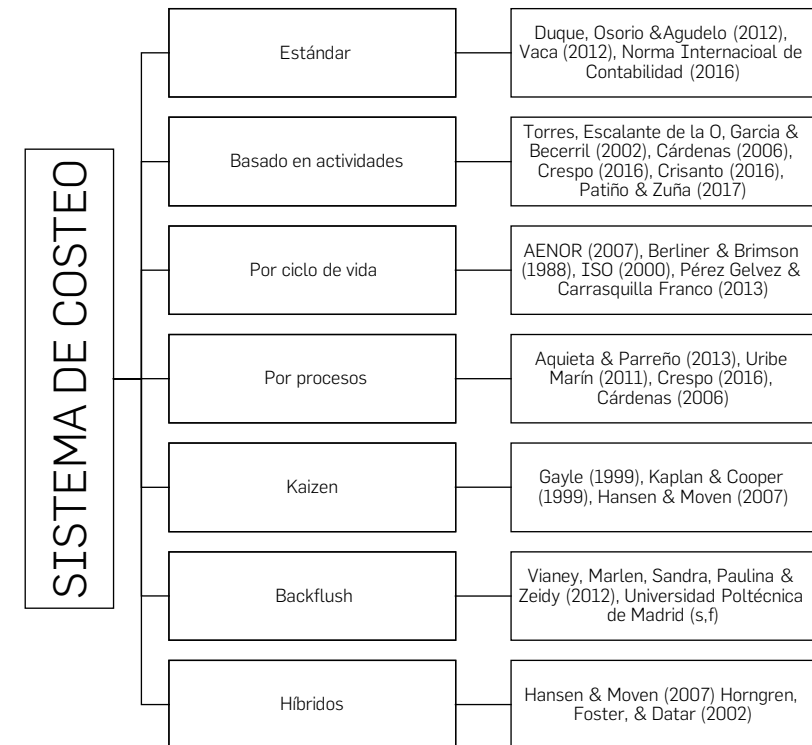
La teoría general de costos se basa en diversas metodologías denominadas sistemas de costeo. Cada una de estas presenta características específicas que se adaptan a los diferentes tipos de organizaciones existentes, permiten controlar los flujos de dinero relacionados a los costos generados en la fabricación de un producto o en la prestación de un servicio. Diversos autores han profundi-

zado en cada uno de estos modelos y presentan distintos conceptos que se interrelacionan (figura 3.1).

Sistemas de costeo

Los sistemas de costeo son un concepto que surge a partir de la contabilidad y tienen como objetivo darle manejo a la información relacionada con el costo generado por la producción de un bien o prestación de un servicio. Este manejo hace referencia al manejo, clasificación, acumulación y asignación de información basándose en normas y técnicas contables ya establecidas [6]. Estos sistemas integran tres conceptos básicos: mano de obra, materia prima y costos indirectos [7].

Figura 3.1. Sistemas de costeo



A lo largo del tiempo, y de acuerdo con las necesidades de cada organización, han surgido sistemas de costeo que satisfacen dichas necesidades y se ajustan de manera correcta a las características específicas de cada empresa. A continuación, se presentan los sistemas más relevantes:

- **Costeo estándar**

El costeo estándar se realiza con costos precios y cantidades predeterminadas [8]. Este costeo genera algunas ventajas a través del uso de estándares en el cálculo del costo de fabricación como son el control de la producción, permite fijar de forma segura el precio de venta, asegurar el presupuesto. Lo anterior es posible teniendo en cuenta que este costeo permite comparar la información real con la predeterminada y realizar un estudio estadístico que facilite establecer las desviaciones que puedan presentar los datos históricos, en pro de obtener un presupuesto objetivo acorde a los planes operacionales y financieros de corto plazo y estratégicos de largo plazo [9].

- **Costeo por procesos**

El costeo por procesos tiene como objetivo calcular el costo de un producto de acuerdo a los costos que se generan en cada departamento y que se van acumulando a medida que el proceso avanza [10]. Este costeo tiene como particularidad que los costos de los productos o servicios se determinan por períodos más o menos constantes y cortos (mensuales, bimestrales, semestrales o anuales), en el cual la materia prima se transforma de forma continua teniendo en cuenta que la producción debe ser relativamente homogénea. Es por ello que se determina que este sistema de costeo es muy útil en empresas de producción masiva y continua de productos muy similares [9].

- **Costeo kaizen**

Según Gayle [11], el costeo kaizen plantea actividades que sirven para la mejora de las actividades y la reducción de los costos, incluye cambios en la forma en que las empresas manufacturan sus productos. Su filosofía radica en los principios de mejora

continua, el principio básico no es recortar los costos sino gestionar el control a través de herramientas planteadas por el plan de mejoramiento continuo. Su filosofía busca detectar, prevenir y eliminar sistemáticamente el uso exclusivo para ello plantea siete actividades así: 1. Mejoramiento de calidad, 2. Mejoramiento de la productividad, 3. Reducción de inventarios, 4. Acortamiento de las líneas de producción, 5. Reducción del tiempo ocioso de las máquinas y equipos, 6. Reducción de espacios utilizados, 7. Reducción del tiempo del total del ciclo. Con este sistema se busca el control de costos, pero también influye en la calidad de los procesos.

- **Costeo *backflush***

El sistema de costeo *backflush* es una manera de acumular costos en una organización donde los procedimientos son rápidos en extremo, pues asigna costos a los productos vendidos y a las unidades en inventario final [12]. Este costeo busca reducir al mínimo el tiempo de producción, ello implica que permite manejar tiempos con proveedores y el tiempo de distribución de productos, factores que inciden en el costo directo del producto, en este control participan activamente los empleados debido a que este sistema se basa en el manejo de los tiempos, elemento que afecta directamente el costo.

- **Costeo basado en actividades (ABC)**

Es un sistema de costeo que determina las actividades que generan valor en la producción o en la prestación de un servicio, y mediante la utilización de inductores de costo se obtiene el costo total [13]. Los objetivos de este tipo de costeo es poder obtener información precisa de los costos de las actividades y procesos con lo cual se busca optimizar el uso de los recursos logrando orientar el resultado hacia el posicionamiento del mercado. Se convierte en una medida de desempeño que facilita la mejora de los objetivos y elimina condiciones que no agregan valor. Es una forma de planear costos y gastos con una incidencia positiva en las utilidades debido a que permite ejercer control y reducción de costos y gastos, de esta forma acondiciona para tomar decisiones con un mayor nivel de acierto [9].

- **Costeo por ciclo de vida**

Costos acumulados de las actividades realizadas a lo largo de la vida del producto, incluso antes que inicie su fase de producción [14].

- **Sistemas de costeo híbridos**

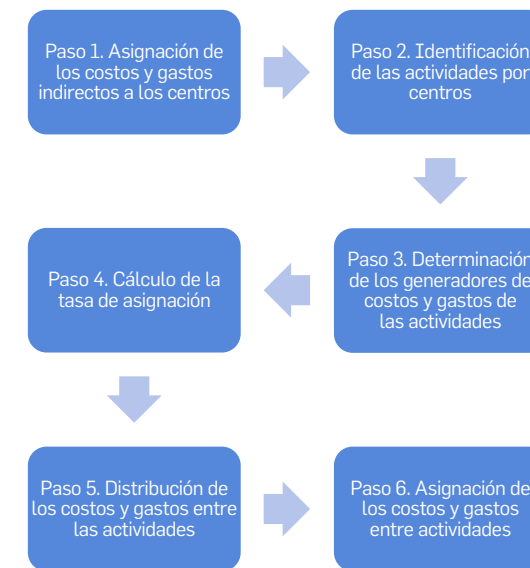
Los sistemas de costeo híbridos son aquellos en los cuales se aplica una metodología que surge como resultado de la integración de sus sistemas de costeo ya existentes.

3.2.2.1 Costeo basado en actividades (ABC)

El costeo basado en actividades (ABC) es definido por Torres, Escalante de la O, García y Becerril, como un método que facilita la asignación de recursos a cada una de las actividades realizadas en una organización, con el fin de destinar el costo de estas a los productos o servicios. El costeo ABC permite corregir deficiencias cuando se realiza la comparación de los recursos consumidos frente a los productos finales. Además, Cárdenas [15], explica que los costos fijos y variables se deben conservar separadamente para distinguirlos. Este método está basado en la idea de que los productos o servicios de una empresa surgen a partir de actividades, las cuales a su vez generan costos [16]. El proceso de implementación de costeo ABC, sigue la metodología presentada a continuación en la figura 3.2 [17].

Cárdenas [15], afirma que este modelo de costeo le permite a la alta gerencia reducir el desperdicio por medio de técnicas relacionadas con la administración de la capacidad de producción y el rediseño de los procesos, métodos y prácticas de producción. De igual manera, sirve de apoyo para la toma de decisiones relacionadas con la optimización y el control de recursos proporcionando información para la planeación estratégica. El costeo ABC logra convertirse en una medida de desempeño que permite alcanzar los objetivos de los grupos de interés [18] y, a su vez, se convierte en una herramienta para el seguimiento económico de los costos y la rentabilidad de la organización, tomando como base las actividades [19] sin contar

Figura 3.2. Pasos para la elaboración de un costeo basado en actividades



Fuente: Crisanto [17].

con la exactitud que brinda al momento de asignar los costos [16], eliminando aquellos que no añaden valor al producto.

Según Möller [20], un costo en un sistema basado en actividades puede relacionarse con las actividades cuando existe una relación causa-efecto entre ambos. Otro aspecto a considerar es determinar la manera correcta de repartir un costo entre las actividades buscando un alto grado de exactitud. A partir de esto se determinaron los siguientes inductores de costo para el proceso de operación de una bodega:

- Litros de agua consumidos
- Metros cuadrados utilizados
- Kilowatts consumidos
- Unidades producidas
- Horas de dedicación

La aplicación de estos inductores se destina a las actividades importantes dentro de la operación, y se obvian aquellas cuyos costos son ínfimos o no representativos. Muchas veces la empresa no cuenta con la información detallada de costos, motivo por el cual debe recurrir a estimaciones e información técnica de cada operación o activo.

En su proyecto de grado, Guerrero [21] presenta una propuesta de diseño de una estructura de costos para un portafolio de servicios de ECOPETROL a partir de un costeo basado en actividades (ABC). Para este, fue necesario realizar una caracterización del proceso y actividades involucradas en la ejecución de cada servicio, luego se aplicó la metodología de costeo ABC en donde se definen los elementos de costo y los inductores, lo cuales se presentan en la figura 3.3.

Figura 3.3. Asignación de componentes de costo a centros de costo

Centro de Costos	Actividades	Componente de Costo	Inductor
Actividades Administrativas	Crear orden de trabajo Crear carta de trabajo	Tarifa de 1 técnico de controles	2 H.M.O de 1 técnico de controles
Actividades adecuación y reparación	Limpiar, desarmar e inspeccionar Reemplazar piezas Armar Pintar Embalar	Tarifa de las actividades contratadas Kit de reparación Tarifa de 2 técnicos de controles	Tarifa de cada una de las actividades realizadas en el taller Valor del kit Tarifa de 2 técnicos de controles por 3 días
Calibración	Calibrar	Tarifa de 2 técnicos de controles Banco de pruebas Alquiler de 1 vehículos	H.M.O Técnico de controles Valor día uso de equipo 2 horas empleadas por el vehículo

Fuente: Guerrero, [21].

Finalmente, se fija el precio de ventas de los servicios analizados y se lleva a cabo un diagnóstico financiero con el fin de analizar la viabilidad de cada uno de los servicios.

De igual manera, Navas [22], presenta una investigación enfocada en el desarrollo de un sistema de costos basado en la metodología ABC que busca mejorar el desempeño de la dirección de responsabilidad

integral de Ecopetrol y aumentar la satisfacción del cliente a través de servicios de calidad.

La metodología ABC requiere la definición de elementos de costo y la asignación de inductores para la correcta imputación de los costos asociados. Para ello se determinaron los inductores requeridos con ayuda de funcionarios con conocimiento sobre el proceso a analizar. Como resultado se obtuvo que, para los recursos de personal, se podían establecer las horas hombre requeridas por actividad como inductores de costo.

Para los recursos de viaje se escogieron tres tipos de inductores de la siguiente manera:

- Pasajes aéreos
- Transporte terrestre: número de viajes.
- Viáticos: número de días por viaje.

De la misma manera, para los recursos logísticos se escogieron los inductores de la siguiente manera:

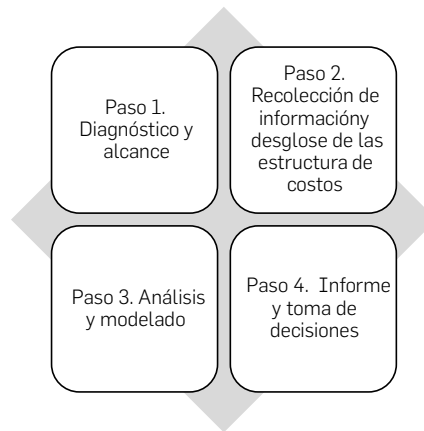
- Equipo de cómputo: horas de uso de equipos
- Vehículo: número de horas por vehículo
- Infraestructura física: área requerida
- Equipos de protección de personal: número de equipos

3.2.2.2 Costeo por ciclo de vida

Según la Asociación Española de Normalización y Certificación [23], el ciclo de vida de un activo está determinado desde el momento de su concepción hasta el momento de su disposición final. Berliner y Brimson [14] señalan que son aquellos costos acumulados de las actividades realizadas a lo largo de la vida del producto, incluso antes que inicie su fase de producción. La ISO 15663-1 [24], propone la aplicación del costeo por ciclo de vida para clasificar la conveniencia de opciones cuando cualquier particular del flujo de ingresos no puede estar relacionado con los objetos bajo evaluación. El cálculo de costo del ciclo de vida tiene en cuenta el valor del

dinero en el tiempo aplicado a los costos de incorporación, operación, mantenimiento y desincorporación [25].

Figura 3.4. Costeo por ciclo de vida



Fuente: Norma ISO-15663 [24].

La definición de las partes involucradas en el ciclo de vida varía dependiendo de los autores, por ejemplo, para la ISO 15663-1, las fases del ciclo de vida son *incorporación* (CAPEX) que cubre el gasto de inversión inicial correspondiente, desde el diseño del activo hasta la evaluación del mismo, la ingeniería, construcción y puesta en marcha incluyendo modificaciones hasta que se alcancen las operaciones normales. *Operación y mantenimiento* (OPEX) debe cubrir los costos relevantes durante la vida útil de operación y mantenimiento del activo. El costo debido a pérdidas de producción o capacidad incluyendo la compensación y pérdidas de ingresos. Solo los efectos del activo o sistema específico deben ser considerados. El costo de desmantelamiento debe cubrir los costos relevantes del abandono del activo, si existe una diferencia de costo. Para la norma UNE-EN-60300-3, las fases implicadas en el proceso son: concepción, diseño, desarrollo, fabricación, instalación, operación, mantenimiento y eliminación [23].

Incorporación o adquisición (CAPEX): según [26], algunas veces la modalidad de pago, los descuentos, servicios adicionales de aprovisionamiento, formación, entre otros, pueden provocar costos adicionales derivados de la adquisición del activo. Para esto es necesario establecer un margen de reserva o conjunto inicial de recambios, con el fin de asegurar la disponibilidad deseada. En otros casos, el valor de incorporación o adquisición se calcula como un porcentaje del valor del activo, tomando como referente datos históricos, metodología aplicada en algunos rubros o cuentas en un Centro de Innovación y Tecnología.

Ally y Pryor, realizaron un estudio de ciclo de vida para determinar cuál combustible alternativo empleado en autobuses entregaba el costo mínimo total de propiedad [27]. El modelo utilizó costos reales, en contraposición a los gastos nominales debido a que el uso de estos elimina la incertidumbre asociada con la inflación. Además, una tasa real de descuento del 9 % es aplicada a todos los costos, como una forma de incluir el valor del tiempo en el dinero, pues la evaluación se extiende por 15 años.

Para la selección de variables se tuvo en cuenta que se incluyen autobuses de pila de combustible de hidrógeno (HFCB), tecnologías de autobús híbrido diésel-eléctrico, autobuses de gas natural comprimido (GNC) y diésel convencional. Para cada categoría se obtuvo un valor de adquisición diferente y se estimó un costo de capital esperado por la empresa. Por otra parte, en la operación se tienen en cuenta las variables de combustible y AdBlue.

Pérez y Carrasquilla [25], presentaron un proyecto para la empresa Transistor Nacional, en este caso era necesario decidir entre la modernización o el cambio de un activo eléctrico denominado unidad constructiva (UC). Esta decisión debía generar un aumento en la rentabilidad de los servicios de transmisión de energía. Para la estructura de desglose de costo, en la variable CAPEX, se incluyeron rubros por concepto de compra de bienes, servicios de instalación, compra de predios, licencia ambiental, estudios, entre otros.

Operación (OPEX): incluye dentro de los costos de operación la energía (combustible consumido), los bienes intermedios y el equipamiento (personal), gestión particularizada y la formación de usuarios. Estos costos se entienden como una erogación necesaria, en las que una compañía debe incurrir para poder sacar beneficio de los activos. El grado y modo de utilización desempeñan un papel fundamental [26].

El estudio presentado por Ristimaki, Saynajoki, Heinonen, y Junnila, se centra en el diseño del ciclo de vida de un sistema energético de distrito para un nuevo desarrollo residencial en Finlandia [28]. En este estudio se analizaron los costes del ciclo de vida, es decir, la "viabilidad" de diferentes sistemas energéticos a través de un marco metodológico de ciclo de vida.

En la investigación se definieron las fases de operación, mantenimiento y sustitución del activo, relacionando como única subdimensión de la fase de operación el costo por consumo de energía. Para la fase de mantenimiento y sustitución se definieron costos de 35 actividades relacionadas las cuales fueron extraídas de un trabajo realizado por Kiiras *et al.* [29].

Mantenimiento (OPEX): hace referencia a los costos necesario para conservar los productos (activos) en buen estado de funcionamiento. El mantenimiento puede ser correctivo o preventivo. El costo de mantenimiento es el más significativo después del costo de incorporación, y a causa de la falta de datos relacionados con los procesos de mantenimientos, los costos en este tema no suelen ser muy precisos [26]. El cual se puede estimar de acuerdo a las especificaciones técnicas de falla de los activos.

Según Sarmiento y Peñaranda, los costos de mantenimiento para el análisis de ciclo de vida del sistema de compresión de gas *lift* de la superintendencia de operaciones de Putumayo se definen como los costos generados por mano de obra y repuestos relacionados con mantenimientos preventivos, los cuales fueron entregados por la estación provincia de ECOPETROL S.A. donde se encuentran equipos objeto de estudio [4]. Adicionalmente, se define un costo por

overhaul que son costos de reparaciones generales de equipos, los cuales no se incluyen en los costos de mantenimiento. Por su parte, Santamaría de la Cruz presenta diferentes posibles inductores de costo para realizar la imputación de los mismos a un proceso de mantenimiento [5]:

- Área operativa.
- Equipos o conjuntos.
- Familia de equipo.
- Partes de equipo.
- Causa de falla.
- Tipo de trabajo.
- Origen del trabajo.
- Por asignación contable de los consumos del repuesto.
- Oficios o especialidades y por especialistas.
- Por intervención a componentes.
- Causa de falla (síntoma y acción tomada).
- Área de responsabilidad.
- Zona geográfica.
- Cuadrilla.
- Períodos de tiempo.
- Sistemas o subsistemas.

La gestión de costos tiene como objetivo optimizar las cantidades de mano de obra, materiales y paradas, plantea compromisos que reflejen una buena relación costo-beneficio en el área de mantenimiento y que a su vez tengan distintos puntos de comparación.

Desincorporación: este concepto incluye la suspensión de uso de un activo. En otras palabras, se trata del costo de eliminación o recuperación. Este costo está tomando gran importancia en la actualidad debido al impacto que genera en el costo total de un activo [26]. Según Sarmiento y Peñaranda [4], la definición de la variable de desincorporación, para las alternativas se manejan de acuerdo al ciclo de vida evaluado para los activos, el cual es de 10 años, y debido al tiempo de operación de los mismos se considera que están totalmente depreciados. Estos activos no serán vendidos y serán puestos en función de otras facilidades que necesiten equipo de apoyo.

La evaluación de los costos mencionados para las alternativas de sustitución del sistema de gas *lift*, permitió obtener como resultado una propuesta que cumpliera con los objetivos propuestos

Pastor [30], indica que para realizar de manera fiable la estimación para el costeo por ciclo de vida, esta debe realizarse de manera artesanal utilizando una gran cantidad de recursos y tiempo. En aquellos casos en que no se disponga de recursos o tiempo para solventarlo se puede recurrir a parámetros (por ejemplo, aquellos que nos dan el costo de ciclo de vida en función de los costes de adquisición).

3.2.2.3 Sistemas de costeo híbridos

Según Hansen y Mowen, este tipo de sistemas de costeo tienen como característica principal que surgen a partir de la mezcla de metodologías y características de dos o más sistemas de costeo ya desarrollados [31]. Existen sistemas de costeo denominados híbridos que se basan en el uso del costo real para el manejo de materia prima, del costeo estándar para el manejo de la mano de obra y del costeo predeterminado para el cálculo de los costos indirectos [1].

3.3 Metodología

3.3.1 Características metodológicas

El proceso de investigación desarrollado tiene un alcance descriptivo concluyente, en el cual se busca realizar una descripción del proceso de costeo por ciclo de vida de una planta piloto y un laboratorio ubicados en las instalaciones de un Centro de Innovación y Tecnología, y sus aspectos más importantes con el fin de formular una herramienta teórica general que permita, en un estudio futuro, observar las variaciones de los costos generados por el proceso de I+D en dicho centro del sector *oil & gas* y el impacto en la organización, especialmente en el área de mantenimiento.

La importancia de este proceso también se ve reflejado en la posible extrapolación del modelo desarrollado para empresas en las que

el área de mantenimiento tenga un gran impacto en su estructura de costos. El tipo de diseño en el que se clasifica la investigación es el mixto no experimental ya que se realiza sin manipular deliberadamente las variables y los fenómenos son observados en su ambiente natural para posteriormente ser analizados, transeccional o transversal ya que se realiza en el periodo correspondiente al primer y segundo semestre del año 2017.

3.3.2 Fases del proceso de investigación

La metodología implementada fue organizada en cuatro fases:

Revisión bibliográfica

Un proceso de revisión de la literatura genera un punto de vista adecuado para observar a fondo, analizar y estructurar la base para una investigación. Este proceso ayuda en la identificación de conceptos teóricos y prácticos en un área específica de conocimiento, generando una guía para el desarrollo de nuevos conceptos. Se definieron los tipos de sistema de costeo como conceptos principales a analizar, tomando como base libros, artículos de investigación, tesis doctorales y de maestría. El proceso de recolección del material bibliográfico se desarrolló utilizando bases de datos académicas como Google-scholar (www.scholar.google.com), Scopus (www.scopus.com), Science Direct (www.sciencedirect.com) y EBSCO HOST (www.ebsco.com) utilizando las palabras clave costos y sistemas de costeo. Una vez identificados los sistemas de costeo a estudiar, se inicia la búsqueda de cada uno por su nombre.

Revisión de la situación actual de la empresa

Se lleva a cabo la revisión o diagnóstico de la empresa a través de dos subfases. La primera, está enfocada en un diálogo continuo con personal de apoyo en el área contable de la organización. Para ello, fue necesario generar una serie de inquietudes sobre las cuales se quería obtener información detallada, estas inquietudes surgieron a partir de los antecedentes de implementación de sistemas de costeo estudiados, esto con el objetivo de poder

contrastar las técnicas utilizadas en la empresa con las implementadas en otras organizaciones.

Una vez se tuvieron claro los aspectos que se querían conocer, se concertaron reuniones continuas a lo largo del año en que se desarrolló el proyecto, en las cuales se iban abordando los temas a tratar. La dinámica de las reuniones consistía en realizar una pregunta que era contestada a través de un relato apoyado, en ocasiones, por gráficas. A medida que estas explicaciones avanzaban, surgían más preguntas de temas que no habían sido contemplados. El registro de la información suministrada se realizó a través de grabaciones de voz, toma de apuntes y lista de pendientes para los cuales se generaban compromisos de entrega de información. La segunda subfase consistió en visitas de campo a la planta piloto y al laboratorio objeto de estudio. Se pudo conocer de manera general el funcionamiento de la planta y del laboratorio, las personas involucradas en el proceso, el objetivo de los estudios realizados en ellos, los activos que tenían a disposición y se tuvo acceso a los manuales de uso de los activos que se analizarían específicamente, así como el manual de uso de la planta.

De los manuales mencionados se pudo extraer información relacionada con consumo de energía, consumo de agua, periodos sugeridos de mantenimiento, tiempo de funcionamiento e insumos requeridos, lo cual facilitaría la identificación de las subdimensiones para las fases de operación y mantenimiento y la construcción de los inductores de costo. Debido a la gran cantidad de información, procesos y políticas manejadas por la organización, el proceso de diagnóstico fue iterativo y se iban observando nuevos aspectos que debían ser analizados para determinar si eran tomados en cuenta o no y su implicación en el modelo.

Identificación, comparación y elección de los sistemas de costeo

Una vez obtenidos los resultados de las fases anteriores, se analizaron cuáles eran las características y necesidades principales para la implementación de un sistema de costos que cumpliera con los

objetivos que tiene la organización. Para ello se determinaron criterios puntuales a analizar, entre los cuales se encuentran:

- a. Integralidad del sistema de costeo.
- b. Grado de detalle del cálculo.
- c. Relación entre el sistema y las características de la empresa.
- d. Facilidad para implementación (metodología).

Teniendo claros los aspectos a analizar, se realizó una discusión en la que se expusieron las ventajas y desventajas de los sistemas de costo analizados, teniendo en cuenta la experiencia, experticia y conocimientos complementarios que tienen los integrantes del grupo de acuerdo con su vida profesional. Adicionalmente, fue necesario incorporar los aspectos obtenidos del proceso de diagnóstico, porque a través de él se podía observar cuáles eran las facilidades y limitaciones de la organización respecto a la implementación o prueba de un nuevo sistema de costeo. Para complementar el análisis se toma como referencia aquellos sistemas de costeo que estén avalados por normas técnicas u organizaciones internacionales, ya que estos brindan un nivel de confiabilidad mayor.

La elección del modelo de costos se da como resultado de la integración de puntos de vista y objetivos planteados por el equipo de trabajo y un Centro de Innovación y Tecnología. Se define que es necesario aplicar un sistema de costeo donde se analice el ciclo de vida de un activo, a partir de esto se observa que para lograr un modelo que se acerque a la realidad del costo del activo y se cumpla con las expectativas planteadas es necesario integrar un sistema de costeo complementario y así generar un modelo híbrido.

Construcción del modelo

La construcción del modelo del sistema de costos ajustado a las necesidades de la empresa, es la recopilación de las fases mencionadas anteriormente enfocadas hacia el objetivo organizacional de la compañía. Para ello, fue necesario identificar que la variable objeto de estudio sería el costo del ciclo de vida de un activo. La elección de la variable se da tomando en cuenta el sistema de costeo por ciclo

de vida, el cual propone analizar cada una de las fases del ciclo de vida del mismo. Posteriormente se reunió información relacionada con características técnicas, vida útil, tratamiento dado a los activos por parte de la organización, lo cual se tomó como base para el desglose de la estructura de costos.

Otro de los aspectos relevantes fue la identificación y elección de los inductores de costo requeridos para las subdimensiones cuyos costos son manejados de manera global por la organización. La elección de los inductores se llevó a cabo analizando la relación de correlación, la cual indica la relación causa-efecto entre el consumo de recursos, la actividad y el producto o servicio.

Finalmente, fue necesario determinar una expresión matemática que permitiera cuantificar de manera precisa el costo del ciclo de vida del activo, relacionando cada una de las subdimensiones y el valor del dinero en el tiempo. La norma ISO15663 y Yáñez, Agüero, Acevedo y Semeco [32] proponen, por separado, una expresión matemática para el cálculo del costo del ciclo de vida. Analizadas las dos, se llegó a la conclusión que la expresión propuesta por Yáñez *et al.* [32] se ajusta de mejor manera a las necesidades del proyecto ya que permite incorporar fácilmente costos transferidos, genera mayor claridad sobre el cálculo hecho y permite efectuar modificaciones en caso de realizar un análisis en cualquier año de vida útil del activo.

3.4 Resultados

Revisión de la bibliografía

Se analizaron los títulos y resúmenes de 70 artículos considerados importantes y de relevancia para el estudio, los cuales fueron analizados a profundidad, se observaron los diferentes puntos de vista de cada uno de los autores respecto a los temas a estudiar. De este análisis final se escogieron 37 documentos bibliográficos los cuales fueron incluidos debido a su contribución e importancia para el estudio de los sistemas de costos. A partir de esto, se realizó una

extracción de conceptos haciendo énfasis en la definición y metodología de cada sistema de costeo integrando los puntos de vista de los diferentes autores escogidos.

El proceso de revisión bibliográfica de los distintos sistemas de costeo existentes permitió obtener las características, ventajas y desventajas que cada uno presenta. Esto dio como resultado el desarrollo de un modelo híbrido a partir del costeo por ciclo de vida y el costeo basado en actividades, el cual se ajusta a las necesidades del proyecto y a las proyecciones de costeo de un Centro de Innovación y Tecnología.

Revisión de la situación actual de la empresa

El sistema de imputación de costos utilizado actualmente por un Centro de Innovación y Tecnología corresponde a un costeo por procesos o departamentos. Actualmente, se maneja un rubro denominado recursos de inversión el cual hace referencia a los recursos asociados a la compra o adquisición de activos para desarrollo de actividades de investigación y desarrollo. La adquisición de activos genera, a futuro, costos de operación, mantenimiento y desincorporación, aunque en la actualidad el costo de desincorporación no se ve reflejado plenamente en el sistema contable y no se cuenta con una política específica de desincorporación para activos de investigación y desarrollo establecida.

Costos como los seguros de operación, servicios públicos e implementación de sistemas de seguridad y salud en el trabajo son cargados globalmente, es decir, que se encuentran en SAP como un valor cargado a la gerencia correspondiente, pero no se encuentran discriminados para cada centro de costos. Respecto a los costos de la actividad de mantenimiento, se pudo identificar que se realizan mantenimientos preventivos y correctivos. Los costos directos de dicho proceso son cargados al departamento de mantenimiento, es decir, costos de materia prima y costos de mano de obra relacionados, por otra parte, los costos indirectos de mantenimiento son cargados al departamento de Dirección general. Otro aspecto a destacar es el manejo de los costos, a través del software SAP, mediante

la utilización de centros de costos específicos, esto facilita el acceso a la información y organiza la manera de imputar los costos.

En el caso específico de un Centro de Innovación y Tecnología, se ha podido observar que la implementación del costeo por procesos o departamentos permite el manejo de los costos de cada gerencia, que en su mayoría se asignan de forma global y a través de un porcentaje son asignados a cada laboratorio. Lo anterior, genera dificultad al momento de analizar el costo detallado de cada actividad relacionada a un laboratorio específico. Este sistema de costeo es considerado por los funcionarios como básico para el manejo de los costos teniendo en cuenta el volumen de proyectos que se ejecutan.

Identificación, comparación y elección de los sistemas de costeo

El costeo por ciclo de vida proporciona criterios que facilitan la toma de decisiones en cualquiera de las fases del ciclo de vida de los activos. Por su parte, el costeo basado en actividades proporciona mayor precisión al momento de asignar los costos, debido a que se realiza por medio de inductores de costo. Ambos sistemas manejan información detallada y un análisis del comportamiento de los costos. Sin embargo, ambos modelos tienen en cuenta costos futuros, los cuales se basan en estimaciones y generan cierto riesgo en la exactitud y confiabilidad del sistema. Por esta razón, los inductores de costo se vuelven fundamentales en el desarrollo de ambos modelos, pues permiten asegurar la correcta asignación de los costos.

Al plantear un modelo híbrido entre el costeo por ciclo de vida y el costeo basado en actividades se busca que este logre adaptarse a las necesidades de la organización y que sea lo suficientemente preciso para representar todas las variables que afectan la vida útil de un activo. También surge como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones al momento de realizar la incorporación y desincorporación de un activo teniendo en cuenta los costos en los que se pueden incurrir.

Construcción del modelo

Una característica a destacar es que la identificación de las variables relacionadas con cada etapa del ciclo de vida varía dependiendo del activo, del tipo de organización y su actividad, lo cual conlleva a que las posibles variables identificadas para un Centro de Innovación y Tecnología, serán diferentes para otra empresa que desee aplicar este sistema de costeo.

Adicionalmente, se determinaron las variables de incorporación, operación, mantenimiento y desincorporación, las cuales facilitarán el desarrollo de un análisis cuantitativo de los costos de los activos que permita formular estrategias para un correcto manejo de los costos involucrados. Algunas variables que se pueden añadir al modelo son presentadas a continuación, sin embargo, estas pueden cambiar de acuerdo a las necesidades de cada compañía.

Variables de incorporación

- Costo de adquisición del activo.
- Costo de operador logístico para la importación del activo.
- Costo de gestión para la incorporación del activo (comités).
- Costo de pruebas.
- Costo del proceso de compras.

Variables de operación

- Costo de mano de obra operativo.
- Costo de mano de obra supervisores.
- Costo de depreciación.
- Costo seguro de operación.
- Costo de insumos.
- Costo de servicios públicos.
- Costo del contrato para operar.

Variables de mantenimiento

- Costo de contratos de mantenimiento.

- Costo de calibración de equipos.
- Costo de materiales, partes y repuestos.

Variables de desincorporación

- Contrato de operación logística inversa.
- Costo de análisis técnicos para la desincorporación.

Variables asociadas con los costos transferidos

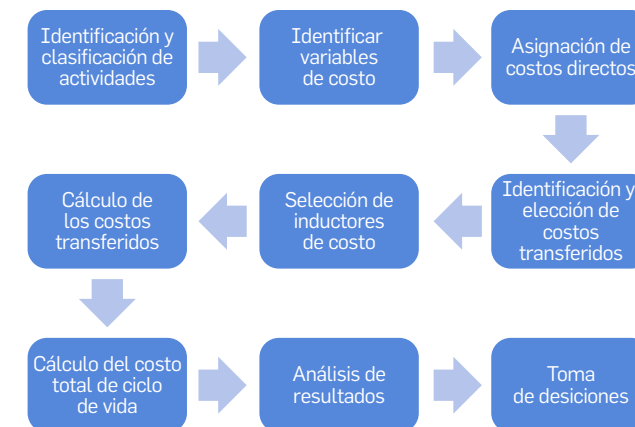
- Costo de sistemas integrados de gestión de calidad, seguridad integral y ambiental.
- Costo de salarios administrativos.
- Costo de vigilancia y aseo.
- Costo planta de tratamiento de agua.
- Depreciación de planta física.

La metodología propuesta para la aplicación del sistema de costeo se basa en los siguientes pasos, los cuales fueron adaptados de la metodología de costeo basado en actividades con el costeo por ciclo de vida:

1. Identificar cada una de las actividades que realiza la empresa con el fin de relacionarlas con los objetos de costos y a su vez clasificarlas en las fases del ciclo de vida ya planteados, de igual manera es necesario identificar la vida útil del activo y la tasa de descuento que se aplicara
2. Identificar los costos en los que incurren las actividades identificadas en el paso 1.
3. Asignar los costos directos a cada una de las fases del costo del ciclo de vida, con el fin de obtener el costo total de cada ciclo.
4. Identificar y seleccionar los costos transferidos de acuerdo a las actividades que no están relacionadas directamente con la planta objeto de estudio.
5. Seleccionar los inductores de costo para costos indirectos que son útiles para la distribución o asignación de los recursos a las actividades.

6. A partir de los inductores escogidos, calcular los costos de las actividades según el consumo de recursos de estas.
7. Sumar los costos totales de cada una de las fases para obtener el costo total del ciclo de vida.
8. Realizar un análisis de resultados de acuerdo a los objetivos planteados por la organización.
9. Toma de decisiones.

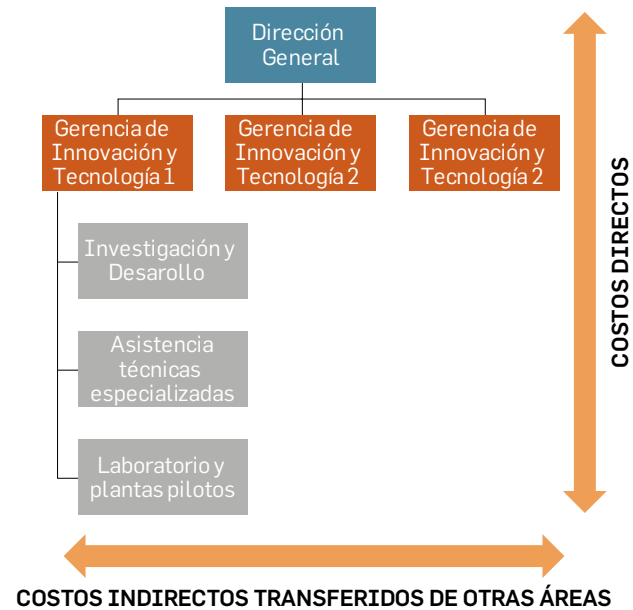
Figura 3.6. Metodología para aplicación de sistema de costos



En todas las organizaciones existen costos que surgen a causa de la actividad de cada área o proceso desarrollado, estos son llamados costos directos, pero existen costos que surgen de procesos de apoyo a las actividades principales de la organización, los cuales no son imputados directamente a cada departamento y son llamados como costos indirectamente transferidos. La figura 3.7 muestra de manera gráfica un ejemplo de cómo es el comportamiento de los costos en cada área de un Centro de Innovación y Tecnología.

Por este motivo, el modelo de costos planteado utiliza inductores de costo, propios de la metodología basada en actividades, para realizar la correcta imputación de los mismos a cada área o actividad

Figura 3.7. Comportamiento de los costos en cada área de un Centro de Innovación y Tecnología



de la organización que corresponda. La necesidad de cuantificar el costo del ciclo de vida del activo genera el desarrollo de una expresión matemática que permite obtener un valor preciso que pueda ser analizado y controlado por la organización. Por este motivo, el modelo está representado mediante la ecuación matemática, en donde se calcula el costo de cada una de las fases a través de los costos que la componen, es decir, sus subdimensiones:

$$CCV = \sum_{i=1}^m (\sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^o c_{kji} / (1+r)^j + \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^o o_{kji} / (1+r)^j + \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^o m_{kji} / (1+r)^j + \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^o d_{kji} / (1+r)^{n+1} + \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^o CT_{kji} / (1+r)^j)$$

[1]

CCV: costo del ciclo de vida

C: costos de incorporación de las subdimensiones "k" en el año "j" para el activo "i"

O: costos de operación de las subdimensiones "k" en el año "j" para el activo "i"

M: costos de mantenimiento de las subdimensiones "k" en el año "j" para el activo "i"

D: costos de desincorporación de las subdimensiones "k" en el año "j" para el activo "i"

CT: costos transferidos de las subdimensiones "k" en el año "j" para el activo "i"

r: tasa de descuento

m: total de activos en el laboratorio o planta piloto

n: vida útil del activo

o: total de subdimensiones que contiene la fase del ciclo de vida

i: cualquier activo del laboratorio o planta piloto

j: cualquier año en la vida del activo

k: cualquier subdimensión de la fase del ciclo de vida

El factor de descuento (r) según las NIIF es una tasa antes de impuesto que refleja las evaluaciones actuales del mercado, relacionadas al costo del dinero en el tiempo. En este caso corresponde al costo de capital de los recursos financieros de un Centro de Innovación y Tecnología [33].

La vida útil de un activo según las NIIF se define como "el periodo durante el cual se espera que un activo esté disponible para su uso por una entidad o el número de unidades de producción o similares que se espera obtener del mismo por parte de la entidad" [33].

3.5 Discusión de los resultados

La elección de los sistemas de costeo basado en actividades y costeo por ciclo de vida, y el posterior planteamiento del sistema de costeo híbrido que integra características de los dos, está diseñado con el objetivo de estar acorde con el dinamismo de la industria de hidrocarburos. Es claro que los sistemas de costeo tradicionales fueron desarrollados para empresas y sistemas de producción específicos que carecían del dinamismo, tecnología y sistemas de información con la que cuentan las empresas actualmente, por este

motivo el desarrollo de sistemas híbridos representa una ventaja para ese tipo de organizaciones modernas.

El desarrollo del sistema de costeo requirió de un proceso de diagnóstico de la organización, en el cual se determinó la necesidad de tener un conocimiento detallado de la misma, sus actividades principales y secundarias, sus falencias en los procesos de imputación de costos y las políticas en el manejo de los costos de cada actividad. También, era necesario tener claro cuáles eran los objetivos que persigue la empresa con el fin de potenciar aquellos aspectos positivos extraídos del diagnóstico y reevaluar o reenfocar aquellos que se observaban como débiles. Dadas estas circunstancias se planteó un modelo que tiene como fin observar los costos generados por un activo desde la identificación de la necesidad del mismo, es decir, desde la etapa de incorporación, hasta su desincorporación de la organización.

Se dio la elección del modelo matemático para el costeo del ciclo de vida propuesto por la norma ISO 15663, debido a que es posible obtener valores precisos y representar cuantitativamente el ciclo de vida de las plantas piloto y equipos de una manera integral a través de sus costos. Además, por medio de la ecuación matemática es posible analizar de manera detallada cuál de las etapas del ciclo genera un mayor costo, caso contrario de otros modelos que no permitían observar esto tan claramente. Adicionalmente, la elección del sistema de costeo basado en actividades para los costos transferidos se debe a los criterios de asignación empleados por este modelo, el cual busca una mayor precisión y la identificación de actividades que no generan valor añadido a la organización.

Tomando como base los resultados observados en los antecedentes de casos de aplicación del costeo por ciclo de vida, se puede observar que la construcción e implementación del mismo puede variar. Ristimaki, Saynajoki, Heinonen y Junnila, afirman que la construcción de un modelo de costos que tenga en cuenta el ciclo de vida se divide en dos fases: la construcción y aplicación, las cuales resumen de manera general las cuatro fases planteadas por el modelo propuesto en el artículo, donde la construcción hace referencia a los

costos de incorporación y la aplicación hace referencia a los costos de operación, mantenimiento y desincorporación [28].

El enfoque dado a las subdimensiones varía de acuerdo a los activos y a la organización a la que se le aplicará el costo por ciclo de vida. De igual manera, presentan un análisis para un nuevo diseño del sistema de energía del distrito residencial, por lo tanto las subdimensiones de operación y mantenimiento están estrechamente relacionadas con aspectos de consumo energético, a diferencia de un modelo planteado para la industria de *oil & gas* en donde el enfoque es totalmente diferente, de allí, la necesidad de una relación estrecha de las personas responsables del diseño del modelo con las actividades que desarrolla cada organización por cuanto esto genera como resultado el nivel de precisión óptimo del modelo en el cálculo del ciclo de vida de acuerdo a las condiciones actuales.

Ally y Pryor presentan las mismas variables o subdimensiones para cada una de las fases del ciclo de vida, ya que, en este caso, la aplicación del sistema de costeo busca determinar cuál es la mejor opción relacionada con sistemas de transporte de autobús en Australia [27]. Por este motivo, los autores determinaron que únicamente requerían estas subdimensiones, ya que con ellas se podía llegar al objetivo planteado. Esto permite concluir que la definición de objetivos específicos para la implementación del costeo por ciclo de vida, condiciona directamente la construcción del mismo y el nivel de detalle requerido en el proceso de estructuración de las subdimensiones.

Debido a la cantidad de información disponible, Sarmiento y Peñaranda plantean la subdimensión de pérdidas por disponibilidad y confiabilidad las cuales estiman pérdidas no planeadas inherentes a la posibilidad de fallo de cada alternativa en función de determinar los costos por fallos imprevistos [4]. El modelo de costos planteado en este artículo tiene como objetivos, a futuro, incluir costos que se relacionen con la tasa de fallo de un activo, niveles de disponibilidad y demás aspectos relacionados con el mantenimiento de los activos. No fue posible la incorporación de esta subdimensión en el

modelo actual ya que la organización se encuentra en una fase de construcción de la misma.

En la fase de desincorporación se tiene presente el concepto de logística inversa, ya que los activos, o sus partes, son utilizados en actividades que necesiten de equipo de apoyo y por esta razón no son vendidos al finalizar su vida útil.

Sarmiento Peñaranda no toman en cuenta costos transferidos indirectamente que afectan el activo objeto de estudio, estos costos tienen implicación sobre el costo total del ciclo de vida por cuanto existen operaciones transversales en la organización que son necesarias para el correcto funcionamiento del activo, aunque los modelos teóricos planteados no los tomen en cuenta [4].

3.6 Conclusiones

Los sistemas de costeo tradicionales, en muchos casos no presentan de manera integral el costo de los activos a lo largo de su ciclo de vida en una organización y esto le impide a la organización tomar decisiones apropiadas de acuerdo con la situación de la misma, por este motivo surge el sistema de costeo híbrido para dar solución a este problema.

El costeo híbrido no se debe definir como una metodología específica, ya que esta surge de la combinación de dos o más metodologías acordes a las necesidades y objetivos de la organización. La estructuración de un sistema de costeo híbrido permite obtener información más completa respecto a los costos incurridos por cuanto el modelo se adapta bien al sistema de producción implementado por la empresa o al tipo de prestación de servicio desarrollado, adicionalmente permite ejercer un mayor control sobre los costos e implementar un sistema de mejoramiento continuo.

El sistema de costeo propuesto genera una desventaja cuando se presenta un desconocimiento del modelo de ciclo de vida de un activo y el proceso de integración del mismo crea una dificultad en la

implementación por la estructura de los sistemas de información en la clasificación de las cuentas contables. Sin embargo, este brinda una visión real de los costos en los que incurre la empresa en cada uno de sus departamentos o actividades a lo largo del ciclo de vida de los activos, también se convierte en un soporte para la toma de decisiones y en una forma de analizar los costos de manera detallada y minuciosa.

La implementación del sistema de costeo se debe realizar de manera gradual debido al tamaño de la empresa y a la robustez de la información manejada. Los resultados de la implementación del sistema de costeo pueden variar en cada una de las empresas, y esto depende de las necesidades y restricciones que se presenten.

Referencias

- [1] C. Horngren, G. Foster y S. Datar, *Contabilidad de Costos: Un enfoque gerencial*, Decima ed., Ciudad de México: Pearson Educación, 2002.
- [2] M. I. Duque, L. F. Gómez y J. A. Osorio, "El costeo híbrido: La mezcla entre tradición e innovación en la aplicación de metodologías de costeo," Trabajo de grado, Contaduría Pública, Universidad de Antioquia, Medellín, 2009.
- [3] A. Bierer, U. Gotze, L. Meynerts y R. Sygulla, "Integrating life cycle costing and life cycle assessment using extended material flow cost accounting," *Journal of cleaner Production*, vol. 108, pp. 1289-1301, 2015.
- [4] L. C. D. Sarmiento y C. Á. T. Peñaranda, Análisis de costos de ciclo de vida del sistema de compresión de gas lift de la Superintendencia de operaciones en Orito Putumayo, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2010.
- [5] A. Santamaría De La Cruz, "Gestión de Repuestos de gastos e inversión on base en análisis de costo de ciclo de vida," *Revista Club de mantenimiento*, pp. 2-6, 2006.
- [6] G. Sinisterra, *Fundamentos de contabilidad financiera y de gestión*, Cali: U. del Valle, 1997.
- [7] A. L. Vaca, Los sistemas de costeo: bases y metodologías, *Contexto, Revista de investigaciones*, vol. 1, no. 1. 2012.

- [8] M. Duque, J. Osorio y D. Agudelo, "Análisis de la aplicación del sistema de costeo estándar en las empresas manufactureras colombianas," *Revista del Instituto Internacional de Costos*, abril, 2012.
- [9] P. Zapata Sánchez, *Contabilidad de costos. Herramientas para la toma de decisiones*, 2da Edición ed., Bogotá: Alfaomega, 2015.
- [10] M. Aquieta y L. Parreño, *Caracterización del Sistema de Costos por procesos en la Empresa Productos Lácteos Bayamo.*, Cuba: Universidad de Granma, 2013.
- [11] L. Gayle, *Contabilidad y administración de costos*, Ciudad de México: McGraw - Hill. Sexta edición, 1999.
- [12] A. Vianey, G. Marlem, H. Sandra, U. Paulina y Z. Zeidy, *Análisis de los métodos de costeo tradicional - ABC*, Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional, 2012.
- [13] A. Torres, M. Escalante de la O, H. Garcia y A. Becerril, *Contabilidad de costos: Análisis para la toma de decisiones*, Ciudad de México, McGraw-Hill, 2002.
- [14] C. Berliner y J. A. Brimson, *Cost Management for Today's Advanced Manufacturing*, Boston: Harvard Business, 1988.
- [15] R. A. Cárdenas, *Administración de costos: Métodos modernos de costos y manufactura*, Ciudad de México : McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- [16] Y. Crespo, *El costeo ABC y su aplicación en la determinación de los costos por productos.*, Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2016.
- [17] B. Crisanto, "Elaboración de un sistema de costeo basado en actividades para el laboratorio de ingeniería sanitaria de la Universidad de Piura," Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Perú, 2016.
- [18] J. Patiño y M. Zuña, "Propuesta de un sistema de costos ABC y análisis de sus beneficios en las empresas del sector turístico de la provincia del Azuay, periodo 2015. Caso práctico: Empresa Parque Acuatico Azulplanet CIA. LTDA. del Canton Gualaceo.," Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Cuenca., Cuenca, 2017.
- [19] R. S. Kaplan y R. Cooper, *Coste y Efecto*, Barcelona: Gestión 2000, 1999.
- [20] G. Möller, "El sistema de costes basado en las actividades (ABC), Implantación en una bodega," Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Valladolid, Valladolid, 2011.
- [21] C. H. Guerrero, "Diseño de la estructura de costos para un portafolio de servicios industriales de la gerencia de oleoductos de ecopetrol a partir de un sistema de costeo ABC," Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2005.
- [22] L. J. A. Navas, "Diseño y aplicación de un modelo de costos para la dirección y responsabilidad integral de ECOPETROL S.A.," Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2007.
- [23] Asociación Española de Normalización y Certificación, «UNE-EN 60300-3-3,» de *Norma Española*, Madrid: AENOR, 2009.
- [24] International Standard Organization, *ISO 15663-1, Petroleum and natural gas industries - Life cycle costing.*, ISO, 2000.
- [25] A. Pérez Gelvez y E. Carrasquilla Franco, "Costeo del ciclo de vida de un activo: Proyecto unidad constructiva," Tesis maestría en Administración, EAFIT, Medellín, 2013.
- [26] C. Gormand, *Controlar el costo de un producto. El costo del ciclo de vida*, Madrid: AENOR, 2001.
- [27] J. Ally y T. Pryor, "Life cycle costing of diesel, natural gas, hybrid and hydrogen fuel cell bus systems: An Australian case study," *Energy Policy*, vol. 94, pp. 285-294, 2016.
- [28] M. Ristimaki, A. Saynajoki, J. Heinonen y S. Junnila, "Combinin life cycle costing and life cycle assessment for an analysis of a new residential district enery system desing," *Energy*, vol 63, pp. 168-179, 2013.
- [29] J. Kiiras, J. Hyartt, A. Saari y J. Kammonen, *Property Maintenance Expenses in Finland 1992* Helsinki University of Technology, 1993.
- [30] J. Pastor , "Procedimiento de estimación del coste del ciclo de vida de un sistema de armas en España," Tesis doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia, España, 2015.
- [31] M. Mowen y D. Hansen, *Administración de costos: Contabilidad y control, Quinta edición*, Ciudad de México: Cengage Learning, 2007.
- [32] M. Yañez, M. Agüero, M. Acevedo y K. Semeco, "Análisis económico del ciclo de vida de activos," s.f, pp. 129-150.
- [33] Consejo de Normas Internacionales de Contabilidad (IASB), *Norma Internacional de Información Financiera para pequeñas y medianas entidades*, Londres: IASCF Publications Department, 2009, p. Sección 21.