

Diseño de un sistema de costos para el Laboratorio de Rayos X de la Universidad

Industrial de Santander

Leidy Stephannia Avila Gamboa

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero(a) Industrial

Director

Juan Benjamín Duarte Duarte

Ph.D. en Finanzas de empresa

Tutor

José Antonio Henao Martínez

Ph.D. en Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A Dios, a mi madre Luz Stella Gamboa, a mi padre Juan Carlos Ávila y a mi hermana Julieth, quienes creyeron y confiaron siempre en mis conocimientos, habilidades y competencias. Su amor, comprensión y apoyo me permitieron tener sin duda una de las mejores oportunidades tanto a nivel profesional como personal.

Leidy Ávila

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, por permitirme ser parte de esta gran comunidad llena de diversos y talentosos estudiantes y docentes.

A mi director y a mi tutor, quienes me brindaron su apoyo durante el desarrollo del proyecto.

A mis padres, que hicieron este proceso ameno, me motivaron y me brindaron toda su ayuda posible.

A cada uno de los docentes y colegas, que me brindaron su conocimiento e hicieron parte de mi aprendizaje y crecimiento profesional.

A mis amigas, cuyo amor incondicional, colaboración y apoyo nunca faltó. Así como a cada una de las personas que conocí durante mi carrera universitaria.

Tabla de Contenido

Introducción 16

1. Descripción general de la empresa..... 18

1.1 Generalidades de la empresa..... 18

1.1.1 Misión 18

1.1.2 Visión 19

1.1.3 Organigrama..... 19

1.1.4 Mapa de procesos 20

2. Generalidades del proyecto 20

2.1 Planteamiento del problema 20

2.2 Objetivos 21

2.2.1 Objetivo General 21

2.2.2 Objetivos Específicos 21

2.3 Metodología 22

2.3.1 Etapa I. Diagnóstico de la empresa 23

2.3.2 Etapa II. Selección del sistema de costos 23

2.3.3 Etapa III. Diseño del sistema de costos 24

2.3.4 Etapa IV. Desarrollo de la herramienta ofimática..... 24

2.3.5 Etapa V. Evaluación del sistema de costos propuesto junto al sistema de costos actual .. 24

2.3.6 Etapa VI: Determinación de los requerimientos básicos para la implementación del sistema de costos propuesto 25

3. Marco de referencia..... 25

3.1 Marco de antecedentes 25

SISTEMA DE COSTOS PARA EL LABORATORIO DE RAYOS X

	5
3.2 Marco teórico	27
3.2.1 Generalidades de los costos	27
3.2.2 Generalidades de una empresa de servicios.....	28
3.2.3 Generalidades de los sistemas de costos.....	29
3.2.4 Estudio de los procesos	32
4. Etapa I. Diagnóstico.....	32
4.1 Análisis general del Laboratorio de Rayos X	33
4.1.1 Personal del laboratorio.....	33
4.1.2 Equipos.....	33
4.1.3 Análisis del portafolio de servicios	35
4.1.4 Alcance del sistema de costos	40
4.2 Análisis del proceso operativo	41
4.2.1 Entradas.....	41
4.2.2 Principales operaciones.....	45
4.2.3 Secuencia de producción.....	49
4.2.4 Estudio de tiempos	53
4.3 Análisis del sistema de costos actual	58
4.3.1 Generalidades del sistema de costos actual.....	58
4.3.2 Descripción del proceso de asignación de costos que realiza el Laboratorio de Rayos X.....	60
4.3.3 Análisis de las situaciones críticas en el sistema de costeo actual.....	60
5. Etapa II. Selección del sistema de costos.....	62
5.1 Revisión de literatura gris de los sistemas de costos que se implementan en la actualidad	

SISTEMA DE COSTOS PARA EL LABORATORIO DE RAYOS X

	6
5.2	Proceso de toma de decisiones..... 65
5.2.1	Descripción del Objetivo..... 66
5.2.2	Criterios..... 66
5.2.3	Alternativas 67
5.3	Selección del sistema de costos..... 69
5.3.1	Definición del sistema de costos ABC..... 70
5.3.2	Requisitos del sistema de costos propuesto. 70
6.	Etapa III. Diseño del sistema de costos..... 71
6.1	Elementos del costo..... 71
6.1.1	Costos directos 72
6.1.2	Costos indirectos 76
6.2	Clasificación de los elementos del costo en el sistema de costos ABC 78
6.3	Procedimiento para el cálculo de los costos en el Laboratorio de Rayos X 79
6.4	Diseño del sistema de costos propuesto. 79
6.4.1	Estructura del modelo de Excel 80
6.4.2	Alimentación de la información..... 80
6.4.3	Asignación de los costos 80
6.4.4	Verificación y validación de la información..... 81
6.4.5	Refinamiento..... 81
7.	Etapa IV. Desarrollo de la herramienta ofimática..... 81
7.1	Plantillas de registro..... 82
7.2	Plantillas no modificables 82
7.3	Hojas de trabajo para las familias de servicios 83

8.	Etapa V. Evaluación del sistema de costos propuesto junto al sistema de costos actual..	83
8.1	Plan de acción para realizar la prueba piloto.	83
8.1.1	Objetivo.....	83
8.1.2	Actividades.....	83
8.1.3	Responsables.....	84
8.1.4	Plazo.....	84
8.2	Ejecución del plan de acción.....	84
8.2.1	Identificación de las fuentes de información	84
8.2.2	Métodos de recopilación	85
8.2.3	Procesamiento de datos	85
8.3	Alimentar el sistema de costos con la información del Laboratorio de Rayos X.	85
8.3.1	Identificación de los centros de costos.....	86
8.3.2	Identificación de las actividades.	87
8.3.3	Selección de las actividades claves.	91
8.3.4	Identificación de los inductores de costos.....	93
8.3.5	Métodos para calcular los inductores de costos.	94
8.3.6	Asignación de los costos indirectos a las actividades claves.....	94
8.3.7	Asignación de los costos directos e indirectos a los servicios.	101
8.4	Socialización del sistema de costos con los trabajadores del área y capacitación en el uso de la herramienta y en su interpretación.	102
8.5	Comparación del sistema de costos implementado y el sistema de costos actual del laboratorio.	103
8.5.1	Comparación del sistema de costos 1 “subsidiado” y del sistema de costos 2 “real”.....	107

8.6	Análisis comparativo de la competencia y análisis de precio.	109
8.7	Controles de medición para el funcionamiento del sistema.....	112
9.	Etapa VI: Determinación de los requerimientos básicos para la implementación del sistema de costos propuesto	113
9.1	Requerimientos de implementación	113
9.2	Requerimientos de actualización.....	115
10.	Conclusiones	116
11.	Recomendaciones.....	118
	Referencias Bibliográficas	119

Lista de Tablas

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos	17
Tabla 2. Técnica y tipo de muestra por equipo del Laboratorio de Rayos X 104.	34
Tabla 3. Técnica y tipo de muestra por equipo del laboratorio 301.	34
Tabla 4. Tarifa 2023 de los servicios más representativos.	41
Tabla 5. Muestras de materiales orgánicos e inorgánicos y fármacos.....	43
Tabla 6. Diferencias entre las muestras de materiales orgánicos e inorgánicos y los fármacos... ..	44
Tabla 7. Servicios disponibles por familia según el tipo de muestra.....	45
Tabla 8. Clasificación de las variables por categorías.	54
Tabla 9. Tamaño de muestra del servicio DRX-12.....	56
Tabla 10. Tiempos promedio de las categorías del estudio de tiempos.....	57
Tabla 11. Cuadro comparativo de los sistemas de costos.....	64
Tabla 12. Criterios de selección del sistema de costos.	66
Tabla 13. Alternativas de sistemas de costeo.....	68
Tabla 14. Parámetros para la selección del sistema de costos.	68
Tabla 15. Puntuación de las alternativas con base a los parámetros de selección.....	69
Tabla 16. Resultados de la evaluación de las alternativas.	70
Tabla 17. Reactivos químicos comúnmente utilizados.....	72
Tabla 18. Asignación de actividades por cargo y servicio.....	73
Tabla 19. Contratos por obra o servicio.....	74
Tabla 20. Salario mensual del personal planta UIS.	75
Tabla 21. Porcentaje de MOD.	75

SISTEMA DE COSTOS PARA EL LABORATORIO DE RAYOS X

	10
Tabla 22. Uso de bases de datos y programas por servicio.	77
Tabla 23. Etapas de las diferentes fases de determinación de los costos.....	79
Tabla 24. Áreas del Laboratorio de Rayos X y de otros laboratorios a disposición.....	86
Tabla 25. Evaluación de actividades del personal según criterios establecidos.	87
Tabla 26. Actividades claves designadas a los sistemas de costos.	91
Tabla 27. Método de asignación de costos a las actividades clave.....	95
Tabla 28. Elementos del costo asociados a cada servicio del sistema de costos actual del laboratorio.	103
Tabla 29. Elementos del costo y gastos administrativos asociados a cada servicio del primer sistema de costos propuesto “subsidiado”.	104
Tabla 30. Relación de costos del sistema de costos actual y el sistema de costos 1 propuesto..	106
Tabla 31. Elementos del costo y gastos administrativos asociados a cada servicio del segundo sistema de costos propuesto “real”.....	108
Tabla 32. Competidores del sector.....	110
Tabla 33. Presupuesto panorama actual – Opción 1.	113
Tabla 34. Presupuesto: Alternativa - Opción 2.....	114
Tabla 35. Perfil del cargo de un profesional financiero para el manejo administrativo y financiero del laboratorio.	114

Lista de figuras

Figura 1. Imagotipo del Laboratorio de Rayos X.	18
Figura 2. Organigrama del Laboratorio de Rayos X.....	19
Figura 3. Mapa de procesos del Laboratorio de Rayos X.....	20
Figura 4. Metodología general del Trabajo de Grado.....	22
Figura 5. Servicios por familia de servicio.	35
Figura 6. Ingresos recibidos por servicio en el año 2022	37
Figura 7. Ingresos recibidos por servicio en el año 2022 (clientes extenos)	38
Figura 8. Número de muestras por servicio en el año 2022 (clientes externos).....	38
Figura 9. Ingresos recibidos por servicio en el año 2022 (clientes internos).....	39
Figura 10. Número de muestras por servicio en el año 2022 (clientes internos).....	39
Figura 11. Servicios dentro del alcance del trabajo de grado.	40
Figura 12. Estado de la muestra para los materiales orgánicos e inorgánicos y fármacos.	42
Figura 13. Secuencia de producción de las familias de servicio.....	49
Figura 14. Diagrama de operaciones de la familia de servicio DRX para la muestra de materiales orgánicos e inorgánicos.....	51
Figura 15. Diagrama de recorrido de la familia de servicio DRX para la muestra de materiales orgánicos e inorgánicos.....	52
Figura 16. Proceso analítico jerárquico – AHP.	65
Figura 17. Matriz de priorización de factores.....	69
Figura 18. Flujo del diseño del Sistema de costos ABC.....	80
Figura 19. Interfaz inicial del Sistema de costeo propuesto.	81

SISTEMA DE COSTOS PARA EL LABORATORIO DE RAYOS X

12

Figura 20. Participación de los servicios por actividad.	97
Figura 21. Variación del sistema de costos ABC propuesto con respecto al sistema de costos actual para los servicios DRX.....	107
Figura 22. Variación del sistema de costos ABC propuesto con respecto al sistema de costos actual para los servicios FRX - ATT - DRM - EIR	107
Figura 23. Crecimiento de los costos del sistema de costos "real"	109
Figura 24. Comparativa de precios del servicio DRX-03.....	112

Lista de apéndices

Apéndice A. Diagramas de pareto.

Apéndice B. Operación preparación de la muestra.

Apéndice C. Operación registro de datos.

Apéndice D. Operación Análisis de datos.

Apéndice E. Operación de autodiagnóstico y alineamiento de equipo.

Apéndice F. Operación preparación de arcillas.

Apéndice G. Consolidado diagramas de operaciones y recorrido.

Apéndice H. Entradas del proceso operativo.

Apéndice I. Tiempos.

Apéndice J. Distancias por servicio.

Apéndice K. Estudio de tiempos.

Apéndice L. Clientes externos.

Apéndice M. IPC_Inflación.

Apéndice N. Condiciones de medida Registro de datos

Apéndice O. Evidencia socialización y capacitación

Apéndice P. Sistema de costos ABC subsidiado

Apéndice Q. Sistema de costos ABC real

Apéndice R. Entorno competitivo

Apéndice S. Evidencias brochure_cotizaciones

Apéndice T. Procedimiento actualización sistema de costos.

Resumen

Título: Diseño de un sistema de costos para el Laboratorio de Rayos X de la Universidad Industrial de Santander*

Autor: Leidy Stephannía Avila Gamboa**

Palabras clave: Sistema de costos, elementos del costo, estructura de costos, costeo ABC, costeo por actividades, rayos X, análisis técnicos.

Descripción:

El presente proyecto aborda la necesidad actual que afronta el Laboratorio de Rayos X frente a la desactualización de su sistema de costos, por medio del diseño e implementación de un nuevo sistema de costos moderno, cuyos resultados han reflejado tener un impacto positivo en la toma de decisiones de otras empresas u organizaciones de diferentes sectores.

El proyecto comienza con un diagnóstico inicial del laboratorio, así como de su proceso productivo y del sistema de costos actual, permitiendo la identificación de acciones correctivas y de mejora para el nuevo sistema de costos. Como parte de este proceso, se realiza una revisión de literatura gris relacionada con los sistemas de costos que actualmente tienen aplicabilidad en la industria de servicios, el cual debe abordar de manera efectiva las deficiencias identificadas en el sistema anterior y dar cumplimiento a las necesidades y requerimientos actuales del laboratorio.

El diseño y la implementación del nuevo sistema de costos se realiza gradualmente, culminando el proyecto con la socialización, aprobación y capacitación del personal. Los resultados demuestran una asignación de costos eficiente en comparación al panorama anterior, lo que brinda a la dirección una visión precisa de los costos de producción y las oportunidades de mejora.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Juan Benjamín Duarte Duarte.

Abstract

Title: Desing of a costing system for the X-ray Laboratory of Universidad Industrial de Santander*

Author: Leidy Stephannía Avila Gamboa**

Key words: Costing system, cost elements, cost structure, ABC costing, activity costing, X-ray, technical analysis.

Description:

This project addresses the current need faced by the X-Ray Laboratory due to the outdatedness of its cost system, through the design and implementation of a new modern cost system, whose results have shown to have a positive impact on the decision making process of other companies or organizations in different sectors.

The project begins with an initial diagnosis of the laboratory, as well as its production process and current cost system, allowing the identification of corrective and improvement actions for the new cost system. As part of this process, a review of gray literature related to cost systems currently applicable in the service industry is performed, which should effectively address the deficiencies identified in the previous system and meet the current needs and requirements of the laboratory.

The design and implementation of the new costing system is carried out gradually, culminating the project with the socialization, approval and training of personnel. The results demonstrate an efficient cost allocation compared to the previous scenario, providing management with an accurate view of production costs and opportunities for improvement.

*Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Juan Benjamín Duarte Duarte.

Introducción

La implementación de un sistema enfocado en el reconocimiento de los costos se ha vuelto esencial en el ámbito empresarial, y más en el sector servicios, ante la complejidad y diversidad de sus operaciones. Su uso facilita la toma de decisiones financieras, administrativas y operativas, además de que promueve el mejoramiento continuo de la entidad y proporciona información confiable para establecer precios en el mercado (Ramírez y Urrea, 2018). En este contexto, el Laboratorio de Rayos X de la Universidad Industrial de Santander se beneficia al identificar sus necesidades actuales y al tomar medidas para establecer un sistema de costos actualizado conforme al que tiene actualmente dado que le permite actualizar y medir los costos de manera más precisa y confiable, obteniendo así numerosos beneficios derivados de su uso.

Por este motivo, el presente proyecto tiene como objetivo diseñar un nuevo sistema de costos para el Laboratorio de Rayos X, el cual fue fundado dentro del grupo de investigación en Química Estructural (GIQUE) de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias y que se encuentra adscrito a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente ofrece servicios de análisis en el campo de Difracción de Rayos X (DRX), Fluorescencia de Rayos X (FRX), análisis térmicos como termogravimetría (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC) y ensayos de espectroscopía infrarroja (EIR) al sector productivo de la región en industrias tales como: cosmética, farmacéutica, minera, metalúrgica, petrolera e hidrocarburos, de alimentos, entre otros; y a la comunidad universitaria en general.

Cumplimiento de objetivos**Tabla 1.***Cumplimiento de objetivos.*

Objetivos	Capítulo
1.Realizar un diagnóstico del sistema de costos que maneja actualmente el Laboratorio de Rayos X y de los procesos misionales que se llevan a cabo dentro del mismo.	4
2.Comparar los sistemas de costos existentes en la literatura para definir el modelo adecuado en base a las condiciones y características del Laboratorio de Rayos X.	5
3.Diseñar el sistema de costos que se adecue a las necesidades y características del Laboratorio de Rayos X previamente validado por la dirección para los servicios de mayor rotación y/o generadores de mayores ingresos.	6
4.Desarrollar la herramienta ofimática para la implementación y control del sistema de costos propuesto.	7
5.Evaluar el sistema de costos propuesto mediante una prueba piloto y comparar su eficiencia respecto al sistema de costeo actual.	8
6.Fijar los requerimientos básicos que se precisan para la implementación del nuevo sistema de costos.	9

1. Descripción general de la empresa

El Laboratorio de Rayos X es una unidad académico administrativa adscrita a la VIE de la Universidad Industrial de Santander (UIS), la cual se ajusta a todos los requisitos legales y reglamentarios estipulados para la universidad. Está ubicado en las instalaciones del Parque Tecnológico Guatiguará - PTG en la sede de la Universidad Industrial de Santander, específicamente en el Edificio de Investigaciones salón 104.

Sus inicios se remontan alrededor del año 2012 bajo la dirección del director del laboratorio Jose Antonio Henao Martínez brindando servicios de ensayos y análisis técnicos en los ámbitos de la ingeniería y la investigación científica.

Figura 1.

Imagotipo del Laboratorio de Rayos X.



Nota. Imagotipo tomado del Laboratorio de Rayos X.

1.1 Generalidades de la empresa.

Uno de los aspectos destacados del laboratorio es que se encuentran certificados por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos - Invima, en el ensayo de muestras de fármacos; certificación que valida su dedicación y esfuerzo.

1.1.1 Misión

“El Laboratorio de Rayos-X se enfoca en satisfacer las necesidades de sus clientes (estudiantes, investigadores, docentes, administrativos, industriales y personas naturales)

realizando análisis, capacitaciones asesorías e investigación, de Fluorescencia y Difracción de rayos-X de muestras policristalinas y monocristalinas; articula un equipo humano con capacidades técnicas, comprometido con el desarrollo, el fortalecimiento de la investigación y la mejora continua enmarcada en el Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017 y en la guía de buenas prácticas de laboratorio” (Laboratorio de Rayos X, 2023).

1.1.2 Visión

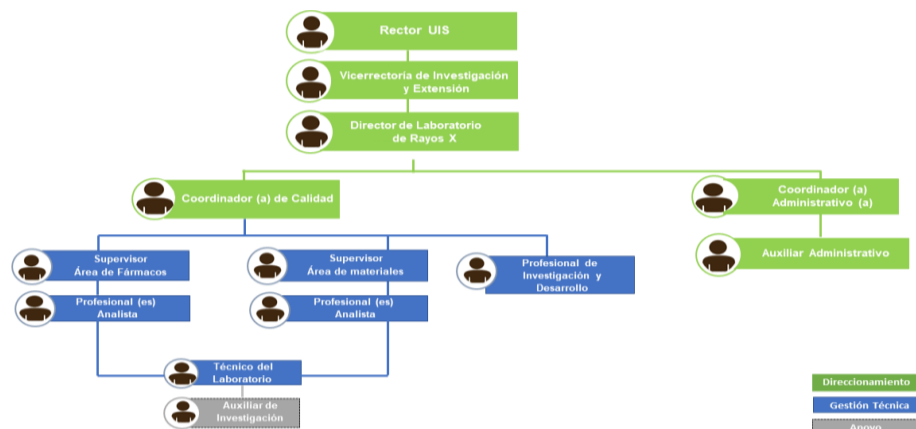
“En el 2025 el laboratorio de Rayos-X se convertirá en el ente articulador de la investigación, la docencia y la prestación de servicios de ensayo de alta calidad acreditados bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017 y certificada según la guía de buenas prácticas de laboratorio, a nivel nacional con reconocimiento internacional, en el área de caracterización de materiales por las técnicas de fluorescencia de rayos-X y difracción de rayos-X de muestras policristalinas y monocristalinas, enfocando todos sus esfuerzos al cumplimiento de las necesidades de sus clientes” (Laboratorio de Rayos X, 2023).

1.1.3 Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama del Laboratorio de Rayos X.

Figura 2.

Organigrama del Laboratorio de Rayos X.



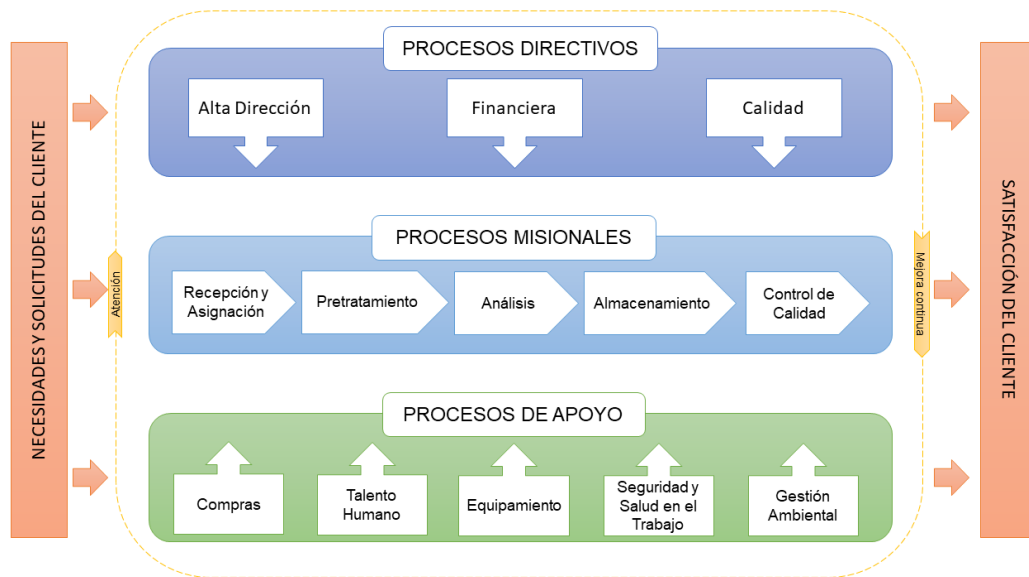
Nota. Adaptado del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) del Laboratorio de Rayos X.

1.1.4 Mapa de procesos

A continuación, se presenta el mapa de procesos del Laboratorio de Rayos X.

Figura 3.

Mapa de procesos del Laboratorio de Rayos X.



Nota. Adaptado del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) del Laboratorio de Rayos X.

2. Generalidades del proyecto

2.1 Planteamiento del problema

El Laboratorio de Rayos X de la Universidad Industrial de Santander se enfrenta a un problema relevante debido a la falta de un sistema de costos actualizado. Esta carencia afecta negativamente la gestión del laboratorio, puesto que dificulta la obtención de información precisa y transparente sobre los costos asociados a los servicios que ofrece. Además, la falta de

información verídica dificulta la determinación de precios justos, lo cual a su vez limita la capacidad de toma de decisiones basadas en evidencia de manera efectiva.

En aras de ser más competitivo y buscando una mayor captación de clientes potenciales, el Laboratorio de Rayos X se ha propuesto investigar la existencia de posibles fallas internas en el sistema de costos actual, las cuales podrían estar impactando la precisión de los precios del portafolio de servicios en comparación con los servicios ofrecidos en el mercado.

Se reconoce que la desactualización a lo largo de los años del sistema de costos por los cambios en sus servicios, equipos e insumos está generando deficiencias en la gestión de la información financiera, debido a su falta de mejora continua que impide la implementación de medidas correctivas a nivel operativo o incluso la implementación de estrategias competitivas. En vista de esta problemática, y con el objetivo de abordarla de manera adecuada, el laboratorio reconoce la necesidad de requerir apoyo para la construcción de un sistema de costos acorde a sus necesidades presentes.

2.2 Objetivos

2.2.1 *Objetivo General*

Diseñar un sistema de costos para el Laboratorio de Rayos X de la Universidad Industrial de Santander que permita una mejor asignación de costos a cada servicio.

2.2.2 *Objetivos Específicos*

- Realizar un diagnóstico del sistema de costos que maneja actualmente el Laboratorio de Rayos X y de los procesos misionales que se llevan a cabo dentro del mismo.
- Comparar los sistemas de costos existentes en la literatura para definir el modelo adecuado en base a las condiciones y características del Laboratorio de Rayos X.

- Diseñar el sistema de costos que se adecue a las necesidades y características del laboratorio previamente validado por la dirección para los servicios de mayor rotación y/o generadores de mayores ingresos.

- Desarrollar la herramienta ofimática para la implementación y control del sistema de costos propuesto.

- Evaluar el sistema de costos propuesto mediante una prueba piloto y comparar su eficiencia respecto al sistema de costeo actual.

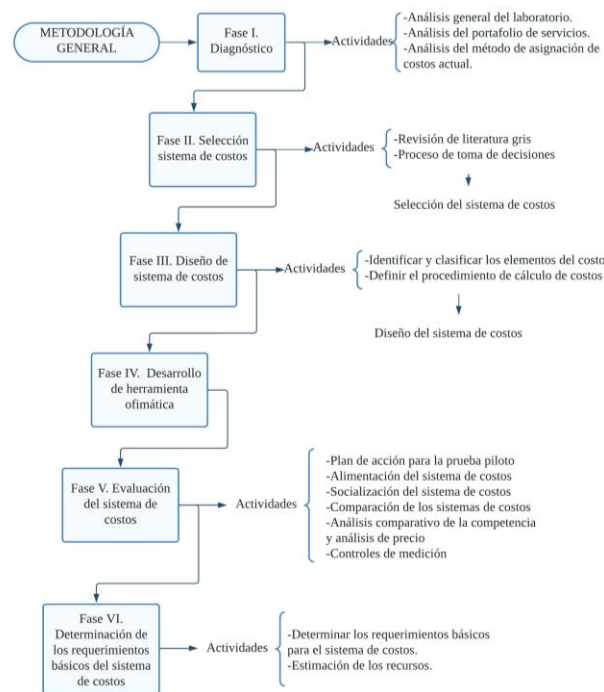
- Fijar los requerimientos básicos que se precisan para la implementación del nuevo sistema de costos.

2.3 Metodología

En la Figura 4 se presenta la metodología del trabajo de grado.

Figura 4.

Metodología general del Trabajo de Grado.



2.3.1 Etapa I. Diagnóstico de la empresa

En esta etapa se realiza el levantamiento del proceso productivo y el análisis del sistema de costeo actual del laboratorio de Rayos X.

Actividades:

- Realizar un análisis general de la empresa, que incluya el portafolio de servicios del laboratorio, los diagramas de Pareto en función a las ventas y los servicios a los que se les diseñará el sistema de costos.
- Describir el proceso productivo, acompañado de los diagramas de operaciones del proceso, el diagrama de recorrido de actividades y un estudio de tiempos.
- Realizar un análisis del método de asignación de los costos que realizan los trabajadores y un análisis de las situaciones críticas en el sistema de costos actual.

2.3.2 Etapa II. Selección del sistema de costos

En esta etapa, se define el sistema de costos que se implementará en el Laboratorio de Rayos X.

Actividades:

- Realizar una revisión de literatura gris en el que se comparen los sistemas de costos que se implementan en la actualidad, especialmente en el ámbito de los servicios.
- Definir el proceso de toma de decisiones que se lleva a cabo para la selección del sistema.
- Seleccionar el sistema de costos que obtenga mayor puntaje según metodología multicriterio basada en el método AHP.
- Definir los requisitos para el sistema de costos propuesto.

2.3.3 Etapa III. Diseño del sistema de costos

Una vez definido el sistema de costos que se implementará, se establece el manejo de los elementos del costo, así como su procedimiento para su cálculo.

Actividades:

- Identificar los elementos del costo.
- Clasificar los elementos del costo con base a la metodología de aplicación de los costos al sistema de costos propuesto.
- Definir el procedimiento para el cálculo de los costos en el Laboratorio de Rayos X.
- Diseñar el sistema de costos propuesto.

2.3.4 Etapa IV. Desarrollo de la herramienta ofimática

Se desarrolla en la herramienta de Microsoft de Excel el sistema de costos propuesto para dar inicio a la siguiente etapa de implementación y evaluación del sistema de costeo.

2.3.5 Etapa V. Evaluación del sistema de costos propuesto junto al sistema de costos actual

En esta etapa, se procede a implementar el sistema de costos propuesto y a evaluarlo en comparación con el sistema de costos actual del Laboratorio de Rayos X.

Actividades:

- Establecer un plan de acción para realizar la prueba piloto en la que se alimente el sistema de costos propuesto con información del proceso productivo.
- Alimentar el sistema de costos con la información del Laboratorio de Rayos X.
- Socializar el sistema de costos con los trabajadores del área y realizar dos (2) capacitaciones en el uso de la herramienta y en su interpretación.
- Comparar el sistema de costos implementado y el sistema de costos actual del laboratorio.
- Realizar análisis comparativo de la competencia y análisis de precio.

- Aplicar controles de medición para el funcionamiento del sistema.

2.3.6 Etapa VI: Determinación de los requerimientos básicos para la implementación del sistema de costos propuesto

Una vez se haya evaluado el sistema de costos propuesto se establecen los requerimientos básicos que debe asumir el laboratorio de rayos x para el uso del sistema de costeo, así como su estimación de recursos. Por último, se realiza la socialización de los resultados obtenidos del proyecto de grado al director del Laboratorio de Rayos X.

3. Marco de referencia

3.1 Marco de antecedentes

Esta sección proporciona un contexto sobre los sistemas de costos que se han implementado en el sector de los servicios y que han sido desarrollados en proyectos de grado en la Universidad Industrial de Santander. Los tres proyectos presentados a continuación se examinaron en cuanto a los enfoques teóricos y prácticos utilizados en ellos, así como los resultados obtenidos y la relevancia para el Laboratorio de Rayos X. Fuente: Catalogo de la biblioteca UIS. Disponibilidad: Base de datos de la Biblioteca central.

El primer trabajo de grado se titula “Aplicación del sistema de costos basado en actividades a los servicios de laboratorio que presta CORASFALTOS” realizado por Silvana Patricia Valencia R. Valencia (2005) se enfoca en la filosofía ABC y su metodología, basado en la clasificación de las actividades, causante de los costos; dando como resultado un ajuste adecuado al tipo de necesidades que requería la corporación. Al final se determina el costo total por ensayo, y el margen de rentabilidad operativa, ofreciendo un margen de rentabilidad promedio del 43.92% en

los ensayos de asfaltos y un 45.37% en los ensayos de mezclas asfálticas con los precios propuestos, garantizando precios más competitivos.

El segundo trabajo de grado se titula “Diseño de un sistema de costos para la empresa Imágenes Diagnósticas S.A.S”, Autor: Vladimir Meza Méndez. Los insumos y los costos de la mano de obra se asignaron directamente a cada tipo de servicio, y los costos indirectos mediante el sistema de costos ABC. Determinando inicialmente las actividades que les agrega valor, prorrateando los Costos Indirectos de Fabricación (CIF) por centro de actividad en función a su respectivo inductor para posteriormente acumular dichos costos en cada servicio ofertado por la empresa. Dando como resultado que la implementación del sistema de costos fortaleció la oferta de servicios mediante tarifas más convenientes (Meza, 2017).

El tercer trabajo de grado abordado se titula “Diseño de un sistema de costos basado en actividades para la empresa Laboratorios León S.A. en Reorganización, cuyos autores son: María Alejandra Aguas M y Yerly Liseth García O.

La empresa Laboratorios León S.A utilizaba un sistema de costeo por orden de producción y de envase y empaque; y en el desarrollo del proyecto se emplea una escala de Likert elaborado por Martha Ríos Manríquez de la Universidad de Guanajuato (México) para determinar el grado de necesidad de implementar un nuevo sistema de costos, teniendo como sugerencias la aplicación correcta de los CIF a los productos, siendo la principal causa de variación en los dos sistemas de costos. Aguas y García (2017) aplicaron directamente a los productos los costos directos e indirectos (de asignación directa) y los CIF por medio de los inductores y los centros de costos.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Generalidades de los costos

3.2.1.1. Clasificación de los costos. Los tipos de costos más relevantes para el desarrollo del proyecto están enmarcados en:

- **Costos del producto/servicio y costos del periodo.** Los costos del producto son las erogaciones que se relacionan con la producción de bienes y servicios; y los costos del periodo son aquellos que deben ser confrontados con los ingresos del periodo en el que son incurridos (García, 2016).
- **Costos directos y costos indirectos.** Los costos directos son aquellos costos que se atribuyen directamente a la producción de los bienes y los servicios, mientras que los costos indirectos son aquellos que no se relacionan directamente con la producción de estos (García, 2016).
- **Costos fijos y costos variables.** Los costos fijos permanecen constantes ya que tienden a permanecer iguales dentro de un rango de actividad, independiente de la cantidad de servicios prestados. Por su parte, los costos variables son aquellos que fluctúan en relación directa con el volumen de producción o al nivel del servicio prestado (García, 2016).

3.2.1.2 Elementos del costo. Los elementos que constituyen el costo de un bien o servicio son: la materia prima (MP), mano de obra directa (MOD) y costos indirectos de fabricación (CIF) (García, 2016).

- **Materia prima.** Son todos los materiales e insumos que pueden identificarse cuantitativamente para llevar a cabo la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.

- **Mano de obra directa.** Es la remuneración en salario que recibe el personal que está directamente involucrado en la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.
- **Costos indirectos de fabricación.** Corresponde a los costos que no se asignan directamente a un producto o servicio, pero son necesarios para llevar a cabo las actividades.

3.2.1.3 Prorrateo. Es un método utilizado para distribuir los CIF entre los productos o servicios. El prorrateo utiliza una base predeterminada, que es un criterio utilizado para distribuir los costos indirectos que no pueden ser asignados directamente a un producto o servicio, debido a que no se identifican de manera específica con él (Pabón, 2010).

3.2.2 Generalidades de una empresa de servicios.

3.2.2.1 Características de las empresas de servicios. Las empresas de servicios presentan las siguientes características:

- La mayoría de los costos representativos están contenidos dentro de la mano de obra y los costos indirectos de fabricación, que en la mayoría de los casos son costos fijos. La mano de obra directa tiende a usarse como base para asignar los costos indirectos a cada uno de los servicios.
- Cada cliente tiene requerimientos específicos que implican la ejecución de actividades diferentes, las cuales se registran bajo una orden de servicio diferente, lo que implica que cada orden tenga sus respectivos costos directos e indirectos.
- Los servicios que se brindan se clasifican en: si es un bien tangible con servicios anexos, híbrido donde la oferta consiste en bienes y servicios por partes iguales, servicio principal

con bienes y servicios secundarios o de apoyo, o si se trata de un servicio puro en el que la oferta primordialmente es el servicio.

Normalmente el producto principal tiende a ser la venta de información o la realización de algún tipo de actividad, el cual se resume en un informe o en un reporte, donde el costo principal está en el valor agregado a la información que contiene.

- Los servicios producidos no requieren de algún tipo de inventario, ya que estos se causan en el momento en el que se realizan (Forero y Urrea, 2018).

3.2.3 Generalidades de los sistemas de costos.

3.2.3.1 Sistema de costeo por órdenes de trabajo. Es el sistema de costeo recomendado para empresas en las que los costos son absorbidos por órdenes de producción, es decir, que trabajan con base en pedidos del cliente; debido a que la información y los costos son diferentes para cada cliente y, por ende, se trabaja de forma separada e independiente.

Los CIF se distribuyen por medio de una tasa de costos indirectos de fabricación predeterminada, asignados a cada orden de producción.

El sistema de costeo por órdenes de producción requiere de herramientas para documentar la información, dentro de las más comunes se encuentran las hojas de costos y los formatos de requisición de materiales (Villegas, 2010).

Para calcular los costos de cada orden se requiere las variables tales como: insumos directos e indirectos, el personal que se requiere específicamente para la producción del bien o servicio, como también aquellos generadores de costos que participan de forma indirecta en el proceso, acompañado del tiempo de trabajo y del tiempo de utilización de los recursos.

3.2.3.2 Sistema de costeo por procesos. Su uso está principalmente en empresas en las que el proceso productivo está dividido por departamentos productivos o procesos específicos y

su producción es continua y homogénea. Los costos de MP, MOD y CIF se acumulan por departamento durante un periodo de tiempo determinado y se asignan por igual a todas las unidades que pasan por cada departamento. El prorrato de los CIF se realiza para cada proceso individualmente y no para cada uno de los productos en particular (Villegas, 2010).

Las herramientas más comunes que se utilizan en el sistema de costeo por procesos son:

- Hojas de costos por procesos: registran los costos asociados a cada proceso de producción; incluyendo los costos de MP, MOD y CIF.
- Informes de producción: ayudan a determinar la base de asignación de los costos gracias a la información que proporciona sobre la cantidad de producción realizada en cada proceso.

3.2.3.3 Sistema de costos estándar. En el sistema de costeo estándar se establecen estándares para los elementos del costo que reflejan condiciones ideales o de eficiencia. Para la MP, se establecen estándares para los costos y las cantidades que se esperan utilizar por servicio, mientras que la MOD incluye el costo por hora de mano de obra directa y la cantidad estimada de horas necesarias. Para definir el costo por concepto de CIF, se requiere la fijación de un estándar de precio y un estándar de cantidad (Pabón, 2010). Estos estándares se establecen basándose de datos históricos, estándares básicos, estándares teóricos, estudios de tiempo, o algún otro método de estimación.

Al finalizar el periodo contable se compara los costos reales con los costos predeterminados obtenidos de la tarjeta estándar o tarjeta de resumen de estándares (Pabón, 2010). En el caso de considerar el sistema de costo estimado, este sistema también utiliza costos predeterminados, pero se basan en suposiciones subjetivas y en experiencias adquiridas (Hernández, 2009).

3.2.3.4 Sistema de costeo variable. A este sistema de costos también se le conoce como costeo directo o costeo marginal ya que separa los costos fijos y variables en dos categorías,

suponiendo que solo son costos del producto los costos variables; una perspectiva diferente a los demás sistemas de costeo.

Ante esto, los costos fijos son considerados gastos del periodo y su efecto se puede observar en el Estado de Resultados ya que, en cuanto a su origen, los costos fijos son en esencia similares a los gastos de administración y ventas y, por lo tanto, no se consideran directamente en el costo del producto/servicio.

La diferencia que presenta la utilidad en el sistema de costeo total y el sistema de costeo variable se hace notoria cuando existen cambios en los niveles de existencia de producción (Pabón, 2010). En este caso, en el que se aborda el sector de los servicios, es posible que no haya variación significativa en la utilidad en ambos sistemas. Sin embargo, su procedimiento si varía debido a su separación.

3.2.3.5 Sistema de costos basado en actividades. Bajo el sistema de costos ABC se tiene la premisa que los productos no consumen costos sino las actividades. Es por ello, que las actividades son clasificadas entre aquellas que generan y no agregan valor Ripoll et al. , (2014). De esta manera, al descomponer el producto por actividades en lugar de por procesos, se pueden identificar ineficiencias más específicas que se deban eliminar o disminuir.

Aunque este sistema se desarrolló originalmente para empresas manufactureras, se ha adaptado con éxito a las empresas del sector de servicios (Eslava & Parra, 2019).

Para llevar a cabo este sistema de costos, se requieren determinar las siguientes variables:

- Actividades: la actividad debe ser independiente y separable dentro del proceso general; debe poder ser identificable y medible, ya sea en tiempo, recursos o cualquier otra unidad de medida para el análisis.

Es necesario identificar las actividades principales como las actividades administrativas.

- Inductores de costos: factores/variables que impulsan la realización de las actividades, y que se usan como base de asignación.
- Costos de las actividades: generalmente el elemento de costo que se usa para prorratearse en las actividades corresponde a los CIF. No obstante, la materia prima y la mano de obra directa también pueden asignarse.
- Volumen de actividad: la asignación de los costos requiere la cantidad de actividad realizada.

3.2.4 Estudio de los procesos

3.2.4.1 Estudio de tiempos. Existen cuatro técnicas para medir el tiempo, la primera se basa en la experiencia técnica, el segundo método involucra el uso de cronómetros para estudiar el tiempo empleado en las operaciones, considerando diferentes factores como los suplementos. La tercera técnica utiliza tiempos estándar predeterminados y la cuarta técnica se fundamenta en la toma de observaciones aleatorias de una muestra (Heizer y Render, 2004).

4. Etapa I. Diagnóstico

La metodología empleada para el diagnóstico consta de tres actividades fundamentales: análisis general del laboratorio, del proceso productivo y del sistema de costeo actual. Para ello se realizaron visitas a las instalaciones y entrevistas preliminares al director del laboratorio y a la profesional administrativa. Durante todo el diagnóstico se brindó un acompañamiento continuo al proceso productivo para facilitar la obtención de datos, los cuales fueron validados por el profesional a cargo de cada operación.

4.1 Análisis general del Laboratorio de Rayos X

Además de contar con el salón 104 del edificio de investigaciones, el Laboratorio de Rayos X cuenta con acceso al Laboratorio de Síntesis CMN salón 301 y al Laboratorio de Hornos CMN del salón 310, para el manejo de ciertos equipos por parte del personal.

4.1.1 Personal del laboratorio

El Laboratorio de Rayos X presta servicios de investigación, docencia y extensión y, para ello, cuenta con un equipo de profesionales altamente calificado en el manejo y análisis de muestras de materiales orgánicos e inorgánicos y fármacos. Además, el laboratorio cuenta con un director que posee más de 30 años de experiencia en el campo, lo cual garantiza la excelencia, precisión y reconocimiento del laboratorio y de los resultados obtenidos.

Por otra parte, es importante mencionar que el laboratorio no cuenta con personal con conocimientos en el área financiera y de ventas, pero si con personal administrativo y de gestión de calidad.

4.1.2 Equipos

El laboratorio cuenta con cuatro (4) equipos denominados “equipos mayores” para la prestación de los servicios de investigación, docencia y extensión, sin embargo, dichos equipos tienen más de 10 años de uso constante. Estos se encuentran en el Laboratorio de Rayos X salón 104. En la Tabla 2 se puede observar el campo de aplicación y el tipo de muestra que se analiza por equipo.

Tabla 2.

Técnica y tipo de muestra por equipo del Laboratorio de Rayos X 104.

Código equipo	Equipo	Técnica	Tipo de muestra	Estructura
1	XTALAB P-200-DS marca RIGAKU.	Difracción de Rayos X	Materiales orgánicos e inorgánicos (sólido) Fármacos (sólido)	Monocristalino
2	D8 ADVANCE marca BRUKER.	Difracción de Rayos X	Materiales orgánicos e inorgánicos (sólido) Fármacos (sólido)	Policristalino
3	D8 DISCOVER marca BRUKER.*	Difracción de Rayos X	Materiales orgánicos e inorgánicos (sólido)	Policristalino
4	S8 TIGER marca BRUKER.	Fluorescencia de Rayos X	Materiales orgánicos e inorgánicos (líquidos y sólidos) Fármacos (líquidos y sólidos)	N/A

Nota. La tabla presenta las técnicas y el tipo de muestra que se utiliza por equipo adaptado de la información proporcionada por los operarios.

Además, cuentan con un equipo denominado “equipo medio” en el Laboratorio de Síntesis CMN salón 301 que les permite prestar el servicio EIR-01.

Tabla 3.

Técnica y tipo de muestra por equipo del laboratorio 301.

Código equipo	Equipo	Técnica	Tipo de muestra	Estructura
5	ALPHA ECO-ATR marca BRUKER	Espectroscopía infrarroja	Materiales orgánicos e inorgánicos (líquidos y sólidos)	N/A

* El equipo D8 DISCOVER no se encuentra disponible en el 2023 por motivos de actualización y mantenimiento.

Fármacos (líquidos y sólidos)

Nota. La tabla presenta las técnicas y el tipo de muestra que se utiliza por equipo adaptado de la información proporcionada por los operarios.

Los equipos denominados “equipos menores” son aquellos que se utilizan como apoyo a las actividades principales. Su inclusión se refleja en los sistemas de costos.

4.1.3 Análisis del portafolio de servicios

4.1.3.1 Portafolio de servicios. En la Figura 5 se presenta el portafolio de servicios del Laboratorio de Rayos X que se clasifica en 5 familias de servicios.

Figura 5.

Servicios por familia de servicio.

Familia de servicio	DRX	FRX	ATT	DRM	EIR
Servicio por familia	DRX-01	FRX-01	ATT-01	DRM-01	EIR-01
	DRX-03	FRX-02	ATT-02	DRM-02	
	DRX-06	FRX-03	ATT-03		
	DRX-07	FRX-04			
	DRX-08	FRX-05			
	DRX-09				
	DRX-11				
	DRX-12				
	DRX-17				
	DRX-22				
	DRX-23				
	DRX-25				
	DRX-26				
	DRX-27				

Nota. Información tomada del portafolio de servicios del Laboratorio de Rayos X.

El sistema de codificación es de la siguiente manera: XXX – YY

Donde, XXX de tres (3) representan el nombre de la técnica del servicio y donde, YY: Es un número de dos dígitos que representa el tipo de servicio.

La familia de servicios DRX, está compuesta actualmente por catorce (14) servicios enfocados en la cualificación, cuantificación y registro de datos para la identificación de fases cristalinas. En el 2022 se consideraban 25 servicios dentro del portafolio, pero algunos de ellos no

se ejecutaron durante el año y por ello fueron fusionados con aquellos que compartían un enfoque similar.

La familia de servicios FRX, está compuesta actualmente por cinco (5) servicios enfocados en el análisis elemental cuantitativo. Su objetivo principal es determinar los elementos químicos presentes en la muestra y sus concentraciones.

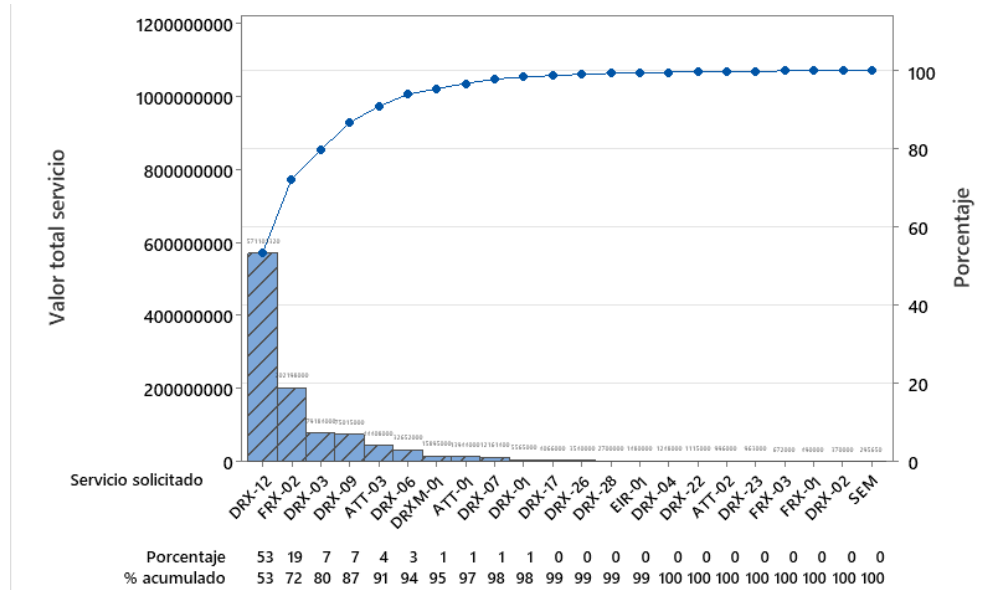
La familia de servicios ATT, está compuesta por tres (3) servicios enfocados en el análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC), análisis termogravimétrico (TGA) y análisis simultáneo DSC-TGA subcontratados con el CILIQ, Centro Integrado de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander.

La familia de servicios DRM, está compuesta por dos (2) servicios enfocados en la resolución y refinamiento estructural de muestras monocristalinas mientras la familia de servicios EIR, está compuesta por un (1) servicio enfocado en el registro de datos por espectroscopia infrarroja para la identificación de los grupos funcionales que conforman la muestra.

4.1.3.2 Diagrama de Pareto. A continuación, se presenta en la Figura 6 los ingresos recibidos por servicio en el año 2022. En la cual se puede observar que el servicio de mayor predominancia corresponde al DRX-12; esto debido primordialmente, a que su análisis se llevó a cabo para 1485 muestras, de las cuales el 99% corresponde a clientes internos, especialmente por el Grupo de Investigación en Tomografía Computarizada para Caracterización de Yacimientos – GIT, quienes realizaron análisis para muestras de minerales de un proyecto desarrollado entre la UIS y el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Figura 6.

Ingresos recibidos por servicio en el año 2022.



A pesar de que el 80% de las ventas se debe a los servicios DRX-12, FRX-02, y DRX-03, se separa la información de los clientes internos y externos con el fin de brindarles importancia a ambos tipos de clientes. Esta decisión se fundamenta en que los servicios internos tienen mayor beneficio para el cliente en cuanto al precio, lo que les permite aumentar el número de ensayos a realizar.

4.1.3.3 Clientes externos. En la Figura 7 y en la Figura 8 se puede observar los ingresos obtenidos por clientes externos y la cantidad de muestras analizadas por servicio.

Figura 7.

Ingresos recibidos por servicio en el año 2022 (clientes externos).

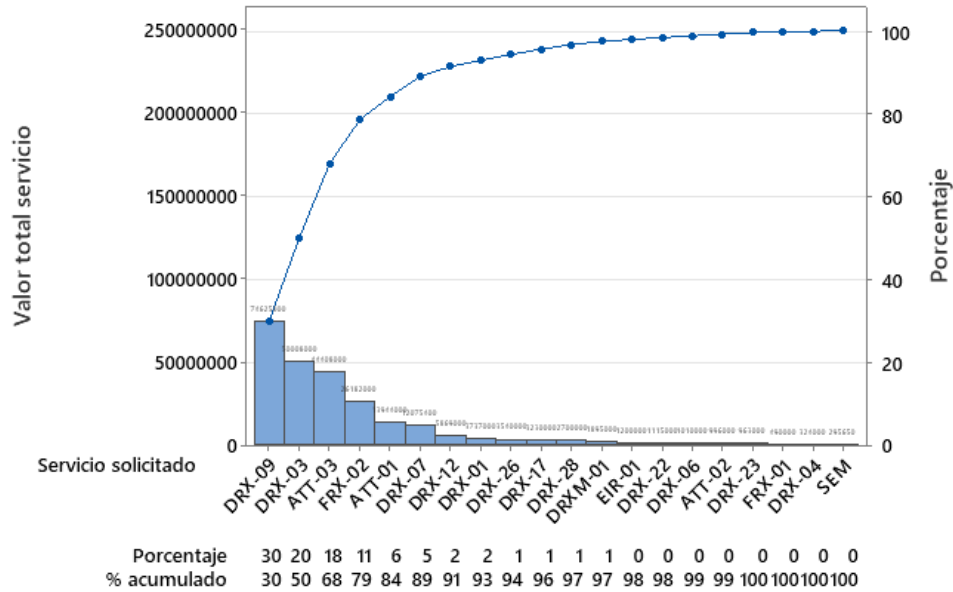
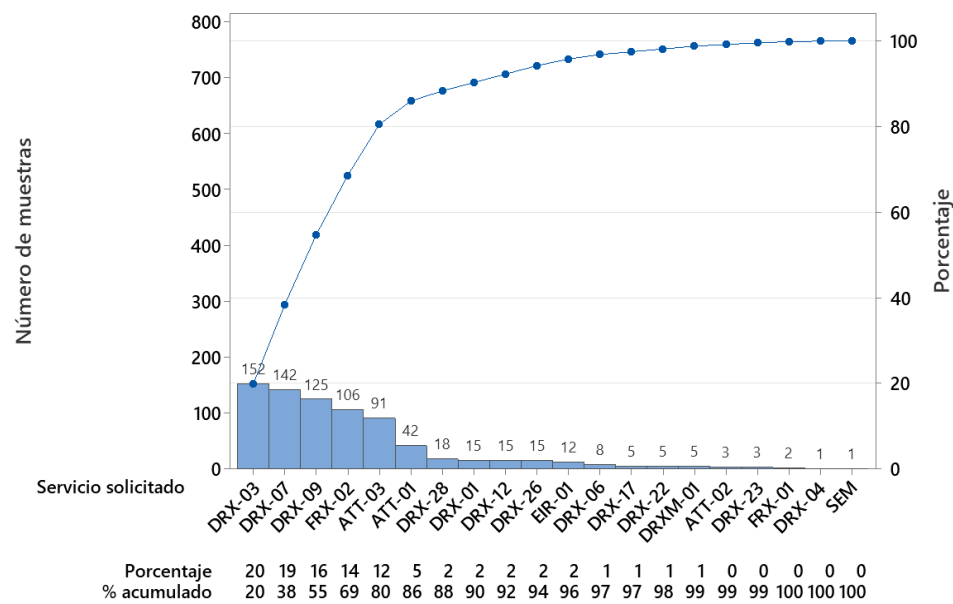


Figura 8.

Número de muestras por servicio en el año 2022 (clientes externos).



4.1.3.4 Clientes internos. En la Figura 9 y en la Figura 10 se puede observar los ingresos correspondientes a clientes internos y el número de muestras analizadas.

Figura 9.

Ingresos recibidos por servicio en el año 2022 (clientes internos).

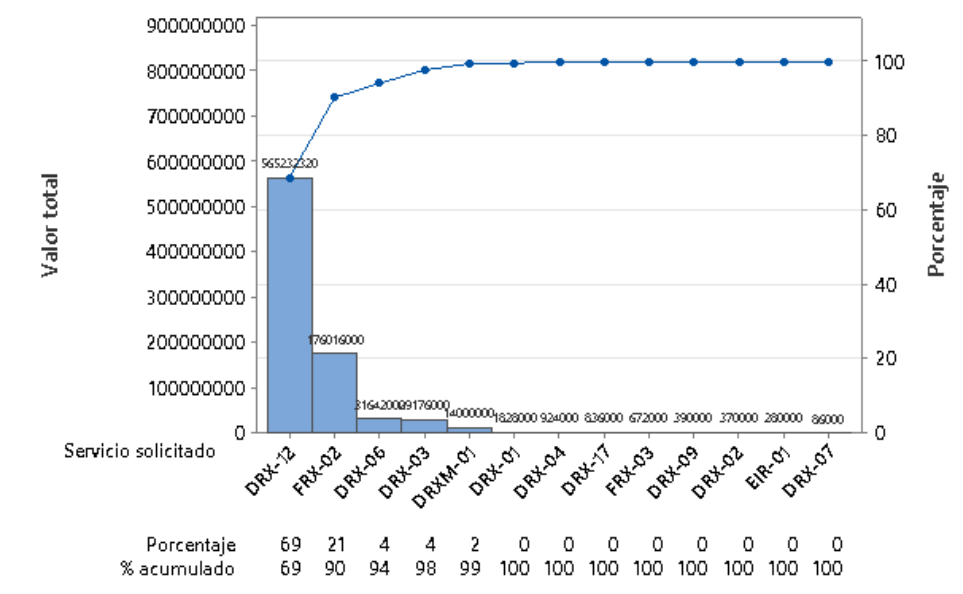
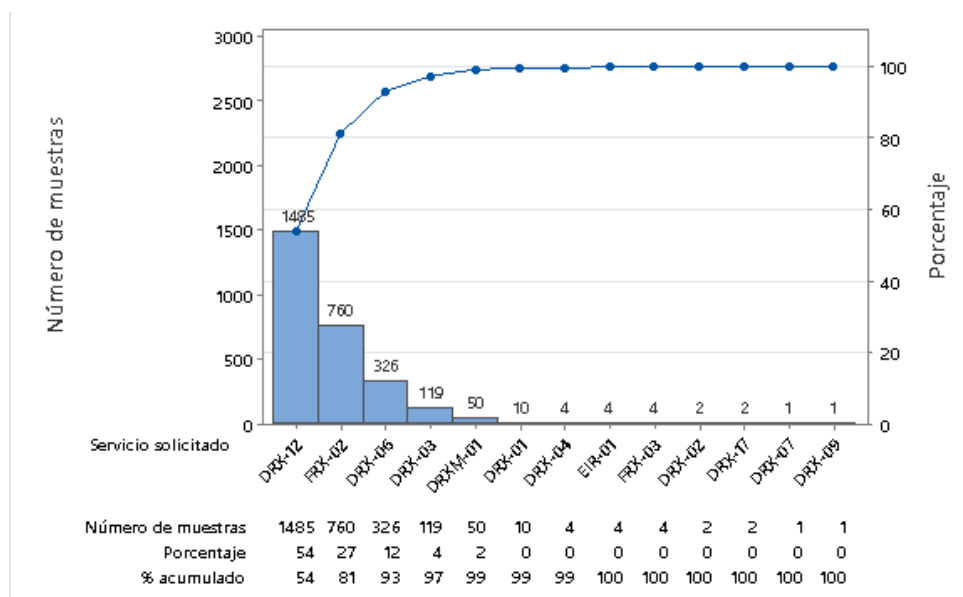


Figura 10.

Número de muestras por servicio en el año 2022 (clientes internos).



Los diagramas de pareto que hicieron parte del análisis se encuentran dentro del Apéndice A.

4.1.4 Alcance del sistema de costos

El alcance del proyecto está dado para los servicios que se presentan a continuación en la Figura 11. Para ello, se considera los servicios que representaron el 95% de las ventas y de las muestras analizadas.

Figura 11.

Servicios dentro del alcance del trabajo de grado.

Familia de servicios	DRX	FRX	ATT	DRM
Servicios por familia	DRX-01	FRX-02	ATT-01	DRM-01
	DRX-03		ATT-03	
	DRX-06			
	DRX-07			
	DRX-09			
	DRX-12			
	DRX-26			

No obstante, por petición del laboratorio se incluyen los servicios: DRX-22, DRX-23, DRX-25, DRX-17, FRX-04, FRX-05 Y EIR-01 Y DRM-02.

El DRM-02 se analiza en lugar del DRM-01 ya que el personal del laboratorio afirma que, debido al alto precio de los servicios, el DRM-02 se cobraba con precio del DRM-01 y, por ende, es el servicio que se encuentra en las ordenes de servicio.

En la Tabla 4 se presenta la tarifa de los servicios que se encuentran dentro del sistema de costos.

Tabla 4.*Tarifa 2023 de los servicios más representativos.*

CÓDIGO	TARIFA		
	CLIENTE INTERNO	CLIENTE EXTERNO	CLIENTE INTERNO (SERVICIOS DE EXTENSIÓN)
DRX-01	\$187.000	\$262.000	\$206.000
DRX-03	\$239.000	\$335.000	\$262.000
DRX-06	\$101.000	\$142.000	\$111.000
DRX-07	Varía en cuanto a las necesidades del cliente.		
DRX-09	\$398.000	\$602.000	\$458.000
DRX-12	\$347.000	\$486.000	\$382.000
DRX-17	\$436.000	\$659.000	\$500.000
DRX-22	\$158.000	\$238.000	\$180.000
DRX-23	\$244.000	\$342.000	\$268.000
DRX-25	\$244.000	\$342.000	\$268.000
DRX-26	\$159.000	\$241.000	\$183.000
FRX-02	\$178.000	\$252.000	\$195.000
FRX-04	\$211.000	\$250.000	\$233.000
FRX-05	\$219.000	\$275.000	\$240.000
ATT-01	N/A	\$323.000	N/A
ATT-03	N/A	\$500.000	N/A
EIR-01	\$77.000	\$108.000	\$85.000
DRM-02	\$280.000	\$393.000	N/A

Nota. Tomado del portafolio de precios de servicios año 2023.

4.2 Análisis del proceso operativo

4.2.1 Entradas

Las muestras que se reciben para analizar están divididas en dos grupos: materiales orgánicos e inorgánicos y fármacos. Los materiales orgánicos e inorgánicos hacen referencia a una

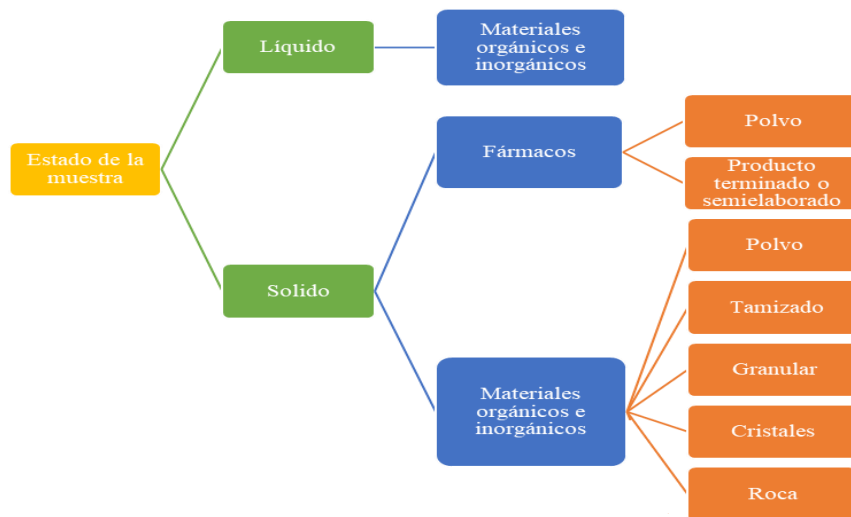
amplia gama de muestras que no son fármacos, esto incluye minerales, aleaciones, plásticos, muestras orgánicas, entre otros tipos de materiales.

Las muestras de materiales orgánicos e inorgánicos generalmente se reciben en bolsas Ziploc o recipientes Eppendorf, mientras que las muestras de fármacos se reciben en frascos ámbar sellados, recipientes plásticos opacos o bolsas herméticas, los cuales deben estar contenidos en cajas de cartón o icopor. Estas cajas se rellenan con un material que previene cualquier colisión o daño durante su transporte, garantizando la integridad de las muestras.

4.2.1.1 Tipo de muestra. A continuación, en la Figura 12 se presenta el estado inicial de las diferentes muestras las cuales se referencian como “entradas”, ya que su condición inicial determina cómo se lleva a cabo el proceso de preparación, que a su vez influye en los costos.

Figura 12.

Estado de la muestra para los materiales orgánicos e inorgánicos y fármacos.



Las muestras que normalmente se encuentran en estado líquido son muestras orgánicas e inorgánicas tales como: ácidos, bases, aceites, combustibles y crudos, grasas, fertilizantes, entre otros. Este tipo de muestra se pueden leer por los equipos de FRX y EIR.

Las muestras orgánicas pueden llegar, además de las mencionadas en la Figura 12, también en forma de fibra, como laminas sólidas o en forma de disco si se trata de muestras metálicas y como envases, frascos, aplicadores, para el caso de los plásticos.

Las muestras de fármacos pueden venir en forma de polvo si son materia prima, o como productos terminados en las presentaciones: tabletas, capsulas duras, cápsulas blandas, suspensión sólida, polvo para suspensión o polvos liofilizados inyectables.

Es importante destacar que para llevar a cabo los ensayos DRM en el equipo Rigaku, es imprescindible que tanto las muestras orgánicas e inorgánicas presenten una estructura monocristalina, lo que implica la necesidad de que la muestra se encuentre en forma de cristal.

En la Tabla 5 se ilustra la forma en la que se reciben algunos tipos de muestra.

Tabla 5.

Muestras de materiales orgánicos e inorgánicos y fármacos.

Estado líquido		Estado en sólido		
Agua de producción	Mineral en roca	Mineral en polvo	Cristales	Fármaco producto terminado
				

Del mismo modo, en la Tabla 6 se presenta las diferencias significativas entre los materiales orgánicos e inorgánicos y los fármacos en lo que respecta a su manipulación.

Tabla 6.

Diferencias entre las muestras de materiales orgánicos e inorgánicos y los fármacos.

Diferencias	Muestras orgánicas e inorgánicas	Muestras de fármacos
Forma	La presentación de los materiales orgánicos e inorgánicos puede variar dependiendo de su naturaleza, composición química y uso previsto. Pueden llegar a tener un tamaño superior a los fármacos, por lo que es posible que requiera procesos de trituración y molienda más largos.	Normalmente suelen encontrarse en forma de polvo o gránulos y en presentaciones de tabletas, comprimidos y capsulas. También pueden encontrarse en forma líquida, ya sea como soluciones o suspensiones.
Análisis	El laboratorio tiene técnicas establecidas para analizar su estructura y composición.	Requiere búsqueda de información en bases bibliográficas y de un mayor tiempo en la interpretación de los resultados.
Controles ambientales	Los requisitos de control ambiental dependerán de las características y propiedades de la muestra, aunque los fármacos suelen tener requisitos más estrictos.	Algunos fármacos pueden verse afectados por factores como la temperatura, humedad y molienda.
Almacenamiento	Suelen ser resistentes a las condiciones ambientales.	Pueden requerir condiciones especiales de almacenamiento debido a regulaciones y normativas, en equipos especiales tales como: nevera, desecadores, cuartos climáticos, cabinas con seguridad.

Nota. Adaptado de la información proporcionada por los operarios.

4.2.1.2 Servicios por tipo de muestra. Considerando los servicios que se encuentran dentro del alcance del sistema de costos propuesto, en la Tabla 7 se clasifican en función al tipo de muestra que se analiza.

Tabla 7.*Servicios disponibles por familia según el tipo de muestra*

Familia de servicio	Servicios para muestras de materiales orgánicos e inorgánicos	Servicios para muestras de fármacos
DRX	DRX-01, DRX-03, DRX-06, DRX-07 y DRX-12.	DRX-09, DRX.17, DRX-22, DRX-23, DRX-25, DRX-26.
FRX	FRX-02 y FRX-04	FRX-05.
ATT	ATT-01 y ATT-03	ATT-01 y ATT-03
EIR	EIR-01	EIR-01

Como es posible observar en la Tabla 7, dentro de la familia DRX y FRX, existen servicios específicos para las muestras de materiales orgánicos e inorgánicos, así como para los fármacos. La principal razón se debe a la diferencia en los procedimientos de análisis, mientras que los servicios de las familias ATT y EIR, se llevan a cabo sin importar las características particulares de la muestra.

Los servicios para muestras de materiales orgánicos e inorgánicos suelen ser principalmente para minerales. No obstante, el servicio FRX-04 se especializa en el análisis de muestras líquidas, como las mencionadas anteriormente. En el caso de los servicios ATT, además de los minerales, se reciben solicitudes para analizar envases plásticos mientras que el servicio EIR-01 ha realizado registro de datos especialmente para muestras inorgánicas.

4.2.2 Principales operaciones

Las operaciones principales que el laboratorio realiza son las siguientes: recepción, preparación de la muestra, registro de datos, análisis de datos, creación de informe y almacenamiento.

Es importante destacar que las inspecciones realizadas por los supervisores de cada área durante el proceso se presentan con mayor detalle en los diagramas de operaciones.

4.2.2.1 Recepción. Se recibe la muestra y se inspecciona visualmente. En el caso de muestras de fármacos se inspecciona el envase, la tapa y el etiquetado de la muestra.

Posteriormente se diligencia el registro de recepción de la muestra con los datos del cliente, la orden de compra, el servicio solicitado y los requisitos especiales para la manipulación de la misma; seguidamente se elabora la orden de servicio y se realiza la asignación del análisis.

Durante la asignación del análisis, se crea una hoja de trabajo analítica que el analista diligencia durante el proceso dividido en: preparación y montaje de la muestra, registro de datos, verificación del registro de datos, resultados obtenidos, análisis y conclusiones, con la firma del supervisor y de la revisión y aprobación por parte del director del laboratorio; este formato es diferente para cada tipo de servicio.

4.2.2.2 Preparación de la muestra. La preparación consiste en llevar a condiciones idóneas la muestra para que esta pueda ser leída por los equipos de Difracción de Rayos X y Fluorescencia de Rayos X, e incluso para el Espectrofotómetro Infrarrojo y para los servicios que requieren subcontratación. Esto se lleva a cabo con el propósito de evitar cualquier influencia negativa que pueda afectar la lectura de los datos y la interpretación de los resultados.

En la mayoría de los casos, se busca que la muestra final tenga forma de polvo. Esto se debe a que las muestras en forma de polvo ofrecen una mayor homogeneidad y su distribución uniforme garantiza bajos porcentajes de error y un alto grado de confianza en los resultados.

El orden de las actividades de la operación es el siguiente: molturado con mortero metálico, molienda con molino eléctrico, molturado con mortero de ágata, tamizado y, por último, pesaje de la muestra. Es importante destacar que la preparación puede variar dependiendo del tipo de muestra

(si se trata de un material orgánico e inorgánico o un fármaco), en función a su forma, el tipo de material y a los requerimientos de cada técnica. Las muestras se colocan en porta muestras, los cuales se utilizan para su montaje en el equipo.

En el caso de la familia DRM, como la muestra debe ser monocristalina y se selecciona un solo cristal para analizar, su proceso de preparación varía significativamente frente a los demás servicios.

La información adicional sobre la preparación de la muestra para cada una de las familias de servicio se presenta en el apéndice B.

4.2.2.3 Registro de datos. La operación de registro de datos está compuesta por las condiciones de registro, la toma de datos por el equipo y la transferencia de datos. Esto varía diferencialmente entre servicios y familias de servicio. (ver Apéndice C).

4.2.2.4 Análisis de datos. Una vez que se obtiene el patrón de difracción en DRX, el profesional designado procede a analizar los datos. Para ello, se puede realizar análisis cualitativo y análisis cuantitativo. El análisis cualitativo se enfoca en identificar fases cristalinas presentes en la muestra, mientras que el análisis cuantitativo se centra en la cuantificación de estas fases.

Para el caso FRX, una vez que el equipo ha realizado el registro de datos, se realiza un análisis elemental cuantitativo. Este análisis es una técnica utilizada para determinar las concentraciones de los elementos presentes en la muestra desde el sodio (Na) hasta el uranio (U). El método se basa en la identificación de las líneas espectrales de los elementos y en la comparación de esas líneas con las líneas de referencia.

En el caso DRM, la operación de análisis requiere de cinco etapas basadas en la resolución estructural y el refinamiento estructural de las muestras monocristalinas.

En el caso de los análisis ATT, se busca identificar puntos de descomposición, de reacción o de transformación que haya sufrido la muestra con las variaciones de temperatura, lo que se conoce como análisis DSC. En cuanto al TGA, permite determinar los cambios en peso que tenga la muestra sea ganancia o pérdida con el incremento de la temperatura.

Caso contrario con el servicio EIR-01, al cual no se le realiza análisis de datos.

Los análisis de los datos para cada una de las familias de los servicios se presentan con mayor detalle en el Apéndice D.

4.2.2.5 Creación de informe. Se presentan los hallazgos de los análisis o los resultados del registro de datos de manera clara al cliente. En el caso del servicio EIR-01 para la creación del informe se requiere un tratamiento adicional a los datos para que los resultados se entreguen de forma más clara. Este proceso busca reducir el ruido presente en la información para presentar el espectro más definido, entre otras consideraciones.

El analista responsable envía el informe de resultado por correo electrónico institucional a la profesional administrativa quien se encarga de digitar la información pertinente del cliente para su posterior envío al director del laboratorio quien revisa el informe y verifica los datos.

El director del laboratorio es la persona responsable del envío de los informes por correo electrónico al cliente o a su representante. El documento enviado es una copia fiel y exacta del documento original.

4.2.2.6 Almacenamiento. Una vez la muestra ha sido analizada, es responsabilidad del profesional analista de fármacos y del técnico de materiales recoger los recipientes en los que se almacenaron la contramuestra y la muestra retenida, y llevarlos a los lugares designados para su almacenamiento.

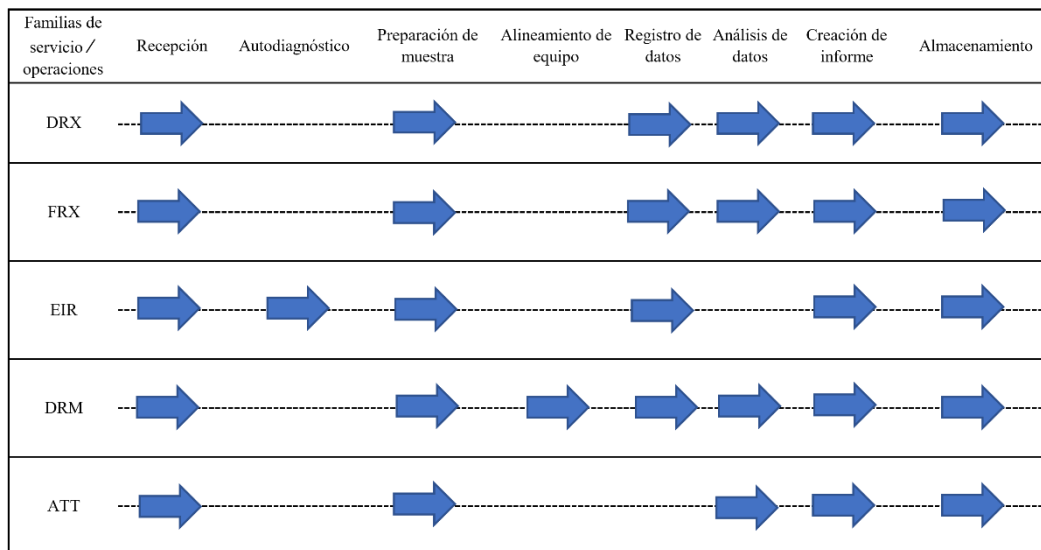
Las muestras de fármacos se mantienen almacenadas por un (1) año y las muestras diferentes a fármaco se almacenan por dos (2) meses en el laboratorio en caso de no ser reclamadas por el cliente. Transcurrido el tiempo de almacenamiento, los profesionales retiran las muestras.

4.2.3 Secuencia de producción

La secuencia de producción se ha estandarizado para cada una de las familias de servicios. En la Figura 13 se presenta el diagrama que ilustra esta secuencia.

Figura 13.

Secuencia de producción de las familias de servicio.



La secuencia de producción tiende a ser similar para la mayor parte de las familias, además de que comparten gran parte de las operaciones como se puede observar en la Figura 13. Los servicios ATT tienden a tener una variación en cuanto a la operación registro de datos, ya que esta

es subcontratada. La operación de autodiagnóstico y alineamiento de equipo se especifica en el Apéndice E como parte de las operaciones de los servicios EIR y DRM.

A mayor detalle, los servicios DRX-06 y DRX-07 no requieren análisis de datos como ocurre con el servicio EIR-01, y los servicios DRX-12, FRX-02 y FRX-05 realizan operaciones adicionales que implican una secuencia de operación específica, las cuales se detallan en los respectivos diagramas de operaciones. Cabe destacar que dichos servicios requieren de un proceso de calcinación previo y posterior al registro de datos, indicado como tratamiento opcional en el Apéndice D.

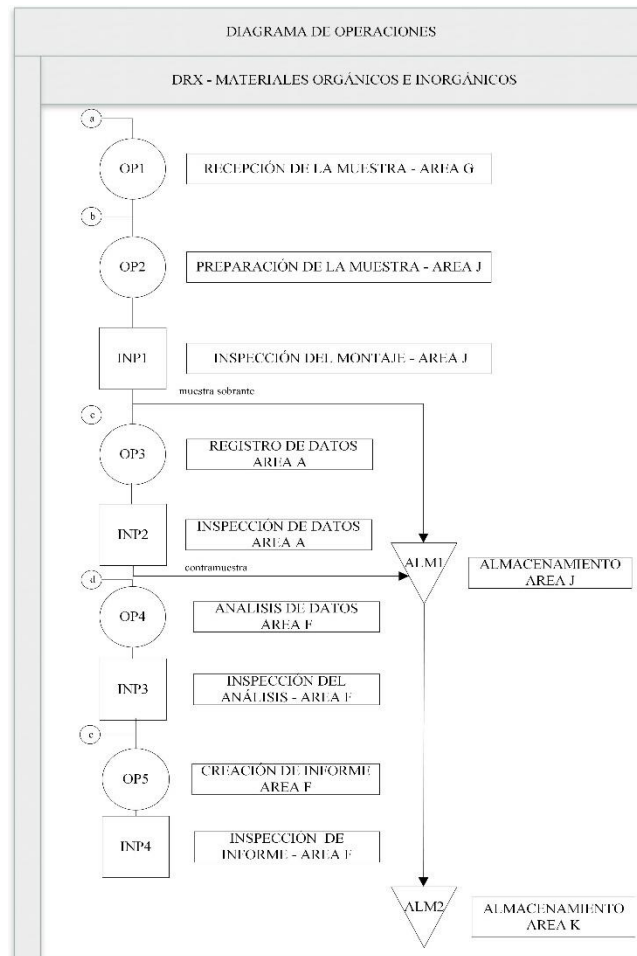
Dentro de las operaciones adicionales del DRX-12 se encuentra la operación de preparación de arcillas que se realiza en el Laboratorio de Síntesis CMN salón 301 (ver Apéndice F). En este mismo laboratorio, se lleva a cabo la prueba de reactividad que requieren las muestras líquidas del servicio FRX-04.

4.2.3.1 Diagrama de operaciones. Se presenta el diagrama de operaciones de la familia DRX para la muestra de materiales orgánicos e inorgánicos en la Figura 14, ya que es la familia de servicio con mayor demanda y el tipo de muestra más solicitado para ensayos. Este diagrama muestra la interacción entre las diferentes operaciones e inspecciones realizadas a lo largo del proceso, así como la secuencia de estas actividades.

Las entradas correspondientes para cada una de las operaciones se encuentran detalladas en el Apéndice H, y los tiempos de las operaciones por servicio se encuentran en el Apéndice I.

Figura 14.

Diagrama de operaciones de la familia de servicio DRX para la muestra de materiales orgánicos e inorgánicos.

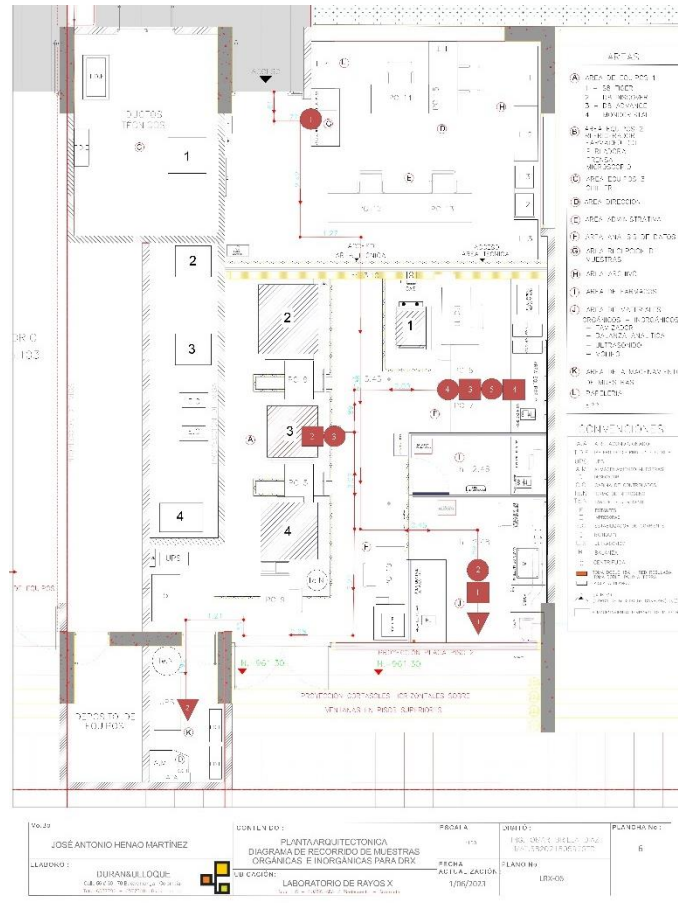


Los diagramas de las familias de servicio se podrán observar dentro del Apéndice G, los cuales van a servir como documentos de consulta para proceso de capacitación de personal nuevo del laboratorio.

4.2.3.2 Diagrama de recorrido. En la Figura 15 se observa el diagrama de recorrido de la familia de servicios DRX, el cual sigue la secuencia de actividades del diagrama de operaciones.

Figura 15.

Diagrama de recorrido de la familia de servicio DRX para la muestra de materiales orgánicos e inorgánicos.



Nota. Los diagramas de recorrido se presentan sobre los planos arquitectónicos actualizados del Laboratorio de Rayos X.

En el Apéndice G se presentan los diagramas de recorrido de actividades para cada una de las familias de servicio junto con los diagramas de operaciones. En ellos se observa, para cada familia de servicio, las diferencias que presentan en cuanto a los centros de trabajo. La razón principal se debe a que la preparación y el análisis de la muestra se llevan a cabo por profesionales especializados, ya sea en el campo de la farmacología o de la mineralogía, o según como sea

asignado siempre y cuando se cumpla con las normativas, como es el caso de los servicios EIR, DRM y ATT que son realizados en el área de fármacos.

En el diagrama de operaciones del servicio EIR-01 se puede observar que gran parte del proceso se lleva a cabo en el laboratorio de síntesis CMN salón 301 en comparación a las demás familias de servicio, ya que el equipo se encuentra ubicado en esta instalación.

En el Apéndice J, se encuentran tabuladas las distancias recorridas por los diferentes servicios, lo que permite identificar aquellos que requieren un mayor desplazamiento debido a su comportamiento, lo que incrementa el tiempo empleado por muestra y, en consecuencia, los costos asociados a dichos servicios.

4.2.4 Estudio de tiempos

Con el propósito de enriquecer el sistema de costos propuesto con información lo más precisa posible, se ha llevado a cabo este estudio, además de que es objeto de análisis.

4.2.4.1 Metodología. La técnica empleada para el estudio de tiempos es una combinación del método por cronometraje, y el método de toma de observaciones aleatorias, dado que se emplea el cronómetro para tomar tiempos generales de las actividades y se clasifican en estratos o categorías según las variables que afectan la variabilidad de los tiempos; con el fin de que las muestras sean representativas a la información que suministra.

Las actividades del estudio provienen de las operaciones de la secuencia de producción de la Figura 13, destacando principalmente las actividades de preparación y análisis de datos debido a su significativa variabilidad.

A continuación, se detalla la secuencia de la metodología llevada a cabo para el estudio de tiempos.

4.2.4.1.1 Identificación de estratos. La clasificación de las variables que categorizan las actividades para la toma de tiempos se presenta en la Tabla 8 gracias a un muestreo estratificado diseñado en relación a las necesidades del estudio.

Tabla 8.

Clasificación de las variables por categorías.

Actividad	Tipo de muestra	Factor de influencia	Clasificación de las variables
Preparación de la muestra	Materiales orgánicos e inorgánicos	Naturaleza de la muestra	Polvo, líquido, sólido (roca) o granular.
	Fármacos	Presentación de la muestra	Materia prima, producto terminado.
Análisis de datos	Materiales orgánicos e inorgánicos	Nivel de análisis por servicio	DRX-01, DRX-03, DRX-12, FRX-02, FRX-04.
	Fármacos	Nivel de análisis por servicio	DRX-09, DRX-17, DRX-22, DRX-23, DRX-25, DRX-26. ATT-01, ATT-03, DRM-02, EIR-01.

En la actividad análisis de datos, se calculan los tiempos teniendo en cuenta los servicios. Esto se debe a que, existen diferencias significativas en los procedimientos o en el nivel de análisis necesario para cada servicio (ver apéndice E). Para el caso de la operación de preparación de la muestra se considera tanto el factor de influencia como el tipo de servicio, ya que la cantidad de muestra en DRX y FRX es diferente.

En el caso de los servicios DRM-02, DRX-23 y DRX-25, se emplearon otros métodos para calcular los tiempos, dado que durante la realización del estudio de tiempos no hubo clientes quienes los solicitaran.

Para el servicio DRM-02 se consideraron los registros históricos del equipo mayor, así como toda información relevante registrada por el operario en su cuaderno de notas, mientras que los tiempos de los servicios DRX-23 y DRX-25 se registraron gracias a una simulación del proceso realizado junto con el profesional del área, lo que permite realizar las mediciones en condiciones reales.

Para el caso del servicio DRM, no se realiza una simulación en condiciones reales debido a que la toma de datos puede extenderse por varias horas dependiendo de la muestra, lo que podría ocasionar la interrupción de las operaciones del trabajador.

4.2.4.1.2 Muestreo por estrato. Para determinar el tamaño de muestra en cada estrato, se lleva a cabo una premuestra inicial que consta de diez datos en el caso de la operación de preparación que es una actividad cuyo proceso es más rápido, y ocho datos para la actividad de análisis de datos. Con base a los datos obtenidos de la premuestra, se determina el número de ciclos a cronometrar, en función a la ecuación:

$$N = \frac{(s * t_{\alpha, \frac{n-1}{2}})^2}{e^2}$$

Donde,

s = Desviación estándar de la premuestra.

t = Valor de la distribución t-student.

e = Margen de error deseado en unidad de tiempo.

4.2.4.2 Premisas. El tamaño de la muestra para las actividades de preparación y análisis de los datos es alto, debido a que las muestras a analizar son diversas en cuanto a tamaño, composición y complejidad, lo que afecta las desviaciones y, por ende, la variabilidad; hipótesis planteada y respaldada por el personal del laboratorio, incluyendo el director.

Por tal motivo y por cuestiones de logística, se trabaja con un margen de error del 15%.

4.2.4.3 Resultados del muestreo. En la Tabla 9 se presenta el tamaño de muestra de unos de los servicios más demandados en el Laboratorio de Rayos X, resaltando su elevada variabilidad y en consecuencia la premisa mencionada anteriormente.

Tabla 9.

Tamaño de muestra del servicio DRX-12.

Premuestra				
Operación	Análisis DRX-12			
Tiempo en	Minutos			
Analista	Leidy Stephannía Avila Gamboa			
Premuestra	92,21	5,04	27,60	33,14
	48,14	5,56	51,01	41,14
Media	52,9800			
Desviación Estándar	26,23181002			
Nivel de confianza	95%	Valor t- Student / 2		2,36
Grados de libertad	7	Error		0,15
N	61			

Para los servicios que involucran un gran número de ciclos, se ha recopilado datos en la medida en que la ejecución del proyecto lo ha permitido.

Por otra parte, en el caso de los servicios DRX-01, DRX-03, Y DRX-12 cuyos análisis son secuenciales, se presentó que sus tiempos no reflejaban dicha secuencialidad, por lo que se opta por utilizar una única orden de servicio que comprendía 9 muestras para la toma de tiempos, a las cuales se les realizó los tres análisis. Esta decisión se tomó de manera conjunta con el Laboratorio de Rayos X con el fin de presentar de manera adecuada las diferencias entre ellos, cuyos resultados fueron aprobados por la dirección.

4.2.4.4 Resultados del estudio de tiempos. En la Tabla 10 se detallan los tiempos promedio resultantes del estudio de tiempos (Apéndice K), teniendo en cuenta la categorización de las operaciones.

Tabla 10.

Tiempos promedio de las categorías del estudio de tiempos.

Operación	Categoría	Promedio del tiempo (min/muestra)	Categoría	Promedio del tiempo (min/muestra)
Recepción-Asignación de muestras	N/A	14,25	-	-
	Polvo – DRX	5,68	DRX-09	10,01
	Granular – Roca - DRX	12,58	ATT-01	7,00
Preparación de la muestra	Polvo - FRX	9,10	DRX-22	5,85
	Granular – Roca - FRX	26,41	DRX-17	16,03
	Líquidos	3,49	DRX-23/DRX-25 (dos muestras por servicio)	36,27
	Arcilla – DRX	47,5	DRM	6,68
	DRX-01	25,86	DRX-09	20,56
	DRX-03	52,41	DRX-17	62,51
	DRX-12	49,82	DRX-22	6,11
Análisis	FRX-02	17,76	DRX-23	5,70
	FRX-04	9,18	DRX-25	7,49
	-	-	ATT-01	2,86
	-	-	ATT-03	8,71
	-	-	EIR-01	4,20
	-	-	DRM-02	11,00
Alineamiento de equipo	DRM-02	15,71	-	-

Para los servicios DRX-23 y DRX-25, que involucran la preparación y el análisis de dos muestras, se presenta la suma total de los tiempos de estas muestras.

Las actividades que no se tuvieron en cuenta en el estudio de tiempos, como la fase de revisión final y envío de informe por parte del director, la supervisión de informes de resultados de materiales orgánicos e inorgánicos por parte del supervisor y del director en el caso de las muestras de fármacos, así como la revisión de la preparación por medio del microscopio se establecieron de acuerdo a estándares de tiempo en colaboración con el director del Laboratorio de Rayos X y los profesionales de cada área.

4.3 Análisis del sistema de costos actual

4.3.1 Generalidades del sistema de costos actual

Según lo expresado por el director, el Laboratorio de Rayos X cuenta con un sistema de costos creado en el año 2016 el cual va siendo modificado según lo considerado por el personal cada año. Es relevante destacar que hace aproximadamente tres años, se produjo un cambio de personal en el área administrativa generando una “fuga de conocimiento”.

No obstante, gracias al sistema de costos existente, el laboratorio calcula los costos correspondientes a los servicios y, a partir de estos costos, se estima las ganancias. Las ganancias se obtienen en relación con los costos totales incurridos por la prestación del servicio y el margen de utilidad a aplicar. Es importante destacar que este margen de utilidad está predeterminado y en ocasiones puede variar en función del costo de cada servicio. Asimismo, es relevante mencionar que una parte del beneficio obtenido, específicamente el 11%, es descontado automáticamente por la universidad. Este cálculo se realiza internamente dentro del sistema de costos y no por medio de un estado de resultados.

Por otro lado, es importante mencionar que el laboratorio clasifica a sus clientes en: clientes internos y externos. Los clientes internos se refieren a estudiantes de postgrado y pregrado, profesores, investigadores UIS, directores de grupos de investigación y laboratorios. A su vez,

estos se clasifican en tres grupos: apoyo a la docencia, servicios de investigación y servicios de extensión, para los cuales los precios varían. De esta manera, para los clientes internos que soliciten apoyo a la docencia se les brindará algunos servicios sin ningún costo; los clientes de servicios de investigación que son aquellos que tienen proyectos de investigación internos, el precio de los servicios corresponde al costo neto sin ninguna ganancia; y los clientes internos de servicios de extensión, que son aquellos que subcontratan al laboratorio para el desarrollo de servicios dentro de proyectos con entidades externas de la UIS, se les maneja un precio con ganancia al menos del 10%.

Finalmente, los clientes externos son todas aquellas empresas o personas naturales externas a la UIS (ver Apéndice L) que contratan los servicios; el precio incluye el costo, la ganancia del laboratorio y el 11% que descuenta la UIS.

4.3.1.1 Actualización de los costos. El proceso de asignación de costos se lleva a cabo de forma anual, ya que implica la aprobación del portafolio de servicios y de los precios correspondientes por parte del Comité Operativo de Investigación y Extensión (COIE), esto con el fin de establecer los costos de los servicios para el nuevo periodo.

Las familias de servicios: DRX, FRX, DRM, ATT y EIR se encuentran en archivos o libros de Excel y cada servicio de cada familia se encuentra organizado en hojas de cálculo, con los elementos del costo tabulados de forma desorganizada en tablas diseñadas.

Los parámetros globales que alimentan a los sistemas de costos de los servicios individuales es la depreciación, el seguro y el mantenimiento. Estos se agrupan en una hoja de cálculo centralizada, desde la cual se distribuyen a cada servicio correspondiente. No obstante, es importante reconocer que las depreciaciones y el seguro se encuentran con información desactualizada.

4.3.2 Descripción del proceso de asignación de costos que realiza el Laboratorio de Rayos X.

Con base a la estructura de costos que está establecida en el laboratorio, el personal administrativo se encarga de realizar sobre el sistema ya establecido modificaciones anuales como ya se mencionó anteriormente, teóricamente a cada servicio. Estas modificaciones se presentan a continuación:

1. Se reestablece el nuevo costo de la mano de obra considerando los contratos de trabajo y cualquier cambio en las condiciones laborales, especialmente del salario.
2. Se ajustan los costos asociados al mantenimiento de equipos correspondientes al año inmediatamente anterior, costo asociado únicamente al mantenimiento de los 4 equipos mayores mencionados en la Tabla 2.
3. Se reestablecen los costos de las licencias de las cuatro bases de datos: ICDD que incluye la base de datos PDF 2 y la PDF 4, ICSD y CCDC. Así mismo para los costos de las licencias de los softwares TOPAS y DIFFRAC.EVA.

4.3.3 Análisis de las situaciones críticas en el sistema de costeo actual.

A continuación, se presenta las razones por las que el Laboratorio de Rayos X presenta un sistema de costos deficiente:

- El Laboratorio de Rayos X no cuenta con políticas y normas contables establecidas y, por ende, es importante destacar que mientras algunas variables se consideran como costo de los servicios estas se podrían clasificar como gastos administrativos.

- El sistema de costos actual asume ciertos costos similares a los que incurriría un laboratorio fuera de las instalaciones de la universidad, como el consumo de telefonía, el consumo de energía y arriendo. Sin embargo, no se están considerando otros costos importantes en caso dado de que su enfoque sea global, como el consumo de agua, el costo de almacenamiento de las

muestras durante los periodos correspondientes, los costos de mantenimiento preventivo que asume la universidad, entre otras consideraciones. No obstante, el personal tiene la percepción de que su sistema se enfoca únicamente en los costos y gastos incurridos por parte del laboratorio.

- Según el sistema de costeo actual los equipos robustos, equipos de oficina y otros equipos como la balanza, molino, tamizador, horno, termohigrómetro se encuentran depreciados por un periodo de diez (10) años, los cuales concluyeron en el 2022. No obstante, es importante destacar que esta información no concuerda en gran medida con el actual sistema de información del laboratorio y de la universidad. Por otra parte, la vida útil de los equipos mayores debería considerarse superior al actual, debido a que son equipos especializados, y además de que su costo es considerablemente mayor a los equipos menores.

- La mano de obra indirecta se incluye como personal directo en el ensayo de la muestra. Por otra parte, se presenta un incremento significativo en los costos relacionados con el director del laboratorio. Esto se debe al tiempo asignado por servicio, el cual es de 15 minutos con un valor por hora es \$305.000, costo estimado de lo que cuesta la hora de un docente de planta para la universidad, más no de la proporción del tiempo dedicado al laboratorio en relación a su salario.

- Se están considerando en el sistema de costeo algunos instrumentos e insumos que, a pesar de su bajo costo en comparación con otros recursos, no se utilizan actualmente. Por ejemplo, las hojas de resma que antes de empleaban para imprimir los informes, actualmente no se usan ya que los informes se envían por correo electrónico.

- El laboratorio está asumiendo los costos de utilización de los equipos de los servicios subcontratados (ATT), en lugar de considerar el precio que debería asignarse a la actividad registro de datos.

- Si bien los costos se establecen según el tiempo de uso de los recursos, ya sea instrumentos, bases de datos, tiempo invertido por los profesionales en la prueba, entre otros, es importante reconocer que el nivel de monitoreo no es tan eficaz debido a consideraciones como el tiempo ocioso e inactivo. Además, es importante destacar que estos tiempos se estimaron en la experiencia y percepción de cada profesional. A pesar de que esto da una idea del tiempo empleado y son basadas en el juicio, tienden a ser subjetivas.

4.3.3.1 Conclusiones del sistema de costeo actual. En resumen, se observa que el sistema de costeo actual del Laboratorio de Rayos X presenta deficiencias que afectan la precisión de los costos ante un panorama incierto que se asume. Por consiguiente, es fundamental definir claramente los parámetros iniciales del sistema de costos, con el fin de mejorar la precisión de la información presentada, que además facilite fortalecer las políticas de descuento y los márgenes de utilidad.

5. Etapa II. Selección del sistema de costos.

5.1 Revisión de literatura gris de los sistemas de costos que se implementan en la actualidad

Esta sección proporciona un contexto sobre los sistemas de costos que se han implementado en el sector de los servicios. Los documentos analizados se obtuvieron de una revisión no estructurada en literatura gris en sitios como repositorios y páginas académicas, a partir del año 2015, con el fin de justificar la necesidad de desarrollar un sistema de costos que se ajuste de forma más precisa a las características del laboratorio en función a los sistemas de costos de mayor impacto actualmente.

Dentro de los documentos analizados, se encuentra los siguientes trabajos de grado y de maestría:

- El primer proyecto titulado “Diseño de un sistema de costos para el servicio fertilidad en el laboratorio de suelos – análisis químicos, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín” implementa el sistema de costos basados en actividades a partir del servicio más vendido, dando como resultado un mayor control sobre los gastos que se realizan (Duque, 2016).

- El segundo proyecto denominado “Elaboración de un sistema de costeo basado en actividades para el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura”, el autor Crisanto (2016) desarrolla tres métodos de costeo: costeo por absorción, costeo directo y costeo basado por actividades (ABC), desarrollados bajo la misma base, condiciones y suposiciones, buscando demostrar qué método es el indicado para el laboratorio, dando conclusiones favorables del sistema de costeo ABC.

Por otra parte, el proyecto “Diseño de un sistema de costos aplicado al laboratorio de alta tensión (LAT) de la Universidad del Valle – sede Meléndez de la Ciudad Santiago de Cali” utiliza un método de costeo diferente a los planteados anteriormente. Este trabajo de grado implementa la contabilidad de Throughput por medio de la teoría de restricciones (Sarria, 2015).

También se analizaron artículos con base a sistemas de costos implementados en el ámbito de los servicios, uno de ellos es el artículo titulado: “Sistema de costeo ABC para empresas del sector eléctrico que actúen como operadores de red”, en él se corroboró la utilidad del sistema de costeo ABC en las empresas de servicios, en este caso, el servicio de distribución de energía eléctrica. Además, fue de gran utilidad cuando se abordaron preguntas de tipo: ¿En dónde se están invirtiendo los recursos?, ¿Cuál actividad consume más dinero? (Marín et al. , 2012).

En resumen, a lo largo del análisis, se observó que en el sector de servicios el sistema de costeo que ha tenido un impacto significativo es el sistema de costos ABC, el cual se ha destacado en los sectores de salud, consultoría, transporte y logística, así como en compañías eléctricas, entre otras.

A continuación, en la Tabla 11 se presenta un cuadro comparativo que destaca las características más importantes de cada sistema de costeo.

Tabla 11.

Cuadro comparativo de los sistemas de costos.

Sistema de costeo	Sector de aplicación	Ventajas	Desventajas
S. por órdenes de producción	Principalmente utilizado para productos heterogéneos.	Permite un seguimiento individualizado y detallado de los costos por orden de trabajo.	Proporciona una visión general de los costos a nivel de procesos.
S. estándar	Aplicable tanto a empresas manufactureras como de servicios.	Permite medir el rendimiento real en relación con los costos estándares.	No realiza un seguimiento detallado de cada elemento del costo, sino que se basa en costos promedio. Requiere estándares precisos y actualizados para ser efectivo.
S. variable	Aplicable tanto a empresas manufactureras como de servicios.	A través del margen de contribución se facilita la elección de los futuros pedidos óptimos.	No relaciona todos los elementos del costo con los costos asociados a los productos. Podría no ser adecuado para la toma de decisiones a largo plazo al no considerar los costos fijos que tienden a ser significativos; presenta cierto grado de sesgo.
S. ABC	Empresas con productos o servicios que utilizan	Asigna de forma más precisa los costos indirectos al vincularlos directamente a las actividades, considerando todas las áreas, ya	Su implementación y mantenimiento es de mayor complejidad en comparación con otros sistemas de costeo.

recursos de sea directas o indirectas a la producción.	Requiere de mayor capacitación al personal.
manera diversa.	Es útil para identificar ineficiencias, controlar y evaluar áreas.

Nota. Adaptado del artículo “los sistemas de costeo: bases y metodologías”, López, 2012.

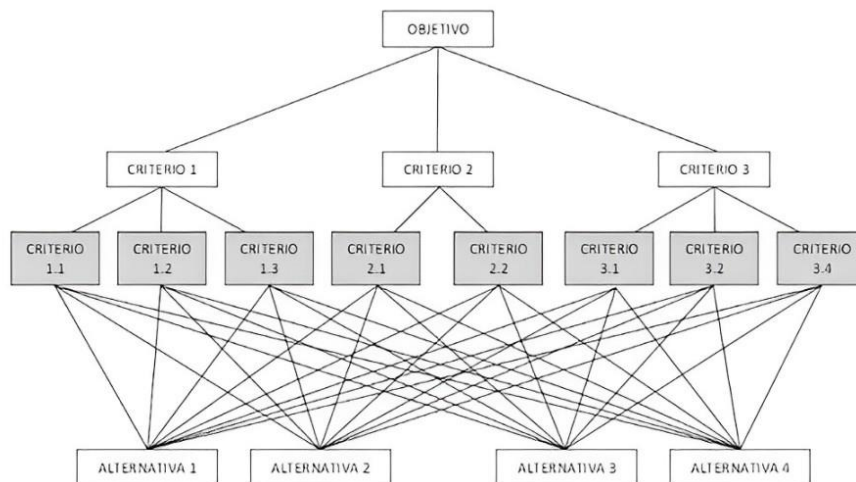
El sistema de costos por procesos es adecuado para empresas con producción continua, por lo tanto, es menos frecuente su adopción como sistema de costos en empresas del sector de servicios. Su aplicación se da especialmente en empresas prestadoras de servicios homogéneos.

5.2 Proceso de toma de decisiones

Para la selección del sistema de costeo a implementar, se utiliza la metodología multicriterio basada en el método AHP, que cuenta con múltiples criterios a evaluar e implica una jerarquía de pasos Figura 16, que va desde la definición de los objetivos hasta la selección de la alternativa más apropiada.

Figura 16.

Proceso analítico jerárquico – AHP.



Nota. Tomado de The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation de Saaty, 1980, McGraw-Hill.

Para el desarrollo del proyecto no se considera los subcriterios, en su lugar, se emplea una matriz de priorización de criterios, que permitirá realizar comparaciones por pares de los criterios principales.

5.2.1 Descripción del Objetivo

Seleccionar el sistema de costos más adecuado para el Laboratorio de Rayos X que cumpla con las características, necesidades y requisitos específicos del laboratorio.

5.2.2 Criterios

A continuación, se presentan en la Tabla 12 los criterios que cumplen con el objetivo planteado.

Tabla 12.

Criterios de selección del sistema de costos.

N	Criterio
1	Compatibilidad del sistema de costos con la naturaleza de la empresa.
2	Precisión del sistema de costos.
3	Sistema elemental.
4	Seguimiento no frecuente.
5	Flexibilidad del sistema de costos.

El criterio N.1 de la Tabla 12 relaciona los sistemas de costos con las características del laboratorio, el criterio N.2 presenta la necesidad del laboratorio, mientras que los criterios N.3, N.4 y N.5 corresponden a requisitos específicos solicitados.

5.2.2.1 Definición de los criterios. A continuación, se presenta la definición de cada criterio.

1. Compatibilidad del sistema de costos con la naturaleza/características de la empresa.

El Laboratorio de Rayos X de la Universidad Industrial de Santander trabaja en el sector de los servicios, centrándose principalmente en el análisis de muestras. El laboratorio organiza los pedidos de los clientes por órdenes de servicio; y su costo dependerá de los tipos de servicios solicitados para cada una de las muestras, ya que los recursos se consumen de manera diferente.

2. Precisión del sistema de costos.

Se requiere contar con información precisa y relevante sobre los costos de los servicios que ofrece el Laboratorio de Rayos X. Es importante asignar correctamente los costos a los servicios de acuerdo a los recursos utilizados (directos o indirectos).

3. Sistema elemental

El personal del Laboratorio de Rayos X no cuenta con conocimientos técnicos en sistemas de costos, por lo que se le da importancia implementar un sistema que contenga una estructura lógica y amigable.

Se requiere considerar una simplicidad en el sistema de costeo en términos de su estructura y procedimientos.

4. Bajo nivel de seguimiento y control.

Se requiere un sistema de costeo que no esté sujeto a formatos ni a ajustes continuos, dado que las actualizaciones se llevan a cabo al finalizar el año lectivo; periodo crucial para la determinación de los precios del próximo año.

5. Flexibilidad.

Se requiere de un sistema de costos que sea flexible con los cambios que pueda presentar la empresa, primordialmente frente a la inclusión o exclusión de servicios ofertados.

5.2.3 Alternativas

La Tabla 13 presenta las alternativas de sistemas de costeo.

Tabla 13.

Alternativas de sistemas de costeo.

N	Alternativas:
1	Sistema de costos por órdenes de producción.
2	Sistema de costos por procesos.
3	Sistema de costos estándar.
4	Sistema de costos variable.
5	Sistema de costos ABC simplificado.

Para la selección de la alternativa, es importante asignar una puntuación del 1 al 5 a cada una de estas considerando los parámetros de la Tabla 14; donde 5 representa la puntuación más alta. Esto con el fin de reducir cualquier sesgo en el proceso de selección del sistema de costos.

Tabla 14.

Parámetros para la selección del sistema de costos.

Calificación	DESCRIPCIÓN				
	Compatibilidad	Precisión	Sistema elemental	Bajo nivel de seguimiento y control	Flexibilidad y
1	Incompatible	Baja precisión	Procedimiento complejo y poco intuitivo	Alto nivel de seguimiento y control	Cero flexible
2	Presenta deficiencias	Precisión limitada	Existen aspectos confusos	Gran nivel de seguimiento y control	Poco flexible
3	Moderadamente compatible	Adecuada precisión	Se requiere menos aclaraciones	Nivel moderado de seguimiento y control	Moderadamente flexible
4	Compatible	Buena precisión	Fácil de entender	Seguimiento y control mínimo	Flexible
5	Altamente compatible	Excelente precisión	Altamente intuitivo y fácil de usar	Carece de seguimiento y control	Muy flexible

5.3 Selección del sistema de costos.

Para la selección del sistema de costos se necesita realizar las siguientes tres (3) actividades.

1. Realizar la matriz de priorización de factores: Figura 17.

Figura 17. Matriz de priorización de factores.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
LABORATORIO DE RAYOS X	
SELECCIÓN DEL SISTEMA DE COSTOS	
Matriz de Priorización de Factores	
FACTORES	
0,3	A Compatibilidad del sistema de costos con la naturaleza del laboratorio.
0,2	B Precisión del sistema de costos.
0,2	C Sistema elemental.
0,2	D Bajo nivel de seguimiento y control.
0,1	E Flexibilidad.

A	B	C	D	E	TOT	%
A	A	C	A	A	3	0,3
	B	B	B	E	2	0,2
		C	D	C	2	0,2
			D	D	2	0,2
				E	1	0,1
					10	

2. Puntuar las alternativas. En la Tabla 15 se observa la puntuación obtenida para cada una de las alternativas.

Tabla 15.

Puntuación de las alternativas con base a los parámetros de selección.

Factores / Alternativas	Compatibilidad	Precisión	Sistema elemental	Bajo nivel de seguimiento y control	Flexibilidad	Total
Sistema de costos por órdenes de producción	3	2	5	3	5	18
Sistema de costos por procesos	1	4	3	2	1	11

Sistema de costos estándar	4	2	4	1	3	14
Sistema de costos variable	5	2	3	4	5	19
Sistema ABC simplificado	5	5	3	4	4	21

3. Seleccionar la alternativa combinando las ponderaciones de los criterios y las puntuaciones de las alternativas.

Los resultados de la evaluación de las alternativas se presentan en la Tabla 16, destacando que el sistema de costos ABC obtuvo la puntuación más alta.

Tabla 16.

Resultados de la evaluación de las alternativas.

Sistema de costeo	S. por ordenes	S. por procesos	S. estándar	S. variable	S. ABC
Puntuación	3,4	2,2	2,9	3,8	4,3

5.3.1 Definición del sistema de costos ABC

El sistema de costos elegido para su implementación en el Laboratorio de Rayos X se caracteriza por su enfoque selectivo en las actividades clave, la utilización de estimaciones razonables, y la necesidad de una gestión corta y coherente. Estas características permiten una gestión de los costos sin complicaciones por parte del personal.

5.3.2 Requisitos del sistema de costos propuesto.

El sistema de costos ABC debe:

- Permitir y facilitar la identificación de las actividades de alto costo.
- Proporcionar indicaciones claras sobre qué elementos son susceptibles de modificación.

- Tener consistencia en los costos de los recursos y las actividades.
- Permitir el rastreo de los costos hasta su origen.
- Ser coherente con las particularidades de los servicios.
- Hacer uso de inductores de costos pertinentes y causales de los costos asignados.

6. Etapa III. Diseño del sistema de costos.

Para la fase de desarrollo del proyecto, se diseñan dos sistemas de costos distintos, los cuales tienen como objetivo identificar y presentar las diferencias frente al sistema de costos actual, pero también presentar las diferencias entre un “sistema de costos real” y uno donde únicamente se resaltan los costos asumidos por el Laboratorio de Rayos X denominado “sistema de costos subsidiado”, debido a que la mano de obra del personal de planta y gran parte de los CIF son asumidos por la Universidad Industrial de Santander.

Esta metodología se aplica con el propósito de identificar el sistema de costos que le permita al laboratorio preservar su competitividad en el mercado, además de presentar el panorama real de los costos y gastos que incurre el laboratorio.

Por consiguiente, para diferenciar los dos sistemas de costos, el sistema de costos subsidiado que en adelante se denominará "Sistema de costos 1", tiene como propósito presentar los costos que exclusivamente asume el laboratorio, mientras que el sistema de costos real, que en adelante se denominará “Sistema de costos 2” presenta todos los costos que el laboratorio asumiría, teniendo en cuenta aquellos que son cubiertos o “subsidiados” por la universidad.

6.1 Elementos del costo

Los elementos del costo se dividirán en dos categorías: costos directos e indirectos.

6.1.1 Costos directos

6.1.1.1. Materia prima. Se considera materia prima todo reactivo químico necesario para llevar a cabo un análisis de muestras en el laboratorio. Si bien el costo por muestra puede parecer insignificante en comparación a otros costos, para efecto del sistema de costos del Laboratorio de Rayos X se presentarán como MP debido a que su asignación sigue siendo de suma importancia tanto para las muestras como para los servicios correspondientes y su cálculo se diferencia de los CIF.

En la Tabla 17 se presentan los reactivos químicos comunes en el Laboratorio de Rayos X; su costo está directamente relacionado con la cantidad necesaria para realizar la actividad correspondiente.

Tabla 17.

Reactivos químicos comúnmente utilizados.

Reactivo químico	Cantidad	Unidad
Agua destilada	100	ml
	400	ml
Pirofosfato de sodio	0,5	gr
Glicerina Industrial	1	ml
Etanol Industrial 70%	1	ml
Etilenglicol (Grado Analítico)	2	ml
Parafina	0,5	ml
Alcohol Analítico	0,5	ml
Ácido Clorhídrico 37%	0,108	ml

La cantidad de Ácido Clorhídrico - HCl al 37% varía según la solución que se esté preparando. Generalmente, se emplean 13,5 ml de HCl en una solución compuesta por 500 ml de

agua cada 6 meses. En la preparación de la muestra se resulta empleando 4 ml de solución de HCl al 1%, lo que equivale a una porción de 0,108 ml de HCl al 37% por muestra.

6.1.1.2. Otros materiales directos. Dentro de ciertas operaciones específicas del laboratorio, como la asignación de muestras, la preparación, el montaje y el almacenamiento, se emplean materiales cuyo consumo se mide por muestra. Estos materiales, se han estandarizado y se consideran costos directos asociados a cada muestra en particular. Un ejemplo de esto se evidencia en la utilización de membranas de proleno y Mylar en el montaje de las muestras en los portamuestras, como parte del proceso de preparación, previo a su registro de datos en el equipo mayor.

6.1.1.3. Mano de obra directa. Inicialmente, se consideraba al personal operativo exclusivamente como MOD.

Sin embargo, a través del estudio de tiempos y de la asignación de las actividades, se ha determinado que no todas sus actividades se limitan a la manipulación de las muestras de materiales orgánicos e inorgánicos y fármacos y/o a su información. De hecho, también desempeñan actividades de apoyo que se reflejan como costos indirectos.

La Tabla 18 presenta las actividades que los diferentes cargos desempeñan en calidad de mano de obra directa (MOD) por servicio, en conexión con las operaciones principales.

Tabla 18. *Asignación de actividades por cargo y servicio.*

Grupo de familia	Servicio	Actividades		
		Preparación de las muestras	Análisis de los datos	Creación de informe
DRX	DRX-01	Técnico	Prof. Analista M.	Prof. Analista M
	DRX-03	Técnico	Prof. Analista M	Prof. Analista M
	DRX-06	Técnico	N/A	Supervisor M

	DRX-07	Técnico	N/A	Supervisor M
	DRX-09	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F
	DRX-12	Técnico	Prof. Analista M	Prof. Analista M
	DRX-17	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F
	DRX-22	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F
	DRX-23	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F
	DRX-25	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F
	DRX-26	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F
FRX	FRX-02	Técnico	Prof. Analista M	Prof. Analista M
	FRX-04	Técnico	Prof. Analista M	Prof. Analista M
	FRX-05	Técnico	Prof. Analista M	Prof. Analista M
ATT	ATT-01	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F
	ATT-03	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F
DRM	DRM-02	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F
EIR	EIR-01	Prof. Analista F	Prof. Analista F	Prof. Analista F

La operación de recepción y asignación de la muestra es llevada a cabo únicamente por una persona, quien desempeña el rol de auxiliar administrativo.

Para los dos sistemas de costeo se tiene en consideración el tipo de contrato laboral vigente del personal del laboratorio, que incluye tanto los empleados en modalidad de contratación por obra o servicio como al personal bajo modalidad de planta temporal en la Universidad Industrial de Santander. El equipo de trabajo que opera bajo la modalidad de prestación de servicios recibe anualmente la cantidad especificada en la Tabla 19.

Tabla 19. *Contratos por obra o servicio.*

Cargo	Fecha de inicio	Fecha de finalización	de Salario anual
Prof. Analista F	27/01/2023	15/12/2023	\$ 74.305.600
Coord. Adm	27/01/2023	15/12/2023	\$ 60.962.500

Prof. Analista M	27/01/2023	15/12/2023	\$ 38.275.500
Coord. Calidad	27/01/2023	15/12/2023	\$ 37.093.300
Supervisor F	27/01/2023	15/12/2023	\$ 12.920.000
Aux. adm	27/01/2023	15/12/2023	\$ 30.780.450

Mientras que el personal de planta recibe mensualmente el salario indicado en la Tabla 20., el cual no será considerado en el Sistema de costos 1, ya que no es costado por el laboratorio.

Tabla 20. *Salario mensual del personal planta UIS.*

Cargo	Salario mensual
Director laboratorio	\$ 5.514.828,50
Supervisor M	\$ 3.920.000,00
Técnico	\$ 2.257.860,00

Es importante destacar que el salario mensual del director del laboratorio se deriva de la proporción horaria que dedica a actividades del laboratorio, que equivale a un compromiso de 10 horas semanales. Además, es necesario señalar que la carga prestacional del personal de planta se presenta en el sistema de costeo 2.

La Tabla 21 presenta el porcentaje de MOD que registraron los trabajadores del Laboratorio de Rayos X en el primer semestre del año 2023, en relación a las actividades que desempeñan y a la demanda de servicios presentada.

Tabla 21. *Porcentaje de MOD.*

Cargo	Porcentaje de MOD
Director laboratorio	19,4%
Coordinadora adm	0%
Coordinador calidad	0%

Auxiliar administrativa	19,74%
Profesional análisis F	9,73%
Supervisor M	3,39%
Profesional análisis M	41,05%
Técnico	22,90%
Supervisor F	0%

6.1.2 Costos indirectos

6.1.2.1. Costos indirectos de fabricación (CIF). Engloban una variedad de costos que se consumen por las actividades clasificados en materiales indirectos, mano de obra indirecta y otros costos indirectos de fabricación. Su valor está expresado en unidades anuales, mientras que los recursos se cuantifican en función de su vida útil o en periodos de renovación con base a la información proporcionada por el personal del Laboratorio de Rayos X.

Materiales indirectos.

Corresponde a los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades de preparación de las muestras, tanto de materiales orgánicos e inorgánicos y fármacos, como de cristales. La identificación de los materiales se efectúa a través de un proceso de inspección de la respectiva área de trabajo en colaboración con el personal responsable.

Mano de obra indirecta.

La mano de obra indirecta se comprende del restante del 100% de la mano de obra directa de la Tabla 21. El costo se determina con base al salario del trabajador.

Otros costos indirectos de fabricación.

Comprende los costos asociados a la depreciación y mantenimiento de equipos y a los costos de inmobiliario y enseres, los cuales se han desglosado por áreas conforme a la distribución

de planta del laboratorio para efectos prácticos de la distribución de los costos a los centros de trabajo. Adicionalmente, se consideran los costos relacionados con farmacopeas y certificaciones específicas que están asociadas a ciertas actividades, así como los costos correspondientes a las licencias necesarias para el acceso y la utilización de las bases de datos, entre otros.

Algunos accesorios de los equipos robustos tienen vida útil significativamente diferente al equipo principal, como los tubos de rayos x de los equipos de Difracción de Rayos X y los gases que utiliza el equipo de Fluorescencia de Rayos X; por lo que es apropiado contabilizarlos por separado a la depreciación del equipo.

La Tabla 22 contiene información sobre los servicios que demandan el uso de bases de datos y programas.

Tabla 22. *Uso de bases de datos y programas por servicio.*

Servicios	Actividad: Análisis de datos					
	Bases de datos				Programas	
	PDF_2	PDF_4	ICSD_FIZ	CSD	TOPAS	DIFRACT.EV A
DRX-01	X	X	-	-	-	X
DRX-03	X	X	X	-	X	X
DRX-06	-	-	-	-	-	X
DRX-07	-	-	-	-	-	X
DRX-12	X	X	X	-	X	X
DRX- 09	X	-	-	X	X	X
DRX-17	X	-	-	X	X	X
DRX-22	-	-	-	-	-	X
DRX-23	-	-	-	-	-	X
DRX-25	-	-	-	-	-	X
DRX-26	-	-	-	-	-	X
FRX-02	-	-	-	-	-	-
FRX-O4	-	-	-	-	-	-
FRX-05	-	-	-	-	-	-
ATT-01	X	-	-	X	-	-
ATT-03	X	-	-	X	-	-
DRM-02	X	-	-	X	-	-

EIR-01	-	-	-	-	-	-
--------	---	---	---	---	---	---

Es importante tener en cuenta, que los sistemas de costos propuestos mostrarán discrepancia en este ítem, debido a que el laboratorio únicamente ha invertido en los equipos de cómputo, flautas, bombas de vacío, planchas de agitación y en el polarímetro, además de que contribuyó únicamente con la mitad de la inversión del equipo espectrofotómetro infrarrojo; destacando que el laboratorio dispone de un total de cincuenta (50) equipos, y los mencionados anteriormente corresponden a 21 de ellos; sin considerar que algunos de los equipos mayores tuvieron un costo superior a los \$600.000.000, los cuales no están siendo incluidos en el sistema de costos 1.

En lo que respecta al mantenimiento de equipos, también es importante destacar que el laboratorio se hace cargo alrededor del 25% de los costos de los equipos mayores, mientras que los costos de los equipos menores tienden a ser asumidos por la universidad. En el caso de las calibraciones de la balanza analítica, de la pesa patrón de referencia, del termómetro y de los termohigrómetros el laboratorio si cubre la totalidad del costo.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que cualquier empresa incurre en otros costos indirectos, como el arriendo, servicios de energía eléctrica, limpieza, acueducto y alcantarillado, los cuales no están siendo asumidos directamente en el sistema de costos 1 y que, por ende, son de estudio en el sistema de costeo 2, mediante costos estándares.

6.2 Clasificación de los elementos del costo en el sistema de costos ABC.

Con base al enfoque del sistema de costeo ABC, los costos directos conformados por la materia prima, mano de obra directa y otros materiales directos se asignan de manera directa a los servicios mientras que los costos indirectos pasan por un proceso más elaborado de asignación, ya

que inicialmente se consumen por las actividades antes de ser distribuidos a los servicios correspondientes, conforme a las características del sistema de costos seleccionado.

Para mayor análisis, la mano de obra directa se desagrega en actividades al igual que los CIF. No obstante, los métodos de asignación de los costos a los servicios prevalecen en función al enfoque seleccionado para cada uno de ellos.

6.3 Procedimiento para el cálculo de los costos en el Laboratorio de Rayos X.

La Tabla 23 presenta las distintas etapas del proceso de asignación de los costos.

Tabla 23.

Etapas de las diferentes fases de determinación de los costos.

Fases	Etapas
Determinación del costo de las actividades.	1. Identificación de los centros de costos.
	2. Identificación de las actividades.
	3. Selección de las actividades claves.
	4. Identificación de los inductores de costos.
	5. Cálculo de índices de inductor de costos.
	6. Asignación de los costos indirectos a las actividades claves.
Determinación del costo de los servicios	7. Asignación de los costos directos e indirectos a los servicios.

Nota. Adaptado de la metodología en los sistemas ABC por Yepes, 1999, Depósito Legal: M-9765-1989.

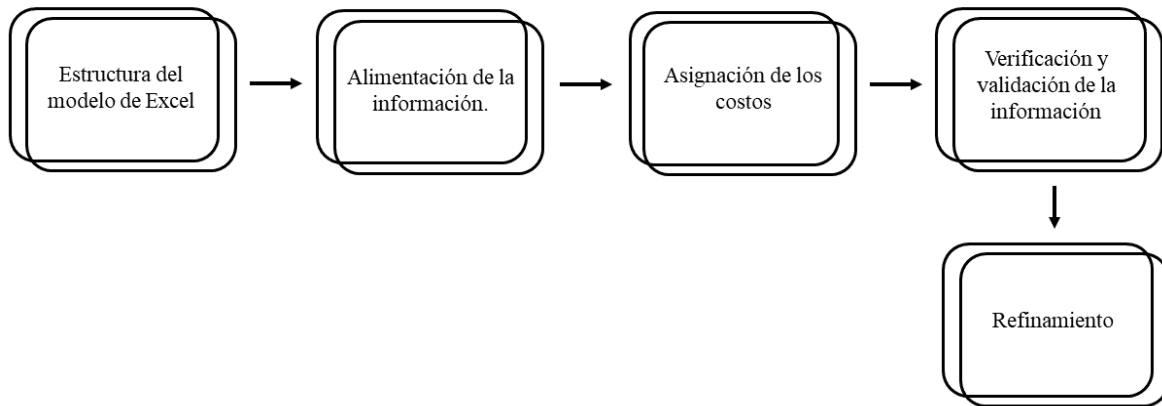
ISSN: 1139-5567. Edita: Forum Calidad, S.R.L. Alcobendas (Madrid).

6.4 Diseño del sistema de costos propuesto.

La Figura 18 ilustra las etapas necesarias para lograr la consolidación final de los sistemas de costos durante su proceso de diseño e implementación.

Figura 18.

Flujo del diseño del Sistema de costos ABC.



6.4.1 Estructura del modelo de Excel

Estructurar el documento de Excel de manera que se defina claramente la presentación de la información. Los datos correspondientes a materia prima, mano de obra, y costos indirectos de fabricación se recopilarán en hojas individuales.

6.4.2 Alimentación de la información

Reunir toda la información pertinente acerca de los recursos empleados en cada actividad dentro de cada uno de los sistemas de costos, incluyendo el consumo de materiales, los equipos utilizados, las certificaciones requeridas, las bases de datos utilizadas, así como la materia prima y mano de obra involucrada, entre otros; según corresponda.

6.4.3 Asignación de los costos

Utilizar fórmulas y funciones de Excel para realizar la asignación de costos a las actividades de acuerdo a los costos indirectos recopilados y a los inductores de costos establecidos.

6.4.4 Verificación y validación de la información

Verificar y validar los cálculos realizados para asegurarse de que sean precisos y reflejen adecuadamente la asignación de costos a las actividades, considerando las variaciones que se deben presentar entre servicios. Esta etapa se realiza en conjunto con el personal del laboratorio, incluyendo al director.

6.4.5 Refinamiento

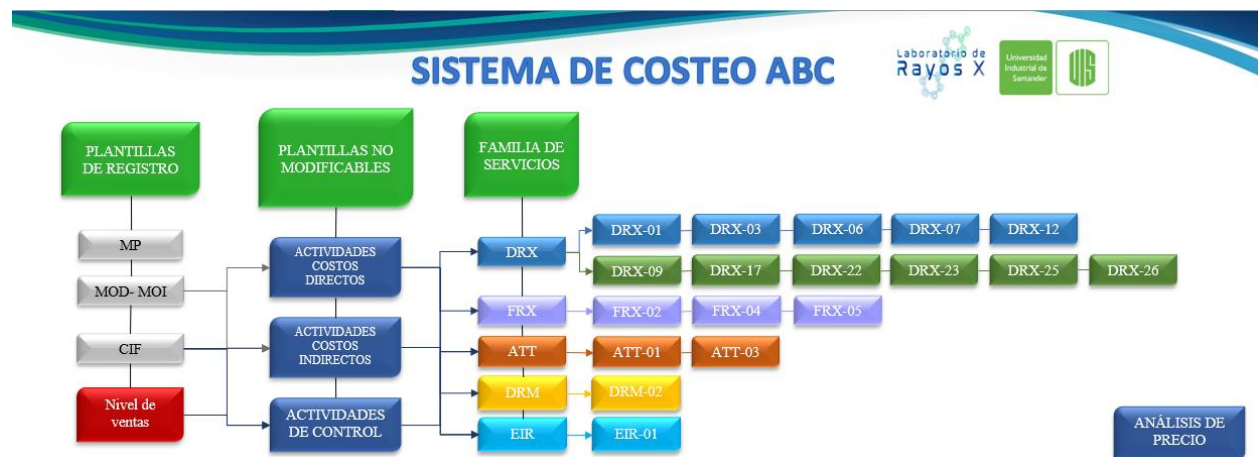
Realizar ajustes en el sistema de costos ABC según sea necesario, con base en los hallazgos de la prueba piloto.

7. Etapa IV. Desarrollo de la herramienta ofimática.

La herramienta ofimática se ha desarrollado utilizando Microsoft Excel, la cual contiene múltiples hojas de trabajo para los elementos del costo, las actividades y los servicios en ambos sistemas de costos (Apéndice P y Q). En la interfaz inicial se presentan todas las familias de los servicios junto con las plantillas que pueden o no modificarse.

Figura 19.

Interfaz inicial del Sistema de costeo propuesto.



7.1 Plantillas de registro

Estas plantillas abarcan los elementos del costo junto con la hoja denominada “nivel de ventas” las cuales están diseñadas para ser fácilmente actualizadas.

Las hojas de los elementos del costo presentan los costos de los recursos que los identifican, mientras que la hoja de cálculo “nivel de ventas” presenta la dedicación semestral del personal por actividad, así como el desglose de los servicios por cantidad de muestras procesadas en el semestre o periodo de ajuste.

7.2 Plantillas no modificables

Las plantillas no modificables son diseñadas para facilitar la asignación de los costos a las actividades correspondientes.

- **Hoja de cálculo “Actividades costos directos”**. Su nombre se deriva de su relación con los costos directos, específicamente con la MOD. La hoja de cálculo presenta el costo directo de mano de obra por muestra, el cual está asociado a la duración de las diferentes actividades realizadas por el personal.

- **Hoja de cálculo “Actividades costos indirectos”**. Su nombre se deriva de su relación con los costos indirectos, específicamente con los CIF. La hoja de cálculo presenta los costos asociados a la actividad, en el que los costos reflejan el valor semestral de los recursos (periodo de reporte de la información).

- **Hoja de cálculo “Actividades de control”**. Presenta las actividades que requieren una atención especial en este sistema de costeo, ya que se basa en un método de asignación detallado según el tiempo de procesamiento de los diferentes servicios. Estas actividades, caracterizadas por su variabilidad en términos de tiempo por servicio, constituyen un factor clave a diferenciar.

Es importante resaltar que el cálculo de los costos de estas actividades implica un proceso de asignación más complejo. Esto se debe a que, al asignar los costos por unidad de tiempo (t) por muestra, se calcula el costo acumulativo en función a la cantidad de muestras que se procesaron en el periodo. Sin embargo, existe un tiempo subutilizado el cual no ha sido prorrateado, lo que demanda a su vez una segunda fase de distribución de los costos para asegurar una asignación más completa.

7.3 Hojas de trabajo para las familias de servicios

Los costos de los 18 servicios se presentan detalladamente en su respectiva hoja de cálculo. Adicionalmente, en cada hoja se ha incorporado una tabla denominada “análisis ABC” que permite evaluar las actividades realizadas por servicio con el fin de identificar las actividades que tienen el mayor impacto en los costos.

8. Etapa V. Evaluación del sistema de costos propuesto junto al sistema de costos actual.

8.1 Plan de acción para realizar la prueba piloto.

8.1.1 Objetivo

Recopilar datos que permita el abastecimiento de información a los sistemas de costos propuestos, con el propósito de validar su eficacia y detectar posibles problemas en la información presentada.

8.1.2 Actividades

8.1.2.1. Identificar las fuentes de información. Se identificarán las fuentes de datos necesarias para recopilar los datos, ya sea externas o internas.

8.1.2.2. Establecer los métodos de recopilación. En esta actividad se determinará el método de obtención de la información, que sea consistente.

8.1.2.3. Procesamiento de datos. Se registrará toda la información recopilada en los dos sistemas de costos, segmentando la información que debe ir en cada uno de ellos.

8.1.3 Responsables

El responsable de recopilar y registrar la información es el titular del proyecto de grado.

8.1.4 Plazo

Tres semanas.

8.2 Ejecución del plan de acción.

La ejecución del plan de acción implica la interacción con diversas áreas, tanto del laboratorio, como es el área administrativa, como con algunas dependencias de la universidad y con algunas fuentes externas.

8.2.1 Identificación de las fuentes de información

Para identificar las fuentes de información necesarias, se evalúa inicialmente el tipo de información requerida para alimentar el sistema de costos.

Para el caso de la información financiera, el Laboratorio de Rayos X cuenta con algunas facturas de proveedores, registros de ventas, formatos de control y registro de inventarios. Sin embargo, la información no se encuentra completa en lo que respecta a todos los costos de los recursos que el laboratorio utiliza para la prestación de sus servicios.

Por lo tanto, dado que no se dispone de toda la información detallada de los costos que asume el laboratorio como de los que asume la universidad, se procede a investigar y a obtener información de fuentes externas tales como: proveedores y divisiones de la universidad.

8.2.2 *Métodos de recopilación*

El método de recopilación de información se fundamenta en la búsqueda y almacenamiento de facturas, la obtención de cotizaciones, y la exploración de los canales y medios de comunicación de las fuentes de información.

En dado caso de que la información no esté acorde al tiempo de los hechos, esta se ajusta teniendo en cuenta el año de adquisición de los insumos y factores como la inflación, en concordancia con el principio de que “el dinero es un activo que cuesta conforme transcurre el tiempo” (Mairena, 2020), lo que conlleva a considerar que su valor no es constante con el tiempo.

Ante esto, la estimación del costo de los insumos se calcula realizando el ajuste de los costos por inflación. Para ello, es necesario calcular la variación que se presenta en el índice de precios al consumidor durante ambos periodos. Estos datos son suministrados por el Banco de la República (Apéndice M).

$$\text{Inflación} = \left(\frac{IPC\ 2 - IPC\ 1}{IPC\ 1} \right) \times 100\%$$

8.2.3 *Procesamiento de datos*

Los datos se recopilan en las plantillas de registro de la herramienta ofimática, específicamente en las hojas de cálculo de los elementos del costo.

8.3 **Alimentar el sistema de costos con la información del Laboratorio de Rayos X.**

Teniendo a disposición la información financiera, se procede a estructurar los sistemas de costos con el fin de aprovechar todos los datos e información del proceso producto. Para lograrlo, es necesario abordar las etapas del proceso de asignación de los costos de la Tabla 23.

8.3.1 *Identificación de los centros de costos.*

Los centros de costos se han definido en función de las distintas áreas del Laboratorio de Rayos X y de los demás laboratorios a disposición con los que se cuenta acceso, ya que representan “espacios” donde se acumulan los costos vinculados a las actividades específicas.

La Tabla 24 presenta las áreas del plano arquitectónico del laboratorio que se ilustran en la Figura 15, así como la identificación global de las áreas de los demás laboratorios.

Tabla 24.

Áreas del Laboratorio de Rayos X y de otros laboratorios a disposición.

AREAS
A. Área de equipos 1
B. Área de equipos 2
D. Área dirección
E. Área administrativa
F. Área análisis de datos
I. Área de fármacos
J. Área de materiales
K. Área de almacenamiento
Área global salón 301
Área global salón 310
Área global salón 104

Las áreas presentadas como “área global salón 301” y “área global salón 310”, se incluyen con el fin de incluir los recursos de los otros salones que dispone el laboratorio para su uso, mientras que, el área designada como “área global salón 104”, se destina para vincular todos los costos relacionados con las actividades de apoyo, sirviendo como mecanismo para diferenciar la mano de obra indirecta de la mano de obra directa.

8.3.2 Identificación de las actividades.

Las actividades se derivan de la información proporcionada por cada operario, así como de los datos suministrados por el Sistema de Gestión de Calidad.

8.3.2.1 Clasificación de las actividades. Cada una de las actividades realizadas por el personal se evaluaron frente a tres criterios, buscando la reducción de los costos de las actividades que no agregan valor (Ticona, 2020).

- Criterio 1: Actividad principal o auxiliar.

Las actividades principales son aquellas que están directamente relacionadas con la creación del servicio final, mientras que las auxiliares son apoyo a las actividades principales.

- Criterio 2: Actividad repetitiva o no Repetitiva.

Las actividades repetitivas se realizan de manera rutinaria siendo desarrolladas en la mayor parte de los días laborales. Por otro lado, las actividades no repetitivas se realizan semanal, mensual e incluso anualmente.

- Criterio 3: Añade valor o no añade valor.

Las actividades que agregan valor están directamente relacionadas con aquellas que son relevantes y significantes para el cliente.

El resultado de esta actividad se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25.

Evaluación de actividades del personal según criterios establecidos.

ACTIVIDADES	Criterio 1		Criterio 2		Criterio 3	
	Principal	Auxiliar	Repetitiva	No Repetitiva	Añade valor	No añade valor
	Coordinador(a) de calidad					
Revisar el procedimiento de la revisión por la dirección		X		X		X
Revisión documental		X	X			X

ACTIVIDADES	Criterio 1		Criterio 2		Criterio 3	
	Principal	Auxiliar	Repetitiva	No Repetitiva	Añade valor	No añade valor
Revisión PQRS		X		X		X
Revisión Trabajos no conformes		X		X		X
Revisión No Conformidades		X		X		X
Revisión ACPM (Acciones Correctivas, preventivas y de Mejora)		X		X		X
Revisión de registros		X	X			X
Revisión de auditorias		X		X		X
Reuniones de calidad		X		X		X
Revisión aseguramiento de la información		X		X		X
Auxiliar administrativo						
Prestación de servicios		X		X	X	
Recepción de muestras	X		X		X	
Control acceso al laboratorio		X		X		X
Asignación de muestra a los analistas para ejecución del servicio.	X		X		X	
Coordinador(a) administrativa						
Prestación de servicios		X		X	X	
Evaluar la satisfacción de los clientes		X		X	X	X
Compras, recepción, servicios y suministros		X		X		X
Papelería del laboratorio		X		X		X
Contratación con clientes	X		X			X
Contratación de bienes y servicios precontractual.		X		X		X
Contratación de bienes y servicios postcontractual.		X		X		X
Contratación de bienes y servicios internacionales		X		X		X
Informes financieros		X		X		X
Facturación	X		X			X
Coordinación de personal		X	X			X
Profesional analista de fármacos						

ACTIVIDADES	Criterio 1		Criterio 2		Criterio 3	
	Principal	Auxiliar	Repetitiva	No Repetitiva	Añade valor	No añade valor
Revisión aseguramiento de la información		X		X		X
Almacenamiento de muestras	X		X		X	
Preparación y montaje de muestras	X		X		X	
Análisis de resultados	X		X		X	
Verificaciones calificaciones y validaciones		X		X	X	
Calibraciones y alineaciones	X		X		X	
Controles		X		X		X
Realización de informes de resultados	X		X		X	
Procedimientos usos de equipos		X		X		X
Seguridad y salud en el trabajo		X		X		X
Capacitación: radiación ionizante		X		X		X
Control condiciones de temperatura y humedad		X	X			X
Supervisor de materiales						
Registro de datos	X			X	XX	
Verificaciones calificaciones y validaciones	X		X		X	
Calibraciones y alineaciones		X		X	X	
Realización de informes de resultados	X			X	X	
Control de Equipos	X		X			X
Procedimientos usos de equipos		X		X		X
Técnico de materiales						
Almacenamiento de muestras	X		X		X	
Preparación y montaje de muestras	X		X		X	
Control del inventario de materiales del laboratorio		X		X		X
Procedimientos usos de equipos		X		X		X

ACTIVIDADES	Criterio 1		Criterio 2		Criterio 3	
	Principal	Auxiliar	Repetitiva	No Repetitiva	Añade valor	No añade valor
Limpieza de equipos e instalaciones del laboratorio		X		X		X
Control condiciones de temperatura y humedad		X	X			X
Residuos sólidos		X		X		X
Profesional analista de materiales						
Preparación de soluciones y reactivos	X			X	X	
Análisis de resultados	X		X		X	
Realización de informes de resultados	X		X		X	
Inventario y control de materiales de referencia (recalificación y/o alineación de los equipos)		X		X		X
Apoyo en control del inventario de materiales del laboratorio		X		X		X
Inventario y control Reactivos		X		X		X
Director del laboratorio						
Revisión aseguramiento de la información.	X		X			X
Revisión final y envío de informe	X		X		X	

Nota. Adaptado de la estructura de la tabla clasificación de las actividades de Falco, 2007. Texto completo en <http://www.eumed.net/ce/>.

Dado que el propósito de categorizar las actividades es identificar aquellas que pueden ser eliminadas debido a que no aportan valor al proceso, para efectos del proyecto, las actividades que no se consideran principales se designan como actividades de apoyo con el fin de evaluar su impacto en los costos de ambos sistemas, lo que permite brindar una visión detallada del tiempo dedicado por el operario a actividades principales en comparación a las actividades secundarias.

Esta actividad global incluye las actividades de calibración, alineación, verificación y validación de equipos a pesar de ser actividades principales para el operario, con el propósito de enfocar las actividades primarias del laboratorio, que en gran parte están relacionadas con las operaciones del proceso.

En términos generales, es importante reconocer que esta actividad de apoyo abarca todos los costos indirectos relacionados a las actividades que engloba, además del tiempo ocioso e inactivo del operario, siendo de gran importancia para analizar los costos ocultos y la baja productividad del proceso productivo.

8.3.3 Selección de las actividades claves.

En la Tabla 26 se presentan las actividades claves seleccionadas conforme a lo anteriormente mencionado. Estas actividades claves están compuestas por un 88% de actividades del proceso operativo, y un 12% por actividades de apoyo y administrativas.

Tabla 26.

Actividades claves designadas a los sistemas de costos.

Actividades claves	Tipo de actividad
1. Registro de datos EQ 1	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1089 1570 1438 1717">▪ Actividades principales de ambos sistemas de costos.
2. Registro de datos EQ 3	
3. Registro de datos EQ 4	
4. Alineamiento de equipo	
5. Preparación muestra monocristal	
6. Almacenamiento monocristal	
7. Revisión final y envío de informe	
8. Revisión aseguramiento de la información	
9. Sistema de Gestión de calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1089 1776 1438 1852">▪ Actividades adicionales del sistema de costos 2.
10. Asignación de muestras	
11. Administrativo	

Actividades claves	Tipo de actividad
12. Análisis de datos de materiales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actividades administrativas y de apoyo de ambos sistemas de costos.
13. Realización de informes de resultados materiales	
14. Supervisión de informes de resultados materiales – fármacos	
15. Análisis de datos fármacos	
16. Realización de informes de resultados de fármacos	
17. Preparación y montaje de muestras fármacos	
18. Revisión de preparación en microscopio	
19. Preparación y montaje de muestras materiales	
20. Almacenamiento final	
21. Preparación de arcillas	
22. Registro de datos EQ menor – EIR	
23. Calcinación	
24. Supervisión procedimientos de fármacos	
25. Actividades de apoyo	

Las actividades administrativas al no ser de gran interés de forma desglosadas, estas se presentan también como una actividad que engloba las diversas tareas realizadas por el personal en los sistemas de costos.

Por otra parte, las actividades seleccionadas para cada sistema de costos se eligieron considerando su relación con el propósito de estos. En el caso del primer sistema de costos, dado que este se limita a considerar exclusivamente los costos asumidos por el laboratorio, las actividades realizadas con el personal de planta, así como aquellas actividades cuyos costos no son de su responsabilidad son excluidas de este sistema.

8.3.4 Identificación de los inductores de costos.

8.3.4.1. Inductor para las actividades. El inductor principal que determina la asignación de los costos a las actividades es el porcentaje de uso de los recursos. A medida que aumenta su uso, ya sea en equipos, consumo de materiales o en cuanto al tamaño de área, el costo asociado a la actividad aumenta de manera proporcional.

Se representa con un 100% cuando una única actividad es la consumidora del recurso, como ocurre con gran parte de las actividades gracias a un análisis detallado realizado junto con el personal que permitió identificar el tipo de recurso utilizado por área (asignación directa).

Este índice resulta especialmente útil cuando múltiples actividades comparten los mismos recursos. Un ejemplo de ello es evidente en las actividades de preparación de muestras de materiales orgánicos e inorgánicos y de preparación de arcillas en el que ambas actividades requieren el uso de los materiales provenientes de la misma área, los cuales se distribuyen en función al número de muestras preparadas.

Además del inductor principal, también se considera el tiempo de dedicación y/o participación del personal como inductor de costos, ya que refleja de manera directa la influencia del tiempo invertido por los operarios en el uso de los insumos, equipos, entre otros.

8.3.4.2. Inductor para los servicios. Está conformado por dos inductores: el inductor número de muestras y el inductor tiempo. El primero se basa en el número total de muestras que requieren de estas actividades específicas, mientras que el segundo se relaciona con el tiempo (en minutos) que emplean los trabajadores o máquinas para la ejecución de las actividades de mayor control, como lo son las actividades de registro de datos y análisis de datos.

Esto se debe a que el nivel de detalle que se requiere presentar por servicio varía conforme al tipo de ensayo que se realiza, lo que conlleva a realiza una distribución de costos de forma

precisa considerando las particularidades (en tiempo) de cada servicio. Haciendo la analogía entre una actividad que requiere control con una que no requiere control, el costo del análisis de los datos de un servicio DRX-01 no debería ser igual a un servicio DRX-12, mientras que el costo de la actividad de asignación de muestras podría asignarse de manera uniforme para todos los servicios.

8.3.5 Métodos para calcular los inductores de costos.

En esta sección, se detallan las fórmulas utilizadas para calcular los inductores de costos.

8.3.5.1 Inductores de las actividades. En términos generales, los inductores se reflejan a través de los siguientes índices:

$$1. \text{Porcentaje de utilización del recurso } i = \left(\frac{\text{muestras que utilizan el recurso } i \text{ por act}}{N. \text{muestras total que utilizan el recurso}} \right) \times 100\%$$

$$2. \text{Porcentaje de participación en la actividad} = \left(\frac{\text{Tiempo laborado en la actividad}}{\text{Tiempo disponible}} \right) \times 100\%$$

El porcentaje de utilización del recurso no se limita exclusivamente a la cantidad de muestras, sino que también se expresa en términos de tiempo, cantidad y tiempo, entre otras.

8.3.6 Asignación de los costos indirectos a las actividades claves.

Los inductores que asignan los costos a los servicios utilizan distintos métodos de asignación que afectan la distribución de los costos indirectos a las actividades; esto ocurre específicamente con el segundo método de asignación que corresponde al tiempo de procesamiento de las actividades, en el que el costo del servicio y de la actividad se calcula de forma simultánea, mientras que el primer método de asignación utiliza una distribución uniforme, en el que los costos totales del periodo son asignados a las actividades de acuerdo al inductor número de muestras.

En consecuencia, a través del primer método de asignación resulta esencial dividir los costos totales de los recursos que se asignan a las actividades en dos debido a que los costos indirectos se presentan en base anual, mientras que el sistema de costeo considera un periodo de seis (6) meses, antes de ser divididos por el total de muestras. En el caso de las actividades cuyos recursos se costean en función del tiempo de operación por muestra, es necesario que los costos de dichos recursos se expresen en términos de \$ / min.

$$\text{Costo de una actividad (de costos indirectos)} = \frac{\sum \text{costos totales (6 meses) de los recursos}}{\text{número de muestras}}$$

$$\text{Costo de las actividades de control} = \frac{t \text{ (min)}}{\text{(muestra)}} \times \text{costo de los recursos utilizados /min}$$

Para calcular el costo por muestra del porcentaje de recurso no utilizado para el segundo método de asignación mencionado previamente, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Costo del \% del recurso no utilizado} = \text{costo total del periodo} - \text{costo incurrido en el periodo}$$

El costo total del periodo se deriva del tiempo laboral disponible para el periodo de los seis (6) meses.

En la Tabla 27 se presenta un resumen de los métodos de asignación de costos (directos e indirectos) a las actividades clave.

Tabla 27.

Método de asignación de costos a las actividades clave.

Actividades	Método de asignación
1. Registro de datos EQ 1	Método de asignación por tiempo de procesamiento.
2. Registro de datos EQ 3	Método de asignación uniforme por muestra.
3. Registro de datos EQ 4	Método de asignación uniforme por muestra.
4. Alineamiento de equipo	Ambos métodos.
5. Preparación muestra monocristal	Ambos métodos.

Actividades	Método de asignación
6. Almacenamiento monocristal	Método de asignación uniforme por muestra.
7. Revisión final y envío de informe	Método de asignación uniforme por muestra.
8. Revisión aseguramiento de la información	Método de asignación uniforme por muestra.
9. Sistema de Gestión de calidad	Método de asignación uniforme por muestra.
10. Asignación de muestras	Método de asignación uniforme por muestra.
11. Administrativo	Método de asignación uniforme por muestra.
12. Análisis de datos de materiales	Método de asignación por tiempo de procesamiento.
13. Realización de informes de resultados materiales	Ambos métodos.
14. Supervisión de informes de resultados materiales - fármacos	Método de asignación uniforme por muestra.
15. Análisis de datos fármacos	Método de asignación por tiempo de procesamiento.
16. Realización de informes de resultados de fármacos	Ambos métodos.
17. Preparación y montaje de muestras fármacos	Ambos métodos.
18. Revisión de preparación en microscopio	Método de asignación uniforme por muestra.
19. Preparación y montaje de muestras materiales	Ambos métodos.
20. Almacenamiento final	Método de asignación uniforme por muestra.
21. Preparación de arcillas	Ambos métodos.
22. Registro de datos EQ menor - EIR	Método de asignación uniforme por muestra.
23. Calcinación	Método de asignación uniforme por muestra.
24. Supervisión procedimientos de fármacos	Método de asignación uniforme por muestra.
25. Actividades de apoyo	Método de asignación uniforme por muestra.

La utilización de ambos métodos en la asignación de costos a ciertas actividades se debe a que la mano de obra directa (MOD) se asigna en función del tiempo de dedicación del personal a la actividad, mientras que los costos asociados a los materiales, equipos, entre otros recursos necesarios para la prestación del servicio se distribuyen uniformemente entre las muestras al dividir su total entre el número total de muestras.

Por otra parte, en la Figura 20 se observa el porcentaje de participación de los diferentes servicios en las actividades, información necesaria para el método de asignación uniforme.

Figura 20.

Participación de los servicios por actividad.

PARTICIPACIÓN DE LOS SERVICIOS POR ACTIVIDAD												
Actividades	Revisión de n -		Supervisión c -		Asignación d -		Informe		Informe		DRX-12	
	Revisión final	Equipo	Equipo	Equipo	Preparación	Análisis	preparación	Análisis	Calcinac	EIR	DRX-12	
SERVICIO	Cantidad	% Contrib	DRX	FRX	DRM	MATERIAL	MATERIA	FARMAC	FARMAC	CALCINAC	EIR	ARCILL
DRX-01	49	6,14%	8,18%			7,60%	12,01%					
DRX-03	118	14,79%	19,70%			18,29%	28,92%					
DRX-06	207	25,94%	34,56%			32,09%						
DRX-07	30	3,76%	5,01%			4,65%						
DRX-09	77	9,65%	12,85%					50,33%	62,60%			
DRX-12	116	14,54%	19,37%			17,98%	28,43%			48,13%		100,00%
DRX-17	1	0,13%	0,17%					0,65%	0,81%			
DRX-22	1	0,13%	0,17%					0,65%	0,81%			
DRX-23	0	0,00%	0,00%					0,00%	0,00%			
DRX-25	0	0,00%	0,00%					0,00%	0,00%			
DRX-26	0	0,00%	0,00%					0,00%	0,00%			
FRX-02	121	15,16%		96,80%		18,76%	29,66%			50,21%		
FRX-04	4	0,50%		3,20%		0,62%	0,98%			1,66%		
FRX-05	0	0,00%		0,00%			0,00%			0,00%		
ATT-01	11	1,38%						7,19%	8,94%			
ATT-03	28	3,51%						18,30%	22,76%			
DRM-01	5	0,63%			100,00%			3,27%	4,07%			
EIR-01	30	3,76%						19,61%			100,00%	
TOTAL	798											

Mientras que los tiempos de la actividad análisis de datos de los diferentes servicios se presenta en el estudio de tiempos de la Tabla 10, los tiempos de uso del equipo DRX (actividad de mayor control) se obtuvieron teóricamente de las condiciones de medida de los equipos (Apéndice N).

8.3.6.1 Distribución Materiales. Los materiales se distribuyen a las actividades siguiendo el principio del primer método de asignación: distribución de los costos totales.

Valor materiales en la actividad i

$$= \frac{\text{valor total materiales de la hoja CIF}}{2} \times \% \text{ de utilización de los materiales}$$

8.3.6.2 Distribución Mano de obra indirecta. Dado que la mano de obra suele expresarse en términos mensuales, se procede a multiplicarse por 6.

$$\text{Valor MOI en la actividad } i = \text{Valor mano de obra trabajador } j \times 6 \\ \times \% \text{ de participación del trabajador } j \text{ en la actividad } i.$$

En caso de que la MOI realice una sola actividad, el porcentaje de participación del trabajador en la actividad será del 100%.

8.3.6.3 Otros costos indirectos de fabricación. La asignación de los costos de estos recursos depende en gran medida de cómo estos son consumidos por las actividades.

Equipos

La asignación de los equipos se realiza al igual que como con los materiales, dividiéndola en dos partes. Sin embargo, en este caso, la asignación se realiza directamente a las actividades que requieren estos recursos dado que se identifican fácilmente con el centro de trabajo, con la actividad o incluso con el operario, lo que permite asignar los costos de la depreciación y del mantenimiento de acuerdo a estos parámetros. Un ejemplo de esto, es el área administrativa el cual está compuesta por varios equipos de cómputo, pero cada profesional se encarga de actividades específicas y distintas entre sí.

El equipo D8 ADVANCE, es el único que difiere de este procedimiento, siendo esta parte de la actividad de control: registro de datos.

Muebles y enseres

Los costos se asignan a las actividades identificando los recursos empleados por los operarios en los centros de trabajo, de manera similar a como se realiza con los equipos debido a que el operario se identifica fácilmente con las actividades. En situaciones donde no hay operarios involucrados, se consideran los elementos presentes en el centro de trabajo donde se ejecuta la actividad.

Para el caso del área administrativa, los enseres como archiveros y butacos se asignaron directamente a las actividades administrativas.

Licencias

La asignación de los costos se lleva a cabo para la actividad de control análisis de datos, que es cuando el personal las requiere. En este caso, se optó por el método de asignación uniforme dado que el uso de la casilla del costo “licencias” representa hasta 6 variables de la Tabla 22, dificultando la gestión futura del sistema de costos para el equipo del laboratorio, especialmente para calcular el porcentaje de estos recursos no utilizados.

Farmacopeas

Las farmacopeas al igual que las licencias, se utilizan en la actividad de control análisis de datos, y se utiliza específicamente para los servicios DRX-22 y DRX-25.

Certificaciones

La certificación INVIMA, es especial de la actividad relacionada con la Gestión de calidad de los servicios DRX de muestras farmacéuticas, por lo que su costo se asigna únicamente a estas muestras.

Arriendo

Para el caso del sistema de costos 2, que aborda este tipo de recursos que el laboratorio no asume directamente, se asignan los costos a las actividades conforme a las dimensiones (m^2) de los centros de costos, que en este caso son las mismas áreas de trabajo.

Nota1. En situaciones en las que identificar el área del puesto de trabajo no es exacto, se utiliza de referencia los escritorios o mesas de trabajo, además de considerar el área del operario.

Nota2. Los costos de los equipos robustos se distribuyen equitativamente entre estos.

En cuanto al arriendo de los demás salones, únicamente se considera las dimensiones de las mesas en las que se encuentra los equipos del Laboratorio de Rayos X, asumiendo que los costos de los equipos están asociados a dicha área.

Servicios

El cálculo de los costos del servicio de energía eléctrica para las actividades se basa en kWh consumidos por los equipos eléctricos durante el periodo.

Para el caso del servicio de aseo, el cálculo del costo para las actividades se realiza de acuerdo al porcentaje de asignación de los costos en función de las dimensiones de cada área.

El servicio de acueducto y alcantarillado se utiliza únicamente en la actividad de preparación de muestra y su base de asignación se relaciona directamente con los metros cúbicos consumidos (m^3). Como el laboratorio no cuenta con un contador de agua del cual se pueda obtener la información, se recurre a estimar el consumo del agua mediante una estimación del consumo por muestra.

8.3.6.4 Premisas del método de asignación uniforme por muestra. Para el desarrollo de los sistemas de costos y la asignación de los costos se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

Los costos relacionados con el equipo marca Rigaku de muestras monocristalinas se asignan directamente al servicio DRM-02, ya que este equipo se utiliza exclusivamente para ese

servicio. Esto se aplica de manera similar al servicio EIR, ya que el equipo espectrofotómetro infrarrojo es de único uso para dicho servicio.

En el caso del registro de datos de los servicios FRX-02, FRX-04 y FRX-05 en el equipo S8 TIGER, los costos se distribuyen de manera equitativa entre ellos debido a que el proceso interno del equipo tiende a ser similar en términos de tiempo para cada uno de ellos, lo que, para efectos prácticos, facilita su asignación.

Las actividades correspondientes al área administrativa, como la revisión y el aseguramiento de la información, actividades asociadas al Sistema de Gestión de Calidad, y las actividades propias de la coordinadora administrativa y de su auxiliar, siguen un enfoque uniforme de asignación de costos a las muestras. Este mismo método aplica a las actividades de supervisión y revisión de informe.

8.3.7 Asignación de los costos directos e indirectos a los servicios.

Las hojas de cálculo dispuestas en los sistemas de costos para la presentación de los costos por servicio contienen como ya se ha sido mencionado los costos directos y el análisis de las actividades que consumen costos indirectos denominado “análisis ABC”. Además, la hoja de cálculo permite que algunos de los costos sean reconocidos y asignados de acuerdo a la necesidad o especificación del cliente, como es el caso del servicio DRX-07.

Para el servicio DRX-07, además de lo contemplado para los demás servicios, la actividad de registro de datos se ve condicionada por el tiempo de uso del equipo. Este tiempo se personaliza en la hoja de registro con base a las especificaciones del cliente.

Dentro de los costos directos, se detallan los reactivos químicos e insumos utilizados, incluyendo su cantidad y el costo relacionado con su consumo.

Por otra parte, para una mejor comprensión para el Laboratorio de Rayos X los costos de mano de obra directa han sido calculados en función de las actividades que añaden valor realizadas por el personal, estos se asignan a los servicios considerando el profesional responsable de la actividad, el tiempo operado, y el costo por minuto del operario. Es importante destacar que el sobrante del tiempo disponible se ha asignado a actividades de apoyo, el cual forma parte del análisis ABC, que también se presenta por muestra en lo que respecta a los CIF consumidos.

8.4 Socialización del sistema de costos con los trabajadores del área y capacitación en el uso de la herramienta y en su interpretación.

La socialización y las capacitaciones de ambos sistemas de costos tuvieron lugar en la sala de juntas del edificio de investigación de la sede de Guatiguará de la Universidad Industrial de Santander, con la participación de los miembros del laboratorio (Apéndice O).

Durante la socialización de los sistemas, se identifican acciones de mejora con el fin de refinar ambos sistemas presentados (Apéndice P y Q).

De este proceso, se derivaron conclusiones significativas destinadas a gestionar los servicios con costos elevados, además de seleccionar el sistema de costos que tendrá en consideración el laboratorio para efectos de competitividad.

Las capacitaciones abordaron una amplia gama de temas relacionados con el enfoque del proyecto de grado, desde la introducción a los sistemas de costos, pasando por las especificaciones de las actividades y recursos, hasta la asignación de los costos a los servicios, dejando como último la explicación del procedimiento de monitoreo y actualización del sistema seleccionado (Sistema de costos “subsidiado”, Apéndice P).

8.5 Comparación del sistema de costos implementado y el sistema de costos actual del laboratorio.

A continuación, se presenta en la Tabla 28 y Tabla 29 los elementos del costo del sistema de costos actual, y del sistema de costos 1 propuesto.

Tabla 28.

Elementos del costo asociados a cada servicio del sistema de costos actual del laboratorio.

Sistema de costos actual del Laboratorio de Rayos X				
Servicio	Materiales directos	Mano de obra	CIF	Costo total servicio
DRX-01	\$ 20.929,09	\$ 92.250,56	\$ 73.525,92	\$ 186.705,58
DRX-03	\$ 28.513,79	\$ 106.258,98	\$ 103.464,80	\$ 238.237,56
DRX-06	\$ 14.528,53	\$ 38.642,98	\$ 48.008,40	\$ 101.179,91
DRX-07	\$ 16.611,86	\$ 38.642,98	\$ 53.245,49	\$ 108.500,33
DRX-09	\$ 50.504,48	\$ 252.262,83	\$ 99.415,59	\$ 402.182,90
DRX-12	\$ 40.175,18	\$ 130.347,52	\$ 176.070,43	\$ 346.593,14
DRX-17	\$ 55.073,64	\$ 282.261,78	\$ 98.217,74	\$ 435.553,15
DRX-22	\$ 26.414,93	\$ 66.945,75	\$ 63.795,16	\$ 157.155,85
DRX-23	\$ 51.753,86	\$ 113.639,38	\$ 77.961,84	\$ 243.355,07
DRX-25	\$ 51.753,86	\$ 113.639,38	\$ 77.961,84	\$ 243.355,07
DRX-26	\$ 29.401,90	\$ 85.476,81	\$ 43.835,36	\$ 158.714,08
FRX-02	\$ 29.836,63	\$ 83.710,41	\$ 63.911,48	\$ 177.458,51
FRX-04	\$ 32.350,02	\$ 104.966,24	\$ 74.594,81	\$ 211.911,07
ATT-01	\$ 28.401,28	\$ 73.683,16	\$ 67.839,05	\$ 169.923,49
ATT-03	\$ 41.885,42	\$ 73.683,16	\$ 67.839,05	\$ 183.407,63
DRM-02	\$ 47.931,70	\$ 83.967,70	\$ 148.411,88	\$ 280.311,28
EIR-01	\$ 3.308,07	\$ 41.761,13	\$ 31.921,45	\$ 76.990,65

Tabla 29.

Elementos del costo y gastos administrativos asociados a cada servicio del primer sistema de costos propuesto “subsidiado”.

Sistema de costeo 1 propuesto					
Servicio	MP	MOD	CIF	G.A	Costo total servicio
DRX-01	\$ 262,52	\$11.976,14	\$ 97.994,04	\$ 74.416,92	\$ 184.652,61
DRX-03	\$ 262,52	\$ 27.969,40	\$ 107.545,11	\$ 74.416,92	\$ 210.196,94
DRX-06	\$ 262,52	\$ 5.453,96	\$ 84.299,00	\$ 74.416,92	\$ 164.435,40
DRX-07	\$ 262,52	\$ 5.453,96	\$ 84.299,00	\$ 74.416,92	\$ 164.435,40
DRX-09	\$ 268,10	\$ 31.895,33	\$ 124.635,55	\$ 97.623,67	\$ 254.422,65
DRX-12	\$ 4.476,0	\$ 30.199,88	\$ 132.167,35	\$ 74.416,92	\$ 241.260,16
DRX-17	\$ 268,10	\$ 67.938,22	\$ 139.863,82	\$ 97.623,67	\$ 305.693,81
DRX-22	\$ 268,10	\$ 21.343,87	\$ 629.958,85	\$ 97.623,67	\$ 749.194,49
DRX-23	\$ 9.978,58	\$ 41.234,64	\$ 79.396,66	\$ 97.623,67	\$ 228.233,55
DRX-25	\$ 9.978,58	\$ 42.541,71	\$ 623.175,54	\$ 97.623,67	\$ 773.319,49
DRX-26	\$ 268,10	\$ 21.993,76	\$ 80.234,60	\$ 97.623,67	\$ 200.120,13
FRX-02	\$ 15.836,74	\$ 12.134,12	\$ 115.942,30	\$ 74.416,92	\$ 218.330,07
FRX-04	\$ 19.382,94	\$ 8.906,88	\$ 103.888,63	\$ 74.416,92	\$ 206.593,37
ATT-01	\$ 268,10	\$ 18.970,71	\$ 97.495,05	\$ 74.416,92	\$ 191.150,77
ATT-03	\$ 268,10	\$ 23.242,41	\$ 99.618,66	\$ 74.416,92	\$ 197.546,08
DRM-02	\$ -	\$ 36.428,44	\$ 928.963,82	\$ 74.416,92	\$ 1.039.809,18
EIR-01	\$ 268,10	\$ 16.882,33	\$ 234.152,27	\$ 74.416,92	\$ 325.719,61

A grandes rasgos, las diferencias significativas entre ambos sistemas de costos se centran en:

- La MP del sistema de costos actual distorsiona los costos ya que considera dentro de la misma el uso de las bases de datos y tubo de rayos x, representando más del 60% de estos.

- El sistema de costos actual del laboratorio no considera los reactivos necesarios en los servicios, mientras que el sistema de costos 1 propuesto los contempla.

- Parte de los costos por insumos de los servicios para muestras de fármacos del sistema de costos actual corresponden al certificado del Invima, mientras que en el sistema propuesto se considera como gasto administrativo.

- El sistema de costos actual se enfoca en considerar actividades administrativas tales como: facturación y revisión de cumplimiento del SGC como MO, mientras que el sistema propuesto los considera dentro de los gastos administrativos.

-La inclusión del tiempo del director del laboratorio en todos los servicios del sistema de costeo actual conlleva un alto costo significativo. Este costo se incrementa no solo por su duración de 15 min, que es menor de lo estimado en el estudio de tiempos, sino también por el costo por minuto, mientras que en el sistema de costos propuesto estos costos no fueron considerados debido a que es subsidiado por la universidad.

- Los CIF del sistema de costos propuesto son elevados en comparación al sistema de costeo actual, el cual refleja con mayor realidad el comportamiento de los costos, debido a un factor principal: el sistema de costos propuesto asume el costo total de tener un equipo disponible, lo que quiere decir que el tiempo que no es aprovechado también se causa. Algunos de sus costos de los servicios subieron considerablemente, mientras otros no tanto.

- El sistema de costos propuesto refleja el alto costo por el uso de la farmacopea USA en los servicios DRX-22 y DRX-25, cuyos costos sumados con los demás costos indirectos superan los \$600.000, convirtiéndose en una inversión innecesaria para la prestación de tan solo 1 o 2 servicios.

-Para los servicios DRM y EIR cuyos CIF también son elevados, se debe a consideraciones en cuanto a depreciación y mantenimiento que también son elevados para la poca cantidad de servicios que se prestan.

La Tabla 30 presenta el factor de carga de los sistemas de costos presentados. Cuando el factor de carga es mayor a 1, el sistema de costos 1 presenta un costo más alto en comparación al sistema de costos actual.

Tabla 30.

Relación de costos del sistema de costos actual y el sistema de costos 1 propuesto.

Servicio	Factor carga Sin gastos A.	Factor carga Con gastos A.
DRX-01	0,58	0,98
DRX-03	0,56	0,87
DRX-06	0,86	1,60
DRX-07	0,80	1,49
DRX-09	0,39	0,64
DRX-12	0,46	0,68
DRX-17	0,48	0,71
DRX-22	4,09	4,71
DRX-23	0,50	0,90
DRX-25	2,74	3,14
DRX-26	0,59	1,21
FRX-02	0,79	1,21
FRX-04	0,66	1,01
ATT-01	0,48	0,91
ATT-03	0,48	0,88
DRM-02	4,12	4,39
EIR-01	3,22	4,19

En la tabla se observa como los costos de los servicios DRX-22, DRX-25, DRM-02 Y EIR-01 tienen un costo hasta 4 veces mayor al sistema de costos actual,

La Figura 21 y Figura 22 presentan gráficamente el crecimiento de los costos del sistema de costos propuesto, mostrando la misma tendencia anteriormente mencionada.

Figura 21.

Variación del sistema de costos ABC propuesto con respecto al sistema de costos actual para los servicios DRX.

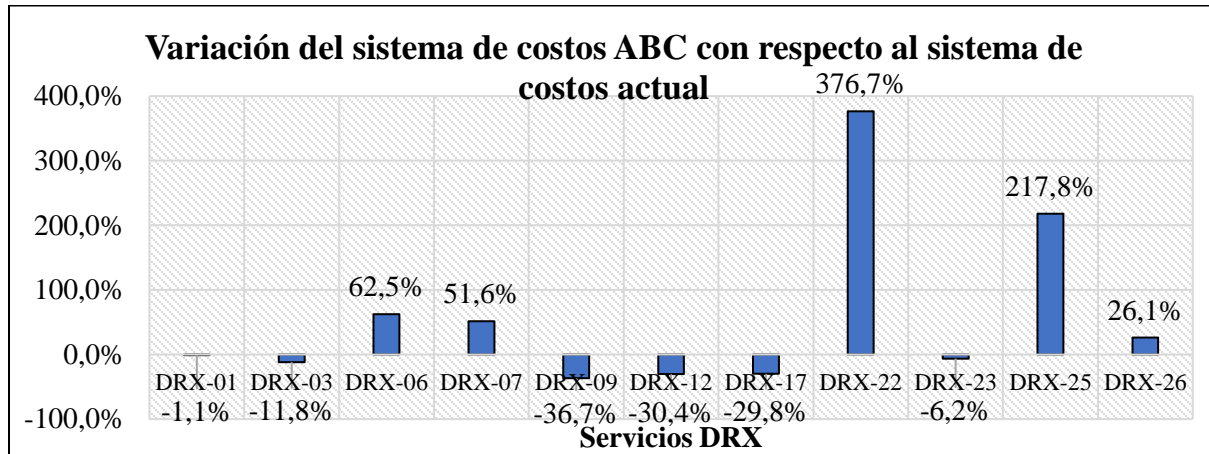
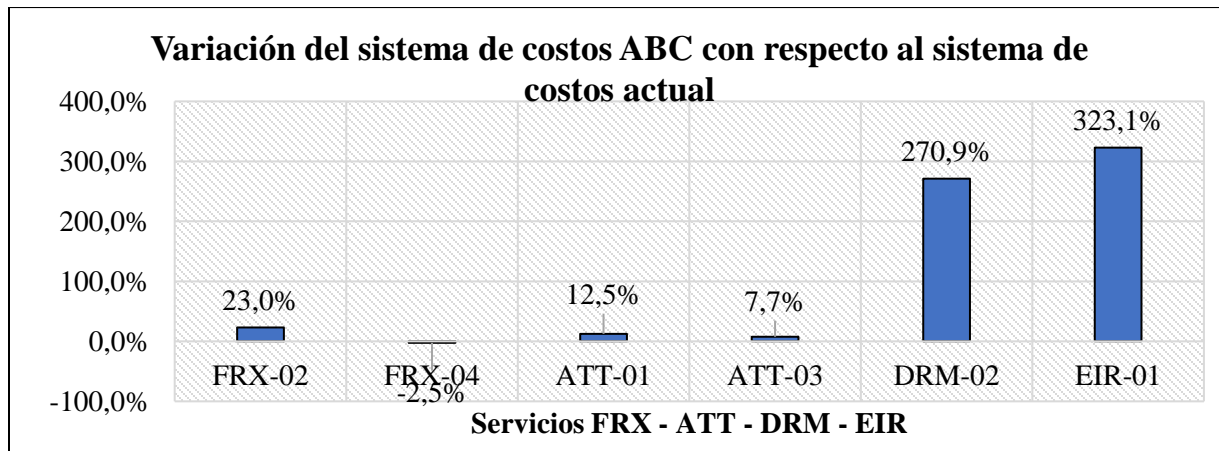


Figura 22.

Variación del sistema de costos ABC propuesto con respecto al sistema de costos actual para los servicios FRX - ATT - DRM - EIR



8.5.1 Comparación del sistema de costos 1 “subsidiado” y del sistema de costos 2 “real”

La Tabla 31 presenta los elementos del costo desagregados en MP, MOD y CIF, y los gastos administrativos.

Tabla 31.

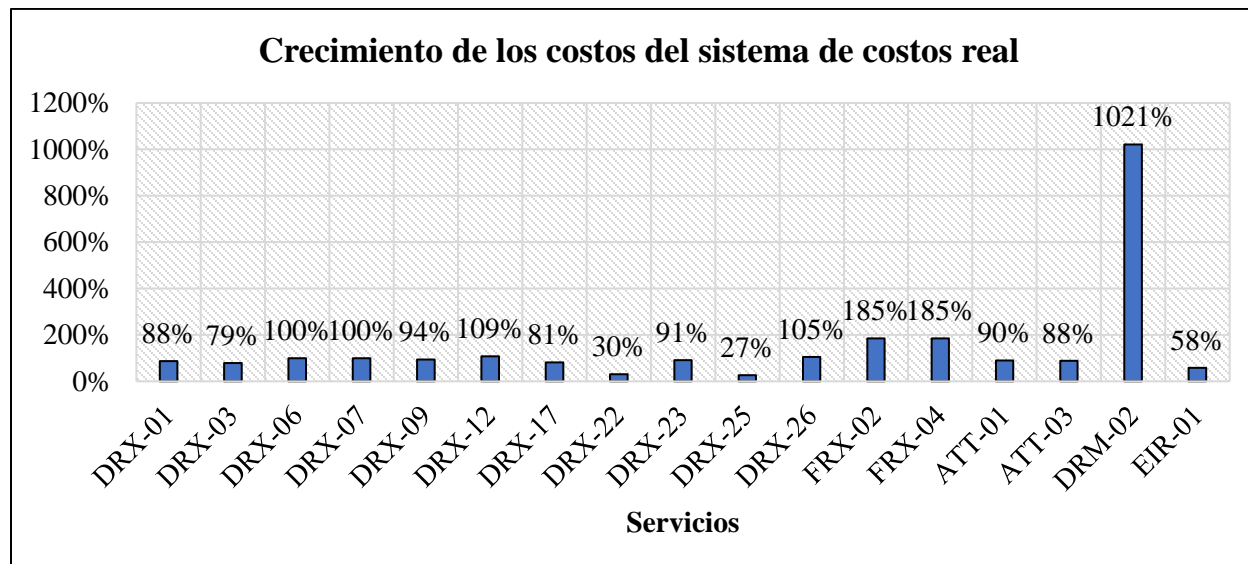
Elementos del costo y gastos administrativos asociados a cada servicio del segundo sistema de costos propuesto “real”.

Sistema de costeo 2 propuesto						
Servicio	MP	MOD	CIF	G.A	Costo servicio	total
DRX-01	\$ 262,52	\$15.551,73	\$ 196.907,66	\$ 134.049,04	\$ 346.773,94	
DRX-03	\$ 262,52	\$ 31.544,99	\$ 210.913,90	\$ 134.049,04	\$ 376.773,44	
DRX-06	\$ 262,52	\$ 9.029,55	\$ 186.018,96	\$ 134.049,04	\$ 329.363,06	
DRX-07	\$ 262,52	\$ 9.029,55	\$ 186.018,96	\$ 134.049,04	\$ 329.363,06	
DRX-09	\$ 268,10	\$ 31.895,33	\$ 304.553,27	\$ 157.255,79	\$ 493.972,48	
DRX-12	\$ 4.476,0	\$ 54.588,48	\$ 310.102,75	\$ 134.049,04	\$ 503.216,26	
DRX-17	\$ 268,10	\$ 67.938,22	\$ 317.987,64	\$ 157.255,79	\$ 553.449,74	
DRX-22	\$ 268,10	\$ 21.343,87	\$ 795.900,92	\$ 157.255,79	\$ 974.768,68	
DRX-23	\$ 9.978,58	\$ 41.234,64	\$ 227.273,30	\$ 157.255,79	\$ 435.742,30	
DRX-25	\$ 9.978,58	\$ 42.541,71	\$ 771.064,25	\$ 157.255,79	\$ 980.840,33	
DRX-26	\$ 268,10	\$ 21.993,76	\$ 229.868,82	\$ 157.255,79	\$ 409.386,46	
FRX-02	\$ 15.836,74	\$ 19.058,15	\$ 453.057,89	\$ 134.049,04	\$ 622.001,81	
FRX-04	\$ 19.382,94	\$ 15.830,91	\$ 419.241,10	\$ 134.049,04	\$ 588.503,98	
ATT-01	\$ 268,10	\$ 18.970,71	\$ 210.510,67	\$ 134.049,04	\$ 363.798,51	
ATT-03	\$ 268,10	\$ 23.242,41	\$ 213.778,63	\$ 134.049,04	\$ 371.338,17	
DRM-02	\$ -	\$ 36.428,44	\$ 11.488.433	\$ 134.049,04	\$ 11.658.910,87	
EIR-01	\$ 268,10	\$ 16.882,33	\$ 364.079,76	\$ 134.049,04	\$ 515.279,22	

En la Figura 23 se observa como los costos aumentan en gran proporción frente al sistema de costos “subsidiado” de la Tabla 29; motivo por el cual al laboratorio no le resulta beneficioso asumir estos costos.

Figura 23.

Crecimiento de los costos del sistema de costos "real".



8.6 Análisis comparativo de la competencia y análisis de precio.

El entorno competitivo del Laboratorio de Rayos X a nivel nacional está compuesto por compañías de servicio en el campo de la geociencia y la química que estudian las diferentes industrias como el petróleo, minería, geología, farmacéutica, alimentos, entre otras.

Algunas universidades de Colombia ofrecen servicios de análisis de muestras como un servicio de extensión ya sea para clientes externos, o incluso en apoyo a la comunidad universitaria.

En la Tabla 32 se presenta los competidores identificados en el mercado. Para algunas especialidades como el análisis de fármacos y muestras monocristalinas nos encontramos con un nicho de mercado en el que la especialización y el valor agregado del servicio es más alto y por ende, el segmento es reducido.

Tabla 32.*Competidores del sector.*

Competidor	Tipo de competidor	Tipo de servicio	Especialidad	Ubicación	Condición actual
Laboratorio AGQ	Directo	DRX	Minerales	Bogotá	Activo
Universidad Pascual Bravo	Directo	DRX DRM	Minerales	Medellín	Activo
Universidad del Valle	Directo	DRX	Minerales	Cali	Equipos en Mantenimiento
SGS	Directo	DRX FRX	Materiales	Bogotá	Activo
Alpha 1	Directo	DRX FRX	Materiales	Bogotá	Activo
Universidad de los Andes	Directo	DRX FRX DRM	Materiales	Bogotá	Activo
XAMTEC	Directo	DRX FRX	Materiales	Bogotá	Activo
Universidad Nacional de Colombia	Directo	DRX FRX	Minerales Fármacos	Bogotá	Activo
APP machines	Indirecto	Venta de equipos	-	Bogotá	Activo
Antitécnica	Indirecto	Venta de equipos	-	Medellín	Activo
Minerlab	Directo	FRX	Minerales	Bogotá	Sin servicio
Gmas+	Directo	DRX FRX	Minerales	Bogotá	Activo
Universidad de Antioquia	Directo	DRX- DSC - TGA	Materiales	Medellín	Activo
Grupo LCV	Directo	DRX - DRM	Minerales - Fármacos	Bogotá	Activo

Competidor	Tipo de competidor	Tipo de servicio	Especialidad	Ubicación	Condición actual
Bureau Veritas	Directo	DRX - FRX	Minerales	Bogotá	Sin servicio
UPTC	Directo	DRX - FRX	Minerales	Boyacá	Activo
Equipos y laboratorio Colombia	Indirecto	Venta de equipos	-	Antioquia	Activo
Universidad de Quindío	Directo	DRX - FRX	Minerales	Quindío	Sin servicio

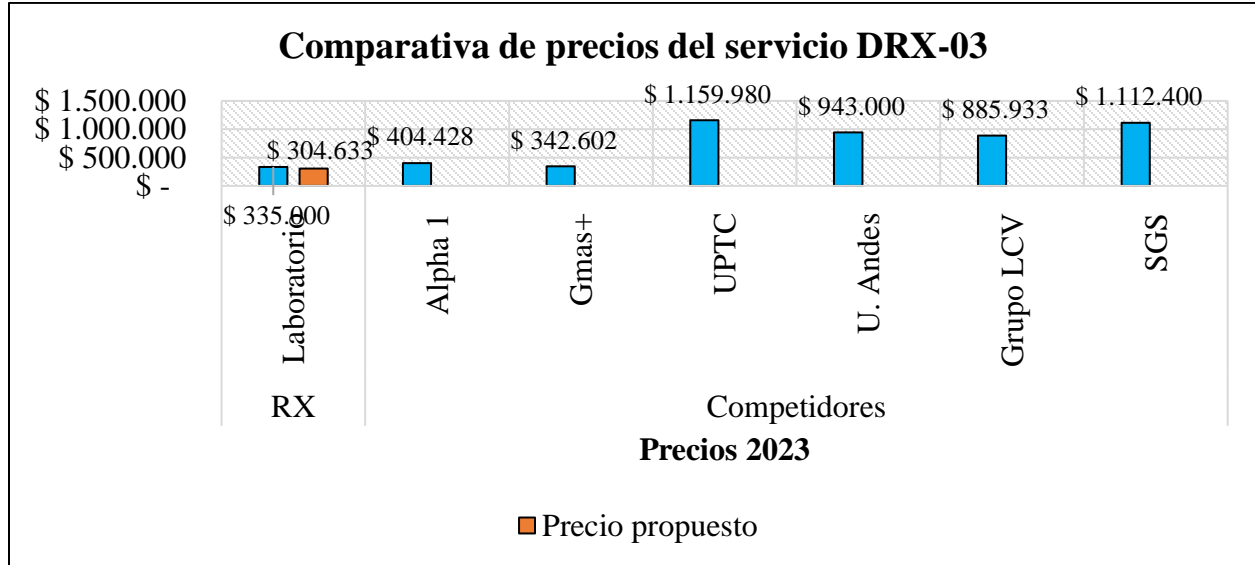
La obtención de la información se obtuvo inicialmente a través de “brochures”, para posteriormente solicitar cotizaciones de los diferentes servicios ofrecidos (Apéndice U).

Es importante mencionar que en Colombia los servicios de análisis de muestras de monocristal son escasos; actualmente, solo se tiene conocimiento de dos empresas que lo ofrecen, mientras que en Europa, el panorama es más diverso, ejemplo de ello son: el Laboratorio de Difracción de Rayos X de monocristal de la Universidad Autónoma de Madrid, Universidad de Valencia, Universidad de Alicante, Universidad de Almería, Universidad de Buenos Aires, Universidad de Zaragoza, Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, entre otras.

La Figura 24 presenta los precios del servicio DRX-03, tanto el actual como el propuesto, como el panorama competitivo. Corresponde a uno de los servicios con mejor panorama comercial.

Figura 24.

Comparativa de precios del servicio DRX-03



Del análisis de los precios se obtienen algunas conclusiones generales:

- Los servicios EIR, DRM-02, DRX-22 y DRX-25 al adoptar el sistema de costos 1 con el nuevo precio, sobrepasan los precios de la competencia.

- El servicio DRX-06 al ser únicamente registro de datos, presenta un precio elevado en comparación a las tarifas de los competidores.

- Mientras el servicio DRX-12 se mantiene con un precio asequible, la competencia lo ofrece hasta seis veces más caro.

La comparativa de los precios de cada servicio se presenta con mayor detalle en el Apéndice R, los brochures y cotizaciones en el Apéndice S.

8.7 Controles de medición para el funcionamiento del sistema.

- Control de los costos. Llevar seguimiento y control de los costos directos e indirectos, así como de los factores que podrían afectar su comportamiento, garantizando que los costos se asignen al área que lo consume.

- Control de las premisas. Realizar seguimiento de que las premisas concuerden con el panorama real del laboratorio.
- Control de tiempos. Llevar seguimiento de la calidad de los tiempos siempre y cuando existan cambios o nuevas versiones en los procedimientos de preparación o análisis de las muestras.
- Control de las actividades. Supervisar que los recursos como el personal, los equipos, insumos y demás se asignen acordemente.
- Control de las desviaciones. Identificar los costos excesivos, así como los retrasos en el proceso que han resultado en demoras en la prestación de servicios y en la afectación del sistema de costos.

9. Etapa VI: Determinación de los requerimientos básicos para la implementación del sistema de costos propuesto

9.1 Requerimientos de implementación

La implementación de cualquier sistema de costos implica el uso de algunos recursos tales como se muestra en la Tabla 33, según el nivel de necesidad y situación actual de la empresa. Como actualmente el personal administrativo no cuenta con amplios conocimientos financieros, se incluye el costo de dos sesiones de formación y capacitación dirigida por un asesor externo.

Tabla 33.

Presupuesto panorama actual – Opción 1.

	RUBROS	Costo
1	Personal – Mano de obra	\$5.751.179,25
2	Hardware – equipo	\$ 2.491.000

3	Software	\$819.999
4	Formación y capacitación	\$600.000
Total		\$9.662.178

Nota. El costo de la mano de obra se incurre de manera mensual.

La Tabla 34 presenta un panorama diferente en dado caso de que se contara con personal experto en la gestión financiera, ya que, para mantener un sistema de costos completamente eficiente, el personal administrativo debe tener un nivel de conocimiento apropiado para el manejo y uso del sistema de costos.

Tabla 34.

Presupuesto: Alternativa - Opción 2.

	RUBROS	Costo
1	Personal – Mano de obra	\$2.500.000
2	Hardware – equipo	\$ 2.491.000
3	Software	\$819.999
Total		\$5.810.999

Nota. El costo de la mano de obra se incurre de manera mensual.

La Tabla 35 presenta el perfil del cargo del profesional financiero que además de ejecutar correctamente las actividades financieras, permitiría disminuir el costo de personal administrativo.

Tabla 35.

Perfil del cargo de un profesional financiero para el manejo administrativo y financiero del laboratorio.

Perfil del cargo: Analista financiero	
Educación:	Profesional en Ingeniería Industrial o carreras afines. Se puede convalidar si es profesional en cualquier área y tiene más de dos (2) años de experiencia en cargos iguales o similares.
Formación:	Preferiblemente formación en el área financiera, administrativa, con conocimiento en gestión de calidad, manejo de Excel medio o avanzado y conocimiento del sector.

Habilidades/ competencias	-Orientación a los detalles. -Habilidades analíticas. -Capacidad de presentación y elaboración de informes.	-Conocimiento de impuestos, regulaciones contables y fiscales. -Pensamiento crítico. - Dominio en el manejo de software.
Experiencia:	Mínimo un año (1) de experiencia en cargos iguales o similares.	

9.2 Requerimientos de actualización

Para asegurar la precisión y fiabilidad del sistema de costos es esencial que los siguientes ítems sean actualizados siempre que estos difieran de los que están, ya que de estos se alimenta el sistema de costeo:

1. Servicios vendidos: actualizar el sistema de costos con la información del semestre inmediatamente anterior.

2. Costos directos e indirectos: actualizar los elementos del costo: MP, MOD y CIF.

Los tiempos de las actividades no son necesarios actualizar, siempre y cuando el laboratorio considere que representan la actividad correspondiente.

En el Apéndice T se detalla el procedimiento para actualizar el sistema de costos seleccionado (Apéndice P), el cual contiene las políticas y/o parámetros que regulan el sistema de costos.

10. Conclusiones

Los sistemas de costos propuestos tienen una visión completamente diferente al sistema de costos actual. A pesar de que algunos de sus costos se mantengan en un radio de cercanía, los costos y el método de asignación fue muy diferente, ya que este considera los costos “ocultos” detrás del tiempo disponible no aprovechado, que tiende a ser alto.

El laboratorio solía calcular el precio multiplicando el margen de utilidad al costo, procedimiento incorrecto que no refleja adecuadamente los márgenes de ganancia deseados.

El sistema de costos ABC se reconoció por parte del personal como una herramienta eficaz para la toma de decisiones operativas y comerciales. Durante su análisis se aprobó por parte de la dirección que los costos de la farmacopea USA (generadora de los altos costos de los servicios DRX-23 y DRX-25) ya no se cubrirán, con el objetivo de pedirle al cliente la respectiva monografía de la farmacopea; actividad válida para el sistema de gestión de calidad.

A pesar de que el servicio DRM-02 se realizaba como si fuera el servicio DRM-01 por su alto costo, se corroboró que realmente es caro mantenerlo, debido a sus altos costos de mantenimiento, para tan pocas muestras que se realizan.

El laboratorio para el 2024 se compromete a tomar acciones comerciales para aumentar del número de unidades, para que los costos administrativos disminuyan y representen como máximo el 30% del costo total del servicio, ya que actualmente alcanza a representar hasta un 48% del costo. Este aumento de unidades mejoraría no solo la disminución de los gastos, sino también los costos de las actividades de apoyo. Con el fin de alcanzar este objetivo, es necesario vender alrededor de 1.667 servicios en un periodo de seis (6) meses, lo que equivale al doble de la cantidad

realizada en el primer semestre del 2023. Este objetivo debe ser validado y respaldado por un estudio de mercados.

La Universidad Industrial de Santander alcanza a subsidiar hasta cuatro veces los costos indirectos de fabricación, dato aportado por la comparación de los CIF de ambos sistemas de costos.

El Laboratorio de Rayos X se apropia del primer sistema de costeo propuesto, denominado “subsidiado”, dado que le permite mantenerse en el mercado.

En términos generales, el sistema de costeo seleccionado tiende a ser un sistema de costeo ABC simplificado, como el requerido por el laboratorio, dado que implementa una estructura amigable, y corta, en comparación a modelos planteados al laboratorio, en los que se llega a un mayor nivel de detalle en actividades como preparación de la muestra. Este sistema de costos usa ciertos parámetros del enfoque de otros sistemas de costos, tales como el sistema de costeo total y el sistema de costeo estándar.

11. Recomendaciones

Se recomienda al laboratorio implementar los sistemas de inventario, primordialmente de las materias primas e insumos, que unifique tanto las entradas y salidas de los materiales como sus costos.

Se recomienda que todo el sistema de información se sincronice y se maneje la misma información.

Se recomienda el uso moderado de los materiales, mientras tengan vida útil, esto en cuanto algunos elementos del área de materiales tales como: las mallas para tamiz en acero inoxidable, como los pinceles.

Se recomienda como acción de mejora completar el estudio de tiempos en cuanto a la cantidad de datos que se deben tomar, para tener un menor error y mayor estimación de la realidad.

Se recomienda al laboratorio acatar los requerimientos de actualización para que el sistema de costos sea eficiente y cumpla con su función.

Se recomienda al laboratorio capacitar al personal administrativo, en gestión administrativa y financiera.

Se recomienda al laboratorio de Rayos X ajustar los márgenes de utilidad, para que estos no presenten gran variación con respecto a los precios actuales del mercado, y que además tomen acciones frente a los servicios que presentaron alto costo con base a las estrategias presentadas en las reuniones.

Referencias Bibliográficas

- Aguas, M., & García, Y. (2017). Diseño de un sistema de costos basado en actividades para la empresa Laboratorios León S.A en Reorganización. Bucaramanga.
- Andrea Vaca, L. (2012). *Los sistemas de costeo: bases y metodologías*. Armenia.
- CORANTIOQUIA . (2014). Manual Piragüero 3 - Medición del caudal. Medellín, Colombia.
- Duque, M. E. (2016). Obtenido de Repositorio Esumer :
<http://repositorio.esumer.edu.co/jspui/handle/esumer/1154>
- Enrique, F. N. (2001). *Cuestiones contables fundamentales*. Argentina: Ediciones Macchi.
- Eslava Zapata, R. A., & Parra González, B. (Septiembre de 2019). Costos basados en actividades (ABC): Análisis de los factores claves identificados en las investigaciones desarrolladas. Bogotá. <https://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2019/6tosimposio/ponencias-docentes/46d.pdf>
- García, O. (2016). *Administración Financiera - Fundamentos y aplicaciones 4.^a*. Oscar León Garcia.
- Hernández, V. (2009). *Cuestionario de costos*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Laboratorio de Rayos X. (02 de 2023). M-A-01 Manual de calidad. Bucaramanga.
- Mairena, M. U. (2020). El valor del dinero en el tiempo. *Multi-ensayos Vol 6. núm. 11 ISSN:2412-3285*.
- Marín Aristizábal, C., Ramírez Reyes, G. S., & Muñoz Piedrahita, J. A. (2012). Sistema de costeo ABC para empresas del sector eléctrico que actúen como operadores de red. *Scientia Et Technica, vol. XVII, núm. 52, 78-83*.

- Meza, V. (2017). Diseño de un sistema de costos para la empresa Imágenes Diagnósticas S.A.S. Bucaramanga.
- Newton, E. F. (2001). *Cuestiones contables fundamentales*. Argentina: Ediciones Macchi.
- Pabón, H. (2010). *Fundamentos de costos*. Bogotá: Alfaomega.
- Ramírez, P. A., & Urrea, M. F. (2018). Costeo y presupuesto en empresas de servicios, herramienta clave para la toma de decisiones. *Matices Tecnológicos*.
- Render, B., & Heizer, J. (2004). *Principios de administración de operaciones*. Pearson Educación.
- Sarria, L. M. (2015). Obtenido de Biblioteca digital Universidad del valle: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/d6ff6160-c66a-4dc7-bf75-2e0d82623cd2>
- Ticona, S. I. (2020). Sistema de costos ABC aplicado a empresas consultoras de servicios, caso: soluciones integrales S.R.L. Bolivia.
- Valencia, S. (2005). *APLICACIÓN DEL SISTEMA DE COSTOS BASADO EN ACTIVIDADES A LOS SERVICIOS DE LABORATORIO QUE PRESTA CORASFALTOS*.
- Villegas, C. F. (2010). *Contabilidad de costos*. 3.^a. Pearson Education.