

Maestría en

Gerencia en Salud

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Magíster en Gerencia en Salud

AUTORES:

Estela Verónica Baño Guaiña
Antonio Fernando Bravo Balarezo
Gabriel Alejandro Cabrera Bustamante
Andrea Jimena Pesántez Quintuña
Andrea Ponce Gómez
Alberto Patricio Silva Hidalgo

TUTORES:

Mgs. Justo Eliécer Campos Cárdenas
Mgs. Manuel José Sáenz
Mgs. Jorge Aurelio Albán Villacís

Evaluación de la viabilidad para la implementación de un servicio SPECT-CT en CENUCLEAR de julio a octubre del 2025 en Quito, Ecuador

Quito, noviembre 2025

Certificación de autoría

Nosotros: **Estela Verónica Baño Guaiña, Antonio Fernando Bravo Balarezo, Gabriel Alejandro Cabrera Bustamante, Andrea Jimena Pesántez Quintuña, Andrea Ponce Gómez, Alberto Patricio Silva Hidalgo**; declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.

**ESTELA
VERONICA
BAÑO GUAIÑA**

Firmado
digitalmente por
ESTELA VERONICA
BAÑO GUAIÑA
Fecha: 2025.12.18
17:05:43 -05'00'

**Firma del graduando
Estela Verónica Baño Guaiña**



Firmado electrónicamente por:
**ANTONIO FERNANDO
BRAVO BALAREZO**
Validar Únicamente con FirmaEC

**Firma del graduando
Antonio Fernando Bravo Balarezo**



Firmado electrónicamente por:
**GABRIEL ALEJANDRO
CABRERA BUSTAMANTE**
Validar Únicamente con FirmaEC

**Firma del graduando
Gabriel Alejandro Cabrera Bustamante**



Firmado electrónicamente por:
**ANDREA JIMENA
PESANTEZ QUINTUÑA**
Validar Únicamente con FirmaEC

**Firma del graduando
Andrea Jimena Pesántez Quintuña**



Firmado electrónicamente por:
ANDREA PONCE GOMEZ
Validar Únicamente con FirmaEC

**Firma del graduando
Andrea Ponce Gómez**



**Alberto Patricio Silva
Hidalgo**



**Firma del graduando
Alberto Patricio Silva Hidalgo**

Autorización de Derechos de Propiedad Intelectual

Nosotros: **Estela Verónica Baño Guaiña, Antonio Fernando Bravo Balarezo, Gabriel Alejandro Cabrera Bustamante, Andrea Jimena Pesántez Quintuña, Andrea Ponce Gómez, Alberto Patricio Silva Hidalgo**; en calidad de autores del trabajo de investigación titulado *Evaluación de la viabilidad para la implementación de un servicio SPECT-CT en CENUCLEAR de julio a octubre del 2025 en Quito, Ecuador*, autorizamos a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) para hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento en Ecuador.

D. M. Quito, (noviembre 2025)

**ESTELA
VERONICA
BAÑO GUAÍÑA**

Firmado digitalmente por
ESTELA VERONICA BAÑO
GUAÍÑA
Fecha: 2025.12.18
17:20:48 -05'00'

**Firma del graduando
Estela Verónica Baño Guaiña**



Firmado electrónicamente por:
**GABRIEL ALEJANDRO
CABRERA BUSTAMANTE**
Validar únicamente con FirmaEC

**Firma del graduando
Gabriel Alejandro Cabrera Bustamante**



Firmado electrónicamente por:
ANDREA PONCE GOMEZ
Validar únicamente con FirmaEC

**Firma del graduando
Andrea Ponce Gómez**



Firmado electrónicamente por:
**ANTONIO FERNANDO
BRAVO BALAREZO**
Validar únicamente con FirmaEC

**Firma del graduando
Antonio Fernando Bravo Balarezo**



Firmado electrónicamente por:
**ANDREA JIMENA
PESANTEZ QUINTUÑA**
Validar únicamente con FirmaEC

**Firma del graduando
Andrea Jimena Pesántez Quintuña**



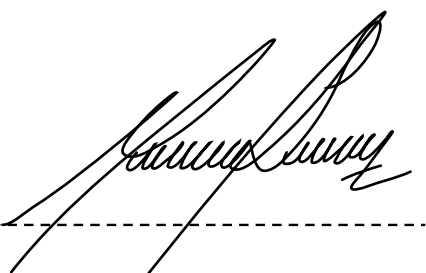
**Alberto Patricio Silva
Hidalgo**



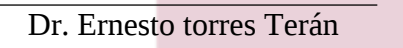
**Firma del graduando
Alberto Patricio Silva Hidalgo**

Aprobación de dirección y coordinación del programa

Nosotros, **Dr. Manuel José Sáenz Ardila** y **Dr. Ernesto Iván Torres Terán** declaramos que los graduandos: **Estela Verónica Baño Guaiña, Antonio Fernando Bravo Balarezo, Gabriel Alejandro Cabrera Bustamante, Andrea Jimena Pesántez Quintuña, Andrea Ponce Gómez, Alberto Patricio Silva Hidalgo**; son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal de ellos.



Dr. Manuel Sáenz Ardila
Director de la Maestría en
Gerencia en Salud



Dr. Ernesto Torres Terán
Coordinador de la Maestría en
Gerencia en Salud

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de investigación a nuestras familias, por su apoyo incondicional, paciencia y motivación a lo largo de nuestra formación académica. A nuestros docentes y colegas, por compartir sus conocimientos y experiencias, que enriquecieron nuestro aprendizaje. Y especialmente a Dios, fuente de guía, fortaleza y sabiduría, quien nos ha acompañado en cada etapa de este proceso, iluminando nuestro camino y permitiéndonos culminar este proyecto con dedicación y excelencia.

AGRADECIMIENTOS

ANDREA PONCE:

A mis papás, por su apoyo incondicional y por siempre dejarme volar, incluso cuando eso significó no tenerme cerca. Gracias por no frenarme nunca, por darme las herramientas para crecer y por enseñarme, con su ejemplo, que el amor también es soltar para permitir que los sueños se cumplan.

A mi hermana Sofi, por ser compañera de vida, de risas, de desahogos y de certezas. Gracias por escucharme, por celebrarme y por recordarme quién soy cuando lo olvido.

A Lily y Laika, mis nenas, por llenar mis días de alegría, ternura y compañía sincera.

A Fernando, mi compañero de vida, la persona que siempre está. Gracias por darme ánimos cuando el cansancio pesa, por ser mi fortaleza, mi calma y mi lugar seguro. Es hermoso compartir y caminar de la mano en esta vida que, a pesar de la distancia con la que comenzó nuestra historia, nos llevó a encontrarnos para ser uno el complemento del otro. Tu amor, tu presencia y tu confianza en mí han sido esenciales para llegar hasta aquí. Te amo, y esta tesis también es tuya.

ALBERTO SILVA:

A mi familia, por ser siempre mi base y mi mayor fortaleza.

Y, en especial, a mi esposa. Gracias por tu paciencia, tu comprensión y por acompañarme en cada paso de este camino. Tu apoyo constante hizo posible que este logro se concrete.

GABRIEL CABRERA:

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi esposa y mis hijas, quienes siempre me inspiran a ser mejor cada día. Gracias por motivarme a plantearme nuevas metas en la vida y esforzarme por cumplirlas. Su compañía, su apoyo incondicional y ese aliento necesario en los momentos difíciles han sido fundamentales para no decaer.

Extiendo también mi agradecimiento a mis compañeros de grupo, quienes constituyen una parte esencial del trabajo en equipo. Su compromiso, colaboración y compañerismo han sido clave para avanzar y alcanzar nuestros objetivos.

Verónica Baño

A Dios, por la vida, la sabiduría, el conocimiento y la paciencia; por su amor infinito y su protección que me permiten alcanzar cada meta que me propongo.

A mi familia, mi pilar y refugio, por ser siempre mi fuerza y motivación, incluso cuando mis defectos superan mis virtudes.

A Omar, el amor de mi vida, por enseñarme que también se crece en pareja; por demostrarme que el logro de uno impulsa al otro, que el apoyo incondicional existe y que todo es posible cuando se mira la vida con optimismo.

ANDREA PESÁNTEZ:

A Dios, mi fuente de sabiduría, fortaleza y guía, por iluminar cada paso de este camino con paz y propósito.

A mi compañero de vida Iván, por su amor incondicional, su paciencia y su compañía en los momentos de estudio y entrega.

A mi familia, por inculcarme el valor del esfuerzo, la educación y la perseverancia desde niña, por su apoyo constante, sus palabras de aliento y su presencia siempre cercana.

FERNANDO BRAVO:

Este logro no es solo el fruto de mi esfuerzo, sino el resultado del amor, el apoyo incondicional y la fe de las personas más importantes en mi vida. Mi más profundo y sincero agradecimiento es para:

Mi amada esposa, Katheryn Ñato, y a mis adoradas hijas, Fernanda y Antonela Bravo:

- Ustedes son la luz que ilumina mi camino, mi motor constante y la fuerza que me impulsa a seguir adelante, a no rendirme y a buscar siempre la excelencia. Cada sacrificio realizado durante esta etapa ha valido la pena por la promesa de un futuro mejor junto a ustedes. Gracias por su comprensión, su paciencia infinita y por ser la razón de mi existir.

A mi querida madre, Martha Balarezo:

- Gracias por tu apoyo incondicional en todo momento y desde siempre. Eres mi ejemplo de perseverancia y amor. Tus palabras de aliento y tu fe inquebrantable en mí han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

A mi hermano, Jhonny Bravo:

- Gracias por tu lealtad, por siempre acompañarme y por ayudarme en los momentos en que no he podido estar presente. Tu apoyo es invaluable y tu disposición para asistirme es un regalo que valoro enormemente.

Finalmente, dedico este logro con todo mi amor a quienes, aunque ya no están físicamente, sé que me guían y me bendicen desde el cielo:

- A mi padre, Marco Bravo, y a mis abuelitos, Fernando Balarezo y Rosario Álvarez. Sé que su espíritu de lucha y su recuerdo me han acompañado en cada paso de este camino.

RESUMEN

Este estudio evalúa la viabilidad técnica, clínica, operativa y financiera para implementar un servicio SPECT-CT en CENUCLEAR (Quito, Ecuador). Actualmente, la medicina nuclear en el país presenta una brecha tecnológica importante, debido a la limitada disponibilidad de equipos híbridos capaces de integrar información funcional y anatómica en un solo examen. Esta carencia afecta la precisión diagnóstica y obliga a derivar pacientes a otros centros, generando fragmentación, mayores tiempos de espera y menor eficiencia operativa.

El análisis epidemiológico evidencia una alta incidencia de cáncer en Ecuador y un crecimiento proyectado del 80% hacia 2035, lo que incrementa la necesidad de estudios avanzados como el SPECT-CT para estadificación, seguimiento terapéutico y reestadiaje. Asimismo, la oferta actual en Quito es limitada o presenta periodos de inactividad, lo que posiciona a CENUCLEAR como un potencial centro de referencia ambulatorio.

El estudio integra un análisis financiero que considera costos de inversión, operación, punto de equilibrio y proyección de servicios, además de evaluar la ampliación de la cartera con tomografías simples y contrastadas. Paralelamente, se analiza el Sistema de Información en Salud, identificando la necesidad de un RIS-PACS interoperable para garantizar calidad diagnóstica y trazabilidad de imágenes en formato DICOM.

Los resultados indican que la implementación del SPECT-CT es factible y estratégica, ya que mejora la capacidad diagnóstica, fortalece la calidad asistencial, reduce la fragmentación del proceso clínico y contribuye a la sostenibilidad económica y competitividad institucional de CENUCLEAR.

Palabras Claves: SPECT-CT, medicina nuclear, viabilidad, diagnóstico híbrido, RIS-PACS, calidad en salud.

ABSTRACT

This study assesses the technical, clinical, operational, and financial feasibility of implementing a SPECT-CT service at CENUCLEAR in Quito, Ecuador. Nuclear medicine in the country faces a significant technological gap due to the limited availability of hybrid imaging systems that combine functional and anatomical information in a single exam. This limitation reduces diagnostic accuracy and forces patient referrals to other centers, increasing fragmentation, waiting times, and operational inefficiency.

Epidemiological data show a high cancer burden in Ecuador and a projected 80% increase by 2035, highlighting the need for advanced studies such as SPECT-CT for staging, treatment response assessment, and restaging. The current technological supply in Quito is limited or intermittently inactive, positioning CENUCLEAR as a strong candidate to become an ambulatory reference center.

The financial analysis includes investment costs, operating expenses, break-even calculations, and projected demand, along with the potential to expand the service portfolio with simple and contrast-enhanced CT studies. Additionally, the assessment of the Health Information System identifies the need for an interoperable RIS-PACS to ensure DICOM-standard image management and diagnostic quality.

The results demonstrate that implementing a SPECT-CT service is feasible and strategically beneficial, enhancing diagnostic capacity, improving clinical quality, reducing fragmentation, and supporting the economic sustainability and competitiveness of CENUCLEAR.

Keywords: SPECT-CT, nuclear medicine, feasibility, hybrid imaging, RIS-PACS, health quality.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO 1	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	18
1.1.1. Definición del proyecto	18
1.1.2. Naturaleza o tipo de proyecto.....	20
1.1.3. Objetivos.....	20
1.1.4. Justificación e importancia del trabajo de investigación	21
1.2. PERFIL DE LA ORGANIZACIÓN	23
1.2.1. Nombre, actividades, misión, visión, estructura y principales cifras.....	23
CAPITULO 2	28
2. ANÁLISIS DE MERCADO PARA UN SERVICIO SPECT-CT EN QUITO – ECUADOR.....	28
2.1. Fuentes y metodología.....	28
2.2. Contexto epidemiológico y demanda clínica	28
2.2.1. Carga de cáncer en Ecuador	28
2.3. Proyección del crecimiento.....	29
2.3.1. Factores que impulsan el aumento	30
2.3.2. Implicaciones clínicas y para un proyecto SPECT-CT	30
2.3.3. Riesgos si no se actúa.....	31
2.3.4. Relevancia para la toma de decisiones.....	31
2.3.5. Oferta tecnológica y oportunidades en Quito	32
La disponibilidad de	32
2.3.6. Potencial de mercado y necesidad del SPECT-CT	32
2.3.7. La implementación de esta tecnología permitiría	33
2.3.8. Tabla potencial de demanda basada en datos reales.....	33
2.3.9. Conclusión	34
CAPITULO 3	36
3. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO SPECT-CT EN CENUCLEAR.....	36
3.1. Estructura Financiera Básica	36

3.1.1.	Activos.....	37
3.1.2.	Pasivos.....	37
3.1.3.	Patrimonio.....	37
3.1.4.	Ingresos	37
3.1.5.	Gastos.....	37
3.2.	Inversión inicial estimada para el Proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR	40
3.2.1.	Características del equipo SPECT-CT	41
3.2.2.	Esquema de financiamiento propuesto	41
3.2.3.	Adecuaciones necesarias (USD 100.000).....	42
3.2.4.	Licencias y software especializado (USD 9.000)	42
3.2.5.	Consideración operativa clave	43
3.3.	Costos del proyecto	43
3.3.1.	Costos fijos.....	43
3.3.2.	Costos Variables	46
3.4.	Precio establecido para el examen	46
3.5.	Ampliación de la cartera de servicios: incorporación de tomografías simples y contrastadas	48
3.6.	Proyección de Ingresos - flujo de caja anual (2025 -2030)	49
3.7.	Punto de equilibrio	49
3.8.	Análisis costo–beneficio del proyecto SPECT-CT	51
CAPITULO 4		55
4.	ANÁLISIS Y VALORACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN EN SALUD DEL PROYECTO CENUCLEAR.....	55
4.1.	Caracterización del sistema de información	56
4.1.1.	Sistema proyectado	56
4.1.2.	Comparación y justificación.....	57
4.1.3.	Matriz de los principales componentes del SIS (situación actual).....	58
4.1.4.	Análisis FODA del SIS.....	59
4.2.	Análisis de Usuarios, Registros y Calidad de Datos en el SIS de CENUCLEAR.....	60
4.2.1.	Identificación y clasificación de usuarios.....	61

4.2.2.	Descripción de registros básicos	62
4.2.3.	Evaluación de la calidad de los datos	62
4.3.	Análisis del Papel de las TIC en el SIS	64
4.3.1.	Evaluación de Herramientas Digitales Aplicables	65
4.3.2.	Control y Evaluación con TIC.....	67
4.4.	Propuestas de Integración Tecnológica	67
4.4.1.	Matriz de Integración Tecnológica	68
CAPITULO 5		70
5.	ANÁLISIS DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL PROYECTO CENUCLEAR: ENFOQUE ESTRATÉGICO Y OPERATIVO	70
5.1.	GESTIÓN DE CALIDAD EN SALUD- EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADA AL PROYECTO SPECT-CT EN CENUCLEAR	71
5.1.1.	De la inspección al control institucional:	71
5.1.2.	Control estadístico y estandarización	72
5.1.3.	Aseguramiento de la calidad	72
5.1.4.	Gestión total de la calidad y modernización institucional	73
5.1.5.	Comparación entre las etapas históricas de la calidad y su aplicación en CENUCLEAR.....	74
5.2.	Modelos y herramientas para la Mejora Continua de la Calidad en Salud	74
5.2.1.	Árbol de problemas del proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR	75
5.2.2.	Árbol de objetivos del proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR	77
5.3.	Análisis estadístico 2023–2025	79
5.3.1.	Tablas de frecuencia	79
5.3.2.	Gráficas a partir de tablas de frecuencia	84
5.3.3.	Síntesis cuantitativa	87
5.4.	Estándares de calidad que cumple el proyecto SPECT – CT en CENUCLEAR: enfoque estratégico y operativo	88
5.4.1.	Orientación a la mejora continua	89
5.4.2.	Centralidad en el paciente.....	89
5.4.3.	Enfoque en la seguridad y efectividad clínica.....	89

5.4.4.	Gestión basada en procesos	90
5.4.5.	Enfoque sistémico de la gestión hospitalaria	90
5.5.	Alineación del proyecto SPECT–CT con los criterios institucionales y estándares internacionales de calidad	91
5.5.1.	Estándares de calidad.....	92
5.6.	Componentes claves de la calidad en el proyecto SPECT–CT CENUCLEAR	93
5.7.	Estructura organizacional funcional a la calidad	94
5.7.1.	Propuesta de estructura organizacional orientada a la calidad.....	97
5.8.	Cierre de la sección.....	99
5.9.	Conclusión vinculada al componente de calidad	99
CAPITULO 6		101
6.	CONCLUSIONES Y APLICACIONES.....	101
6.1.	Conclusiones generales.....	101
6.2.	Conclusiones específicas.....	102
6.2.1.	Análisis del cumplimiento de los objetivos de la investigación.....	102
6.2.2.	Contribución a la gestión empresarial	102
6.2.3.	Contribución a nivel académico.....	103
6.2.4.	Contribución a nivel personal	104
6.3.	Limitaciones a la Investigación.....	105
BIBLIOGRAFÍA		107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Potencial demanda de servicios SPECT-CT basada en datos epidemiológicos...	34
Tabla 2. Composición de la estructura financiera de CENUCLEAR al cierre fiscal 2024 (sin valores monetarios)...	38
Tabla 3. Inversión inicial estimada para la implementación del servicio SPECT-CT en CENUCLEAR.....	41
Tabla 4. Costos fijos mensuales asociados al servicio SPECT-CT en CENUCLEAR.....	44
Tabla 5. Costos variables mensuales asociados al servicio SPECT-CT en CENUCLEAR	46
Tabla 6. Distribución de frecuencias del precio por estudio (n = 5.174).....	47
Tabla 7. Análisis costo–beneficio del proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR.....	53
Tabla 8. Matriz de diagnóstico del Sistema de Información de Imágenes (SIS) en CENUCLEAR: situación actual, fortalezas, debilidades y recomendaciones	58
Tabla 9. Matriz FODA cruzada del Sistema de Información de Imágenes (SIS) en CENUCLEAR: fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas frente a SPECT-CT	59
Tabla 10. Evaluación de la calidad del Sistema de Información de Imágenes (SIS) según criterios de validez, confiabilidad, oportunidad, cobertura y seguridad	63
Tabla 11. Evaluación de la gestión de información y TIC en CENUCLEAR: situación actual, brechas y recomendaciones.....	68
Tabla 12. Aplicación de las etapas históricas de la calidad en el proyecto SPECT-CT de CENUCLEAR.....	74
Tabla 13. Frecuencia absoluta de los estudios realizados (n = 5.174).....	80
Tabla 14. Tabla X+1. Frecuencia relativa de los estudios realizados.....	89
Tabla 15. Tabla X+2. Frecuencia acumulada de los estudios realizados	83
Tabla 16. Evaluación de criterios de calidad y su aplicación en el proyecto SPECT-CT	91
Tabla 17. Estándares propuestos y valores estratégicos para el proyecto SPECT-CT.....	93
Tabla 18. Componentes y estándares para la gestión de calidad en el proyecto SPECT-CT	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de Problemas del Proyecto CENUCLEAR: Limitaciones Diagnósticas por Ausencia de Equipo SPECT-CT.....	76
Figura 2. Árbol de objetivos – Proyecto CENUCLEAR en Quito – Ecuador	78
Figura 3. Historgrama de precios de estudios en CENUCLEAR, Oct. 2025	85
Figura 4. Polígono de frecuencias relacionada a precios en CENUCLEAR, Oct. 2025	85
Figura 5. Polígono de frecuencia acumulada en CENUCLEAR.....	86
Figura 6. Top 15 de estudios por frecuencia (2023- 2025)	86
Figura 7. Indicación directa para realizar SPECT-CT.....	87
Figura 8. Organigrama funcional de CENUCLEAR.....	96

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la medicina nuclear avanza, aunque con restricciones importantes en cuanto al acceso a equipos híbridos modernos. Uno de ellos es el SPECT-CT, que permite obtener al mismo tiempo imágenes funcionales y anatómicas. Esto evita que el paciente deba hacerse primero una gammagrafía y luego una tomografía por separado, pues el equipo integra ambos resultados en un único estudio. Esta capacidad es especialmente útil en el estadiaje, la valoración de respuesta al tratamiento y el reestadiaje de enfermedades oncológicas o complejas, mejorando así la exactitud del diagnóstico y reduciendo el tiempo de atención al paciente (1,2).

En Quito, la disponibilidad de servicios que cuenten con tecnología híbrida aún es reducida y está dispersa entre distintas instituciones. Un ejemplo es el Hospital Carlos Andrade Marín (HCAM), que dispone de una gammacámara convencional y de un equipo SPECT-CT de un solo corte; sin embargo, este último ha tenido un funcionamiento irregular y no siempre está operativo. A pesar de ello, en los periodos donde el servicio ha estado operativo, el hospital ha llegado a realizar un promedio de 440 estudios gammagráficos mensuales, lo que demuestra que existe una alta demanda en el sistema público (3).

El Hospital Militar, por su parte, cuenta con un equipo SPECT-CT de 8 cortes que ha estado fuera de operación por más de dos años. Antes de la inactividad del servicio de medicina nuclear, este centro realizaba aproximadamente 250 estudios mensuales, lo cual evidencia su potencial operativo actualmente desaprovechado (4). En el sector privado, el Hospital Metropolitano cuenta con un equipo SPECT-CT de 4 cortes el cual se mantiene activo, mientras que SOLCA Quito cuenta con un equipo SPECT-CT de 16

cortes y una gammacámara convencional, ambos funcionan con regularidad, y se utilizan principalmente en pacientes oncológicos.

En este sentido, el Centro de Especialidad Nuclear (CENUCLEAR) se posiciona como uno de los pocos servicios ambulatorios privados con operación constante. Se tiene un promedio de 260 estudios gammagráficos mensuales, utilizando dos gammacámaras convencionales (una General Electric modelo Millennium MG y una ADAC Philips Forte), el centro cubre una parte significativa de la demanda externa. Sin embargo, al no contar con tecnología híbrida, debe referir a los pacientes a otros centros para estudios más complejos o para la realización por separado de gammagrafías y tomografías, lo que fragmenta el proceso diagnóstico y genera mayores costos, tiempos de espera y molestias para el paciente (6).

Esta situación tiene implicaciones clínicas importantes. Actualmente, para realizar un estadiaje tumoral, valorar la respuesta a tratamiento o realizar un reestadiaje, se debe solicitar al paciente una gammagrafía y, por separado, una tomografía computarizada de cuerpo entero. Esta separación resulta en una pérdida de correlación espacial entre los hallazgos, mayor carga operativa y riesgo de interpretación subóptima. En cambio, con tecnología SPECT-CT, ambas adquisiciones se realizan de manera simultánea y fusionada, mejorando la precisión diagnóstica, optimizando recursos y reduciendo la exposición del paciente (1,2,7).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

1.1.1. Definición del proyecto:

Actualmente, CENUCLEAR enfrenta una limitación en su capacidad diagnóstica debido a la falta de un equipo SPECT-CT. Esta situación deriva múltiples causas estructurales, como:

- Falta de equipo SPECT-CT, debido a los altos costos de adquisición y adecuación de infraestructura.

- Falta de análisis de demanda y retorno de inversión, lo cual ha impedido a la empresa justificar con datos sólidos la adquisición del equipo.
- Desconocimiento por parte de médicos referidores (derivadores) sobre las ventajas diagnósticas y terapéuticas del SPECT-CT, lo que limita el volumen de pacientes potenciales.
- Dificultad para la interpretación clínica de ciertos estudios, debido a la ausencia de correlación anatómica - funcional, lo que reduce la precisión en la localización de lesiones o en la toma de decisiones terapéuticas.

Estas causas generan una serie de efectos negativos tales como:

- Diagnósticos incompletos o menos precisos, que pueden traducirse en errores terapéuticos y mala evolución clínica del paciente.
- Pérdida de competitividad de CENUCLEAR al derivar pacientes a otros centros con mayor capacidad diagnóstica.
- Estancamiento institucional, tanto en crecimiento técnico como en la implementación de nuevos protocolos clínicos.
- Mayor tiempo de espera y costos para los pacientes, afectando al acceso equitativo a servicios de salud de calidad.

Debido a esto, CENUCLEAR se encuentra en proceso de adquisición de un equipo SPECT-CT Symbia Pro.specta™ Q3 de Siemens, equipado con un tomógrafo de 16 cortes, expandible a 32 cortes mediante software, con capacidad para realizar tomografías convencionales además de estudios gammagráficos híbridos (con la incorporación de Tomografía). La adquisición de este equipo permitirá no solo mejorar la calidad de los estudios funcionales actuales, sino también ampliar la cartera de servicios institucionales, incorporando estudios tomográficos para uso general. Este nuevo componente podrá ser aprovechado durante los tiempos muertos de la gammacámara, por ejemplo, cuando el Generador de Tecnecio-99m (Tc-99m) se encuentre con poca actividad radiactiva para poder

efectuar estudios gammagráficos, lo que permitirá maximizar el uso del equipo y del personal clínico, aumentando la eficiencia operativa (6).

Existe actualmente una brecha entre la demanda de estudios híbridos y la oferta disponible, esto sumado a la operación que tiene CENUCLEAR, justifica la necesidad que tiene la clínica de evaluar la viabilidad para la implementación de un servicio SPECT-CT ambulatorio. Esta propuesta no solo responde a las necesidades institucionales, sino que contribuye a fortalecer el sistema de diagnóstico especializado que existe a nivel local y nacional.

Además, CENUCLEAR mantiene convenios activos con el Ministerio de Salud Pública (MSP) así como con el Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas (ISSFA), lo que garantiza un flujo continuo de pacientes referidos desde el sector público. Esto refuerza la viabilidad operativa y la sostenibilidad de ampliar su capacidad diagnóstica.

1.1.2. Naturaleza o tipo de proyecto

El proyecto tiene como finalidad apoyar la toma de decisiones sobre la implementación de una tecnología relevante para los servicios ambulatorios en medicina nuclear. Se sitúa en la línea de investigación relacionada con hospitales y servicios ambulatorios, específicamente en el análisis de oferta y demanda de servicios de salud.

Para comprender el impacto real, se utiliza un enfoque mixto: se revisan datos cuantitativos (como los costos y la estimación de demanda) y se complementan con una mirada cualitativa basada en la experiencia clínica del centro.

El trabajo se desarrollará entre julio y octubre de 2025, tomando como referencia el funcionamiento de CENUCLEAR en Quito, Ecuador.

1.1.3. Objetivos

1.1.3.1. Objetivo general

Determinar la viabilidad para la adquisición e implementación de un equipo SPECT-CT en CENUCLEAR.

1.1.3.2. Objetivo específico

- Analizar costo beneficio del uso SPECT-CT en comparación con el uso las Gammacámaras convencionales.
- Analizar la calidad diagnóstica y los tiempos de atención en los procedimientos clínicos.
- Evaluar la rentabilidad de la inversión del nuevo servicio de SPECT-CT dentro de CENUCLEAR.

1.1.4. Justificación e importancia del trabajo de investigación

A nivel global, muchos sistemas de salud ya integran el SPECT-CT como una herramienta común sus servicios de medicina nuclear. Hay países como Estados Unidos, Alemania, España, Brasil y México, donde esta tecnología está presente desde hace varios años y es empleada de forma rutinaria en la valoración de distintas patologías. Existen estudios que demuestran que integrar imágenes funcionales y anatómicas en un solo examen incrementa significativamente la precisión diagnóstica, mejora la planificación terapéutica y reduce los tiempos de atención, especialmente en patologías oncológicas, cardíacas y osteoarticulares (8–10). En estas regiones, el SPECT-CT es actualmente una herramienta indispensable para la medicina de precisión, permitiendo una localización más exacta de lesiones y una mejor diferenciación entre actividad patológica y estructuras normales.

En contraste, Ecuador actualmente tiene una brecha tecnológica importante en medicina nuclear. La disponibilidad de equipos SPECT-CT es muy limitada y algunos centros públicos presentan largos periodos de inactividad, lo que afecta la capacidad del sistema sanitario para ofrecer un diagnóstico integral a los pacientes. El realizar las gammagrafías en un centro y las tomografías en otro

centro hace que incrementen los tiempos de espera, costos y reduce la correlación anatómica y funcional ya que la posición del paciente puede variar en ambos estudios (11).

CENUCLEAR, al ser uno de los pocos centros privados de medicina nuclear, activos, en Quito y en el país, tiene una limitación estructural al no disponer de un equipo SPECT-CT propio. Esta carencia impide ofrecer estudios híbridos que ya son rutinarios en muchos países y que han demostrado mejorar la seguridad clínica, la precisión diagnóstica y la eficiencia operacional (12). Hay evidencia internacional también que muestra que la incorporación de esta tecnología reduce costos globales del proceso diagnóstico-terapéutico, disminuye repeticiones de estudios y contribuye a una mejor selección de tratamientos (13).

Es importante mencionar que la oferta operativa de SPECT-CT en Quito es insuficiente frente a la demanda actual: algunos equipos en instituciones públicas se encuentran fuera de funcionamiento o no tienen la capacidad técnica que se requiere actualmente. Esta situación da como resultado una oportunidad estratégica para que CENUCLEAR pueda convertirse en un centro de referencia con la adquisición de un SPECT-CT moderno, fortaleciendo la cobertura diagnóstica tanto para pacientes privados como para aquellos derivados del MSP e ISSFA.

Realizar un análisis de viabilidad es fundamental ya que inversiones en tecnología médica requieren evaluaciones rigurosas para poder garantizar a los centros médicos que realmente se tendrá sostenibilidad y retorno económico. No obstante, la experiencia internacional demuestra que esta tecnología genera beneficios sustanciales en salud pública, calidad asistencial y eficiencia clínica (8,10,13). En conclusión, este estudio cobra importancia porque aborda una necesidad evidente dentro del sistema de salud ecuatoriano: facilitar el acceso a tecnologías diagnósticas más completas y modernas, y disminuir la actual

separación entre los distintos pasos del proceso clínico. Contar con herramientas híbridas como el SPECT-CT no solo mejora la precisión de los diagnósticos, sino que también contribuye a que la atención sea más coherente y de mejor calidad.

Además, este análisis realizado le brindará a CENUCLEAR elementos técnicos y económicos necesarios para poder evaluar de forma responsable si esta nueva tecnología es viable. Con ello, el centro estaría en condiciones de fortalecer e incrementar su oferta de servicios y aportar al desarrollo del diagnóstico especializado en el país.

1.2. PERFIL DE LA ORGANIZACIÓN.

1.2.1. Nombre, actividades, misión, visión, estructura y principales cifras

1.2.1.1. Nombre de la empresa

CENUCLEAR – Centro de Especialidad Nuclear

1.2.1.2. Misión, visión, valores.

Misión: Proveer una atención humana, de alta calidad, con resultados confiables y oportunos; que impacten de manera positiva en la salud de nuestros pacientes.

Visión: Posicionarnos como el servicio de Medicina Nuclear líder en Quito, con nuestro personal comprometido en la búsqueda continua de la excelencia en nuestros servicios. Con un Equipo de trabajo de alta calidad Técnica y Humana.

Valores:

- Empatía
- Responsabilidad Social
- Profesionalismo
- Integridad
- Trabajo en Equipo
- Confiabilidad

- Excelencia

1.2.1.3. Ubicación de la sede y de las operaciones

Norte de Quito, Calle El Telégrafo E7-42 y el Porvenir.

1.2.1.4. Propiedad y forma jurídica

Cuentas en participación, sociedad Dr. Mauro Yerovi & Dr. Fernando Yerovi.

1.2.1.5. Tamaño de la organización

PYME (17 Personas Internas, 7 Personas externas).

1.2.1.6. Información sobre empleados y otros trabajadores

- Personal Asistencial Clínico Directo: Involucrados en la atención médica directa a los pacientes (6).
- Personal de Enfermería y Apoyo Clínico: Responsables del cuidado del paciente, administración de medicamentos y apoyo a los médicos (2).
- Personal Técnico Especializado en Diagnóstico: Encargados de estudios de imagen, radiología y procedimientos diagnósticos (7).
- Apoyo Técnico Operativo: Responsables del soporte técnico y mantenimiento de infraestructura o equipos (2).
- Personal Administrativo y Financiero: Encargados de funciones contables, administrativas y organizativas (7).

1.2.1.7. Procesos claves relacionados con el objetivo propuesto

Proceso Diagnóstico en Medicina Nuclear (Situación Actual):

Actualmente, CENUCLEAR realiza estudios de imagen funcional mediante gammacámaras convencionales. A continuación, se enumeran los principales estudios realizados, agrupados según el sistema anatómico o funcional evaluado:

- Estudios óseos: ósea, cóndilos, Ubiquidina.

- Estudios tiroideos: tiroidea, rastreo corporal total con I-131.
- Estudios renales: DMSA, DTPA, MAG.
- Estudios cardiológicos: cardiológicos funcionales.
- Estudios endócrinos: paratiroides.

Procesos terapéuticos y de teragnosis: El centro cuenta con experiencia en tratamientos ambulatorios con radioisótopos como parte de su enfoque teragnóstico:

- **Yodo radiactivo (I-131)** para el tratamiento de cáncer diferenciado de tiroides y enfermedad tiroidea benigna.
- **Samario (Sm-153)** para tratamiento paliativo del dolor por metástasis óseas.

Proceso de gestión de tecnología médica: Este proceso incluye:

- Mantenimiento y calibración de las gammacámaras actuales.
- Evaluación de necesidades tecnológicas.
- Planificación de adquisición de nuevos equipos (SPECT-CT).
- Coordinación con proveedores, ingenieros y equipos técnicos para cumplimiento normativo en instalación y operación.

Proceso de atención ambulatoria integral al paciente: Incluye el ciclo completo de atención desde la programación hasta el seguimiento del paciente:

- Agendamiento de citas.
- Preparación previa (hidratación, ayuno, etc.).
- Aplicación de radiofármacos.
- Acompañamiento durante el procedimiento.
- Entrega de resultados y seguimiento.

Proceso de gestión de calidad del servicio

- Evaluación de dosimetría del personal.

- Elaboración y seguimiento de reportes de mejoras continuas, liderados por la Oficial de Seguridad Radiológica, basados en auditorías internas, hallazgos técnicos y retroalimentación de pacientes.
- Aplicación de acciones correctivas y preventivas.
- Garantía del cumplimiento de normativas en protección radiológica, ética y buenas prácticas clínicas.

1.2.1.8. Principales cifras, ratios y números que definen a la empresa

CENUCLEAR presenta una estructura operativa y financiera consolidada, caracterizada por una combinación equilibrada entre capacidad instalada, volumen de atención, ingresos recurrentes y estabilidad en su base de costos. Las principales cifras que definen su funcionamiento institucional son las siguientes:

Cifras operativas

- Años de funcionamiento: 14 años de operación en Medicina Nuclear.
- Servicios principales: gammagrafía ósea, renal, tiroidea, rastreo corporal total, I-131, PSMA, y próximamente SPECT-CT.
- Volumen mensual promedio de estudios: entre 90 y 110 estudios.
- Crecimiento proyectado con SPECT-CT: +35 % a +55 % en los primeros 18 meses.

Cifras económicas reales (según flujo y estados 2025)

- Ingreso mensual promedio: USD 166.250
- Egreso mensual promedio: USD 84.992
- Utilidad operativa promedio mensual: USD 81.258
- Margen operativo: 48–52 %
- Crecimiento de ingresos (mayo a junio 2025): +21,5 %

1.2.1.9. Otros datos de interés:

CENUCLEAR mantiene convenios vigentes para la atención de pacientes de diagnóstico con:

- Ministerio de Salud Pública.
- Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas (ISSFA).

CAPITULO 2

2. ANÁLISIS DE MERCADO PARA UN SERVICIO SPECT-CT EN QUITO – ECUADOR

2.1. Fuentes y metodología

Para realizar este sondeo de mercado se utilizaron datos epidemiológicos y clínicos nacionales e internacionales, priorizando la información más reciente disponible:

- GLOBOCAN 2022 de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC/OMS), que proporciona estimaciones de incidencia, mortalidad y prevalencia del cáncer por país y tipo de cáncer. Esta fuente permite contextualizar la demanda potencial de estudios de imagen avanzada.
- Registros nacionales de tumores (RNT) de SOLCA Quito, con información específica sobre casos de cáncer en Ecuador entre 2020 y 2022.
- Boletines epidemiológicos y estadísticas del INEC y de sociedades médicas locales, que ofrecen datos complementarios sobre mortalidad y tendencias en diferentes tipos de cáncer.
- Revisión de la oferta tecnológica en Quito, considerando equipos SPECT-CT y gammacámaras convencionales en hospitales públicos y privados, con información de sus capacidades operativas y estado de funcionamiento.
- Se seleccionaron estas fuentes porque combinan validez internacional (GLOBOCAN) y contexto local actualizado (RNT, INEC, hospitales), lo que permite evaluar tanto la demanda clínica como la viabilidad operativa del proyecto.

2.2. Contexto epidemiológico y demanda clínica

2.2.1. Carga de cáncer en Ecuador

En Ecuador, el cáncer representa una carga significativa de enfermedad. Según GLOBOCAN 2022, se estimaron 30.888 nuevos casos de cáncer y 16.158 muertes por esta causa (14). La tasa ajustada por edad para todos los cánceres es de 152,7 por 100.000 habitantes (14). Los tipos de cáncer más frecuentes son:

- Hombres: próstata, estómago y colorrectal (14)
- Mujeres: mama, cérvix uterino y colorrectal (14)

El Registro Nacional de Tumores (SOLCA Quito, 2020) reportó 29.273 nuevos casos, evidenciando un volumen significativo de pacientes con neoplasias (15). Los tipos de cáncer con mayor porcentaje entre estos casos fueron: próstata (24,6% en hombres), mama (22,2% en mujeres), estómago, colorrectal y tiroides (15).

El INEC y otros boletines epidemiológicos han confirmado que los cánceres de estómago y próstata son de las principales causas de mortalidad por cáncer en Ecuador (16). En particular, la mortalidad por cáncer gástrico se estima en 12,9 por 100.000 hombres y 7,4 por 100.000 mujeres (16). Además, se estima que alrededor de 1.000 niños, niñas y adolescentes (0 19 años) son diagnosticados con cáncer cada año en Ecuador (18).

Estos datos reflejan una demanda creciente de estudios diagnósticos avanzados, ya que muchos de estos pacientes requieren estadificación precisa, seguimiento de tratamiento y reestadificación, procesos en los cuales la imagen híbrida (SPECT-CT) tiene un impacto clínico significativo.

2.3. Proyección del crecimiento

Se proyecta que para 2035 los casos de cáncer crecerán un 80%

Según reportes del Registro Nacional de Tumores de SOLCA Quito, hay una estimación de que para el año 2035 el número de casos de cáncer en Ecuador podría

aumentar un 80 % respecto a cifras actuales o recientes. Este incremento proyectado es alarmante y refleja una tendencia preocupante en la carga de la enfermedad a futuro.

2.3.1. Factores que impulsan el aumento

- **Envejecimiento de la población:** Uno de los principales motores de este aumento proyectado es el crecimiento y envejecimiento demográfico. A medida que más personas alcanzan edades avanzadas, la incidencia de cáncer tiende a subir, ya que muchos tumores son más frecuentes en poblaciones mayores.
- **Cambios poblacionales y de riesgo:** También se proyecta que habrá cambios en la distribución de los factores de riesgo: mayor exposición a los factores de riesgo relacionados con el estilo de vida (por ejemplo, dieta, sedentarismo, obesidad), así como cambios socioeconómicos que favorecen una mayor carga de cáncer.
- **Pobre preparación del sistema de salud:** Expertos consultados en el registro de SOLCA han señalado que el país "no está preparado" para un aumento tan grande, pues carece de un plan estructurado de control del cáncer y no cuenta con políticas nacionales nuevas para abordar esta proyección.

2.3.2. Implicaciones clínicas y para un proyecto SPECT-CT

- Un aumento de este tipo en la incidencia de cáncer implica que la demanda futura de diagnósticos también se incrementará significativamente. Si no se refuerzan los servicios de imagen médica, el sistema podría saturarse o no dar respuesta adecuada.
- En este contexto, la implementación de un servicio SPECT-CT cobra especial relevancia: al combinar imagen funcional y

anatómica, puede mejorar la eficiencia diagnóstica y terapéutica, ayudando a manejar mejor el crecimiento de los casos.

- Además, con más pacientes oncológicos y necesidades de estadificación, seguimiento y reestadificación, se justifica invertir en tecnología más avanzada, ya que esto podría evitar derivaciones frecuentes, reducir tiempos de espera y disminuir la fragmentación del proceso diagnóstico.

2.3.3. Riesgos si no se actúa

- Si no se fortalecen los recursos diagnósticos, un 80 % más de cánceres sin la capacidad adecuada para su detección y monitoreo podría traducirse en diagnósticos tardíos, mayor mortalidad y costos más altos para el sistema de salud.
- También es posible que los centros sin equipos híbridos (como SPECT-CT) queden desbordados y no puedan satisfacer la demanda creciente.
- La falta de preparación institucional podría agravar inequidades en acceso al diagnóstico: los pacientes más vulnerables podrían tener aún más barreras para acceder a estudios especializados.

2.3.4. Relevancia para la toma de decisiones

- Para la planificación estratégica, esta proyección sirve como un llamado de alerta: las autoridades de salud, los líderes institucionales y los gestores de centros de diagnóstico deben anticipar esta demanda creciente y preparar respuestas.
- Para CENUCLEAR, implica que la adquisición de un SPECT-CT no solo es una mejora técnica, sino una estrategia preventiva de largo plazo para posicionarse frente a un escenario de alta demanda futura.

- Desde una perspectiva de salud pública, el conocimiento de esta proyección reafirma la necesidad de políticas robustas de control del cáncer: detección temprana, registro de tumores, inversión en infraestructura diagnóstica y programas de prevención.

2.3.5. Oferta tecnológica y oportunidades en Quito:

La disponibilidad de equipos SPECT-CT en Quito es limitada y fragmentada:

- Hospital Carlos Andrade Marín (HCAM): SPECT-CT de 1 corte, con uso intermitente; antes de su inactividad, llegaba a realizar ~440 estudios mensuales (19).
- Hospital Militar: SPECT-CT de 8 cortes fuera de operación desde hace más de dos años; realizaba ~250 estudios mensuales (20).
- Sector privado: Hospital Metropolitano (SPECT-CT de 4 cortes activo), SOLCA Quito (SPECT-CT de 16 cortes y gammacámara convencional) (21).

2.3.6. Potencial de mercado y necesidad del SPECT-CT

El análisis combinado de demanda epidemiológica, volumen de pacientes oncológicos y oferta limitada de tecnología híbrida evidencia un mercado con necesidad insatisfecha:

- La alta incidencia de cánceres como próstata, mama, estómago y colorrectal genera un flujo constante de pacientes que requieren estudios precisos.
- La fragmentación de servicios obliga a derivar pacientes a múltiples instituciones, lo que genera mayor carga operativa y costos adicionales.
- Médicos referidores: oncólogos, radiólogos y otros profesionales

pueden derivar pacientes a un centro con SPECT-CT moderno, especialmente si se demuestra que hay mejora diagnóstica y operativa.

- Instituciones públicas y privadas: el MSP, IESS, ISSFA u otras entidades pueden derivar pacientes a un servicio privado si la calidad clínica y tiempos son adecuados.
- Uso eficiente de recursos: un SPECT-CT puede reducir la necesidad de estudios por separado (gammagrafía + tomografía), lo que puede traducirse en ahorro de tiempo, mejora en la coordinación diagnóstica y mayor satisfacción del paciente.

2.3.7. La implementación de esta tecnología permitiría:

- Mejorar la precisión diagnóstica mediante la fusión de imágenes funcionales y anatómicas.
- Reducir tiempos de atención y exposición a procedimientos múltiples.
- Optimizar el uso de recursos y personal clínico, incluyendo la utilización de tiempos muertos de gammacámaras.
- Ampliar la cartera de servicios y competitividad del centro.

2.3.8. Tabla potencial de demanda basada en datos reales

La tabla muestra que la carga actual de cáncer y la proyección de crecimiento generan un flujo constante y creciente de pacientes que podrían beneficiarse de un SPECT-CT. Este análisis cuantitativo respalda la necesidad clínica y estratégica de implementar la tecnología, tanto para mejorar la atención inmediata como para prepararse frente a un aumento proyectado de casos hacia 2035.

Tabla 9 Potencial demanda de servicios SPECT-CT basada en datos epidemiológicos

Indicador	Valor	Fuente
Población total (2023)	16.9 millones	Inec. 2023 (16)
Nuevos casos de cáncer (2022)	30.888	Globocan 2022 (14)
Casos prevalentes últimos 5 años	78.878	Globocan 2022 (14)
Tipos de cáncer más frecuentes (hombres)	Próstata, estómago, colorrectal	Globocan 2022 (14)
Tipos de cáncer más frecuentes (mujeres)	Mama, cérvix uterino, colorrectal	Globocan 2022 (14)
Mortalidad por cáncer (2022)	16.158	Globocan 2022 (14)
Riesgo acumulado de cáncer <75 años	15%	Globocan 2022 (14)
Porcentaje estimado de pacientes que requieren SPECT-CT	20%	Estimación basada en literatura internacional (22-23)

2.3.9. Conclusión

La tabla y su análisis cuantitativo muestran que la carga actual de cáncer y la proyección de crecimiento implican un flujo constante y creciente de pacientes que podrían beneficiarse de un SPECT-CT. La combinación de alta demanda, tipos de cáncer relevantes y oferta limitada evidencia un

vacío de mercado, sustentando la necesidad clínica, institucional y estratégica de implementar este servicio en Quito. Esto no solo mejora la atención inmediata, sino que prepara al centro frente a un escenario de crecimiento de casos del 80% hacia 2035, alineado con tendencias epidemiológicas y proyecciones locales.

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO SPECT-CT EN CENUCLEAR

El presente capítulo desarrolla un análisis financiero integral del proyecto de implementación del servicio SPECT-CT en CENUCLEAR, con el propósito de evaluar su viabilidad económica, su impacto en la estructura financiera institucional y sus proyecciones operativas a mediano y largo plazo. Para ello, se presenta:

- **Situación financiera actual del centro al cierre del periodo fiscal 2024:** esto constituye la línea base necesaria para interpretar la capacidad instalada, el comportamiento de los activos, pasivos, patrimonio, ingresos y gastos.
- **Inversión inicial:** corresponde a todo lo que debe invertirse al comienzo del proyecto: la compra del SPECT-CT, las adecuaciones del área donde será instalado, el mecanismo de financiamiento que se utilice y las especificaciones del equipo que finalmente se elija.
- **Costos fijos y variables asociados al funcionamiento del nuevo servicio:** esto permite establecer parámetros reales para el cálculo del punto de equilibrio y la estimación de la demanda mínima necesaria para garantizar su sostenibilidad.
- **Proyecciones financieras del periodo 2025–2030:** fundamentales para valorar la rentabilidad esperada del proyecto y orientar la toma de decisiones estratégicas.

En conjunto, este análisis se convierte en una base sólida para entender la viabilidad económica del SPECT-CT y para dar una perspectiva de cómo podría influir en el desarrollo y crecimiento de CENUCLEAR a mediano plazo.

3.1. Estructura Financiera Básica

La información que se presenta a continuación corresponde al estado financiero de CENUCLEAR al cierre del 2024, previo a incorporar el nuevo servicio de

SPECT-CT. Se detalla la composición de los activos, pasivos, patrimonio, ingresos y gastos, con el fin de ofrecer una visión completa sobre la situación económica del centro. Este punto de partida permitirá, más adelante, evaluar cómo impactaría la adquisición del equipo en la estabilidad y el desempeño financiero.

3.1.1. Activos

Incluyen los recursos disponibles para el funcionamiento del centro: caja, cuentas por cobrar a pacientes y aseguradoras, inventario de radiofármacos y generadores, equipamiento auxiliar, software, licencias y la infraestructura física. También se consideran los terrenos y las obras en ejecución, que reflejan la capacidad del centro para seguir creciendo.

3.1.2. Pasivos

Corresponde las obligaciones financieras y operativas que tiene la clínica, incluyendo cuentas por pagar a proveedores, préstamos, obligaciones laborales, impuestos y provisiones por mantenimiento o garantías. Esta información permite evaluar la estabilidad financiera y la capacidad de cumplir con las mismas.

3.1.3. Patrimonio

Incluye capital aportado por parte de socios o de otros recursos propios que respaldan la operación de la clínica.

3.1.4. Ingresos

Se detallan las principales fuentes de ingresos actuales: gammagrafías convencionales, tratamientos con yodo (I-131), pagos de aseguradoras y convenios con MSP e ISSFA, así como otros ingresos menores. Con esta información se obtiene una visión clara de cómo el centro genera recursos antes de incorporar al nuevo equipo.

3.1.5. Gastos

Se presentan los costos de operación del centro, incluyendo salarios y

honorarios del personal médico y administrativo, insumos radiactivos y generales, mantenimiento de equipos, servicios básicos, licencias de software, seguros, marketing, gestión de residuos y radioprotección, así como gastos financieros y administrativos. Esto permite analizar la eficiencia y la distribución de los costos de operación.

En conjunto, esta estructura financiera ofrece una línea base sólida que refleja la situación económica actual de CENUCLEAR, y sirve como referencia para proyectar inversiones, evaluar la viabilidad y analizar el impacto económico de la futura incorporación del servicio SPECT-CT.

Tabla 10. Composición de la estructura financiera de CENUCLEAR al cierre fiscal 2024 (sin valores monetarios)

ESTRUCTURA FINANCIERA AL CIERRE FISCAL DEL PERIODO 2024	
ACTIVOS	
Caja	
Cuentas por cobrar	
Cuentas por cobrar aseguradoras	
Cuentas por cobrar MSP	
Cuentas por cobrar ISSFA vía MSP	
Suministros médicos (radiofármacos, kits)	
Inventario generador Tc-99m y colimadores	
Equipo SPECT-CT (activo fijo)	
Infraestructura y adecuaciones	
Terreno (no depreciable)	
Construcción / obras en curso	
Gastos capitalizados del terreno (notaría, registro, avalúo)	

Software y licencias
Mobiliario y equipos auxiliares
Anticipos a proveedores (importaciones)
PASIVOS
Cuentas por pagar a proveedores
Obligaciones financieras (leasing/préstamo equipo)
Préstamo hipotecario - porción corriente (≤ 12 meses)
Préstamo hipotecario - porción no corriente (> 12 meses)
Intereses por pagar (acumulados)
Impuestos por pagar
Obligaciones laborales (sueldos/beneficios por pagar)
Provisiones (mantenimiento mayor, garantías)
PATRIMONIO
Capital social
Aportes de socios / donaciones
INGRESOS
Ingresos por SPECT-CT (diagnóstico)
Ingresos por gammagrafías convencionales
Ingresos por tratamientos con yodo (I-131)
Ingresos por aseguradoras (pagos directos)
Ingresos por convenios MSP
Ingresos por convenios ISSFA vía MSP
Ingresos pendientes por facturar MSP/ISSFA
Ingresos por subsidios/proyectos (fundaciones)
Otros ingresos
GASTOS
Gasto de alquiler/infraestructura

Gasto de salarios y honorarios (médicos, tecnólogos, físicos, administrativos)
Servicios básicos (electricidad, agua, internet, climatización)
Insumos material radiactivo
Insumos trazadores (kits fríos)
Insumos generales (jeringas, EPP, limpieza)
Mantenimiento preventivo/correctivo SPECT-CT
Licencias y software (soporte, actualizaciones)
Seguros (equipos y activos)
Marketing
Gestión de residuos (contrato HAZWAT)
Radioprotección (contrato DOSIRAD)
Gastos administrativos (papelería, honorarios legales)
Gastos financieros (intereses préstamos/hipoteca)

Nota: La presente tabla muestra únicamente la estructura financiera de CENUCLEAR sin incluir valores monetarios, debido a que la información económica detallada es de carácter reservado y no fue proporcionada para este estudio. El propósito de este cuadro es describir la composición de los activos, pasivos, patrimonio, ingresos y gastos como base para el análisis financiero del proyecto SPECT-CT.

3.2. Inversión inicial estimada para el Proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR

La implementación de un servicio SPECT-CT en CENUCLEAR requiere una inversión inicial significativa, debido a la naturaleza tecnológica del equipo, el nivel de infraestructura necesaria y los requisitos técnico-operativos asociados. Esta inversión constituye el pilar fundamental para garantizar la operatividad, calidad diagnóstica y seguridad radiológica del servicio propuesto.

El análisis financiero preliminar identifica tres componentes esenciales de la

inversión inicial: adquisición del equipo, adecuaciones físicas y eléctricas, y licenciamiento de software especializado. A continuación, se detalla el monto estimado:

Tabla 11. Inversión inicial estimada para la implementación del servicio SPECT-CT en CENUCLEAR

Concepto	Cantidad	Valor (USD)
Equipo SPECT-CT Siemens	1	720.000,00
Adecuaciones de infraestructura	1	100.000,00
Licencias y software (paquetes)	1	9.000,00
Total de inversión inicial		829.000,00

3.2.1. Características del equipo SPECT-CT

El equipo propuesto corresponde a un SPECT-CT de la marca Siemens, reconocido internacionalmente por su robustez, precisión en imagen híbrida y alta eficiencia operativa. Sus características principales son:

- Marca: Siemens
- Procedencia: Alemania
- Proveedor: Fabricante directo (Siemens)
- Tecnología: Sistema híbrido de 16 cortes, expandible mediante software
- Incluye: Software especializado para adquisición, reconstrucción y procesamiento de imágenes.

Este equipo permite integrar información funcional y anatómica en un solo estudio, mejorando la exactitud diagnóstica y el rendimiento operativo del centro.

3.2.2. Esquema de financiamiento propuesto

El proveedor Siemens ofrece un esquema de financiamiento directo con condiciones diseñadas para facilitar la adquisición del equipo:

- **Plazo:** 7 años
- **Tasa de interés anual:** 10%
- **Incluye:** el primer año de seguro y mantenimiento preventivo/correctivo
- **Instalación y puesta en marcha:** a cargo del fabricante
- **Capacitación técnica:** para médicos nucleares, tecnólogos, físicos médicos y personal administrativo involucrado
- **Entrada inicial y valor de cuotas:** pendiente de confirmación según negociación final

Este tipo de financiamiento reduce la carga de desembolso inmediato y permite incorporar la tecnología sin comprometer la liquidez operativa del centro.

3.2.3. Adecuaciones necesarias (USD 100.000)

Aunque CENUCLEAR dispone del espacio físico dentro de sus instalaciones actuales, la naturaleza del equipo exige una serie de adecuaciones técnicas para cumplir con normativas de seguridad radiológica, operatividad del tomógrafo y eficiencia energética.

Las adecuaciones se distribuyen de la siguiente manera:

- **Obra civil:** ampliación, reforzamiento y adecuación del área del equipo USD 20.000
- **Instalaciones eléctricas:** red dedicada, tablero regulado, ductería, UPS, y adquisición de generador eléctrico USD 80.000

Estas intervenciones garantizan la estabilidad eléctrica, la seguridad radiológica y el funcionamiento continuo del equipo, aspectos críticos en servicios de medicina nuclear.

3.2.4. Licencias y software especializado (USD 9.000)

El proyecto requiere licencias adicionales para visualización diagnóstica y procesamiento avanzado:

- Visualizadores de imágenes integrables en estaciones de trabajo internas

y externas, con pago único durante el primer año.

Este componente asegura la capacidad de interpretar los estudios con estándares internacionales, ampliar la red de estaciones de lectura y optimizar la interacción con médicos referidores.

3.2.5. Consideración operativa clave

La incorporación del SPECT-CT no requiere aumento de personal, ya que el equipo técnico de CENUCLEAR cuenta con las competencias necesarias para operar la nueva tecnología. Esto representa una ventaja significativa, pues evita el incremento en los costos recurrentes asociados a talento humano y facilita una transición operativa más eficiente.

3.3. Costos del proyecto

La identificación y clasificación de los costos asociados a la implementación del servicio SPECT-CT es un paso fundamental para evaluar la viabilidad económica del proyecto. Un análisis detallado de los costos permite proyectar el comportamiento financiero de CENUCLEAR en el corto, mediano y largo plazo, así como estimar los márgenes operativos, el punto de equilibrio y la rentabilidad esperada.

Para este estudio, los costos se agrupan en dos categorías principales: costos fijos y costos variables. Esta diferenciación facilita la estimación precisa de los gastos recurrentes del servicio y permite modelar escenarios de demanda, dado que cada tipo de costo responde de manera distinta al volumen de estudios realizados.

Nota aclaratoria:

Los costos presentados en esta sección corresponden exclusivamente al nuevo servicio SPECT-CT. No representan la totalidad de los costos fijos de CENUCLEAR como institución. Los costos globales de la clínica son superiores ($\approx$ USD 59.500 mensuales según flujo real), ya que incluyen toda la estructura institucional.

3.3.1. Costos fijos

Los costos fijos son aquellos que no dependen directamente del número de estudios realizados, es decir, permanecen relativamente constantes durante el periodo operativo. Representan la base necesaria para garantizar la continuidad del servicio y asegurar la disponibilidad del equipo y del personal.

Tabla 12. Costos fijos mensuales asociados al servicio SPECT-CT en CENUCLEAR

COSTOS FIJOS MENSUALES	CANTIDAD	MONTO
Alquiler (local)	1	800,00
Sueldos	1	7950
Servicios básicos (electricidad, agua, internet, climatización)	1	600,00
Mantenimiento correctivo y preventivo	1	250,00
Seguro de equipo	1	416,67
Marketing (redes sociales, radio, TV)	1	2.000,00
Gestión de Residuos radioactivos (contrato HAZWAT)	1	67,33
Radioprotección (incluidos técnicos)	1	2.300,00
Insumo - material radioactivo - Tecnesio 99	1	7.360,00
Desgaste de mobiliario	1	10,00
TOTAL DE COSTOS FIJOS MENSUALES		21.754,00

3.3.1.1. Alquiler

Aunque el SPECT-CT funcionará dentro de las instalaciones de CENUCLEAR, se contempla un costo mensual equivalente al uso del espacio físico requerido para la operación del servicio.

3.3.1.2. Sueldos

Incluye el personal directamente involucrado con el servicio:

- Médicos nucleares
- Tecnólogos
- Enfermería
- Auxiliares operativos
- Ingeniero biomédico
- Personal administrativo asignado

3.3.1.3. Mantenimiento correctivo y preventivo

El mantenimiento lo realiza la empresa proveedora del equipo durante el primer año, ya que este período está cubierto por la garantía y por el plan de soporte técnico inicial incluido en la adquisición del SPECT-CT. Este plan contempla inspecciones periódicas, calibraciones, revisión de componentes críticos, actualización de software y atención prioritaria en caso de fallas técnicas.

A partir del segundo año, el mantenimiento preventivo y parte del mantenimiento correctivo puede ser gestionado directamente por nuestro ingeniero biomédico interno, quien actualmente brinda soporte técnico y operativo a todas las máquinas de Medicina Nuclear en CENUCLEAR. Su rol incluye:

- Supervisión del funcionamiento diario del equipo.
- Revisión de parámetros técnicos, detectores y sistemas electrónicos.
- Reporte anticipado de fallas potenciales.
- Coordinación con la casa comercial en caso de intervenciones mayores.
- Mantenimiento básico y ajustes menores para asegurar continuidad operativa.

Este esquema mixto permite optimizar costos, garantizar continuidad del servicio, reducir tiempos de inactividad y mantener un control técnico permanente del equipo en el entorno clínico.

3.3.2. Costos Variables

Los costos variables, en contraste, dependen proporcionalmente del volumen de estudios SPECT-CT realizados. A medida que aumenta el número de pacientes atendidos, estos costos también incrementan.

Dentro del proyecto, los costos variables consideran:

Tabla 13. Costos variables mensuales asociados al servicio SPECT-CT en CENUCLEAR

COSTOS VARIABLES MENSUALES	CANTIDAD	MONTO
Medicamentos en pacientes	1	2,78
Insumos de limpieza	1	2,25
Insumos trazadores (kits fríos)	1	108,00
Insumos generales (jeringas, EPP)	1	63,00
Insumos de papelería	1	150,00
TOTAL COSTOS VARIABLES MENSUALES		326,03

3.4. Precio establecido para el examen

El valor del estudio SPECT-CT no es único, ya que depende del tipo de examen realizado, del radiofármaco utilizado y de la complejidad del protocolo aplicado en cada paciente. Según la base de datos analizada (n = 5.174 registros), aproximadamente el 70 % de los estudios se encuentran en el rango de USD 257 a USD 385, constituyendo este el intervalo más representativo del mercado.

El análisis de frecuencias evidencia que la mayor concentración de estudios se sitúa alrededor de un valor modal entre USD 320 y USD 350, mientras que el precio promedio ponderado obtenido es de aproximadamente USD 345 por estudio. En consecuencia, para efectos del presente estudio y del cálculo del punto de equilibrio, se adopta este valor como referencia.

De acuerdo con los resultados del análisis de frecuencias (Tabla 6), el intervalo de USD 257,14 a USD 385,71 agrupa cerca del 70 % de los precios registrados, confirmando que este rango constituye el patrón tarifario predominante en la base de datos. Este comportamiento respalda la utilización del valor promedio ponderado (~USD 345) como parámetro adecuado para los análisis financieros desarrollados.

Tabla 6. Distribución de frecuencias del precio por estudio (n = 5.174)

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Marca clase
0.0 - 128.57	142	0.027360308	142	64.28571429
128.57 - 257.14	526	0.101348748	668	192.8571429
257.14 - 385.71	3626	0.698651252	4294	321.4285714
385.71 - 514.29	813	0.156647399	5107	450
514.29 - 642.86	34	0.00655106	5141	578.5714286
642.86 - 771.43	20	0.003853565	5161	707.1428571
771.43 - 900.0	2	0.000385356	5163	835.7142857
900.0 - 1028.57	1	0.000192678	5164	964.2857143
1028.57 - 1157.14	0	0	5164	1092.857143
1157.14 - 1285.71	0	0	5164	1221.428571
1285.71 - 1414.29	10	0.001926782	5174	1350
1414.29 - 1542.86	3	0.000578035	5177	1478.571429
1542.86 - 1671.43	6	0.001156069	5183	1607.142857

1671.43 - 1800.0	7	0.001348748	5190	1735.714286
---------------------	---	-------------	------	-------------

La tabla muestra que la mayor concentración de estudios se encuentra en el intervalo de USD 257,14 a USD 385,71, que agrupa aproximadamente el 70 % de los precios registrados. Este comportamiento evidencia un patrón tarifario predominante en el servicio, lo cual sustenta la utilización de un valor promedio ponderado cercano a USD 345 para los análisis financieros y el cálculo del punto de equilibrio.

3.5. Ampliación de la cartera de servicios: incorporación de tomografías simples y contrastadas

Además del estudio SPECT-CT, la implementación del nuevo equipo permitirá ampliar la cartera de servicios de CENUCLEAR mediante la oferta de tomografías simples y contrastadas, lo que incrementa significativamente la competitividad del centro y amplía las posibilidades diagnósticas para médicos referidores y pacientes.

En el mercado ecuatoriano, los precios de tomografía computarizada presentan una amplia variabilidad dependiendo de la región anatómica, la complejidad del protocolo y el uso de contraste. De acuerdo con valores de referencia obtenidos de un centro proveedor externo, los costos se encuentran dentro de los siguientes rangos:

- Tomografías simples: USD 80 a 350
- Tomografías contrastadas: USD 113 a 561
- Procedimientos especiales (angiotomografías, 3D, trifásicas, TC dental, 4D, drenaje guiado, colonoscopia virtual, etc.): USD 150 a 520

Ejemplos representativos incluyen:

- AngioTAC de abdomen, cuello, tórax o extremidades: USD 350 – 480
- Tomografía de cráneo simple: USD 80 – 100

- Cráneo simple + contraste intravenoso + reconstrucción 3D: USD 130 – 233
- TC columna total simple: USD 350
- TC abdomen y pelvis (simple + contraste oral y IV): USD 233 – 341
- TC cuello – tórax – abdomen – pelvis contrastada: hasta USD 561
- Procedimientos guiados (drenaje de abscesos): USD 310
- Reconstrucciones 3D y estudios postprocesados: USD 50 – 170

Con la incorporación de este nuevo equipo, CENUCLEAR podrá ofrecer tomografías simples o contrastadas sin necesidad de acudir a otro centro, además de los estudios híbridos SPECT-CT. Esto no solo amplía los servicios disponibles, sino que también crea nuevas oportunidades de ingreso y mejora la continuidad del diagnóstico para los pacientes.

La ampliación en la cartera de servicios también permitirá captar pacientes adicionales derivados de especialidades como oncología, cirugía, traumatología, neurología, gastroenterología y urología, potenciando así la demanda estimada en las proyecciones del periodo 2025–2030.

3.6. Proyección de Ingresos - flujo de caja anual (2025 -2030)

La proyección de ingresos se basa en el flujo de caja elaborado para el periodo 2025–2030, considerando:

- Incremento progresivo en el volumen de estudios
- Estabilización de la demanda a partir del segundo año
- Mayor captación de pacientes oncológicos y referidos
- Integración del SPECT-CT a nuevas prestaciones
- Optimización de ingresos institucionales

Esta proyección constituye la base para el análisis de rentabilidad, VAN y TIR del proyecto.

3.7. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio corresponde al número mínimo de estudios mensuales que el servicio debe realizar para cubrir la totalidad de sus costos fijos y variables. Este indicador permite evaluar la sostenibilidad económica del servicio bajo el precio realista planteado.

Ya que la mayoría de los estudios previstos serán gammagrafías óseas con SPECT-CT, se define un precio promedio de referencia de USD 440 por estudio, valor que se ajusta mejor al escenario económico propuesto.

Los parámetros utilizados son:

- Costos fijos mensuales del SPECT-CT: USD 21.754,00
- Costo variable por estudio: USD 326,03
- Precio promedio por estudio: USD 440,00

La fórmula del punto de equilibrio es:

$$PE_u = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Precio por estudio} - \text{Costo variable por estudio}}$$

Sustituyendo:

$$PE_u = \frac{21.754}{440 - 326,03}$$

$$PE_u = \frac{21.754}{113,97} \approx 190,9$$

El servicio requiere realizar aproximadamente:

- 191 estudios SPECT-CT al mes para cubrir todos sus costos fijos y variables con un precio de USD 440.

En términos de ingresos:

$$191 \times 440 = \text{USD } 84.040 \text{ mensuales}$$

El análisis demuestra que, con un precio promedio de USD 440 por estudio SPECT-CT, el servicio requiere realizar aproximadamente 191 estudios mensuales para cubrir la totalidad de sus costos fijos y variables. Este volumen es considerablemente alto para un servicio especializado de Medicina Nuclear, especialmente durante los primeros meses de operación.

El resultado evidencia que, aunque el precio de USD 440 mejora la accesibilidad para los pacientes, también reduce significativamente el margen de contribución, lo que incrementa de manera importante el punto de equilibrio. En consecuencia, el servicio demandaría un volumen mensual elevado para alcanzar la rentabilidad, situación que puede no ser realista durante la fase inicial de implementación.

Este comportamiento resalta la necesidad de:

- Evaluar un precio más adecuado al valor real del estudio SPECT-CT.
- Incorporar la cartera ampliada de tomografías simples y contrastadas, que contribuye con ingresos adicionales.
- Potenciar la mezcla de estudios de mayor valor (paratiroides, ganglionar, oncológicos, PSMA-Tc).
- Considerar estrategias comerciales y médicas para incrementar la derivación de pacientes.

En conjunto, estos elementos permitirán reducir el punto de equilibrio efectivo y mejorar la sostenibilidad financiera del servicio SPECT-CT en el mediano plazo.

3.8. Análisis costo–beneficio del proyecto SPECT-CT

El análisis costo–beneficio del proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR evidencia que la inversión inicial necesaria para la adquisición del equipo, las adecuaciones técnicas y el licenciamiento especializado se justifica ampliamente frente a los beneficios clínicos, operativos y financieros identificados. La brecha tecnológica

existente entre la demanda creciente de estudios híbridos y la limitada oferta disponible en Quito posiciona al SPECT-CT como una respuesta estratégica que permite ampliar la capacidad diagnóstica del centro y atender de manera más eficiente a los pacientes provenientes de los convenios activos con el MSP e ISSFA, garantizando un flujo sostenido de atención.

Desde la perspectiva financiera, la implementación del SPECT-CT abre la posibilidad de ampliar la cartera de servicios para incluir tomografías simples y contrastadas, las cuales pueden realizarse durante los tiempos muertos de la gammacámara, optimizando al máximo la infraestructura instalada. Esta capacidad de diversificación, sumada a la demanda creciente de estudios híbridos observada en los datos institucionales, fortalece la sostenibilidad económica del proyecto. Además, el valor promedio ponderado de los estudios ($\approx$ USD 345) se ubica dentro de un rango tarifario estable y competitivo en el mercado, lo cual es consistente con el punto de equilibrio calculado para el servicio.

En términos clínicos, los beneficios son altamente relevantes. El equipo SPECT-CT permite integrar información anatómica y funcional en un mismo procedimiento, reduciendo la necesidad de estudios complementarios y la exposición innecesaria a radiación. Esto se traduce en diagnósticos más precisos, tiempos de atención más cortos y una mejora significativa en la seguridad del paciente. A su vez, la tecnología contribuye a disminuir la fragmentación del proceso asistencial, fortaleciendo la continuidad y efectividad del diagnóstico. A nivel institucional, el acceso a tecnología híbrida moderna aumenta la competitividad de CENUCLEAR dentro del sector privado y ambulatorio de medicina nuclear en Quito. La calidad diagnóstica mejorada, la ampliación del portafolio de servicios y la eficiencia operativa derivada del uso estratégico del equipo consolidan al centro como un referente local en estudios híbridos. La relación entre los costos y los beneficios demuestra que los retornos esperados

(tanto en términos clínicos como operativos y económicos) superan ampliamente los costos iniciales del proyecto, justificando su implementación.

Tabla 7. Análisis costo–beneficio del proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR

Categoría	Costos identificados	Beneficios Obtenidos
Inversión Inicial	• Equipo SPECT-CT Siemens (USD 720.000) • Adecuaciones físicas y eléctricas (USD 100.000) • Licenciamiento y software (USD 9.000)	• Adopción de tecnología híbrida de alta precisión. • Expansión de servicios (CT simple y contrastado). • Mejora inmediata de la capacidad diagnóstica.
Costos Operativos	• Mantenimiento anual. • Consumo eléctrico y climatización. • Insumos y radiofármacos. • Licencias y soporte técnico.	• Reducción de estudios repetidos. • Uso eficiente de tiempos muertos de la gammacámara. • Optimización del personal y del flujo de atención.
Costos financieros	• Intereses del financiamiento (7 años, 10% anual).	• Esquema que permite adquirir el equipo sin comprometer liquidez. • Distribución manejable del gasto a largo plazo.
Demanda y sostenibilidad	• Riesgo inicial de captación de mercado.	• Demanda creciente por epidemiología nacional. • 20% de pacientes

		institucionales con indicación SPECT-CT. • Flujo estable por convenios MSP/ISSFA.
Calidad Clínica	• Capacitación y actualización de protocolos.	• Diagnósticos más exactos. • Menor necesidad de estudios adicionales. • Reducción de espera y radiación para el paciente.
Competitividad Institucional	• Costos asociados a posicionamiento.	• CENUCLEAR se posiciona como referente en imagen híbrida ambulatoria. • Aumento de competitividad y diferenciación en el mercado.
Gestión de Información	• Implementación de RIS–PACS interoperable.	• Trazabilidad y calidad en imágenes DICOM. • Mejor seguridad clínica y registro del proceso diagnóstico.

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS Y VALORACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN EN SALUD DEL PROYECTO CENUCLEAR

Este análisis se basa en lo realizado a lo largo del módulo Sistemas de Información en Salud, como parte del programa de Maestría en Gerencia de Servicios de Salud. Cada una de las fases anteriores permitió analizar de manera progresiva la situación tecnológica, operativa y estratégica del Centro de Especialidad Nuclear (CENUCLEAR), institución dedicada al diagnóstico y teragnosis en el campo de la Medicina Nuclear en Quito, Ecuador.

En la primera fase, se realizó un diagnóstico del sistema de información existente, identificando las principales limitaciones en el manejo de imágenes médicas, la falta de un repositorio centralizado y la ausencia de interoperabilidad entre las áreas. Se evidenció que la dependencia de formatos no estandarizados (JPG/PNG) y la gestión manual de la información representaban riesgos para la trazabilidad, la seguridad de los datos y la calidad diagnóstica.

En la segunda fase, el análisis se amplió hacia los usuarios, los tipos de registros y la calidad de los datos manejados dentro del sistema. Se estableció una clasificación de usuarios internos y externos, y se evaluaron los procesos de ingreso, validación y resguardo de la información clínica y administrativa. Este estudio permitió dimensionar las brechas tecnológicas y formativas existentes, así como reconocer la necesidad de fortalecer la integración digital entre áreas clínicas, administrativas y de soporte técnico.

Finalmente, en la tercera fase, se consolidó una propuesta tecnológica integral mediante la incorporación de un sistema RIS–PACS (Radiology Information System – Picture Archiving and Communication System) como eje del nuevo Sistema de Información en Salud de CENUCLEAR. Este sistema permitiría no solo la gestión estandarizada de imágenes en

formato DICOM y la automatización de procesos, sino también la construcción de una base sólida para la interoperabilidad con futuros módulos de Historia Clínica Electrónica (HCE). A partir de este avance, se plantea una visión prospectiva orientada hacia la adopción progresiva de tecnologías de Big Data e Inteligencia Artificial (IA), que potenciarán la capacidad analítica, la precisión diagnóstica y la eficiencia operativa del centro. Estas herramientas permitirán transformar los datos clínicos e imagenológicos en información estratégica, mejorando la toma de decisiones y posicionando a CENUCLEAR como referente nacional en innovación tecnológica aplicada a la Medicina Nuclear.

4.1. Caracterización del sistema de información

Sistema actual

CENUCLEAR no dispone de un PACS formal. El flujo de información se sostiene con dos gammacámaras conectadas a estaciones de trabajo, donde los licenciados en radiología procesan imágenes y las almacenan en formatos JPG o PNG. Posteriormente, se remiten a los médicos nucleares para su interpretación, y los informes finales se entregan al paciente, principalmente por correo electrónico.

Limitaciones principales:

- Pérdida de calidad diagnóstica al convertir imágenes.
- Ausencia de repositorio centralizado.
- Escasa trazabilidad y seguridad de datos.
- Nula interoperabilidad con sistemas futuros como el SPECT-CT.

4.1.1. Sistema proyectado

El PACS (Picture Archiving and Communication System) es un sistema especializado para la gestión de imágenes médicas que permite almacenar, archivar, distribuir y visualizar estudios en formato estándar DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). A

diferencia del almacenamiento convencional en formatos como JPG o PNG, el PACS conserva toda la información diagnóstica y metadatos asociados, asegurando la calidad de las imágenes, su trazabilidad y la posibilidad de compartirlas de forma segura entre diferentes profesionales o instituciones de salud.

Se propone implementar un sistema PACS, que permita:

- Almacenar, recuperar y compartir imágenes médicas en formato estándar DICOM.
- Integrar equipos actuales y proyectados, garantizando continuidad operativa.
- Mejorar los flujos de trabajo mediante centralización de la información.
- Garantizar confidencialidad y trazabilidad de los datos clínicos.
- Interoperar con plataformas externas, como Historias Clínicas Electrónicas.

4.1.2. Comparación y justificación

La transición hacia un PACS representa un salto estratégico: soluciona las limitaciones actuales, asegura la calidad diagnóstica y prepara a la institución para enfrentar el aumento en la complejidad y volumen de estudios, particularmente con la incorporación del SPECT-CT.

4.1.3. Matriz de los principales componentes del SIS (situación actual)

Tabla 8. Matriz de diagnóstico del Sistema de Información de Imágenes (SIS) en CENUCLEAR: situación actual, fortalezas, debilidades y recomendaciones

Componente / Criterio	Situación actual	Fortalezas	Debilidades	Recomendaciones
Infraestructura	Actualmente no se cuenta con un sistema PACS. Contamos con dos gammacámaras y dos estaciones de trabajo donde se procesan las imágenes gammagráficas. Esto no sería suficiente para estudios voluminosos como SPECT-CT, debido al peso y formato de las imágenes (DICOM).	Disponibilidad de dos gammacámaras en funcionamiento.	No existe PACS.	Implementar un sistema PACS y adecuar un servidor central.
		Estaciones de trabajo operativas.	Limitación para manejar estudios voluminosos como SPECT-CT.	Preparar la infraestructura para la integración futura de SPECT-CT.
		Capacidad básica instalada para diagnóstico.	Riesgo de saturación y pérdida de trazabilidad.	
Recursos humanos	Licenciados en radiología se encargan de pasar imágenes de gammacámara a estaciones de trabajo, procesarlas y guardarlas en formato JPG o PNG.	Personal calificado y con experiencia.	No existe formación avanzada en manejo de DICOM y PACS.	Capacitación en PACS y manejo de DICOM para todo el personal involucrado.
		Adaptabilidad para procesar imágenes con recursos disponibles.	Riesgo de pérdida de calidad y errores de archivo.	Crear protocolos internos de manejo de archivos.
		Compromiso del equipo.	Dependencia del criterio individual. No se dispone de un responsable del área de sistemas.	
Procesos	Se toman imágenes en gammacámara, se envían a estaciones de trabajo donde el licenciado las procesa a su criterio, se guarda la imagen en JPG, se envía a médicos nucleares para informe y finalmente se remite al paciente por correo electrónico.	Flujo establecido y operativo.	Pérdida de calidad al exportar a JPG.	Implementar un flujo digital integrado con PACS.
		Comunicación entre tecnólogos y médicos nucleares.	Riesgo de pérdida de datos y errores humanos.	Centralizar almacenamiento con respaldo seguro.
		Rapidez en entrega al paciente mediante formatos livianos.	Falta de trazabilidad y archivo centralizado.	Automatizar envío y resguardo de informes médicos.
		Conectividad en red interna.	Dependencia de herramientas externas (OneDrive).	Invertir en software PACS y licencias completas.

Herramientas tecnológicas	Red interna, 2 estaciones de trabajo, Xeleris 2, nube y sistema OneDrive.	Uso de herramientas de respaldo en la nube.	Falta de integración con sistema de gestión clínica.	Integrar con un sistema de historia clínica electrónica (RIS).
		Software Xeleris disponible (y Jetstream Pegasys).		
Calidad de datos (validez, confiabilidad, oportunidad, cobertura, accesibilidad / seguridad)	Se puede perder calidad en la imagen al convertir de DICOM a JPG o PNG.	Imágenes disponibles para entrega al paciente.	- Pérdida de calidad y detalle diagnóstico.	Estandarizar el uso de DICOM como formato oficial para todas las imágenes, tanto gammagráficas como híbridas (CT).
		Rapidez en formatos livianos (JPG/PNG).	Riesgo legal/ético por falta de archivo en formato estándar (DICOM).	

4.1.4. Análisis FODA del SIS

Tabla 9. Matriz FODA cruzada del Sistema de Información de Imágenes (SIS) en CENUCLEAR: fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas frente a SPECT-CT

		Factores internos	
		Fortalezas	Debilidades
Factor externo	Oportunidades	FO: Se cuenta con médicos nucleares y licenciados en radiología calificados. Dos gammacámaras y estaciones de trabajo operativas. Flujo básico establecido. Uso de Xeleris, Jetstream y nube.	DO: Implementación de PACS para digitalización total. Posibilidad de integrar SPECT-CT y tecnologías híbridas. Avances en telemedicina e interoperabilidad con instituciones.
	Amenazas	FA: Riesgo de obsolescencia frente a centros con PACS o tecnología híbrida. Pérdida de calidad diagnóstica. Incremento de volumen de pacientes que podría saturar la infraestructura.	DA: Dependencia de imágenes JPG/PNG. Limitaciones de trazabilidad y seguridad. Dependencia de herramientas externas no diseñadas para uso clínico.

4.1.4.1. Análisis de Matriz FODA

Al revisar la situación de CENUCLEAR, se observa que sus fortalezas actuales constituyen también oportunidades de crecimiento. Contar con un equipo humano comprometido y con experiencia permite, mediante la capacitación adecuada, adaptarse a sistemas más avanzados como el PACS. Asimismo, disponer de dos gammacámaras operativas brinda margen para integrar nuevas

herramientas tecnológicas sin interrumpir la atención diaria a los pacientes, generando confianza tanto en el personal como en los usuarios.

Estas fortalezas facilitan, además, enfrentar las amenazas externas. Aunque la competencia dispone de equipos más modernos y los requisitos regulatorios son cada vez más estrictos, la experiencia del equipo y la infraestructura disponible proporcionan la capacidad de respuesta necesaria. De manera similar, el uso actual de herramientas como Xeleris, Jetstream y servicios en la nube, aunque limitadas, evidencia la capacidad de adaptación del centro para mantener la continuidad y calidad del servicio.

Al revisar las debilidades y oportunidades, se vuelve claro que es necesario incorporar un sistema PACS. Hoy existen limitaciones relacionadas con la ausencia de lineamientos estandarizados y con la poca formación en el manejo de imágenes en formato DICOM. Superar estos aspectos permitiría al centro adaptarse a la mayor demanda de estudios avanzados y avanzar hacia tecnologías híbridas como el SPECT-CT.

Finalmente, al analizar las debilidades frente a las amenazas, se reconoce un riesgo significativo: el uso de formatos de imagen como JPG o PNG no solo compromete la calidad diagnóstica, sino que también expone a la institución a posibles problemas legales y de seguridad de datos. A esto se suma la dependencia de herramientas externas no diseñadas para el ámbito médico, lo que incrementa la vulnerabilidad del centro y evidencia la brecha tecnológica frente a instituciones que ya operan con PACS.

4.2. Análisis de Usuarios, Registros y Calidad de Datos en el SIS de CENUCLEAR

El sistema de información existente combina registros manuales y digitales en formatos como JPG o PNG, generando riesgos de pérdida de calidad diagnóstica, trazabilidad limitada, escasa seguridad de datos y dificultades para integrar nuevas tecnologías. La incorporación de un SISTEMA DE INFORMACIÓN EN SALUD (SIS) integral, que incluya PACS y se integre con la futura implementación del SPECT-CT, permitirá optimizar la atención, reducir errores, mejorar tiempos de respuesta y fortalecer la competitividad de la institución.

Este análisis se centra en tres dimensiones críticas: usuarios del sistema, registros gestionados y calidad de los datos, con el objetivo de evaluar si el SIS satisface las necesidades de los distintos actores, captura información esencial y genera datos confiables y útiles para la toma de decisiones clínicas y operativas.

4.2.1. Identificación y clasificación de usuarios:

Los usuarios se clasifican en internos y externos, considerando su rol y nivel de interacción con la información.

Internos:

- **Recepcionistas:** Registran datos demográficos, de contacto y facturación en Excel y envían resultados a pacientes mediante PACS/RIS.
- **Licenciados en Radiología:** Ingresan datos y procesan imágenes en estaciones de trabajo y gammacámaras, asegurando su calidad.
- **Médicos nucleares:** Interpretan estudios y generan informes clínicos.
- **Representante Legal - Gerente:** Accede a estadísticas de productividad y tiempos de atención para evaluar calidad del servicio.
- **Médico Residente:** Realiza una pequeña historia clínica de cada paciente previo al examen.

- Personal técnico especializado en diagnóstico: Garantiza el mantenimiento, calibración y operación de los equipos.

Externos:

- Médicos Radiólogos externos: Interpretan imágenes tomográficas
- Pacientes: Revisión de resultados
- Médico tratante (derivadores): Acceden a resultados para continuidad del cuidado y decisiones terapéuticas.
- Referencia: Manuales internos CENUCLEAR

4.2.2. Descripción de registros básicos

Actualmente se manejan registros manuales y digitales que no se integran y son más susceptibles de errores humanos.

- Datos demográficos
- Historia clínica
- Datos de facturación: pagos y facturación.
- Imágenes de los estudios en DICOM
- Imágenes en formato JPG
- Informes médicos
- Archivos en nube
- Referencia: Manuales internos CENUCLEAR

4.2.3. Evaluación de la calidad de los datos

El proceso actual permite mantener la operación clínica, pero su falta de integración con tecnologías avanzadas limita la calidad diagnóstica y la eficiencia operativa. La implementación de un PACS resolvería estas limitaciones y prepararía a CENUCLEAR para la incorporación del SPECT-CT, mejorando la precisión diagnóstica, la trazabilidad de datos y la seguridad del paciente.

Tabla 10. Evaluación de la calidad del Sistema de Información de Imágenes (SIS) según criterios de validez, confiabilidad, oportunidad, cobertura y seguridad

	Criterio de calidad	1	2	3	4	5
A	Validez				X	
B	Confiabilidad				X	
C	Oportunidad				X	
E	Cobertura			X		
E	Seguridad				X	

1	Muy deficiente: no cumple con el criterio, los datos no son útiles ni confiables.
2	Deficiente: cumple parcialmente, existen fallas importantes que afectan su uso.
3	Aceptable: cumple de forma básica, aunque con limitaciones que deben mejorar.
4	Bueno: cumple adecuadamente, con pocos aspectos por mejorar.
5	Excelente: cumple totalmente con el criterio, datos de alta calidad.

Criterios de calidad en función de la matriz de evaluación

- **Validez:** 4 puntos. Datos generalmente correctos, aunque sujetos a errores de ingreso manual.
- **Confiabilidad:** 4 puntos. Información consistente y coherente en registros clínicos y administrativos.

- **Oportunidad:** 4 puntos. Acceso a información disponible siempre que la red esté operativa.
- **Cobertura:** 3 puntos. Limitada para pacientes con acceso tecnológico restringido y adultos mayores.
- **Seguridad:** Cumple con la Ley de Protección de Datos Personales y protocolos internos.

Referencia

- Normativa del Ministerio de Salud Pública
- Manual de Seguridad del Paciente

4.3. Análisis del Papel de las TIC en el SIS

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) desempeñan un papel esencial en la eficiencia, calidad y sostenibilidad de los servicios de salud. En el caso de CENUCLEAR, su integración permitiría transformar los procesos de gestión clínica, control operativo, investigación y seguridad de la información. Actualmente, el uso de TIC se limita a herramientas básicas como hojas de cálculo, almacenamiento en la nube (OneDrive) y el software Xeleris para procesamiento de imágenes. Estas soluciones, aunque funcionales, no garantizan interoperabilidad ni seguridad completa.

La incorporación de sistemas RIS–PACS permitirá gestionar imágenes médicas en formato DICOM, reducir la dependencia de procesos manuales y mejorar la trazabilidad de los datos. Además, el aprovechamiento de plataformas digitales posibilitará generar indicadores de desempeño, fortalecer la toma de decisiones clínicas y administrativas, y facilitar la comunicación entre profesionales dentro y fuera de la institución.

A mediano plazo, la integración de tecnologías de Big Data e Inteligencia Artificial (IA) se proyecta como un paso evolutivo, ya que permitirá el análisis

masivo de datos para identificar patrones diagnósticos, optimizar recursos y mejorar la precisión en los tratamientos. De esta forma, las TIC se constituyen en un eje estratégico para la consolidación de un sistema de salud moderno, seguro y basado en la evidencia.

4.3.1. Evaluación de Herramientas Digitales Aplicables

El análisis de las herramientas digitales aplicables al sistema de información de CENUCLEAR parte directamente de los hallazgos obtenidos en las entregas previas de este módulo. En la Semana 1, por ejemplo, quedó claro que el sistema actual tiene varias limitaciones que ya afectan el trabajo diario: todavía se guardan muchos datos de forma manual, se siguen usando imágenes en formatos como JPG o PNG que no permiten una trazabilidad real, y además no existe una integración efectiva entre áreas, lo que dificulta bastante el flujo del trabajo. Tampoco hay interoperabilidad con tecnologías más avanzadas, como sería un SPECT-CT. En la Semana 2 se profundizó un poco más en estos problemas. Ahí se identificaron los usuarios internos y externos, los tipos de información que maneja cada persona y la calidad de los registros. Todo esto terminó mostrando que realmente hace falta unificar procesos y fortalecer aspectos básicos como la validez, la confiabilidad y la seguridad de los datos. No es solo un tema organizativo; es algo que repercute directamente en lo clínico.

Con ese diagnóstico previo ya más claro, esta fase (Semana 3) se centra en evaluar qué herramientas TIC podrían solucionar esas debilidades y, al mismo tiempo, aprovechar las oportunidades que ya estaban señaladas en el FODA institucional.

La primera herramienta prioritaria es el RIS (Radiology Information System), concebido como el sistema central de gestión clínica y administrativa. Este permitirá organizar los flujos de trabajo desde la recepción del paciente hasta la emisión del informe médico, integrando los módulos de agendamiento, registro,

facturación y control de resultados. Su implementación solucionará las deficiencias detectadas en la caracterización previa, al reducir los errores de ingreso manual, eliminar la duplicidad de datos y generar indicadores automáticos de productividad, calidad y tiempos de atención.

El segundo componente clave es el PACS (Picture Archiving and Communication System). Esta herramienta responde a un problema muy específico que ya se había mencionado desde el inicio: el manejo de imágenes. El PACS permite almacenar, recuperar y compartir estudios en formato DICOM, conservando la calidad diagnóstica y garantizando que siempre haya un registro claro de cada examen. También es importante porque permitirá empatar, sin mayores complicaciones, las imágenes que produzca un futuro SPECT-CT, facilitando así la comparación entre estudios y la lectura híbrida.

Con estas dos bases, se puede pensar en algo un poco más amplio: integrar el RIS-PACS con una Historia Clínica Electrónica (HCE). La idea es que toda la información —clínica, administrativa, económica— quede en un solo lugar. Esto ayudaría a darle coherencia a todo el flujo del paciente y facilitaría muchísimo el seguimiento y la toma de decisiones. Además, evitaría que la información quede repartida en archivos sueltos o en sistemas que no se “hablan” entre sí.

Pensando un poco hacia el futuro, y siguiendo la visión de mejora continua que se mencionó en el FODA, también es posible considerar herramientas de Big Data e Inteligencia Artificial. Estas tecnologías permitirían analizar volúmenes grandes de datos, reconocer patrones que ahora mismo es difícil detectar y apoyar decisiones sobre asignación de recursos, tiempos de espera, priorización de estudios o incluso predicciones epidemiológicas. Aunque esto no se implementaría de inmediato, sí es importante incluirlo en la planificación porque apunta hacia donde se está moviendo el sector salud en general.

En resumen, la adopción progresiva de estas herramientas digitales (RIS, PACS,

HCE y eventualmente Big Data e IA) representa la evolución lógica del sistema de información descrito en las entregas anteriores. Con su implementación, CENUCLEAR podría consolidar una gestión más moderna, basada en datos confiables, que fortalezca la calidad, la seguridad del paciente y la eficiencia institucional. Y aunque es un proceso que toma tiempo, sí marca una ruta clara hacia un sistema mucho más ordenado, integrado y alineado con las tecnologías de imagen actuales

4.3.2. Control y Evaluación con TIC

El uso de TIC en los procesos de control y evaluación permitirá automatizar la validación de datos, estandarizar indicadores y optimizar la gestión del desempeño institucional.

Los mecanismos de control deben incluir:

- Monitoreo de productividad: Número de estudios realizados, tiempos de atención y reportes por profesional.
- Indicadores de calidad diagnóstica: Revisión periódica de concordancia entre informes y resultados clínicos.
- Seguridad de la información: Cumplimiento de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (Ecuador, 2021) y normas ISO 27001.
- Evaluación continua: Auditorías internas del sistema RIS–PACS para detectar errores, caídas o duplicidades.

La automatización junto con el uso de analítica de datos, ayudará a CENUCLEAR a trabajar con menos trámites manuales, cometer menos errores y tener información inmediata para tomar decisiones con mayor claridad.

4.4. Propuestas de Integración Tecnológica

- Adopción de herramientas TIC: Implementar de forma progresiva un sistema RIS– PACS interoperable con los equipos actuales (gammacámaras) y futuros (SPECT-CT), garantizando la trazabilidad de la información y la continuidad de la atención.
- Mejora de la interoperabilidad: Integrar el sistema RIS–PACS con la Historia Clínica Electrónica (HCE) y los módulos contables, para unificar los datos clínicos, administrativos y financieros de los pacientes.
- Fortalecimiento de la seguridad y privacidad de datos: Adoptar políticas y procedimientos de seguridad basados en la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y en los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la gestión de información sanitaria.
- Integración de TIC en investigación: Diseñar un módulo de investigación asociado al RIS–PACS que permita recopilar y analizar datos clínicos y de imagen con fines estadísticos y de innovación, preparando la infraestructura para la incorporación de Big Data en el mediano plazo.

4.4.1. Matriz de Integración Tecnológica

Tabla 11. Evaluación de la gestión de información y TIC en CENUCLEAR: situación actual, brechas y recomendaciones

Dimensión	Situación Actual	Herramientas TIC Aplicables	Brechas / Oportunidades	Recomendaciones
Gestión con TIC	El manejo de información clínica y administrativa es parcial. Se usa Excel y OneDrive, pero no hay integración entre áreas.	Sistema RIS/PACS, historia clínica electrónica, y software de gestión interna.	La información no se comparte fácilmente entre los diferentes usuarios (falta de interoperabilidad).	Implementar un sistema único o varios sistemas interoperables que conecten todas las áreas y permitan compartir la información de forma segura y rápida.

Control y evaluación	Los reportes y controles se realizan manualmente. No existen métricas automáticas ni seguimiento digital de procesos.	Herramientas de Big Data, tableros de control (Power BI, Tableau) e inteligencia artificial para validar datos.	Lentitud en los procesos y falta de indicadores claros sobre productividad y calidad del servicio.	Automatizar el control y la validación de datos mediante sistemas digitales que generen informes automáticos de desempeño.
Investigación con TIC	Los datos clínicos y administrativos no están integrados, lo que limita los estudios internos o comparaciones entre periodos.	Plataformas de análisis colaborativo, bases de datos centralizadas, y entornos analíticos (Python, R).	La información está dispersa y no se aprovecha para investigación o mejora continua.	Crear un repositorio único de datos que permita hacer análisis, identificar tendencias y apoyar investigaciones clínicas o de gestión.
Seguridad y privacidad	Se cumple con las normas básicas de confidencialidad, pero sin herramientas tecnológicas de protección avanzadas.	Encriptación, respaldo en la nube con acceso restringido, y monitoreo de ciberseguridad que apliquen alertas preventivas y correctivas.	Riesgo de pérdida de datos o accesos no autorizados por falta de medidas digitales más fuertes.	Fortalecer los protocolos de seguridad digital, capacitar al personal y establecer respaldos automáticos en servidores locales y/o externos seguros.

CAPITULO 5

5. ANÁLISIS DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL PROYECTO CENUCLEAR: ENFOQUE ESTRATÉGICO Y OPERATIVO

Introducción

La gestión de la calidad en los servicios de salud ha experimentado una evolución profunda desde los modelos iniciales de inspección sanitaria del siglo XIX hasta los actuales sistemas de gestión total de la calidad, caracterizados por la mejora continua, el uso de herramientas estadísticas, la estandarización de procesos y un enfoque transversal en la seguridad del paciente. Este tránsito histórico ha permitido fortalecer la eficiencia institucional, la precisión diagnóstica y la satisfacción de los usuarios en distintos contextos sanitarios, tanto públicos como privados.

En el presente análisis integramos la Gestión de la Calidad, articulándolos con las exigencias de la guía académica y con el proyecto institucional de CENUCLEAR: la evaluación de la viabilidad técnica, clínica, organizacional y financiera para la implementación de un equipo híbrido SPECT-CT. La incorporación de esta tecnología representa un hito estratégico para la institución, al permitir mejorar la precisión diagnóstica, ampliar la cartera de servicios, fortalecer la competitividad y responder a estándares contemporáneos de calidad en medicina nuclear.

Analizamos la evolución histórica de la gestión de la calidad y su aplicación directa al proyecto SPECT-CT; desarrollamos el árbol de problemas y el árbol de objetivos; integramos el análisis estadístico de la base institucional 2023–2025; construimos estándares de calidad acordes con el modelo de Donabedian y las recomendaciones internacionales; elaboramos un cuadro sinóptico de los componentes clave de calidad; y proponemos una estructura organizacional funcional a la calidad. Este conjunto de elementos conforma un abordaje

integral que articula teoría, gestión por procesos, estadística aplicada y desarrollo organizacional dentro de un marco de mejora continua.

5.1. GESTIÓN DE CALIDAD EN SALUD- EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADA AL PROYECTO SPECT-CT EN CENUCLEAR

5.1.1. De la inspección al control institucional:

En el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, la calidad se concebía como una función de inspección centrada en la verificación del cumplimiento de normas básicas e higiénicas. En el ámbito de la salud, se trataba principalmente de supervisar las condiciones físicas, sanitarias y de seguridad.

En CENUCLEAR, esta etapa se refleja en las auditorías iniciales y controles regulatorios requeridos para la habilitación del nuevo servicio de medicina nuclear. Estos procesos están a cargo de dos entidades principales:

- El Ministerio de Salud Pública (MSP), como ente rector del sistema nacional de salud y responsable de la habilitación sanitaria.
- La Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), dependiente del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, como autoridad técnica nacional en materia radiológica, encargada del licenciamiento, la seguridad física de las fuentes y el cumplimiento de las normas de la OIEA.

Ambas instituciones garantizan que el servicio cumpla los estándares de bioseguridad, radioprotección y calidad diagnóstica, asegurando condiciones óptimas antes de la puesta en marcha del nuevo equipo SPECT-CT.

5.1.2. Control estadístico y estandarización

Durante las décadas de 1930 a 1950, la gestión de calidad incorporó herramientas estadísticas para medir la variabilidad de los procesos y promover la estandarización de resultados.

En el proyecto SPECT-CT, esta etapa se traduce en la aplicación de protocolos técnicos validados internacionalmente, el uso de controles de calidad físicos diarios, semanales y mensuales, y la calibración periódica del detector.

CENUCLEAR cuenta con un Departamento de Física Médica, conformado por dos físicos médicos y dos oficiales de seguridad radiológica, que garantizan el cumplimiento de los programas de control y aseguramiento de la calidad.

Actualmente, este departamento realiza controles de calidad continuos sobre las dos gammacámaras existentes, de acuerdo con el cronograma institucional aprobado. Una vez instalado el SPECT-CT, el equipo será incorporado al programa integral de control de calidad, siguiendo los mismos lineamientos técnicos y normativos.

La futura implementación del sistema RIS/PACS (Radiology Information System / Picture Archiving and Communication System) permitirá registrar, almacenar y analizar los datos de imagen y rendimiento del equipo, fortaleciendo la trazabilidad y el seguimiento de los indicadores de calidad diagnóstica.

5.1.3. Aseguramiento de la calidad

Entre las décadas de 1950 y 1980 surgió el enfoque de aseguramiento de la calidad, orientado a la prevención de errores mediante procedimientos sistemáticos y capacitación continua.

En CENUCLEAR, este principio se aplica a través de manuales de

procedimientos normalizados (SOP), protocolos de control de calidad físico-clínico, y formación constante del personal médico, físico y técnico.

Los oficiales de seguridad radiológica desempeñan un rol esencial en este proceso, realizando controles de calidad específicos al material radiactivo y asegurando que todos los procedimientos operen dentro de los parámetros establecidos por los manuales institucionales y las normativas de la SCAN.

Su trabajo garantiza que cada actividad se mantenga dentro de los límites de exposición permitidos, resguardando tanto la seguridad del paciente como la del personal operativo.

La integración del SPECT-CT, que combina información anatómica y funcional, exige una verificación rigurosa de la exactitud diagnóstica, lo que implica auditorías internas, revisión cruzada de informes y monitoreo de indicadores como repetición de estudios, resolución de imágenes y satisfacción del paciente.

5.1.4. Gestión total de la calidad y modernización institucional

Desde la década de 1990 hasta la actualidad, la Gestión Total de la Calidad (TQM) ha promovido una visión global e institucional, basada en la participación de todos los actores, la mejora continua y la satisfacción del usuario.

En CENUCLEAR, esta etapa se materializa con la creación de una cultura de calidad compartida que involucra al personal médico, técnico, administrativo, físico y de mantenimiento.

El proyecto SPECT-CT simboliza este cambio de paradigma, integrando la tecnología con la gestión. La incorporación del RIS/PACS, la medición sistemática de indicadores y la participación activa del equipo

multidisciplinario permiten consolidar un modelo sostenible de excelencia institucional y seguridad del paciente.

Estos avances constituyen el marco conceptual que sustenta la actual estrategia de gestión de calidad en CENUCLEAR y su proceso de modernización tecnológica.

5.1.5. Comparación entre las etapas históricas de la calidad y su aplicación en CENUCLEAR

Tabla 12. Aplicación de las etapas históricas de la calidad en el proyecto SPECT-CT de CENUCLEAR

Etapa histórica de la calidad	Aplicación en el proyecto Spect-Ct CENUCLEAR
Inspección y control institucional	Auditorías del MSP y SCAN, controles de bioseguridad y licenciamiento radiológico antes de la operación del SPECT-CT.
Control estadístico y estandarización	Programas de control físico de las gammacámaras, calibraciones periódicas, integración futura del SPECT-CT y registro mediante RIS/PACS.
Aseguramiento de la calidad	Procedimientos normalizados, capacitación del personal, controles de material radiactivo por los oficiales de seguridad radiológica e indicadores de desempeño.
Gestión total de la calidad	Cultura organizacional, mejora continua, satisfacción del paciente y enfoque multidisciplinario.

5.2. Modelos y herramientas para la Mejora Continua de la Calidad en Salud

La calidad en los servicios de salud se ha consolidado como un eje estratégico para garantizar una atención segura, eficiente y centrada en la persona. En este capítulo se presentan los fundamentos conceptuales, metodológicos y analíticos que sustentan el proceso de mejora continua aplicado en el contexto del proyecto de investigación de CENUCLEAR. A partir de los modelos contemporáneos de calidad entre ellos, el planteamiento de Donabedian y los enfoques que integran aseguramiento y mejora continua se construye una base teórica que permite comprender la complejidad de los procesos asistenciales y su impacto en los

resultados institucionales.

Con el propósito de delimitar el problema central de estudio y orientar la formulación de soluciones, se elaboraron el árbol de problemas y el árbol de objetivos, que permiten visualizar de manera estructurada las causas, efectos y metas estratégicas asociadas a la brecha de calidad identificada. Estas herramientas fueron complementadas con gráficos estadísticos, indicadores y análisis cuantitativos, los cuales proporcionan evidencia objetiva respecto al desempeño actual, las oportunidades de mejora y la magnitud del impacto de los procesos evaluados.

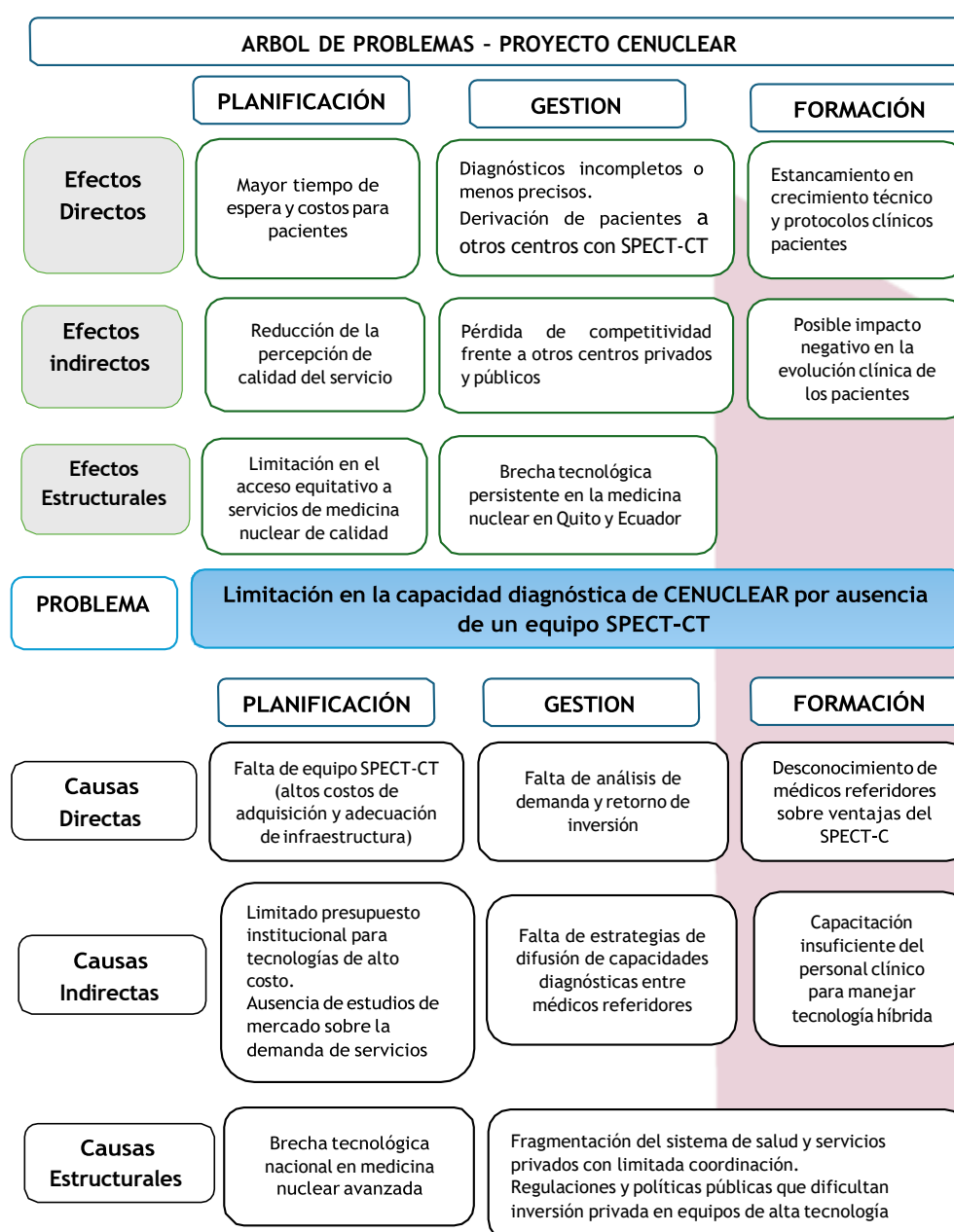
5.2.1. Árbol de problemas del proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR

El árbol de problemas en el proyecto CENUCLEAR nos ayuda a:

- Identificar y visualizar el problema central que afecta a una población o proceso específico.
- Analizar sus causas directas e indirectas, así como los factores que las originan.
- Comprender sus efectos o consecuencias, facilitando la dimensión real del impacto del problema.
- Establecer relaciones lógicas entre causas y efectos, lo que permite evitar diagnósticos superficiales.
- Priorizar áreas críticas, ya que revela dónde se deben concentrar los esfuerzos de intervención.

Figura 1: Árbol de Problemas del Proyecto CENUCLEAR: Limitaciones Diagnósticas por Ausencia de Equipo SPECT-CT

Evaluación de la viabilidad para la implementación de un servicio SPECT-CT en CENUCLEAR de julio a octubre del 2025 en Quito, Ecuador

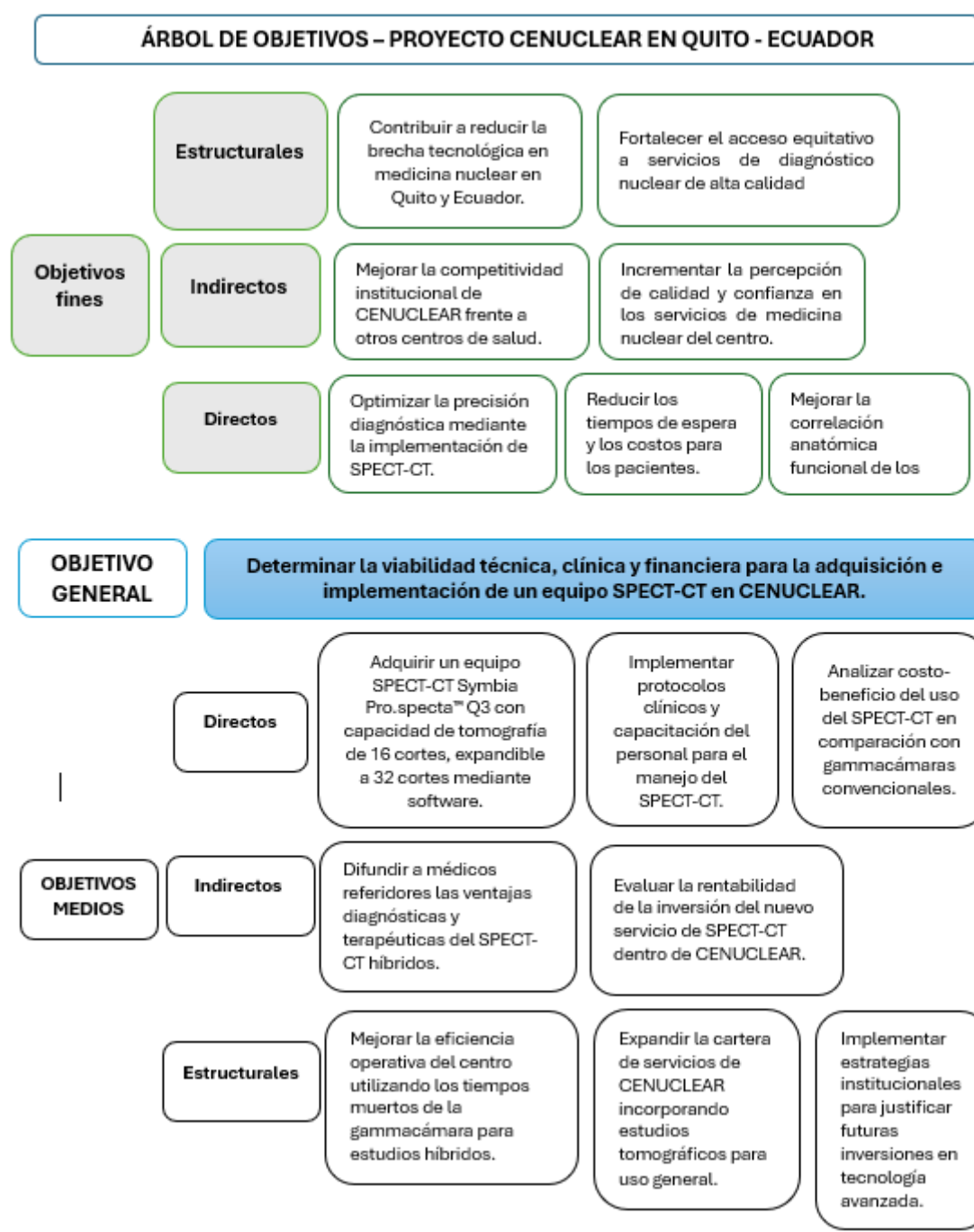


5.2.2. Árbol de objetivos del proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR

El árbol de objetivos, construido a partir del árbol de problemas en este proyecto nos ayuda a:

- Transformar cada problema identificado en un objetivo alcanzable, convirtiendo causas en medios y efectos en fines.
- Visualizar la situación futura deseada, con metas claras y coherentes.
- Estructurar una cadena lógica de intervención, mostrando cómo los medios contribuyen al logro de los fines.
- Guiar la formulación de estrategias y acciones concretas, asegurando que estas respondan de manera directa a las causas del problema.
- Favorecer la planificación de mejoras sostenibles, alineadas con los resultados esperados

Figura 2. Árbol de objetivos – Proyecto CENUCLEAR en Quito - Ecuador



5.3. Análisis estadístico 2023–2025

Se trabajó con la base ‘BASE DE DATOS GENERAL CENUCLEAR’ (Filtrada 2023–2025). Se generaron tablas de frecuencias absoluta, relativa y acumulada por tipo de estudio; se agruparon los precios en clases mediante la regla de Sturges; y se creó la variable Indicación SPECT-CT (Sí vs Depende) según criterios operativos.

Se elaboraron tres representaciones estadísticas a partir de las tablas: histograma, polígono de frecuencias y ojiva (para la variable precio). Para los tipos de estudio se incluyó una gráfica de barras; y para la indicación SPECT-CT, una gráfica de barras comparativa.

5.3.1. Tablas de frecuencia

Con el fin de describir la distribución de los estudios realizados en CENUCLEAR, se construyeron tablas de frecuencia absoluta, relativa y acumulada para la variable “estudio”. Estas tablas permiten identificar la proporción de cada tipo de procedimiento dentro del total de 5.174 registros analizados y facilitan la caracterización de los estudios más prevalentes en el servicio.

A continuación, se presentan las tablas correspondientes junto con una breve interpretación de cada una:

Tabla 13. Frecuencia absoluta de los estudios realizados (n = 5.174)-

La frecuencia absoluta muestra cuántas veces se realizó cada tipo de estudio durante el período analizado, permitiendo identificar los procedimientos con mayor carga operativa.

Estudio	Frecuencia absoluta
G. OSEA	3962
G. GANGLIO CENTINELA	296
G. RENAL MAG3	285
G. PARATIROIDES	274
G. OSEA 3 FASES	231
G. PULMONAR V/Q	181
G. TIROIDEA CON Tc-99m	177
RCT	176
G. RENAL DMSA	166
G. RENAL DTPA	133
G. TIROIDEA CON I-131	126
G. OSEA CONDILOS	113
G. CARDIACA	40
G. OCTREOSCAN	36
G. MUGA	31
G. ÓSEA UBIQUICIDINA	15
G. GLANDULAS SALIVALES	14
G. HEPATOBILIAR	12
G. VACIAMIENTO GASTRICO	10
G. SANGRADO DIGESTIVO	9
G. DIVERTICULO DE MECKEL	5
G. CARDIACA POR AMILOIDOSIS	4
G. CEREBRAL CON ECD	3
CISTERNOGAMMAGRAFIA	2
G. TESTICULAR	2
MIBG	2
G. CEREBRAL CON TRODAT	2
G. HEPATO ESLENICA	2

G. DACRIOGAMMAGRAFIA	2
G. RENAL CON CAPTOPRIL	2
LINFOGAMMAGRAFIA	1
G. OSTREOSCAN	1
PMSA	1
G VACIAMIENTO GASTRICO	1
G. PSMA	1

La Gammagrafía Ósea representa con amplitud el procedimiento más frecuente del servicio, seguida por estudios renales (MAG3, DMSA, DTPA), paratiroides y pulmonares. Esto evidencia un perfil institucional fuertemente orientado a patologías osteoarticulares y nefrológicas.

Tabla 14. Tabla X+1. Frecuencia relativa de los estudios realizados

La frecuencia relativa expresa la proporción que representa cada estudio respecto del total de registros, permitiendo identificar su peso porcentual dentro del conjunto.

estudio	frecuencia_relativa
G. OSEA	0.627097
G. GANGLIO CENTINELA	0.04685
G. RENAL MAG3	0.045109
G. PARATIROIDES	0.043368
G. OSEA 3 FASES	0.036562
G. PULMONAR V/Q	0.028648
G. TIROIDEA CON Tc-99m	0.028015
RCT	0.027857
G. RENAL DMSA	0.026274
G. RENAL DTPA	0.021051
G. TIROIDEA CON I-131	0.019943
G. OSEA CONDILOS	0.017885
G. CARDIACA	0.006331
G. OCTREOSCAN	0.005698
G. MUGA	0.004907

G. ÓSEA UBIQUICIDINA	0.002374
G. GLANDULAS SALIVALES	0.002216
G. HEPATOBILIAR	0.001899
G. VACIAMIENTO GASTRICO	0.001583
G. SANGRADO DIGESTIVO	0.001425
G. DIVERTICULO DE MECKEL	0.000791
G. CARDIACA POR AMILOIDOSIS	0.000633
G. CEREBRAL CON ECD	0.000475
CISTERNOGAMMAGRAFIA	0.000317
G. TESTICULAR	0.000317
MIBG	0.000317
G. CEREBRAL CON TRODAT	0.000317
G. HEPATO ESPLENICA	0.000317
G. DACRIOGAMMAGRAFIA	0.000317
G. RENAL CON CAPTOPRIL	0.000317
LINFOGAMMAGRAFIA	0.000158
G. OSTREOSCAN	0.000158
PMSA	0.000158
G VACIAMIENTO GASTRICO	0.000158
G. PSMA	0.000158

Los resultados confirman que la Gammagrafía Ósea corresponde aproximadamente al 63 % del total de estudios, mientras que la mayoría de los demás procedimientos no superan el 5 % de participación individual. Esto demuestra una distribución concentrada en un número reducido de estudios predominantes.

Tabla 15. Tabla X+2. Frecuencia acumulada de los estudios realizados

La frecuencia acumulada permite observar la progresión porcentual de los estudios conforme se suman desde el más frecuente hasta el menos frecuente, mostrando el grado de concentración del servicio.

estudio	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada
G. OSEA	3962	3962
G. GANGLIO CENTINELA	296	4258
G. RENAL MAG3	285	4543
G. PARATIROIDES	274	4817
G. OSEA 3 FASES	231	5048
G. PULMONAR V/Q	181	5229
G. TIROIDEA CON Tc-99m	177	5406
RCT	176	5582
G. RENAL DMSA	166	5748
G. RENAL DTPA	133	5881
G. TIROIDEA CON I-131	126	6007
G. OSEA CONDILOS	113	6120
G. CARDIACA	40	6160
G. OCTREOSCAN	36	6196
G. MUGA	31	6227
G. ÓSEA UBIQUICIDINA	15	6242
G. GLANDULAS SALIVALES	14	6256
G. HEPATOBILIAR	12	6268
G. VACIAMIENTO GASTRICO	10	6278
G. SANGRADO DIGESTIVO	9	6287
G. DIVERTICULO DE MECKEL	5	6292
G. CARDIACA POR AMILOIDOSIS	4	6296
G. CEREBRAL CON ECD	3	6299
CISTERNOGAMMAGRAFIA	2	6301
G. TESTICULAR	2	6303
MIBG	2	6305
G. CEREBRAL CON TRODAT	2	6307
G. HEPATO ESPLENICA	2	6309
G. DACRIOGAMMAGRAFIA	2	6311
G. RENAL CON CAPTOPRIL	2	6313

LINFOGAMMAGRAFIA	1	6314
G. OSTREOSCAN	1	6315
PMSA	1	6316
G VACIAMIENTO GASTRICO	1	6317
G. PSMA	1	6318

Se observa que los cinco estudios más frecuentes representan más del 90 % del total, lo que confirma la alta concentración de la demanda institucional en procedimientos osteoarticulares y renales. Esta información es clave para la planificación operativa y futura utilización del SPECT-CT.

5.3.2. Gráficas a partir de tablas de frecuencia

Las tablas de frecuencia permiten visualizar la distribución real de los estudios realizados y constituyen la base estadística para la construcción de histogramas, polígonos de frecuencia, ojivas y gráficos comparativos que se presentan a continuación.

Figura 3. Histograma de precios de estudios en CENUCLEAR, Oct. 2025

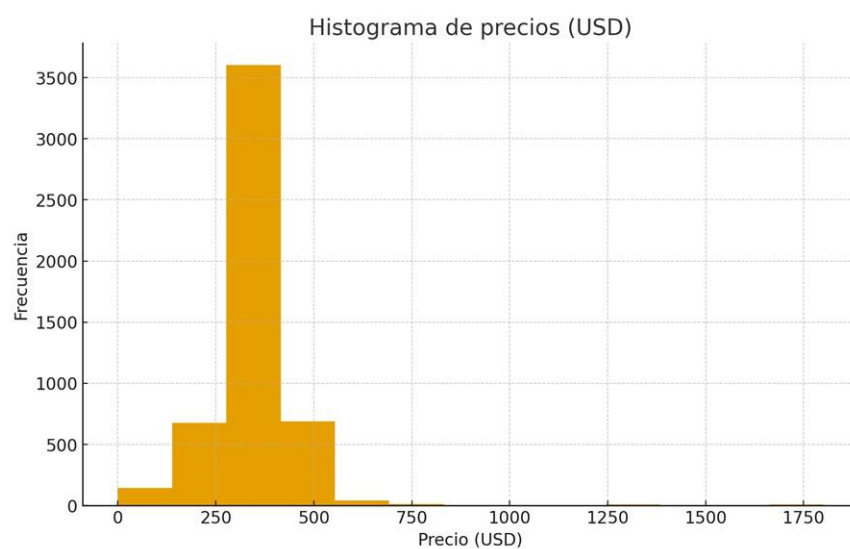


Figura 4. Polígono de frecuencias relacionada a precios en CENUCLEAR, Oct. 2025

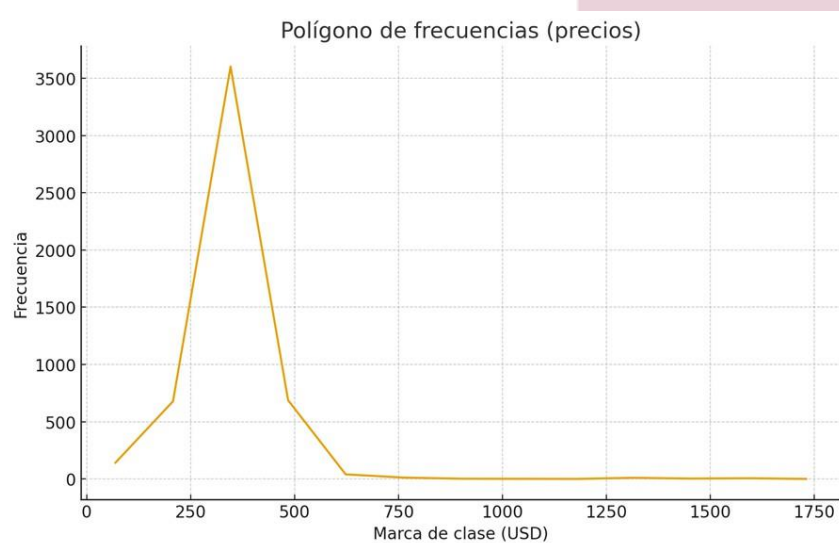


Figura 5. Polígono de frecuencia acumulada en CENUCLEAR

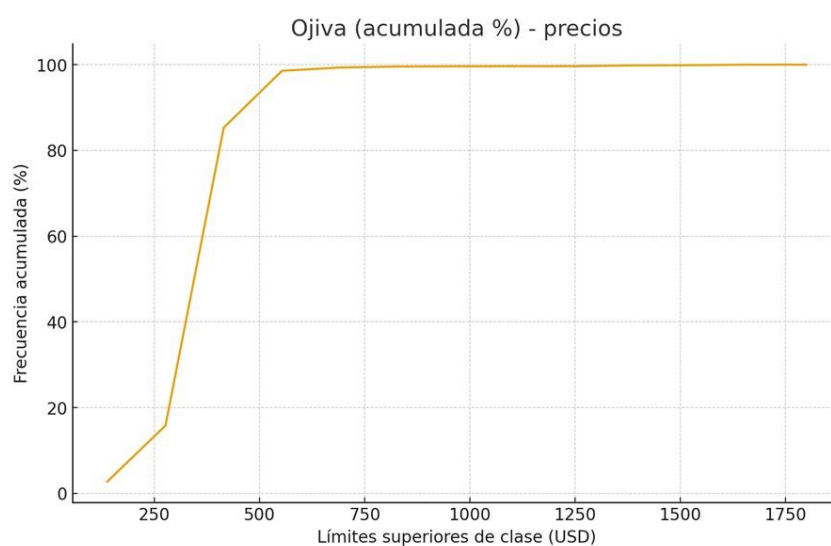


Figura 6. Top 15 de estudios por frecuencia (2023- 2025) en CENUCLEAR

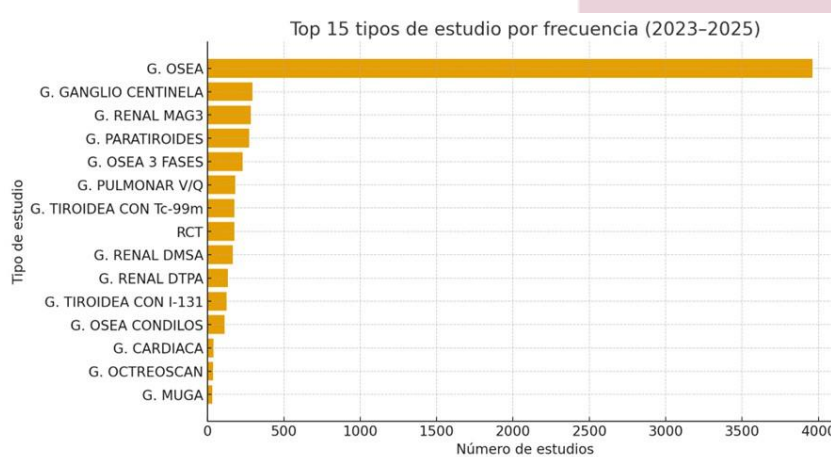
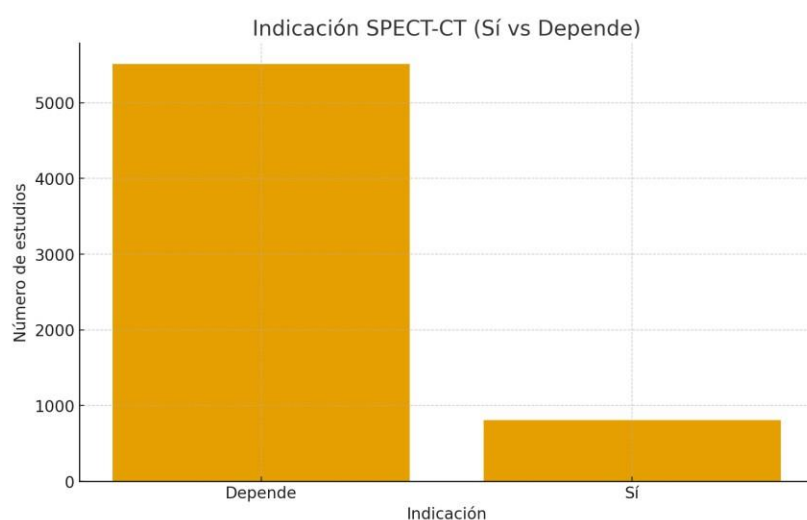


Figura 7. Indicación directa para realizar SPECT- CT



5.3.3. Síntesis cuantitativa

Del análisis estadístico se obtuvieron los siguientes hallazgos clave:

- Los estudios óseos y ganglios centinelas representan una proporción importante del total de exámenes, lo que coincide con los patrones de demanda clínica habituales en medicina nuclear.
- La distribución de precios, analizada mediante el histograma y las tablas de intervalos, muestra rangos diferenciados asociados a estudios de mayor complejidad técnica y de mayor consumo de radiofármacos.
- Aproximadamente un 11 % de los estudios presenta indicación directa de SPECT-CT, mientras que alrededor de 68 % presenta una indicación condicional (depende del caso), y un porcentaje menor no requiere tecnología híbrida.

Estos resultados respaldan la pertinencia clínica y económica de implementar un equipo SPECT-CT, al evidenciar una demanda potencial

suficiente y una oportunidad de mejorar la calidad diagnóstica y la competitividad institucional.

5.4. Estándares de calidad que cumple el proyecto SPECT – CT en CENUCLEAR: enfoque estratégico y operativo

La incorporación de tecnología avanzada en los servicios de salud se ha vuelto un componente importante para mejorar la calidad de la atención, la seguridad de los pacientes y la forma en que se organizan los procesos del día a día. En este contexto, el proyecto de SPECT–CT en CENUCLEAR no solo representa una modernización necesaria, sino que también responde a la necesidad de cumplir con los estándares actuales que se exigen en imagenología y medicina nuclear, tanto a nivel nacional como internacional. Más que un simple “equipo nuevo”, este proyecto parte de una visión integral donde la mejora continua, el enfoque en el paciente, la seguridad clínica y la gestión ordenada de los procesos se vuelven piezas fundamentales para garantizar una atención que realmente esté alineada con los modelos contemporáneos de calidad y acreditación.

El análisis que se expone a continuación intenta mostrar, de forma clara pero también práctica, cómo la llegada del SPECT–CT puede fortalecer la gestión del centro. No se trata únicamente de tener mejores imágenes o diagnósticos más completos, sino de entender que este tipo de tecnología impacta en varios niveles: en los resultados clínicos, en la experiencia del paciente y también en la eficiencia interna. Cada subsección aborda uno de estos aspectos, partiendo de la idea de que la tecnología por sí sola no cambia nada si no se integra adecuadamente con el trabajo del personal, con los procesos ya existentes y con la cultura institucional. Es la combinación de todos estos elementos, y no únicamente el equipo en sí, la que permite generar mejoras reales y sostenibles a lo largo del tiempo.

5.4.1. Orientación a la mejora continua

La incorporación del equipo SPECT/CT híbrido responde al compromiso institucional con la mejora continua de la calidad diagnóstica. Al combinar imágenes funcionales con imágenes anatómicas, se obtiene una visión más completa y precisa del estado del paciente. Esto permite localizar con exactitud las alteraciones (por ejemplo, determinar si una lesión se encuentra en hueso, tejido blando u órgano específico), reduciendo la incertidumbre diagnóstica y fortaleciendo la toma de decisiones clínicas basadas en evidencia.

5.4.2. Centralidad en el paciente

El proyecto coloca al paciente en el centro del proceso diagnóstico. La mayor exactitud del SPECT/CT reduce la necesidad de realizar estudios complementarios, lo que implica menos exposición a radiación, menor tiempo de espera y disminución de los costos asociados. De esta forma, se mejora la experiencia del usuario al ofrecer un diagnóstico integral, seguro y eficiente, alineado con los principios de los modelos de acreditación centrados en la satisfacción y seguridad del paciente.

- Menos radiación
- Menor espera
- Reducción de costos

5.4.3. Enfoque en la seguridad y efectividad clínica

El SPECT/CT permite distinguir con claridad si una captación anómala corresponde a una lesión real o a una superposición anatómica, evitando falsos positivos y tratamientos innecesarios. Además, facilita la detección temprana y detallada de enfermedades como metástasis óseas, infecciones o disfunciones cardíacas, posibilitando un inicio más

oportuno y efectivo del tratamiento. Este enfoque mejora los resultados clínicos y contribuye al cumplimiento de los estándares internacionales relacionados con la seguridad del paciente y la efectividad del cuidado.

Impacto Clave: Evita falsos positivos y tratamientos innecesarios, mejorando la seguridad del paciente.

5.4.4. Gestión basada en procesos

Gestión basada en procesos La implementación del SPECT/CT requiere una revisión y optimización de los procesos clínicos y administrativos asociados al diagnóstico por imágenes. Se promueve la estandarización de protocolos, la integración del equipo dentro del flujo asistencial y la capacitación continua del personal, asegurando que cada etapa (desde la programación del estudio hasta la entrega del informe) se realice con criterios de calidad, eficiencia y trazabilidad. Esto refuerza la gestión por procesos, uno de los pilares de los modelos de acreditación modernos.

- Revisión y Optimización: Ajuste de procesos clínicos y administrativos.
- Estandarización de Protocolos: Asegurar uniformidad y calidad en los estudios.
- Integración al Flujo Asistencial: Incorporación fluida del equipo en la rutina diaria.
- Capacitación Continua: Personal preparado para operar con calidad y eficiencia.

5.4.5. Enfoque sistémico de la gestión hospitalaria

La adquisición del SPECT/CT híbrido se integra en una visión sistémica e interdepartamental de la gestión hospitalaria. Este equipo no solo

fortalece el servicio de medicina nuclear, sino que también potencia la coordinación con otras áreas clínicas y diagnósticas, mejorando la continuidad del cuidado. De esta manera, el proyecto contribuye al desarrollo institucional sostenible, articulando tecnología, talento humano y procesos en torno a un propósito común: ofrecer atención de calidad, segura y centrada en el paciente.

5.5. Alineación del proyecto SPECT-CT con los criterios institucionales y estándares internacionales de calidad

El presente apartado analiza el grado de cumplimiento de los estándares institucionales e internacionales de calidad que se alcanzan con la implementación del equipo SPECT-CT en CENUCLEAR. A través de una revisión sistemática de criterios clave como: el alineamiento con modelos de acreditación, la gestión por procesos, la seguridad del paciente, la capacitación del personal, la gestión de la información y la evaluación de resultados, se evidencia que el proyecto no solo introduce una tecnología de última generación, sino que fortalece de manera integral la estructura organizacional orientada a la calidad. Este análisis permite demostrar cómo la incorporación del SPECT-CT contribuye directamente a la eficiencia operativa, la precisión diagnóstica y la consolidación de un modelo institucional basado en la mejora continua.

Tabla 114. Evaluación de criterios de calidad y su aplicación en el proyecto SPECT-CT

Criterio	Aplica (sí/no)	Explicación
Alineamiento con estándares reconocidos	√ Sí	El proyecto se ajusta a estándares internacionales de calidad y seguridad en diagnóstico por imágenes, promoviendo la integración tecnológica que recomiendan los modelos de acreditación (Joint Commission)
Gestión por procesos	√ Sí	La incorporación del SPECT/CT impulsa la revisión, estandarización y mejora de los procesos clínicos y administrativos del

		servicio de Medicina Nuclear, fortaleciendo la trazabilidad y eficiencia operativa.
Seguridad del paciente	✓ Sí	Al ofrecer una localización más precisa de lesiones y reducir la necesidad de estudios adicionales, el equipo disminuye la exposición a radiación y los riesgos de errores diagnósticos, reforzando la seguridad del paciente.
Evaluativo y de mejora continua (Retroalimentación al usuario)	✓ Sí	El uso del SPECT/CT permite monitorear resultados diagnósticos y obtener retroalimentación de los profesionales y pacientes, contribuyendo al ciclo de mejora continua de la calidad asistencial.
Establecer una estructura organizacional funcional a la calidad	✓ Sí	La adquisición del SPECT/CT requiere coordinación interdepartamental (Medicina Nuclear, Radiología, Mantenimiento, Calidad), promoviendo una estructura organizacional alineada con la gestión por calidad.
Capacitación permanente del recurso humano	✓ Sí	El personal técnico y médico recibe entrenamiento específico en el manejo del equipo, interpretación de imágenes híbridas y protocolos de seguridad, fortaleciendo las competencias institucionales.
Gestión de la información	✓ Sí	El sistema SPECT/CT integra datos clínicos e imagenológicos en plataformas digitales seguras, favoreciendo la interoperabilidad y la toma de decisiones basada en información confiable.
Evaluación sistemática de los resultados	✓ Sí	Se establecerán indicadores para evaluar precisión diagnóstica, reducción de tiempos y satisfacción del usuario, permitiendo medir el impacto y la efectividad del proyecto en términos de calidad asistencial.

5.5.1. Estándares de calidad

Los estándares orientan la planificación del servicio SPECT-CT hacia metas objetivas; aseguran coherencia entre recursos, procesos y resultados; facilitan la acreditación; y consolidan una cultura de calidad.

Se proponen estándares basados en Donabedian (estructura, proceso, resultado), seguridad del paciente y mejora continua.

Tabla 115. Estándares propuestos y valores estratégicos para el proyecto SPECT-CT

Dimensión	Estándar propuesto	Valor estratégico
Estructura	Disponibilidad y mantenimiento del SPECT-CT; protocolos validados; personal capacitado	Asegura recursos y competencias
Proceso	Aplicación de protocolos por estudio	Reduce variabilidad, mejora reproducibilidad
Resultado	Precisión diagnóstica ≥ 95 %; satisfacción ≥ 90 %	Impacto clínico y experiencia del paciente
Seguridad del paciente	Cumplimiento > 95 % de radioprotección y asepsia	Minimiza riesgos
Mejora continua	Revisión mensual de indicadores	Ajuste oportuno y aprendizaje organizacional

5.6. Componentes claves de la calidad en el proyecto SPECT-CT CENUCLEAR

El presente apartado identifica y describe los componentes clave de la calidad que conforman el proyecto SPECT-CT en CENUCLEAR, integrando los elementos estructurales, operativos y humanos que permiten garantizar un servicio diagnóstico seguro, eficiente y alineado con estándares reconocidos. A través de la clasificación de estos componentes: infraestructura tecnológica, protocolos clínicos, competencias del personal, gestión administrativa y atención al usuario, se evidencia cómo cada uno contribuye al fortalecimiento de la gestión

por procesos, la seguridad del paciente y los mecanismos de retroalimentación necesarios para la mejora continua. Este análisis ofrece una visión integral del proyecto, demostrando que la incorporación del SPECT-CT no solo implica tecnología avanzada, sino una articulación institucional orientada a la calidad y al desempeño sostenible.

La siguiente tabla refleja cómo se integran los estándares de calidad, la gestión por procesos, la seguridad del paciente, la mejora continua y la participación del usuario en la operación del SPECT-CT.

Tabla 116. Componentes y estándares para la gestión de calidad en el proyecto SPECT-CT

Componente	Estándares	Gestión por procesos	Seguridad del paciente	Retroalimentación
Infraestructura SPECT-CT	OPS/OMS; mantenimiento	Flujo de adquisición y uso	Radioprotección	Encuestas
Protocolos clínicos/técnicos	ISO 9001; Donabedian	Flujogramas	Verificación de dosis	No conformidades
Personal y competencias	Perfil y capacitación	Plan anual de formación	Cultura de seguridad	Reuniones de feedback
Gestión administrativa	Control y auditoría	Costeo y productividad	Riesgo financiero	Sugerencias
Atención al usuario	Carta de derechos	Experiencia del paciente	Confort y empatía	Buzones digitales

5.7. Estructura organizacional funcional a la calidad

La estructura organizacional actual de CENUCLEAR integra áreas clínicas, técnicas y administrativas que permiten el funcionamiento operativo del servicio de medicina nuclear. El nivel directivo está conformado por el Presidente de la empresa / Médico tratante y el Representante Legal / Jefe del Área Médica, quienes toman las decisiones estratégicas y supervisan el cumplimiento clínico y

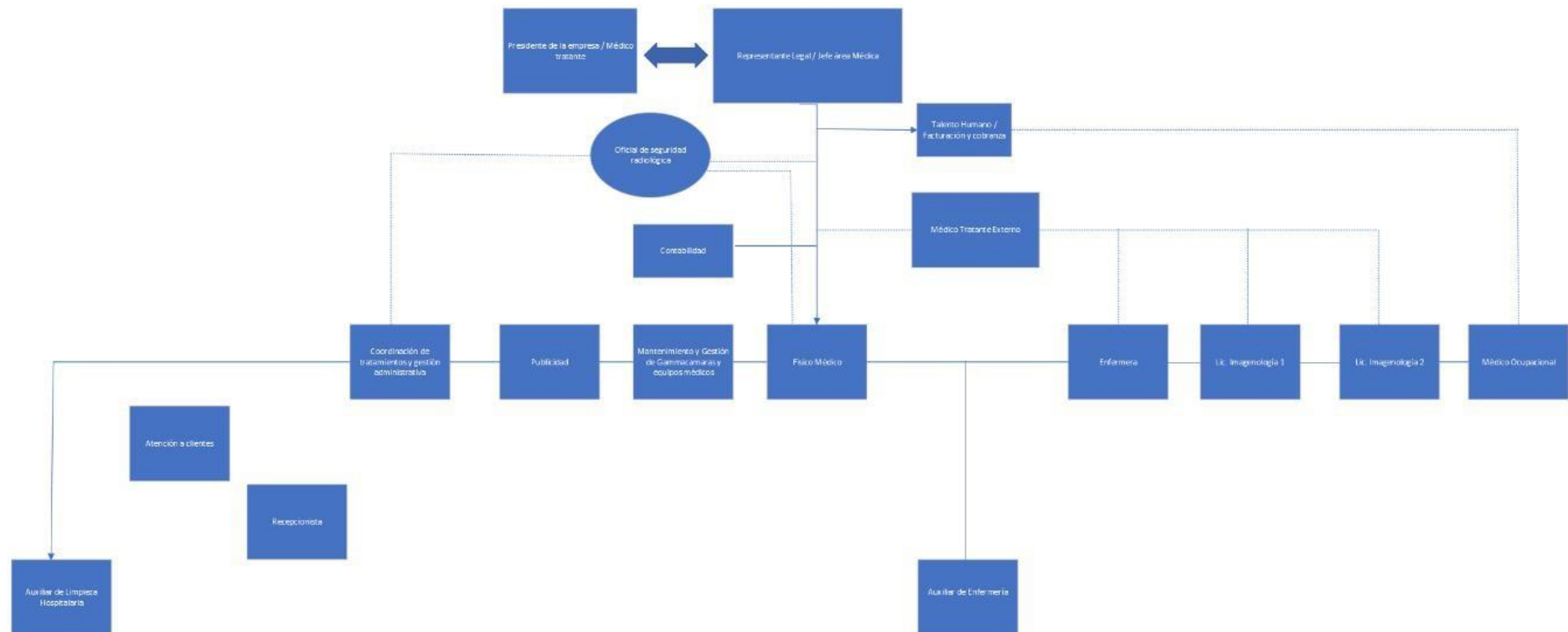
normativo.

El Oficial de Seguridad Radiológica (OSR) mantiene un rol transversal dentro de la organización, dado que su actividad se vincula con todas las áreas operativas para asegurar el cumplimiento de la normativa SCAN, MSP y OIEA, así como la protección radiológica de pacientes y personal.

El área clínica está integrada por los Médicos Nucleares, el Médico Ocupacional, el Físico Médico, Tecnólogos Médicos, Licenciados en Imagenología, Enfermera y Auxiliar de Enfermería. Estas unidades conforman el núcleo operativo del proceso diagnóstico. En la parte administrativa se encuentran la Coordinadora de Administración (que integra talento humano y facturación), Contabilidad, Atención al Cliente, Publicidad, Recepción y Auxiliar de Limpieza Hospitalaria.

Aunque esta estructura permite el funcionamiento general del servicio, el sistema de calidad se encuentra distribuido de manera implícita. Por ello, se propone clarificar y fortalecer los roles directamente vinculados a la calidad clínica, técnica y radiológica.

FIGURA 8. Organigrama funcional de CENUCLEAR



5.7.1. Propuesta de estructura organizacional orientada a la calidad

La propuesta no modifica el organigrama existente, sino que redefine las responsabilidades en torno a la calidad, reconociendo que en medicina nuclear esta se sostiene en tres pilares fundamentales:

1. calidad radiológica,
2. calidad técnica de imagen y
3. calidad clínica del informe.

A continuación, se detallan los roles clave dentro de este modelo:

a. Calidad radiológica centrada en el Oficial de Seguridad Radiológica (OSR)

El OSR es el eje principal del sistema de calidad institucional. Sus responsabilidades incluyen:

- Protección radiológica del personal y de los pacientes.
- Supervisión del cumplimiento de normativa SCAN, MSP y OIEA.
- Monitoreo del manejo de material radiactivo.
- Control de dosis, blindajes y seguridad física de las instalaciones.
- Supervisión del cumplimiento de protocolos radiológicos.
- Evaluación permanente del riesgo radiológico y del funcionamiento del servicio.
- El OSR constituye el centro del sistema de calidad técnica y de seguridad.

b. Calidad técnica centrada en el Físico Médico

El Físico Médico es responsable de la calidad técnica y del desempeño de los equipos, especialmente con la incorporación del SPECT-CT. Entre sus funciones están:

- Control de calidad físico (QA/QC) de gammacámaras y sistemas híbridos.
- Supervisión de calibraciones, uniformidad, linealidad y resolución.
- Validación de parámetros técnicos de la imagen.
- Evaluación del rendimiento, estabilidad y confiabilidad diagnóstica.
- Garantizar que los equipos cumplan estándares internacionales.

Su rol asegura que la imagen obtenida sea técnicamente correcta y confiable.

c. Calidad clínica centrada en los Médicos Nucleares

Los Médicos Nucleares garantizan la calidad clínica del proceso diagnóstico, mediante:

- Validación clínica y pertinencia de protocolos.
- Interpretación correcta y consistente de estudios SPECT, SPECT-CT y gammagrafías.
- Revisión y control de calidad de informes.
- Correlación clínico–radiológica.
- Adecuada comunicación con médicos referidores.
- Supervisión del proceso clínico del paciente.

Ellos aseguran que el informe final sea clínicamente preciso, útil y de alta calidad.

5.8.Cierre de la sección

La estructura organizacional existente de CENUCLEAR permite consolidar un sistema de calidad centrado en los roles fundamentales de la medicina nuclear: el Oficial de Seguridad Radiológica como eje de la seguridad y del cumplimiento normativo; el Físico Médico como responsable de la calidad técnica de las imágenes; y los Médicos Nucleares como garantes de la calidad clínica del informe.

La Coordinadora de Administración y Atención al Cliente complementan la estructura desde la gestión operativa y la calidad percibida. Este modelo permite integrar la calidad en el funcionamiento diario sin modificar la estructura formal, evitando burocracia innecesaria y garantizando un sistema coherente, seguro y alineado a la incorporación del SPECT-CT.

5.9.Conclusión vinculada al componente de calidad

La gestión de la calidad en salud ha pasado por un proceso de cambio importante. Lo que en un inicio se entendía como simples revisiones de infraestructura o cumplimiento de normas, hoy se concibe como una mirada mucho más amplia y conectada con la realidad del trabajo sanitario. Actualmente, hablar de calidad implica considerar cómo se organizan los procesos, cómo participan los equipos, qué tan seguros son los servicios para el paciente y de qué manera se evalúan los resultados para mejorarlos de forma constante.

En este estudio tomamos esos principios generales y los aplicamos al análisis de la futura incorporación de un equipo SPECT-CT en CENUCLEAR. La revisión histórica mostró que esta tecnología se ajusta a las tendencias actuales de modernización, ya que facilita diagnósticos más precisos y una correlación más clara entre lo funcional y lo anatómico. Además, su uso contribuye directamente a mejorar la seguridad del paciente y la confiabilidad de los resultados.

El árbol de problemas y el árbol de objetivos nos ayudaron a mirar la situación desde una perspectiva más completa. Estas herramientas permitieron distinguir causas inmediatas y estructurales de las limitaciones diagnósticas actuales, y, al mismo tiempo, identificar metas alcanzables para fortalecer la atención. El análisis de datos del periodo 2023–2025 confirmó que existe una demanda significativa de estudios que requieren imagen híbrida, lo que refuerza tanto la necesidad como la pertinencia de la inversión.

Del mismo modo, los estándares de calidad, el cuadro sinóptico de componentes y la propuesta organizacional permitieron visualizar qué recursos y procesos deben integrarse para que el servicio funcione adecuadamente. Los elementos revisados muestran que una correcta gestión de talento humano, infraestructura, flujos de trabajo y retroalimentación de los usuarios puede ser la clave para garantizar un servicio seguro, ordenado y orientado a resultados.

En resumen, los hallazgos muestran que el incorporar un SPECT-CT puede impulsar a CENUCLEAR a ser un centro “moderno”. La tecnología no solo ampliaría la capacidad diagnóstica y la competitividad del centro, sino que también fortalecería una cultura institucional más comprometida con la mejora continua, la seguridad del paciente y la excelencia técnica.

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y APLICACIONES

6.1. Conclusiones generales

El estudio nos permitió confirmar que integrar un equipo SPECT-CT en CENUCLEAR es una opción viable. A lo largo del análisis se puede ver que esta tecnología híbrida no solo amplía el tipo de estudios que puede ofrecer el centro, sino que también mejora la precisión clínica al reunir, en un mismo procedimiento, información funcional y anatómica. Esto se traduce en decisiones diagnósticas más seguras y en una atención más completa para los pacientes.

El análisis de más de 5.000 estudios realizados en el centro ayudó a reconocer tendencias claras en la demanda. Se observó que los exámenes más solicitados (principalmente los óseos, renales o ganglios centinelas) obtienen mayores beneficios clínicos cuando se realizan incorporando una gammagrafía con tomografía. Además, estos volúmenes de trabajo muestran que existe una carga operativa suficiente para sostener la incorporación de un SPECT-CT sin poner en riesgo la continuidad del servicio.

Desde la parte económica y financiera, las proyecciones de ingresos, la estimación del punto de equilibrio y la revisión de la estructura de costos indican que el nuevo servicio puede convertirse en un parte clave que dará una mayor estabilidad en CENUCLEAR. La posibilidad de ofrecer tomografías simples y contrastadas, junto con los estudios híbridos, aumentará el uso del equipo y permitirá distribuir mejor el tiempo operativo, generando un impacto positivo en la sostenibilidad institucional.

Finalmente, la propuesta de organización funcional (que considera el rol del Oficial de Seguridad Radiológica, del Físico Médico y del equipo de Médicos Nucleares)

asegura que la operación del SPECT-CT pueda cumplir con los estándares nacionales e internacionales vigentes. Esto fortalece la gestión interna del centro y permite adoptar la tecnología sin realizar cambios estructurales mayores.

6.2. Conclusiones específicas

6.2.1. Análisis del cumplimiento de los objetivos de la investigación

La investigación logró responder de manera integral al propósito planteado al inicio del estudio. Se determinó la viabilidad técnica, operativa, clínica y financiera para la implementación del equipo SPECT-CT en CENUCLEAR, evaluando el contexto actual del servicio, su proyección futura y el impacto esperado en la calidad diagnóstica.

El análisis costo–beneficio permitió identificar que la tecnología híbrida ofrece un valor clínico y operativo sustancialmente superior al de las gammacámaras convencionales, al optimizar la correlación anatómico–funcional, disminuir la necesidad de estudios complementarios y mejorar la seguridad diagnóstica.

Asimismo, se analizaron los tiempos operativos y la calidad diagnóstica del servicio, reconociendo que el SPECT-CT reduce la duración de procedimientos y aporta mayor precisión en patologías de alta prevalencia dentro del centro, especialmente en estudios óseos, renales y de paratiroides.

Finalmente, la evaluación de rentabilidad confirmó que la inversión es sostenible en el mediano plazo, sustentada en la demanda histórica del servicio, la ampliación del portafolio con tomografías simples y contrastadas y la estructura de costos calculada. En conjunto, los resultados demuestran que se cumplieron los objetivos planteados y que la implementación del equipo es pertinente y viable.

6.2.2. Contribución a la gestión empresarial

Este estudio aporta elementos clave para el fortalecimiento estratégico y operativo

de CENUCLEAR. El análisis permitió:

- Optimizar la toma de decisiones mediante modelos financieros reales que consideran costos, ingresos proyectados, punto de equilibrio y escenarios de crecimiento.
- Mejorar la eficiencia operativa, ya que la incorporación del SPECT-CT permite aprovechar tiempos muertos de la gammacámara y redistribuir cargas de trabajo.
- Ampliar el portafolio de servicios, incorporando tomografías simples y contrastadas, lo que incrementa la competitividad del centro y abre nuevas oportunidades de mercado.
- Fortalecer convenios institucionales con aseguradoras, entidades públicas y medicina prepagada, al ofrecer estudios híbridos que anteriormente debían derivarse a otras instituciones.
- Clarificar responsabilidades organizacionales, mediante el modelo de estructura funcional a la calidad, que fortalece la coordinación interna entre áreas clínicas, técnicas, administrativas y de seguridad radiológica.

En conjunto, la investigación contribuye a que CENUCLEAR consolide un servicio moderno, competitivo y alineado con las necesidades actuales del entorno sanitario.

6.2.3. Contribución a nivel académico

El desarrollo de este estudio representa un aporte significativo para el campo de la gerencia en salud y para la formación profesional en servicios diagnósticos avanzados.

Entre las principales contribuciones destacan:

- Aplicación práctica de teorías y modelos académicos, como análisis de

costo–beneficio, punto de equilibrio, modelos de calidad (Donabedian), seguridad del paciente y gestión de procesos.

- Integración interdisciplinaria, al combinar aspectos clínicos, estadísticos, tecnológicos, financieros y organizacionales dentro de un mismo proyecto.
- Generación de evidencia aplicada a un caso real del sistema de salud ecuatoriano, lo que brinda insumos valiosos para futuras investigaciones sobre tecnologías híbridas.
- Desarrollo de capacidades analíticas y metodológicas, fortaleciendo competencias en evaluación de proyectos sanitarios, análisis cuantitativo y diseño de propuestas operativas.

El trabajo constituye un ejemplo de cómo la investigación académica puede traducirse directamente en decisiones concretas de gestión y planificación.

6.2.4. Contribución a nivel personal

La realización de este estudio permitió adquirir aprendizajes y habilidades significativas a nivel personal y profesional. Entre los principales aportes se incluyen:

- Fortalecimiento de la capacidad de toma de decisiones, al analizar información compleja y traducirla en propuestas claras para la organización.
- Desarrollo de competencias en análisis financiero, estadístico y de calidad, herramientas fundamentales para la gestión en salud.
- Mayor comprensión del funcionamiento integral de un servicio de medicina nuclear, lo que facilita la coordinación entre equipos técnicos,

clínicos y administrativos.

- Mejora en la gestión del tiempo, disciplina y organización, al integrar el trabajo académico con las responsabilidades laborales.
- Crecimiento profesional y personal, al enfrentarse al reto de evaluar una tecnología avanzada y proponer mejoras para un servicio de alto impacto en la atención al paciente.

6.3. Limitaciones a la Investigación

Como en todo proceso investigativo aplicado a un entorno real, el estudio presenta ciertas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados:

- Dependencia de datos institucionales: La base de datos utilizada proviene únicamente de los registros propios de CENUCLEAR, lo que limita la comparación con otros centros de medicina nuclear del país.
- Variabilidad de precios del mercado: Los costos de inversión, mantenimiento y adquisición de insumos pueden fluctuar dependiendo de factores económicos nacionales e internacionales, lo cual podría modificar algunos escenarios financieros a futuro.
- Ausencia temporal de equipos SPECT-CT operativos en otras unidades ambulatorias de Quito: Esto dificulta la comparación directa con experiencias locales recientes.
- Proyecciones basadas en demanda histórica: Aunque se analizaron más de 5.000 registros, cambios en el comportamiento epidemiológico o en la derivación de pacientes podrían modificar la demanda estimada.
- Limitación temporal del estudio: Las proyecciones financieras se basan en el contexto del periodo analizado, por lo que se recomienda actualizar los cálculos anualmente.

Estas limitaciones no invalidan los resultados del estudio, pero invitan a mantener un monitoreo continuo una vez implementado el servicio SPECT-CT.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rodríguez D, Pérez S. Ventajas del uso de SPECT-CT en estudios oncológicos y óseos: revisión de literatura. Rev Colomb Med Nucl. 2020;15(1):21–9.
2. Observación técnica interna. Producción anual de estudios gammagráficos en HCAM. CENUCLEAR; datos 2023.
3. Observación técnica interna. Estado operativo del SPECT-CT en el Hospital Militar. CENUCLEAR; datos 2023–2025.
4. Bravo J, Ortega M. Implementación de tecnologías híbridas en medicina nuclear: beneficios clínicos y desafíos operativos. Rev Lat Am Med Nucl Biol Mol. 2019;11(2):95–102.
5. Sociedad Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (SEMNUM). Guía clínica de procedimientos en medicina nuclear [Internet]. Madrid: SEMNUM; 2020 [citado 2025 Jul 12]. Disponible en: <https://www.semnum.es>
6. Escobar F, García C. Evaluación costo-beneficio en la adquisición de equipos de imagenología médica. Salud Pública Gestión. 2021;13(3):203–10.
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). Sistemas de salud resilientes: guía para servicios diagnósticos integrados [Internet]. Ginebra: OMS; 2022 [citado 2025 Jul 10]. Disponible en: <https://www.who.int>
8. Hutton BF, Araujo LI, Lonsdale MN. SPECT-CT: technology, applications and future directions. Semin Nucl Med. 2018;48(1):3–13.
9. Gerety EL, Watura R, Mohan HK. Clinical impact of SPECT/CT in skeletal imaging: a review. Clin Radiol. 2020;75(9):640.e17–640.e29.
10. Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJG. Hybrid imaging advances: clinical impact of SPECT/CT and PET/CT. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2020;47:1030–45.

11. International Atomic Energy Agency (IAEA). Quality assurance for SPECT systems. Vienna: IAEA; 2018.
12. Zamora B, García JR, Martí-Climent JM. Impacto del SPECT/CT en la precisión diagnóstica y el manejo clínico. Rev Esp Med Nucl Imagen Mol. 2019;38(4):245–52.
13. Jüttner E, et al. Cost-effectiveness of hybrid SPECT/CT imaging in oncology. J Nucl Med. 2021;62(5):673–9.
14. GLOBOCAN 2022. Ecuador: Fact Sheet. International Agency for Research on Cancer; 2022. Disponible en: <https://gco.iarc.who.int>
15. SOLCA Quito. Registro Nacional de Tumores 2020. Quito: SOLCA; 2021. Disponible en: <https://solcaquito.org.ec>
16. INEC. Estadísticas de mortalidad por cáncer en Ecuador. Quito: INEC; 2022.
17. Edición Médica Ecuador. En Ecuador, mayoría de casos de cáncer gástrico se diagnostican en estadio IV. 2023. Disponible en: <https://www.edicionmedica.ec>
18. OPS/OMS. Situación del cáncer en población pediátrica en Ecuador. 2024. Disponible en: <https://www.paho.org>
19. Hospital Carlos Andrade Marín. Datos internos de la institución no publicados SPECT-CT. Quito: HCAM; 2022.
20. Hospital Militar. Datos internos de la institución no publicados SPECT-CT. Quito: Hospital Militar; 2022.
21. Bailey DL, et al. Positron Emission Tomography and SPECT in Oncology. Springer; 2018.
22. Shrimpton PC, et al. Nuclear Medicine and Molecular Imaging: Principles and Applications. Elsevier; 2021.
23. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Norma técnica para el manejo de la información en salud y la protección de datos personales. Quito: MSP; 2021.
24. Organización Mundial de la Salud. Estrategia global sobre salud digital 2020–2025. Ginebra: OMS; 2021.

25. ISO. ISO/IEC 27001:2022 – Information Security Management Systems. Geneva: International Organization for Standardization; 2022.
26. Organización Panamericana de la Salud. Transformación digital del sector salud en América Latina y el Caribe. OPS; 2023.
27. Sánchez J, Rodríguez A. Integración de sistemas RIS–PACS en entornos hospitalarios latinoamericanos. *Rev Salud Digital*. 2022;6(1):45-53.
28. Donabedian, A. (1988). The quality of care. How can it be assessed? *JAMA*, 260(12), 1743–1748.
29. Organización Panamericana de la Salud (2015). Manual de garantía de calidad en servicios de salud.
30. Triola, M. F. (2018). *Elementary Statistics* (13th ed.). Pearson.
31. Blink Learning. (2025). *Aprendizaje Basado en Proyectos* [Infografía]. <https://www.blinklearning.com>
32. Donabedian, A. (1988). *The quality of care: How can it be assessed?* *JAMA*, 260(12), 1743–1748.
33. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2024). *Reglamento para la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN)*. Quito, Ecuador.
34. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2024). *Normas para la habilitación y control de establecimientos de salud*. Quito, Ecuador.
35. Organización Panamericana de la Salud. (2020). *Estrategia de mejora continua de la calidad en los servicios de salud*. OPS.