



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

OPTIMIZACIÓN DE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA PARA LA MINIMIZACIÓN DE  
RIESGOS POR RADIACIÓN IONIZANTE EN EL PERSONAL OCUPACIONALMENTE  
EXPUESTO Y PACIENTES DEL CENTRO DE ESPECIALIDAD NUCLEAR (CEN), EN  
LA CIUDAD DE QUITO

Profesor

Ing. Carmen Marlene Arce Salcedo

Autor

Lcda. Nancy Aida Hinojosa Naranjo

2024

## **Resumen**

Actualmente, los procedimientos con radioisótopos en medicina nuclear enfrentan importantes desafíos de seguridad radiológica. Las deficiencias en procedimientos, capacitación del personal y actualización de protocolos ponen en riesgo a empleados y pacientes, destacando la urgente necesidad de revisión y mejora para prevenir graves consecuencias como la exposición a radiación ionizante y proteger la seguridad en el Centro de Especialidad Nuclear. (CEN).

La presente investigación tiene como objetivo principal optimizar la seguridad radiológica mediante un plan de capacitación diseñado para reducir significativamente los riesgos de exposición en el personal y paciente. Se llevó a cabo un estudio transversal prospectivo con enfoque cuantitativo, utilizando encuestas realizadas a 12 miembros del personal, de las cuales se obtuvo que el 20% de los encuestados indicaron que la administración del material radioactivo, no lo realizan en dosis mínimas. Esto conlleva a que el paciente reciba radiación innecesaria; tanto es así que el 70% indica que se administró dosis erróneas al paciente. También se pudo determinar que el 30% de los encuestados indicaron que no reciben capacitación sobre procedimientos de seguridad radiológico y no han realizado simulacros

Basándonos en los resultados obtenidos, es fundamental revisar y fortalecer los actuales procedimientos de seguridad radiológica a través de capacitaciones continuas. Se identificaron áreas críticas que requieren mejoras en la formación del personal y en el uso de equipos de protección.

### ***Palabras claves:***

Medicina nuclear, isotopos radiactivos, seguridad radiológica, exposición a radiaciones ionizantes, incidentes radiológicos,

## **Abstract**

Currently, procedures involving radioisotopes in nuclear medicine face significant radiological safety challenges. Deficiencies in procedures, staff training, and protocol updates put both employees and patients at risk, highlighting the urgent need for comprehensive review and improvement to prevent serious consequences such as ionizing radiation exposure and ensure safety at the Nuclear Specialty Center (CEN).

The primary objective of this research is to optimize radiological safety through a training plan designed to significantly reduce exposure risks for both staff and patients. A prospective cross-sectional study with a quantitative approach was conducted, using surveys completed by 12 staff members. The results showed that 20% of respondents indicated that they do not administer radioactive materials in minimum doses, leading to unnecessary radiation exposure for patients. Additionally, 70% reported administering incorrect doses to patients. The study also found that 30% of respondents do not receive training on radiological safety procedures and have not participated in drills.

Based on the results obtained, it is essential to review and strengthen current radiological safety procedures through continuous training. Critical areas needing improvement were identified in staff training and the use of protective equipment.

### ***Keywords:***

Nuclear medicine, radioactive isotopes, radiological safety, ionizing radiation exposure, radiological incidents

# INDICE

CAPITULO I INTRODUCCIÓN .....	1
Descripción del problema .....	1
Pregunta de Investigación .....	2
Identificación del objeto de estudio .....	2
Planteamiento del problema.....	2
Delimitación.....	3
Justificación .....	4
CAPITULO II OBJETIVOS.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos específicos .....	6
CAPITULO III MARCO TEORICO .....	7
Medicina Nuclear.....	7
Radiofármacos .....	8
Radioisótopos.....	9
¿Cómo usamos los radioisótopos en medicina?.....	9
¿Cuáles son los isotopos mas utilizados?.....	10
Efectos de radiación.....	10
<b>Efectos deterministas</b> .....	11
<b>Efectos estocásticos</b> .....	11
Terapia con I-131 .....	11

Incidentes Radiológicos .....	12
Derrame de material radiactivo.....	12
<b>1. Proteger al personal.</b> .....	12
<b>2. Limitar la contaminación.</b> .....	13
<b>3. Descontaminar.</b> .....	13
Exposición ocupacional .....	14
Límites de dosis para trabajadores Ocupacionalmente Expuestos y Público. ....	14
Restricciones de dosis para trabajadores Ocupacionalmente Expuestos y Público. ....	15
Restricciones de Dosis para Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos .....	15
<b>Límite de Dosis Anual:</b> .....	15
<b>Control de Dosis:</b> .....	15
Restricciones de Dosis para el Público .....	15
<b>Límite de Dosis Anual</b> .....	15
<b>Control de Exposición</b> .....	15
<b>Consideraciones Adicionales</b> .....	16
CAPITULO IV APLICACIÓN METODOLOGICA .....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
TIPO DE ESTUDIO .....	17
Marco Lógico.....	17
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE .....	19
Población y Muestra de Estudio .....	21

Criterios de inclusión y exclusión.....	21
Criterios de Inclusión.....	21
Personal Ocupacionalmente Expuesto:.....	21
Experiencia con incidentes radiológicos.....	21
Criterios de Exclusión.....	21
Personal que no tiene la capacitación en manejos de isótopos de radiactivos .....	21
Métodos de Recolección de Datos.....	22
ENCUESTAS.....	22
OBTENCIÓN Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN .....	27
Resultados de las encuestas realizadas al personal ocupacionalmente expuesto del CEN..	30
Análisis de incidentes radiológicos desde el 2022.....	44
DISCUSIONES.....	44
PROPUESTA SOBRE EL PLAN DE CAPACITACIONES .....	47
Objetivos General .....	48
Cronograma del plan de capacitaciones.....	51
Monitoreo.....	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
CRONOGRAMA DE TITULACIÓN .....	57
ANEXOS .....	58
Anexo 1 Elusión del radioisótopo y preparación del radiofármaco en el CEN.....	58
Anexo 2 Procedimiento de Transporte interno de radionúclidos.....	60

Anexo 3 Procedimientos establecidos para garantizar la administración correcta y medidas redundantes .....	61
Anexo 4 Carta de aceptación para la realización del proyecto dentro del CEN .....	63
BIBLIOGRAFÍA .....	69

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultados obtenidos para la pregunta 1 .....	30
Figura 2. Resultados obtenidos para la pregunta 2 .....	31
Figura 3. Resultados obtenidos para la pregunta 3 .....	32
Figura 4. Resultados obtenidos para la pregunta 4 .....	33
Figura 5. Resultados obtenidos para la pregunta 5 .....	34
Figura 6. Resultados obtenidos para la pregunta 6 .....	35
Figura 7. Resultados obtenidos para la pregunta 7 .....	35
Figura 8. Resultados obtenidos para la pregunta 8 .....	36
Figura 9. Resultados obtenidos para la pregunta 9 .....	37
Figura 10. Resultados obtenidos para la pregunta 10 .....	38
Figura 11. Resultados obtenidos para la pregunta 11 .....	38
Figura 12. Resultados obtenidos para la pregunta 12 .....	39
Figura 13. Resultados obtenidos para la pregunta 13 .....	40
Figura 14. Resultados obtenidos para la pregunta 14 .....	41
Figura 15. Resultados obtenidos para la pregunta 15 .....	41
Figura 16. Resultados obtenidos para la pregunta 16 .....	42
Figura 17 Registro de incidente radiológicos CEN .....	44

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Marco Lógico del Caso de Estudio .....	17
Tabla 2 Operacionalización de variables .....	19
Tabla 3. Procedimientos radiológicos .....	27
Tabla 4. Tabulación de datos a la pregunta 1 .....	30
Tabla 5. Tabulación de datos a la pregunta 2 .....	31
Tabla 6. Tabulación de datos a la pregunta 3 .....	32
Tabla 7. Tabulación de datos a la pregunta 4 .....	33
Tabla 8. Tabulación de datos a la pregunta 5 .....	34
Tabla 9. Tabulación de datos a la pregunta 6 .....	34
Tabla 10. Tabulación de datos a la pregunta 7 .....	35
Tabla 11. Tabulación de datos a la pregunta 8 .....	36
Tabla 12. Tabulación de datos a la pregunta 9 .....	37
Tabla 13. Tabulación de datos a la pregunta 10 .....	37
Tabla 14. Tabulación de datos a la pregunta 11 .....	38
Tabla 15. Tabulación de datos a la pregunta 12 .....	39
Tabla 16. Tabulación de datos a la pregunta 13 .....	40
Tabla 17. Tabulación de datos a la pregunta 14 .....	40
Tabla 18. Tabulación de datos a la pregunta 15 .....	41
Tabla 19. Tabulación de datos a la pregunta 16 .....	42
Tabla 20 Análisis General de los resultados .....	43
Tabla 21 Presupuesto del plan capacitaciones .....	50
Tabla 22. Cronograma del plan de capacitaciones .....	51
Tabla 23 Cronograma de Titulación.....	57



## **CAPITULO I INTRODUCCIÓN**

### **Descripción del problema**

El Centro de Especialidad Nuclear (CEN) en Quito brinda servicios en la especialidad de Medicina Nuclear. Debido a la presencia de incidentes radiológicos se requiere de una respuesta coordinada y multifacética para asegurar que el centro no solo cumpla con las normas de seguridad radiológica, sino que también mejore la seguridad y la calidad del cuidado al paciente.

La utilización de isótopos radiactivos, a pesar de ser una herramienta diagnóstica y terapéutica de invaluable precisión y eficacia para tratar pacientes con cáncer de tiroides y diagnosticar diferentes patologías, conlleva riesgos inherentes que deben ser gestionados con el máximo cuidado para certificar la salud del personal ocupacionalmente expuesto y los pacientes. Los incidentes reportados sugieren que los procedimientos actuales podrían estar desactualizados o ser inadecuados para las tecnologías y técnicas utilizadas, o que el personal ocupacionalmente expuesto podría no estar adecuadamente capacitado para implementar estos procedimientos de manera efectiva.

Las exposiciones innecesarias a la radiación, diagnósticos incorrectos o retrasados y, en el peor de los casos, el desarrollo de condiciones secundarias relacionadas con la radiación puede incomodar a los pacientes y comprometen la credibilidad y la confianza en el Centro de Especialidad Nuclear

Frente a este panorama, es necesario reevaluar y mejorar las prácticas de seguridad radiológica existentes en el Centro de Especialidad Nuclear, enfocándose en la actualización de estos procedimientos para alinearlos con las últimas normativas y avances tecnológicos, y reforzar la formación continua del personal ocupacionalmente expuesto.

Por lo tanto, la siguiente investigación busca desarrollar y proponer mejoras significativas en los procedimientos y prácticas de seguridad radiológica para reducir de manera sustancial los riesgos para los pacientes y mejorar la calidad general del cuidado médico en la unidad.

### **Pregunta de Investigación**

¿Cómo puede mejorarse la seguridad radiológica para reducir los riesgos de exposición al personal ocupacionalmente expuesto y los pacientes sometidos a la administración de isótopos radiactivos en el Centro de Especialidad Nuclear de la ciudad de Quito?

### **Identificación del objeto de estudio**

Para esta investigación se considera como objeto de estudio la presencia de incidentes radiológicos en el Centro de Especialidad Nuclear el cual se especializa en el uso de isótopos radiactivos para diagnóstico y tratamiento médico, lo que implica una manipulación constante de materiales radiactivos y exposición a radiación ionizante. El enfoque se centrará en evaluar y mejorar las medidas de seguridad radiológica existentes, tanto para proteger al personal ocupacionalmente expuesto, como a los pacientes que reciben tratamientos o se someten a pruebas diagnósticas en este centro. Este estudio abarcará la evaluación de los procedimientos de seguridad radiológica actuales, la infraestructura de protección radiológica, las capacitaciones del personal, y los sistemas de monitorización y control de la radiación, buscando identificar deficiencias y áreas de mejora para optimizar la seguridad y reducir los riesgos asociados con la exposición a la radiación ionizante.

### **Planteamiento del problema**

El Centro de Especialidad Nuclear en Quito enfrenta desafíos en términos de seguridad radiológica, esenciales para la protección del personal y pacientes expuestos a radiación ionizante. Aunque existen procedimientos establecidos, la incidencia de exposiciones no

planificadas y la variabilidad en la adherencia a las normas de seguridad sugieren deficiencias en la implementación y supervisión de las prácticas de seguridad actuales. Esto plantea interrogantes sobre la efectividad del sistema de control y prevención de riesgos radiológicos existente.

La falta de un monitoreo riguroso y la potencial insuficiencia en la formación del personal sobre las prácticas seguras incrementan el riesgo de incidentes radiológicos, lo que puede resultar en efectos adversos a la salud tanto para el personal como para los pacientes, además de implicar responsabilidades legales y daño reputacional para la institución. Dado este contexto, es imperativo evaluar sistemáticamente las medidas de seguridad radiológica vigentes, realizar la identificación de áreas que necesiten un mejoramiento para con ello implementar un plan de acción que no solo cumpla con las normativas nacionales e internacionales, sino que también fomente una cultura de seguridad y prevención dentro del centro.

Este proyecto busca responder a la necesidad de fortalecer la seguridad radiológica a través de una metodología que incluya diagnóstico, intervención y evaluación continua, con el objetivo de minimizar los riesgos asociados a la exposición a radiación ionizante y mejorar el bienestar y seguridad de todos los involucrados.

### **Delimitación**

Este estudio se delimita a la optimización de la seguridad radiológica en el Centro de Especialidad Nuclear, enfocándose en la factibilidad y confiabilidad técnica de las mejoras propuestas. Desde un punto de vista metodológico, la investigación se basará en un análisis cuantitativo de datos actuales y recomendaciones de organismos internacionales de salud.

Éticamente, el estudio asegurará la confidencialidad y el consentimiento informado para cualquier participación directa de los pacientes en caso de que la situación lo amerite. El ámbito social y cultura se considerará las percepciones del personal expuesto hacia las prácticas de seguridad radiológica. Temporalmente, el estudio se centrará en los datos de los últimos años del centro mencionado, con una visión hacia el mejoramiento continuo de optimizar el trabajo seguro del personal ocupacionalmente expuesto y evitar incidentes en la atención de pacientes.

### **Justificación**

Estudios recientes indican una creciente preocupación por las prácticas de seguridad radiológica en la medicina nuclear a nivel global. Investigaciones como las de (Organismo Internacional de Energía Atómica [IAEA], 2015) han demostrado que la actualización periódica de los procedimientos de seguridad radiológica y la formación continua del personal son esenciales para minimizar los riesgos de radiación. Estos estudios sugieren que la implementación de tecnologías avanzadas y procedimientos mejorados puede reducir significativamente las incidencias de exposiciones no deseadas.

Es por ello por lo que el Centro de Especialidad Nuclear vio necesario realizar la mejora de los procedimientos de seguridad radiológica ya que es un centro líder en la administración de isótopos radiactivos para diagnósticos y tratamientos especializados en la ciudad de Quito. Sin embargo, la manipulación y administración de materiales radiactivos conllevan inherentes riesgos tanto para los pacientes como para el personal técnico y médico involucrado. La seguridad de los pacientes es de máxima prioridad, y la mejora continua de los procedimientos de seguridad es fundamental para asegurar la protección y el cuidado óptimo.

Se busca actualizar y fortalecer los procedimientos existentes, integrando las últimas innovaciones y recomendaciones internacionales en la gestión de la seguridad nuclear en

entornos médicos. Las metas específicas incluyen la minimización de la exposición accidental a la radiación, la implementación de mejores prácticas en el manejo de incidentes y emergencias radiológicas, y la educación continuada del personal sobre los procedimientos de seguridad más efectivos.

Al reducir los riesgos asociados con la administración de isótopos radiactivos, no solo se protege la integridad física de los pacientes y del personal, sino que también se fortalece la reputación del centro como un entorno seguro y de vanguardia para tratamientos médicos especializados. (Consejo de Seguridad Nuclear, 2012).

La realización de este proyecto es esencial para mantener y elevar los estándares de seguridad y calidad en la atención que se brinda a nuestros pacientes, asegurando que el Centro de Especialidad Nuclear siga siendo un referente en el campo de la medicina nuclear en Ecuador y en la región.

Considerando la infraestructura avanzada del Centro de Especialidad Nuclear y su capacidad para integrar nuevas tecnologías, se considera viable y factible el siguiente proyecto. El centro cuenta con el respaldo de organismos internacionales, tales como la Organización Internacional de Energía Atómica y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Además, cuenta con fondos propios dedicados específicamente a la seguridad en medicina nuclear, lo cual facilita significativamente la implementación de actualizaciones en los procedimientos de administración de isótopos radiactivos.

Otro factor que contribuye a la viabilidad del proyecto es la experiencia del personal, que ya está familiarizado con las actualizaciones de los procedimientos de seguridad radiológica. Esto simplifica considerablemente el proceso de formación y adaptación a las nuevas actualizaciones en los procedimientos de administración de isótopos radiactivos.

La factibilidad del proyecto se refuerza aún más por el compromiso de la dirección del centro de especialidad nuclear con la mejora continua de la calidad y la seguridad en la atención al paciente. Este compromiso garantiza que habrá un esfuerzo sostenido y coordinado para implementar las mejoras propuestas y mantener los estándares de seguridad actualizados.

## **CAPITULO II OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Optimizar la seguridad radiológica mediante un plan de capacitaciones para la reducción significativa de los riesgos de exposición en el personal ocupacionalmente expuesto y pacientes sometidos a procedimientos de administración de isótopos radiactivos en el Centro de Especialidad Nuclear de Quito.

### **Objetivos específicos**

Evaluar los procedimientos de seguridad radiológica actuales en el Centro de Especialidad Nuclear, e identificar los puntos críticos y áreas de riesgo en el proceso de administración de isótopos radiactivos a pacientes mediante la correcta identificación del fármaco, la dosis a administrar, la identidad del paciente y la hora de fraccionamiento del fármaco.

Minimizar la exposición a la radiación y los riesgos asociados mediante el uso adecuado de equipos de protección radiológica (prendas plomadas) y aplicación de los principios básicos de seguridad radiológica para la protección del personal ocupacionalmente expuesto

Crear un plan de capacitaciones que incluya la actualización de procedimientos, para asegurar una reducción efectiva de los riesgos asociados a la administración de isótopos radiactivos.

## CAPITULO III MARCO TEORICO

### Medicina Nuclear

La historia de la Medicina Nuclear comienza en lo que se ha denominado la "Era de las Radiaciones", iniciada a finales del siglo XIX. Este período marcó un hito con el descubrimiento de los Rayos X por Wilhelm Röntgen en 1895, seguido por el hallazgo de la radioactividad del Uranio por Henri Becquerel en 1896, y la identificación de la radioactividad natural por Marie Curie en 1898. Estos dos últimos, Becquerel y Curie, podrían considerarse los pioneros de lo que eventualmente se conocería como especialistas en Medicina Nuclear. (Ramirez, 1993)

Según (Ramirez, 1993) el primer inventor del primer contador de centelleo fue Cassen quien estudiaba en la Universidad de California, Los Ángeles, en 1949.

*Luego, en 1951, Red y Libby desarrollaron el Grammógrafo o Scanner, lo que permitió a Mayneord y colegas realizar las primeras gammagrafías usando coloide radiactivo. Hasta ese momento, los profesionales en este campo eran conocidos como "especialistas en Medicina Atómica". Sin embargo, en el tercer congreso de la American Roentgen Ray Society, el Dr. Reynolds propuso y se adoptó el término "Medicina Nuclear" para esta especialidad médica. En 1962, Harper y Lathrop introdujeron el  $^{99m}\text{Tc}$  como trazador en Medicina Nuclear, un elemento que luego sería utilizado en más del 80% de las técnicas de esta especialidad. En el mismo año, la informática se incorporó a la Medicina Nuclear cuando Hidalgo y sus colegas utilizaron una computadora IBM para calcular volúmenes sanguíneos usando técnicas radioisotópicas. (p.3)*

La medicina nuclear, una rama avanzada de la medicina, utiliza radiofármacos o radiotrazadores (sustancias que combinan un fármaco con un isótopo radioactivo) para diagnósticos y tratamientos. En Europa, estos radiofármacos son tratados como una categoría

especial de medicamentos y están sujetos a regulaciones específicas a través de directivas adoptadas por los países miembros. Generalmente, los radiofármacos utilizados en diagnósticos se administran en dosis mínimas, lo que usualmente evita efectos farmacológicos, secundarios o reacciones adversas graves. Sin embargo, un desafío significativo de su uso es la alteración en su biodistribución, que puede llevar a errores en los diagnósticos. Actualmente, la medicina nuclear está en expansión gracias a la introducción y el desarrollo de nuevos radiofármacos, tanto diagnósticos como terapéuticos, y especialmente por el avance en las técnicas de imagen multimodalidad, como SPECT-TC, PET-TC y PET-RM. (Sopena N, Plancha M, Martinez, & Sopena, 2014)

Una definición alternativa sobre medicina nuclear propuesta por (Semnim, 2024) dice que la Medicina Nuclear se define como la rama de la medicina que emplea los isótopos radiactivos, las radiaciones nucleares, las variaciones electromagnéticas de los componentes del núcleo y técnicas biofísicas afines para la prevención, diagnóstico, terapéutica e investigación médica.

### **Radiofármacos**

Según la definición de (Galindo, 2024)

*Los radiofármacos son compuestos medicinales que incluyen radioisótopos, formas radiactivas de elementos químicos, entre otros componentes. Dependiendo del tipo de radiación emitida por estos radioisótopos, se emplean para diagnósticos y tratamientos médicos diversos. Sus aplicaciones abarcan desde la obtención de imágenes de órganos como el cerebro, el corazón, los riñones y los huesos, hasta el tratamiento de enfermedades como el cáncer y el hipertiroidismo.*

Por otro lado en el estudio realizado por (Leyva, Leyva, & Cortés, 2012) menciona que *los radiofármacos son compuestos orgánicos que contienen átomos de elementos radiactivos.*



*Se han diseñado para utilizarse en diagnóstico o terapia, para liberar pequeñas dosis de radiación ionizante a ciertos tejidos u órganos en el cuerpo. En contraste con la quimioterapia convencional, los radiofármacos actúan contra células malignas con alta especificidad. Generalmente, los radiofármacos consisten en un agente quelante bifuncional, una molécula marcadora, un conector y un radionúclido. p(1)*

## **Radioisótopos**

Los radioisótopos son átomos que tienen una proporción inestable de protones y neutrones, lo que los lleva a emitir energía en un esfuerzo por alcanzar la estabilidad. (IAEA, 2014)

Otra definición que se puede denotar es la que plantea el autor (López, 2020) donde dice que

*Los radioisótopos son átomos con núcleo inestable debido a un exceso de energía los cuales causan radiación alfa, beta o gamma, los radioisótopos existen en forma natural y artificial, los artificiales se producen por bombardeo de blancos con neutrones en reactores nucleares, en aceleradores o fisión de las moléculas de los combustibles de reactores nucleares.(p.33-36)*

## **¿Cómo usamos los radioisótopos en medicina?**

Algunos radioisótopos emiten radiación alfa o beta, utilizada en tratamientos contra enfermedades como el cáncer. Otros emiten radiación gamma y/o de positrones, empleada junto con avanzados equipos de escaneo y cámaras médicas para obtener imágenes de procesos y estructuras dentro del cuerpo, facilitando así el diagnóstico de enfermedades. (IAEA, 2014)

Para (IAEA, 2014) los radioisótopos tienen diversos usos en los entornos hospitalarios (clínicos). Por lo que se usan para

*Tratar las enfermedades tiroideas y la artritis, para aliviar el dolor de artritis y el dolor asociado al cáncer de hueso, y para tratar los tumores de hígado.*

*En la braquiterapia para el cáncer, una forma de radioterapia interna, se usan radioisótopos para tratar el cáncer de próstata, mama, ojo y cerebro.*

*También son muy eficaces para el diagnóstico de la aterosclerosis coronaria y la necrosis de miocardio.*

### **¿Cuáles son los isotopos mas utilizados?**

En medicina, dos de los radioisótopos más comúnmente utilizados son el tecnecio 99m y el yodo 131.

Según la definición de (IAEA, 2014) el tecnecio 99m, un emisor gamma, se usa para la formación de imágenes del esqueleto y el miocardio, en particular, pero también del cerebro, la tiroides, los pulmones (perfusión y ventilación), el hígado, el bazo, el riñón (estructura y velocidad de filtración), la vesícula biliar, la médula ósea, las glándulas salivales y lagrimales, acumulación de sangre en el corazón y las infecciones, así como para otros numerosos estudios médicos especializados.(p.8)

El yodo 131 es considerablemente utilizado para tratar la hiperfunción de la glándula tiroides, el cáncer de tiroides y la formación de imágenes de la tiroides. Es un emisor beta, por lo cual es útil para uso terapéutico. (IAEA, 2014)

### **Efectos de radiación**

En el estudio realizado por (Consejo de Seguridad Nuclear, 2012) menciona que:

*Existen dos tipos de efectos de radiación los que ocurren con seguridad al superarse un valor determinado de la dosis de radiación recibida (deterministas o reacciones*

*tisulares) y los que tienen una probabilidad de ocurrencia creciente al aumentar dicha dosis (estocásticos). (p.12)*

### ***Efectos deterministas***

En la definición descrita por (Consejo de Seguridad Nuclear, 2012) los efectos deterministas pueden *variar desde la muerte en días o semanas (para niveles muy altos de radiación recibida por todo el cuerpo) a simple enrojecimiento de la piel (para dosis elevadas de radiación recibidas durante un corto período de tiempo por una zona del cuerpo de tamaño limitado.*

### ***Efectos estocásticos***

Para (Consejo de Seguridad Nuclear, 2012) los efectos estocásticos se dan *cuando el cuerpo humano es sometido a bajas dosis de radiación o a una dosis mayor pero que es recibida a lo largo de un gran período de tiempo, no existen efectos deterministas apreciables, pero se supone que es posible la existencia de efectos estocásticos, tales como el cáncer o la aparición de enfermedades congénitas.*

### **Terapia con I-131**

La terapia de yodo radioactivo I-131 (también llamado Radioyodo I-131) es un procedimiento de medicina nuclear. Los licenciados en radiología y los expertos en medicina nuclear la utilizan para tratar la actividad excesiva de la glándula tiroides, una afección denominada hipertiroidismo. (Radiologyinfo.org, 2022)

En el sitio web (Radiologyinfo.org, 2022) menciona que

*El yodo radioactivo (I-131), un isótopo del yodo que emite radiación se usa con fines médicos. Cuando se traga una pequeña dosis de I-131, el mismo es absorbido hacia el torrente*

*sanguíneo en el tracto gastrointestinal (GI). Este concentrado desde la sangre por la glándula tiroides, donde comienza a destruir las células de la glándula.*

## **Incidentes Radiológicos**

### **Derrame de material radiactivo**

Por el contrario, el incidente más probable, dado el manejo frecuente de material radiactivo no encapsulado, es un derrame de dicho material. Debido a que la mayoría de los radionucleidos empleados en Medicina Nuclear tienen corta duración y que las actividades llenadas no suelen ser muy altas, aunque excepcionalmente altas en terapia, los protocolos de actuación son bastante sencillos.

En el estudio realizado por (Torre & Allende, 2018) se considera que en caso de un accidente serio que implique contaminación del personal o el equipo deben ser tomados las siguientes indicaciones:

#### ***1. Proteger al personal.***

En los estudios de (Torre & Allende, 2018) se recomienda tomar las siguientes medidas de protección para el personal ocupacionalmente expuesto.

- 1. Si el riesgo es extremo (el nivel alto de radiación o la posibilidad de contaminación del aire), evacue el área inmediatamente y cierre la puerta.*
- 2. Líbrese de la ropa contaminada y lave las partes contaminadas del cuerpo a fondo con detergente.*
- 3. Purgue cualquier herida con cantidades copiosas de agua.*
- 4. Advierta a sus compañeros de trabajo y mantenga a los otros fuera del área.*

## **2. Limitar la contaminación.**

En los estudios de (Torre & Allende, 2018) se recomienda tomar las siguientes medidas para limitar la contaminación del área afectada

*1. Localice el área de derrame delimitando el área contaminada con lápiz o tinta demográfica. Coloque material absorbente en los bordes de derrames líquidos. (Torre & Allende, 2018)*

*2. No PERMANEZCA en el área de un derrame seco sin protección respiratoria. Cerrar puertas y ventanas. Apagar ventiladores y aire acondicionado y dejar prendida la campana de extracción. (Torre & Allende, 2018)*

*3. No arrastre la contaminación a otras áreas. Sáquese los zapatos o los cobertores de zapatos en los bordes de área contaminada y solicite ayuda. (Torre & Allende, 2018)*

*4. Monitoree todos los objetos y la ropa antes de salir al área adyacente. (Torre & Allende, 2018)*

## **3. Descontaminar.**

1. A menos que una acción inmediata de descontaminación sea necesaria a los fines de salvaguardar al personal, la descontaminación de equipo debería ser realizada con la supervisión del supervisor del laboratorio de Radioisótopos. (Torre & Allende, 2018)

2. Monitorear el área contaminada para determinar la extensión de la salpicadura o derrame. (Torre & Allende, 2018)

3. Descontaminar colocando papel de filtro y solución detergente para absorber el material radiactivo. Comenzar por los bordes y dirigir la descontaminación al centro del área. (Torre & Allende, 2018)

4. Monitorear nuevamente verificando que la descontaminación haya sido eficiente.  
(Torre & Allende, 2018)

## **Exposición ocupacional**

### **Límites de dosis para trabajadores Ocupacionalmente Expuestos y Público.**

Para (Benés & Carrera, 2003) los límites de dosis son valores que no deben ser excedidos, y se aplican a la suma de las dosis recibidas por exposición externa durante el período considerado.

Para (Benés & Carrera, 2003) la exposición ocupacional de trabajadores mayores de 18 años, los límites de dosis son:

- a. *Una dosis efectiva de 20 mSv anuales promedio durante cinco años consecutivos (100 mSv en 5 años), y de 50 mSv en un año cualquiera.*
- b. *Una dosis equivalente en el cristalino de 20 mSv anuales promediada durante cinco años consecutivos (100 mSv en cinco años), y de 50 mSv en un año cualquiera.*
- c. *Una dosis equivalente en las extremidades (manos y pies) o en la piel de 500 mSv en un año.*

### **Para la exposición del público, los límites de dosis son:**

Para (Benés & Carrera, 2003) la exposición para público, los límites de dosis son:

- a. *Una dosis efectiva de 1 mSv en un año.*
- b. *En circunstancias especiales, podría aplicarse un valor más elevado de dosis efectiva en un solo año, siempre que el promedio de la dosis efectiva durante cinco años consecutivos no exceda de 1 mSv por año.*
- c. *Una dosis equivalente en el cristalino de 15 mSv en un año.*
- d. *Una dosis equivalente en la piel de 50 mSv en un año.*
- e. *La dosis equivalente en una mujer embarazada de 1 mSv en el periodo de gestación.*

## **Restricciones de dosis para trabajadores Ocupacionalmente Expuestos y Público.**

### **Restricciones de Dosis para Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos**

#### ***Límite de Dosis Anual:***

- a. Dosis efectiva total: No debe exceder los 20 mSv (milisieverts) por año, promediados durante periodos de cinco años, con un máximo de 50 mSv en cualquier año individual.
- b. Dosis equivalente para el cristalino: No debe exceder los 150 mSv por año.
- c. Dosis equivalente para la piel y las extremidades: No debe exceder los 500 mSv por año. (Shengli Niu; Organización Internacional del Trabajo, 2011)

#### ***Control de Dosis:***

- a. Monitoreo regular usando dosímetros personales para asegurar que las exposiciones se mantengan dentro de los límites.
- b. Evaluaciones periódicas de las condiciones de trabajo para identificar y mitigar cualquier riesgo potencial de exposición excesiva. (Shengli Niu; Organización Internacional del Trabajo, 2011)

### **Restricciones de Dosis para el Público**

#### ***Límite de Dosis Anual***

Dosis efectiva: No debe exceder 1 mSv por año. En circunstancias especiales, este límite puede aumentar a 5 mSv por año, siempre que el promedio de cinco años (incluyendo el año de mayor dosis) no exceda 1 mSv por año. (Shengli Niu; Organización Internacional del Trabajo, 2011)

#### ***Control de Exposición***

Implementación de barreras físicas y señalización adecuada en áreas donde se manejan o almacenan materiales radiactivos para evitar la entrada no autorizada.

Programas de educación pública sobre las medidas de seguridad adoptadas y las prácticas seguras para reducir la exposición radiológica. (Shengli Niu; Organización Internacional del Trabajo, 2011)

### ***Consideraciones Adicionales***

Mujeres Embarazadas: Las trabajadoras embarazadas deben informar su estado tan pronto como sea posible para garantizar que la dosis al feto no exceda los 1 mSv durante el embarazo.

Menores: Los trabajadores menores de 18 años no deben estar expuestos a radiaciones ionizantes en el lugar de trabajo. (Shengli Niu; Organización Internacional del Trabajo, 2011)

## **CAPITULO IV APLICACIÓN METODOLOGICA**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Con el objetivo de evaluar y mejorar los procedimientos de seguridad radiológica en el Centro de Especialidad Nuclear, se implementará un estudio transversal prospectivo. Este estudio se centrará en la recopilación y análisis de datos sobre el incremento de incidentes radiológicos registrados desde el año 2022. Se realizará encuestas al personal ocupacionalmente expuesto en materia de seguridad radiológica. Mediante técnicas estadísticas avanzadas, se describirá y correlacionará la información recabada para identificar patrones y áreas críticas que requieren atención inmediata dentro del centro. Este enfoque tiene como finalidad realizar una evaluación exhaustiva del estado actual de los procedimientos de seguridad radiológica y desarrollar estrategias efectivas que minimicen los riesgos asociados con la exposición a radiaciones ionizantes, asegurando así la protección tanto de pacientes como de personal

El estudio adoptará un enfoque descriptivo y analítico, utilizando tantos métodos cuantitativos para evaluar y mejorar los procedimientos de seguridad radiológica. Esta combinación se elige debido a la necesidad de comprender no solo las estadísticas de incidentes radiológicos, sino también las percepciones y experiencias del personal respecto a la seguridad radiológica en el Centro de Especialidad Nuclear, Quito en el periodo de 202-2024.



## TIPO DE ESTUDIO

### Marco Lógico

El marco lógico de esta investigación sobre seguridad radiológica juega un papel fundamental al estructurar de manera clara y sistemática las variables y características del proyecto. Este enfoque no solo facilita una planificación meticulosa y una evaluación rigurosa de las prácticas de seguridad, sino que también proporciona una base para la gestión de riesgos al identificar supuestos y establecer medios de verificación claros. Así, se asegura la efectividad de las intervenciones destinadas a minimizar los riesgos de exposición en el personal y pacientes expuestos a procedimientos con isótopos radiactivos.

**Tabla 1.**

#### *Marco Lógico del Caso de Estudio*

<b>RESUMEN NARRATIVO</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>	<b>SUPUESTOS</b>
<b>FIN</b>			
Minimizar los riesgos de exposición en el personal ocupacionalmente expuesto y pacientes sometidos a procedimientos de administración de isótopos radiactivos	Reducción de incidentes radiológicos reportadas anualmente en un 30%.	Instructivos de colocación de vestimenta	No notificación por parte del personal técnico al oficial de seguridad radiológica, debido a la ausencia en los incidentes radiológicos.
<b>PROPÓSITO</b>			
Optimizar la seguridad radiológica mediante un plan de capacitaciones	Verificación del correcto uso de los equipos de seguridad radiológica por parte del personal ocupacionalmente expuesto	Matriz de registro de incidentes y/o accidentes radiológicos	Personal ocupacionalmente expuesto no cumpla con los procedimientos de seguridad radiológica.  Registro diario del uso del Protección Personal

Identificación de las áreas de riesgo	Numero de áreas riesgos identificadas	Clasificación de zonas (controladas y supervisadas) Correcto manejo y manipulación de material radioactivo Correcto manejo y dispensación de material radioactivo.	Que no sigan los lineamientos de la norma legal vigente para medicina nuclear en el Ecuador
---------------------------------------	---------------------------------------	--	---

---

**ACTIVIDADES**

Creación de un plan de capacitaciones	Número de capacitaciones	Certificaciones o aprobaciones de capacitaciones	La no disponibilidad de expertos que no solo entiendan los aspectos técnicos de la seguridad radiológica, sino que también tengan habilidades para diseñar y enseñar material educativo.  Invertir en la formación y desarrollo continuo de tu personal actual.
---------------------------------------	--------------------------	--	---

---

*Nota.* La tabla presentada a continuación muestra los parámetros que constituyen el marco lógico de esta investigación. (Hinojosa,2024)

## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables*

TEMA										
Optimizar la seguridad radiológica mediante un plan de mejoras para la reducción significativa de los riesgos de exposición en el personal ocupacionalmente expuesto y pacientes sometidos a procedimientos de administración de isótopos radiactivos en el Centro de Especialidades Nuclear										
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN	TIPO	NATURALEZA	ESCALA	INDICADORES	INTRUMENTOS	FUENTE
¿Existe relación entre los números de incidentes radiológicos y el cumplimiento de los Procedimientos de Seguridad Radiológica	Identificar si existe relación entre los números de incidentes radiológicos y el cumplimiento de los Procedimientos de Seguridad Radiológica	Existe relación entre los números de incidentes radiológicos y el cumplimiento de los Procedimientos de Seguridad Radiológica	Números de incidentes radiológicos	Se refiere a la cantidad de eventos o situaciones reportadas en las que ha habido una exposición no deseada a la radiación, una fuga de material radiactivo, o cualquier otro suceso que haya comprometido la seguridad radiológica	Categoría - Discreta	Cuantitativa	Razón	Número de procedimientos	Matriz de evaluación	Incidentes radiológicos
¿Cómo es el tiempo de Respuesta a	Medir el tiempo desde que se detecta un	Determinar si el tiempo desde que se detecta	Es eficiente el tiempo desde que se detecta	En la unidad técnica nuclear el tiempo de respuesta se mide en	Continua	Cuantitativa	Razón	Número y Duración	Registro de	Incidentes

<b>Incidentes Radiológicos</b>	incidente radiológico hasta que se toma la primera medida correctiva	un incidente radiológico hasta que se toma la primera medida correctiva es eficiente	un incidente radiológico hasta que se toma la primera medida correctiva	unidades de tiempo (segundos, minutos, horas) desde el momento en que se detecta o se reporta un incidente radiológico hasta el inicio de la acción correctiva.				n de las capacitaciones	asistencia	radiológicos
<b>Capacitaciones del Personal sobre Seguridad Radiológica</b>	Determinar el número de capacitaciones sobre seguridad radiológica	Determinar si las capacitaciones son eficientes e importantes para el personal	Las capacitaciones sobre seguridad radiológica son de utilidad para el personal	Las capacitaciones al personal tienen como objetivo medir la cantidad, frecuencia, y calidad de las sesiones de capacitación recibidas por el personal.	Continua	Cuantitativa	Razón	Tiempo promedio de respuesta	Matriz de evaluación	Capacitaciones efectivas

*Nota.* La tabla presentada a continuación muestra los parámetros que constituyen la operacionalización de variables. (Hinojosa,2024)

## **Población y Muestra de Estudio**

El Centro de Especialidad Nuclear cuenta con 12 personas miembros del personal ocupacionalmente expuesto entre ellos son médicos, físicos, licenciados, enfermeros y personal administrativo, los mismos que servirán como muestra para el caso de estudio.

## **Criterios de inclusión y exclusión**

### **Criterios de Inclusión**

#### *Personal Ocupacionalmente Expuesto:*

- Personal médico: Fraccionamiento y administración de yodo radioactivo
- Físicos médicos: Control de calidad de los equipos con el uso de isotopos radioactivos y Fraccionamiento y administración de isotopos radioactivos.
- Licenciados en radiología: Fraccionamiento y administración de isotopos radioactivos.
- Personal de enfermería: Cuidado Directo al Paciente que ha sido administrado con isotopos radioactivos.

#### *Experiencia con incidentes radiológicos*

Personal que ha estado involucrado directamente en incidentes radiológicos, ya que su experiencia puede proporcionar información crucial sobre las brechas en la seguridad y posibles áreas de mejora.

### **Criterios de Exclusión**

#### *Personal que no tiene la capacitación en manejos de isotopos de radiactivos*

Personal que no tiene la capacitación en manejos de isotopos de radiactivos, ya que podrían no estar suficientemente familiarizados con los procedimientos anteriores.

Personal que no está directamente involucrado con la manipulación de isótopos radiactivo.

## **Métodos de Recolección de Datos**

Para la recolección de datos se utiliza un enfoque de tipo cuantitativo con el objetivo de analizar los registros de incidentes, la identificación frecuencia de los incidentes, causas y consecuencias de los eventos radiológicos.

Para ello se utiliza como técnica de investigación, las encuestas estructuradas, la misma que es aplicada al personal ocupacionalmente expuesto y radioexpuesto para evaluar su percepción sobre la seguridad radiológica y la eficacia de los procedimientos actuales. Se tomó como instrumento de investigación un cuestionario que permitió realizar la recolección de datos

Otra metodología de investigación empleada en el análisis del caso es la observación directa de las prácticas actuales en la manipulación de isótopos radiactivos y la implementación de medidas de seguridad, los resultados se registraron en una matriz de auditoría interna.

## **ENCUESTAS**

Para el siguiente apartado se muestra las preguntas realizadas al personal ocupacionalmente expuesto con el objetivo de evaluar de manera exhaustiva la percepción y la eficacia de las medidas de seguridad radiológica actuales en el Centro de Especialidad Nuclear. Mediante la recopilación de opiniones y experiencias directas del personal ocupacionalmente expuesto.

Para la estructuración de las preguntas de la encuesta realizada al personal se tomó como modelo la encuesta realizada por (Tarasiuk & Perez, 1999), la misma que permite analizar datos recopilados en este trabajo de estudio.

La encuesta realizada fue elaboración propia del autor, sin embargo, fue revisada, y aprobado por el Médico Nuclear del Centro.

Condiciones constructivas del módulo de medicina nuclear para desarrollar trabajos con radiaciones ionizantes.

### **1. Niveles de satisfacción sobre la seguridad radiológica en el CEN**

¿Con que frecuencia se aplican los procedimientos de protección radiológica?

- a. Muy insatisfactoria
- b. Insatisfactoria
- c. Neutral
- d. Satisfactoria
- e. Muy satisfactoria

### **2. Cumplimiento con los principios de la protección radiológica.**

¿Usted considera que los procedimientos de seguridad radiológica son adecuados y están actualizados?

- a. Si
- b. No

¿Con que frecuencia se aplican los procedimientos de protección radiológica?

- a. Diariamente
- b. Semanalmente
- c. Mensualmente

¿Con que frecuencia se revisan y actualizan los procedimientos de protección radiológica en su área de trabajo?

- a. Semanalmente
- b. Mensualmente
- c. Anualmente
- d. No tengo conocimiento

¿Usted conoce si el servicio cuenta con una licencia vigente para trabajar con fuentes abiertas?

- a. Si
- b. No

### **3. Protección radiológica al paciente**

¿Usted conoce si se garantiza administrar las dosis mínimas en cada estudio de medicina nuclear?

- a. Si
- b. No

¿Usted conoce si se realiza dosimetría al paciente?

- a. Si
- b. No

¿Usted conoce si se realiza una adecuada educación a los pacientes y familiares sobre las medidas de protección radiológica una vez administrados los radiofármacos?

- a. Si
- b. No



¿Usted conoce si se ha administrado dosis erróneas a los pacientes?

- a. Si
- b. No

¿Ha reportado algún incidente radiológico en el último año?

- a. Si
- b. No

Si respondió “Si” en la pregunta anterior. ¿Fue el procedimiento de seguimiento satisfactorio?

- a. Si
- b. No

#### **4.- Protección radiológica para el personal expuesto a radiaciones ionizantes en el ámbito laboral**

En caso de un incidente radiológico ¿Siente que el procedimiento para reportarlo es claro y eficaz?

- a. Si
- b. No
- c. Rara vez

¿El material radiactivo esta adecuadamente señalizado y almacenado?

- a. Si
- b. No

¿Se han producido contaminaciones por errores de manipulación del material radiactivo?

- a. Si
- b. No

¿Se ha detectado contaminación interna en algún trabajador ocupacionalmente expuesto?

- a. Si
- b. No
- c. Desconoce

### **5. Capacitaciones dentro del Centro de Especialidad Nuclear**

¿Recibe capacitación regular sobre los procedimientos de seguridad radiológica?

- a. Si
- b. No
- c. Rara vez

¿Se realizan simulacros de accidentes radiológicos?

- a. Si
- b. No
- c. Rara vez

¿Existe manual de seguridad radiológica?

- a. Si
- b. No
- c. Desconoce

¿Tienen criterios concretos de lo que se considera una buena práctica en la materia de seguridad radiológica ?

- a. Si
- b. No

## OBTENCIÓN Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el siguiente proyecto de investigación se hizo uso de los registros de los procedimientos de incidentes radiológicos que presentan el CEN

**Tabla 3.**

*Evaluación de procedimientos de protección radiológica*

Procedimientos	Actividades	Cumplimiento total	Cumplimiento parcial	No cumple	
	Abrir el balde plástico retirando la tapa hermética	✓			
	Retirar el blíster de elución	✓			
	Colocar el generador de Mo99/Tc99m dentro del bunker de elución cuidando que la etiqueta quede hacia delante.	✓			
<b>Elución del radioisótopo y preparación del radiofármaco</b>	Colocar el vial de elución dentro del vial de plomo, limpiar con algodón embebido la goma expuesta	✓			
	Retirar los viales protectores de las agujas y pinchar el vial con solución eluyente en la depresión superior del generador	✓			
	Dejar el vial de elución se llene con solución de pertecnecio de sodio, la aparición de burbujas indica que el proceso de elución ha finalizado	✓			
	Medir en el activimetro la actividad del radioisótopo obtenido durante la elución	✓			
			✓		
		Utilización de mandil de plomo			
<b>Transporte interno de radionúclidos</b>		✓			
	Utilización de collarín de plomo				

	Utilización de gafas plomadas	✓	
	Colocación de 2 pares de guantes	✓	
	Disponer la solicitud de pedido de examen realizado por un médico prescriptor	✓	
	Verificar nombre del paciente con el pedido	✓	
	Dar indicaciones previas como fuente móvil		✓
	Administrar la dosis preparada	✓	
	Indicar la hora a la que se adquirirá las imágenes		✓
<b>Garantizar la administración correcta y medidas redundantes</b>	Identificar al paciente por sus dos nombres y dos apellidos	✓	
	Revisar la solicitud de pedido del médico prescriptor	✓	
	Informar al paciente de los posibles riesgos que conlleva la administración de material radiactivo	✓	
	Proporcionar información a las personas acompañantes que atienden al paciente luego de un examen o terapia de medicina nuclear.	✓	
	Verificar con examen de laboratorio que la paciente no está embarazada.	✓	
	Registrar la firma del paciente o su acompañante en el consentimiento informado.	✓	

Si una madre está en periodo de lactancia proporcionar la información establecida para la suspensión de la lactancia.	✓	
Calcular la actividad administrada a un niño de acuerdo con las normas nacionales o internacionales vigentes.	✓	
Preparación de radiofármacos de kits liofilizados siguiendo las instrucciones del fabricante.		✓
Verificar el radiofármaco preparado y su actividad.	✓	
Suministrar el radiofármaco de acuerdo con las indicaciones del médico tratante.	✓	
Manejar correctamente el equipamiento y los accesorios de seguridad.		✓
Una vez administrado la dosis del radiofármaco, indicar la hora la cual debe el paciente regresar al centro para la toma de imágenes.	✓	

*Nota. La tabla presentada a continuación detalla los procedimientos de protección radiológica que se realizan en el Centro de Especialidad Nuclear. (Hinojosa,2024)*

De acuerdo con los resultados presenten en la tabla 3 se puede determinar que el análisis del cumplimiento de las actividades en los procedimientos relacionados con la preparación de radiofármacos, transporte interno de radionúclidos y la administración de radiofármacos muestra un alto grado de adherencia a los estándares establecidos. La mayoría de las actividades se cumplen totalmente, lo cual refleja un riguroso control y seguimiento de los protocolos. Sin embargo, se identificaron algunas áreas con cumplimiento parcial, indicando oportunidades de mejora en la comunicación y las indicaciones al paciente, así como en el manejo del equipamiento de seguridad.

## Resultados de las encuestas realizadas al personal ocupacionalmente expuesto del CEN

Los resultados obtenidos de las encuestas al personal ocupacionalmente expuesto del CEN fueron los siguientes:

En la primera sección se les pregunto el cargo que ocupan dentro del CEN los mismos que respondieron que pertenecen al departamento de Administrativo, Médico ocupacional, Físico Medico, Administrativo de RRHH, Recepcionista, Mantenimiento, OSR.

Para la pregunta 1 se formuló lo siguiente ¿Con que frecuencia se aplican los procedimientos de protección radiológica?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4 y figura 1

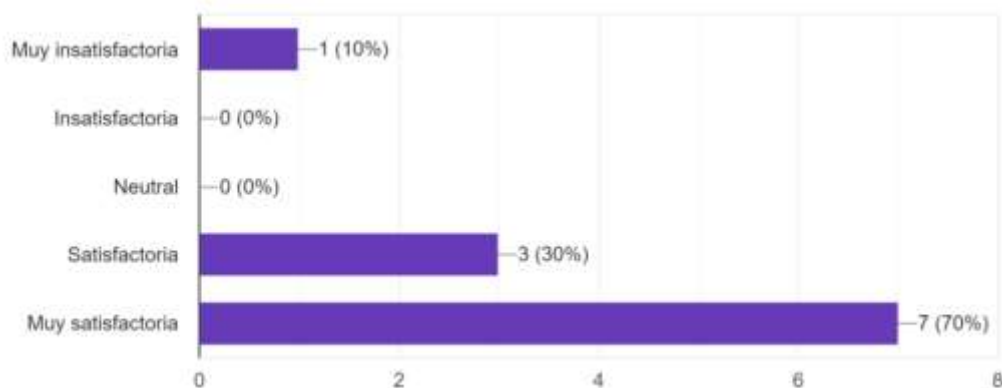
**Tabla 4.**

*Tabulación de datos a la pregunta 1*

Opciones	Porcentaje
Muy insatisfactoria	0%
Insatisfactoria	0%
Neutral	0%
Satisfactoria	30%
Muy satisfactoria	70%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 1.** Resultados obtenidos para la pregunta 1



*Nota.* El siguiente diagrama de barras representa los resultados obtenidos para la pregunta 1. (Hinojosa,2024)

El 70% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que aplican muy satisfactoriamente los procedimientos de seguridad radiológica mientras que el 30% respondieron que son satisfactorios la aplicación de los procedimientos.

Para la pregunta 2 se formuló lo siguiente ¿Usted considera que los procedimientos de seguridad radiológica son adecuados y están actualizados?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5 y figura 2

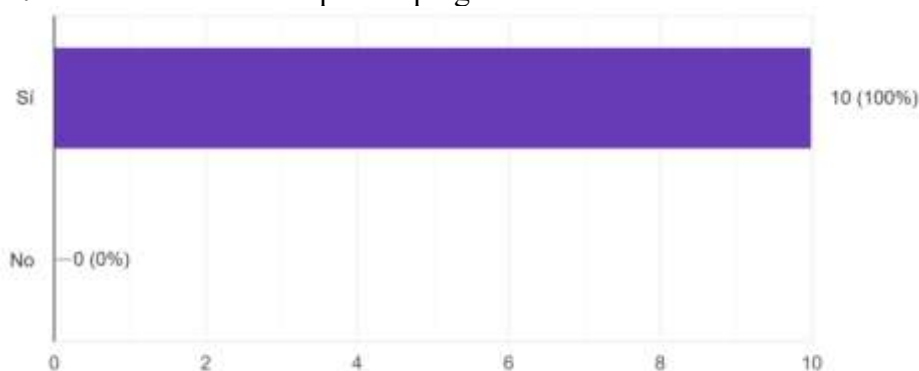
**Tabla 5.**

*Tabulación de datos a la pregunta 2*

Opciones	Porcentaje
SI	100%
NO	0%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 2.** Resultados obtenidos para la pregunta 2



*Nota.* El siguiente diagrama de barras representa los resultados obtenidos para la pregunta 2. (Hinojosa,2024)

El 100% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que los procedimientos de seguridad radiológica son adecuados y están actualizados dentro del CEN.

Para la pregunta 3 se formuló lo siguiente ¿Con que frecuencia se aplican los procedimientos de protección radiológica?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6 y figura 3

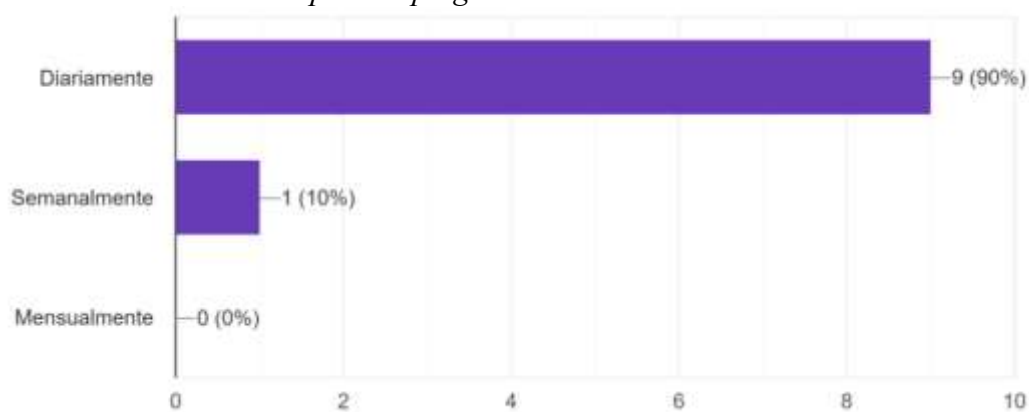
**Tabla 6.**

*Tabulación de datos a la pregunta 3*

Opciones	Porcentaje
Diariamente	90%
Semanalmente	10%
Mensualmente	0%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 3.** Resultados obtenidos para la pregunta 3



*Nota.* El siguiente diagrama de barras representa los resultados obtenidos para la pregunta 3. (Hinojosa,2024)

El 90% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que aplican los procedimientos de protección radiológica diariamente, mientras que el 10% lo hace semanalmente.

Para la pregunta 4 se formuló lo siguiente ¿Con que frecuencia se revisan y actualizan los procedimientos de protección radiológica en su área de trabajo?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7 y figura 4



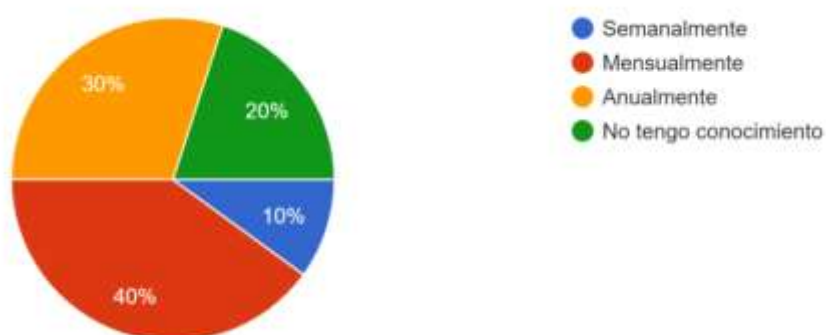
**Tabla 7.**

*Tabulación de datos a la pregunta 4*

Opciones	Porcentaje
Semanalmente	10%
Mensualmente	40%
Anualmente	30%
No tengo conocimiento	20%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 4.** Resultados obtenidos para la pregunta 4



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 4. (Hinojosa,2024)

El 40% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que revisan y actualizan los procedimientos de protección radiológicas mensualmente, el 30% lo hace anualmente, el 10% lo hace semanalmente, mientras que el 20% no tiene conocimiento sobre esto.

Para la pregunta 5 se formuló lo siguiente ¿Usted conoce si el servicio cuenta con una licencia vigente para trabajar con fuentes abiertas?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8 y figura 5

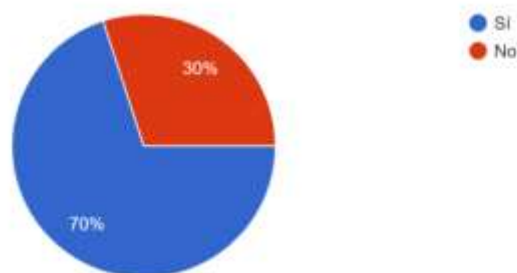
**Tabla 8.**

*Tabulación de datos a la pregunta 5*

Opciones	Porcentaje
SI	70%
NO	30%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 5.** Resultados obtenidos para la pregunta 5



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 5. (Hinojosa,2024)

El 70% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que cuentan con una licencia vigente para trabajar con fuentes abiertas mientras que el 30% no cuentan con la licencia.

Para la pregunta 6 se formuló lo siguiente ¿Usted conoce si se garantiza administrar las dosis mínimas en cada estudio de medicina nuclear?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 9 y figura 6

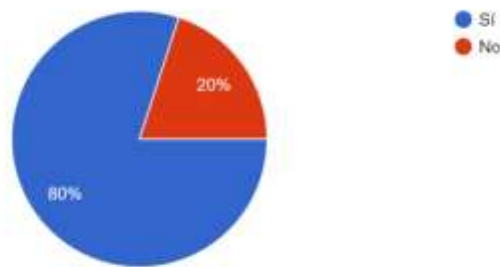
**Tabla 9.**

*Tabulación de datos a la pregunta 6*

Opciones	Porcentaje
SI	80%
NO	20%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 6.** Resultados obtenidos para la pregunta 6



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 6. (Hinojosa,2024)

El 80% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que pueden garantizar la administración de dosis mínimas en cada estudio, mientras que el 20% no pueden garantizar la dosis mínima en cada estudio.

Para la pregunta 7 se formuló lo siguiente ¿Usted conoce si se realiza dosimetría al paciente?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 10 y figura 7

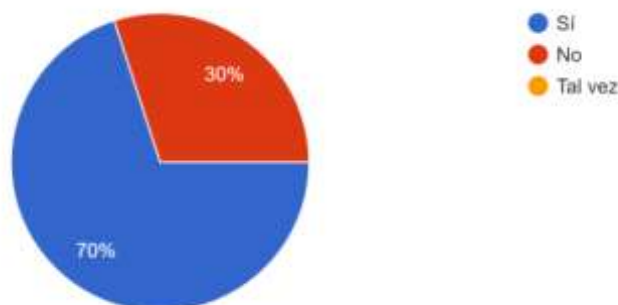
**Tabla 10.**

*Tabulación de datos a la pregunta 7*

Opciones	Porcentaje
SI	70%
NO	30%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 7.** Resultados obtenidos para la pregunta 7



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 7. (Hinojosa,2024)

El 70% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que si se realiza la dosimetría al paciente mientras que el 30% no lo hace.

Para la pregunta 8 se formuló lo siguiente ¿Usted conoce si se realiza una adecuada educación a los pacientes y familiares sobre las medidas de protección radiológica una vez administrados los radiofármacos?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 11 y figura 8

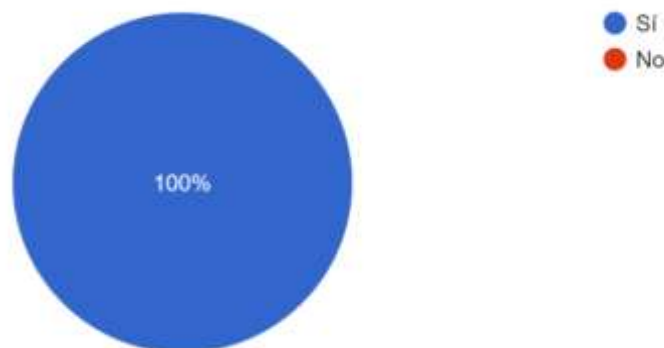
**Tabla 11.**

*Tabulación de datos a la pregunta 8*

Opciones	Porcentaje
SI	100%
NO	0%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 8.** Resultados obtenidos para la pregunta 8



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 8. (Hinojosa,2024)

El 100% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que si se realiza una adecuada educación a los pacientes y familiares sobre las medidas de protección radiológica una vez administrados los radiofármacos.

Para la pregunta 9 se formuló lo siguiente ¿Usted conoce si se ha administrado dosis erróneas a los pacientes?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 12 y figura 9

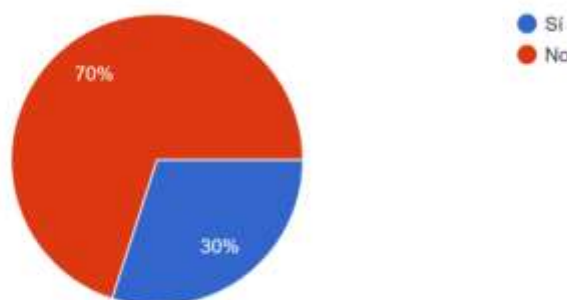
**Tabla 12.**

*Tabulación de datos a la pregunta 9*

Opciones	Porcentaje
SI	70%
NO	30%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 9.** Resultados obtenidos para la pregunta 9



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 9. (Hinojosa,2024)

El 70% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que no se ha administrado dosis erróneas a los pacientes, 30% dijeron que si administraron dosis erróneas.

Para la pregunta 10 se formuló lo siguiente ¿Ha reportado algún incidente radiológico en el último año?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 13 y figura 10

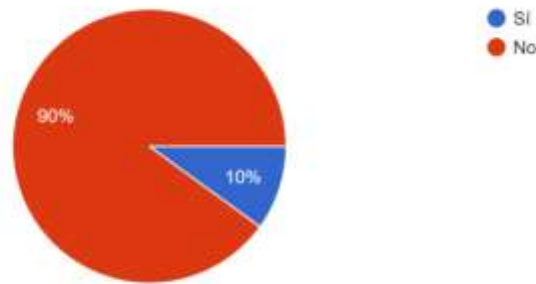
**Tabla 13.**

*Tabulación de datos a la pregunta 10*

Opciones	Porcentaje
SI	90%
NO	10%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 10.** Resultados obtenidos para la pregunta 10



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 10. (Hinojosa,2024)

El 90% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que, si han reportado algún incidente radiológico en el último año, 10% dijeron que no han reportado algún incidente

Para la pregunta 11 se formuló lo siguiente ¿Fue el procedimiento de seguimiento satisfactorio?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 14 y figura 11

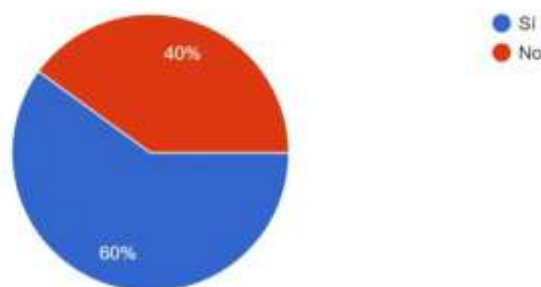
**Tabla 14.**

*Tabulación de datos a la pregunta 11*

Opciones	Porcentaje
SI	60%
NO	40%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 11.** Resultados obtenidos para la pregunta 11



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 11. (Hinojosa,2024)

El 60% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que el procedimiento de seguimiento fue satisfactorio, 40% dijeron que el seguimiento no fue satisfactorio.

Para la pregunta 12 se formuló lo siguiente ¿Siente que el procedimiento para reportarlo es claro y eficaz?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 15 y figura 12

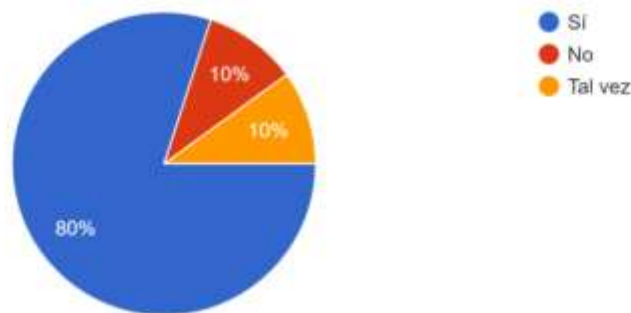
**Tabla 15.**

*Tabulación de datos a la pregunta 12*

Opciones	Porcentaje
SI	80%
NO	10%
RARA VEZ	10%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 12.** Resultados obtenidos para la pregunta 12



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 12. (Hinojosa,2024)

El 80% del personal ocupacionalmente expuesto menciona que, si sienten que el procedimiento fue reportado de manera clara y eficaz, 10% dijeron que el procedimiento no fue reportado de manera clara y eficaz.

Para la pregunta 13 se formuló ¿El material radiactivo esta adecuadamente señalado y almacenado?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 16 y figura 13

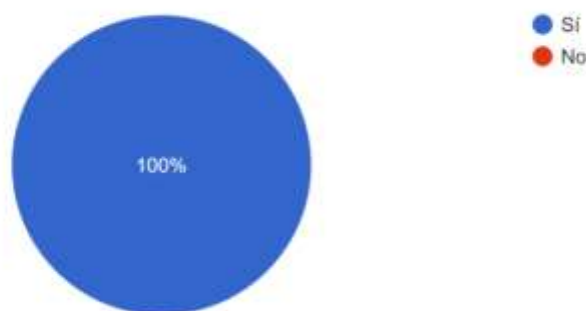
**Tabla 16.**

*Tabulación de datos a la pregunta 13*

Opciones	Porcentaje
SI	100%
NO	0%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 13.** Resultados obtenidos para la pregunta 13



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 13. (Hinojosa,2024)

El 100% del personal ocupacionalmente expuesto dice que el material radiactivo esta adecuadamente señalado y almacenado

Para la pregunta 14 se formuló ¿Se han producido contaminaciones por errores de manipulación del material radiactivo?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 17 y figura 14

**Tabla 17.**

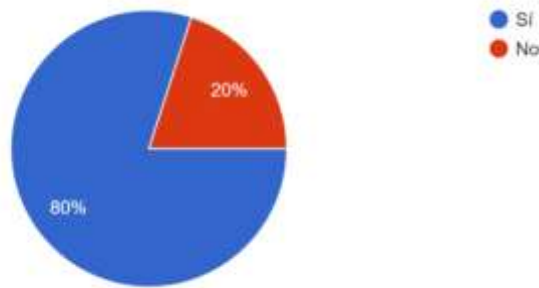
*Tabulación de datos a la pregunta 14*

Opciones	Porcentaje
SI	80%
NO	20%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo



**Figura 14.** Resultados obtenidos para la pregunta 14



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 14. (Hinojosa,2024)

El 80% del personal ocupacionalmente expuesto dice que, si se ha producido contaminaciones por errores de manipulaciones del material radiactivo, 20% dijeron que no se produjo contaminación por error de manipulación.

Para la pregunta 15 se formuló ¿Recibe capacitación regular sobre los procedimientos de seguridad radiológica?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 18 y figura 15

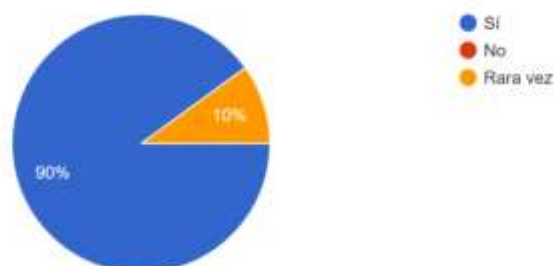
**Tabla 18.**

*Tabulación de datos a la pregunta 15*

Opciones	Porcentaje
SI	90%
RARA VEZ	10%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 15.** Resultados obtenidos para la pregunta 15



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 15 (Hinojosa,2024)

El 90% del personal ocupacionalmente expuesto menciona que si reciben capacitación regular mientras que 10% dijeron que rara vez.

Para la pregunta 16 se formuló ¿Se realizan simulacros de accidentes radiológicos?, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 19 y figura 16

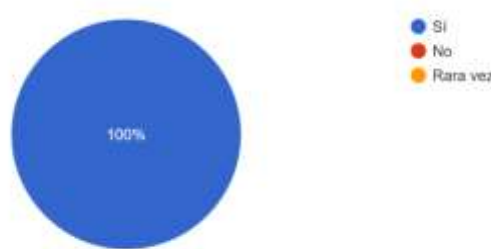
**Tabla 19.**

*Tabulación de datos a la pregunta 16*

Opciones	Porcentaje
SI	100%
NO	0%

Fuente. Elaborado por Nancy Aida Hinojosa Naranjo

**Figura 16.** Resultados obtenidos para la pregunta 16



*Nota.* El siguiente diagrama de pastel representa los resultados obtenidos para la pregunta 16. (Hinojosa,2024)

El 100% del personal ocupacionalmente expuesto dice que si realizan simulacros radiológicos dentro del CEN

**Tabla 20**

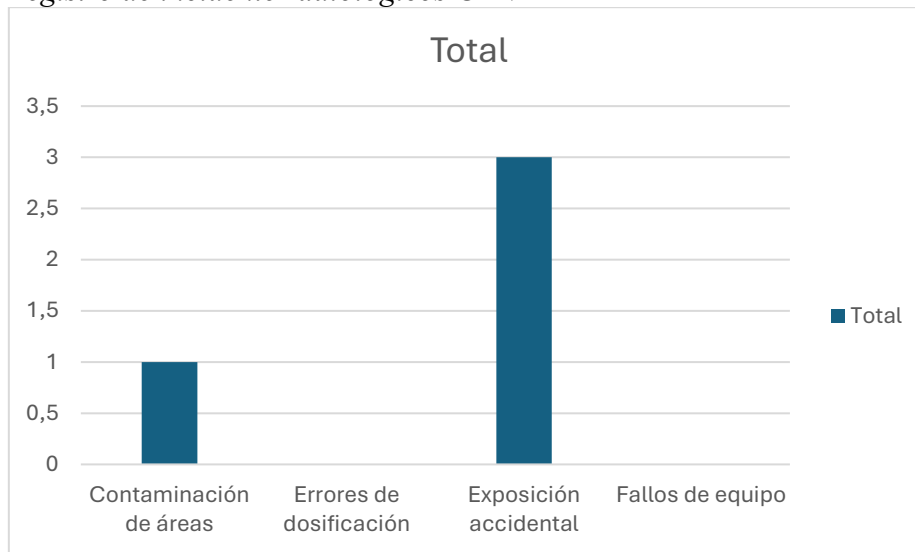
*Análisis General de los resultados*

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>				
<b>1. Niveles de satisfacción sobre la seguridad radiológica en el CEN</b>	<b>2. Cumplimiento con los principios de la protección radiológica.</b>	<b>3. Protección radiológica al paciente</b>	<b>4. Protección radiológica para el personal expuesto a radiaciones ionizantes en el ámbito laboral</b>	<b>5. Capacitaciones dentro del Centro de Especialidad Nuclear</b>
El 70% del personal ocupacionalmente expuesto respondieron que aplican muy satisfactoriamente los procedimientos de seguridad radiológica mientras que el 30% respondieron que son satisfactorios la aplicación de los procedimientos	EL 90% de los encuestados indicaron que aplican los procedimientos de protección radiológica diariamente; sin embargo, el 20% indica que no tiene conocimiento de las revisiones y actualizaciones de los procedimientos. Esto ocasionó que existan cuatro incidentes radiológicos en el área de especialidad entre el 2021 - 2023. Según el ente de control (ESCAN) esto no debe ocurrir.	El 20% de los encuestados indicaron que la administración del material radioactivo, no lo realizan en dosis mínimas. Esto conlleva a que el paciente reciba radiación innecesaria; tanto es así que el 70% indica que se administró dosis erróneas al paciente, esto se conoce como incidentes radiológicos. A pesar de aquello el 100% indica que los pacientes reciben una educación sobre las medidas de protección radiológica.	A pesar de que el 100% indicaron que el material radioactivo esta adecuadamente señalado y almacenado, el 80% indican que existió error en la manipulación del material radioactivo. Esto conlleva a que el 40% de los encuestados señalen que el procedimiento de seguimiento de los incidentes radiológicos no sean satisfactorios.	El 30% de los encuestados indicaron que no reciben capacitación sobre procedimientos de seguridad radiológico y no han realizado simulacros. Las instituciones que operen con estos procedimientos deben poner mayor énfasis en las capacitaciones.

*Nota.* La tabla presentada a continuación representa el análisis de resultados generales que arrojó la encuesta del CEN. (Hinojosa,2024)

## Análisis de incidentes radiológicos desde el 2022

Figura 17 Registro de incidente radiológicos CEN



Nota. El siguiente diagrama de barras representa los números de incidentes radiológicos y la exposición accidental dentro del CEN. (Hinojosa,2024)

La figura 17 se observa un total de 4 incidentes radiológicos desde el año 2022, siendo el mas relevante la exposición accidental que conlleva a irradiación externa y contaminación del personal ocupacionalmente expuesto.

## DISCUSIONES

**Protección y seguridad radiológicas**, Artículo de revisión del autor Gustavo E. Saravia-Rivera, revista Anales de radiología México, 2013, este artículo , se centró en

*Conocer los efectos que causa la radiación ionizante en los seres vivos, campo que estudia la radiobiología, para comprender que no es una energía inocua pero tampoco indomable ni incontrolable. El objetivo de este artículo no es incentivar el pánico sino la conciencia para evitar tantas lesiones radio inducidas. En los resultados se menciona que el creciente uso de tomografía computada y procedimientos radiológicos ha aumentado las lesiones cutáneas por dosis altas de radiación. Aunque no hay límites para la exposición médica, se recomienda minimizar las dosis (principio ALARA). Los jóvenes son más vulnerables al cáncer. Muchos*

*médicos no están suficientemente capacitados en seguridad radiológica o no aplican correctamente los principios de protección. (Saravia-Rivera, 2013)*

**Medidas de prevención para evitar efectos en la salud por exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores del sector sanitario**, Trabajo de grado de Héctor Alejandro Sánchez Pacheco, Pontificia Universidad Javeriana, 2008, este trabajo tiene como objetivo

*Determinar las medidas de prevención contra efectos en la salud por exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores del sector sanitario. Esta investigación es de tipo documental ya que se realizó a través de una revisión documental, donde los resultados arrojaron que uno de los motivos más comunes para la contaminación es la no utilización de los elementos de protección personal por parte de muchos trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes. De esta manera se pretende determinar las medidas de prevención contra efectos en la salud de trabajadores ocupacionalmente expuestos. (Sánchez, 2008)*

**Aportación del Servicio de Protección Radiológica a la Seguridad y Salud del Personal Expuesto a Radiaciones Ionizantes en la Universidad de Córdoba**, Tesis doctoral de Patricia Raya Hidalgo, Universidad de Córdoba, 2017, el objetivo principal de esta tesis es

*Demostrar la necesidad de los SPR en las universidades mediante su aportación, específica e insustituible, a la optimización, alcanzada ésta mediante la investigación y el método científico, lo cual permitió determinar que un programa de formación en protección radiológica bien establecido reduce el número de personas que reciben dosis y corrige errores de procedimiento. La dosimetría ambiental permite, no sólo asignar la dosis personal sin necesidad de dosímetro individual, sino que corrige errores en la labor diaria del personal expuesto. El SRP es capaz de gestionar*

*alrededor del 98% de los residuos radiactivos que se producen en la Universidad de Córdoba, lo cual reporta un amplio beneficio económico. (Hidalgo, 2017)*

**La regulación de la protección radiológica y la función de las autoridades de salud,**  
Artículos e informe especial de César F. Arias, 2006, en el informe se destaca

*La importancia fundamental de las organizaciones reguladoras en protección radiológica y de las autoridades sanitarias para la prevención de accidentes radiológicos. Para lograr esto, es esencial que los profesionales sanitarios posean conocimientos adecuados en materia de protección radiológica, promuevan el uso de equipos apropiados y apliquen los procedimientos necesarios para garantizar la calidad. La intervención adecuada de las autoridades nacionales de salud puede contribuir significativamente a la reducción de dosis innecesarias en procedimientos médicos que utilizan fuentes de radiación y disminuir la probabilidad de accidentes radiológicos en este campo. (Arias, 2006)*

**Propuesta de un Programa de Protección Radiológica para Prevenir el Riesgo de Exposición a Radiación Ionizante en el Hospital I Agustín Arbulu Neyra de Ferreñafe,**  
Tesis Universitaria de Angelo Luisin Junior Lozada Jaramillo, Universidad Tecnológica de Perú, 2022, el objetivo de esta tesis es

*Diseñar un programa de protección radiológica para prevenir el riesgo de exposición a radiación ionizante en el área de rayos x del Hospital, para cual se utiliza una investigación no experimental, propositiva y transversal, en donde se aplicó un cuestionario a 13 trabajadores del área de radiología, los cuales arrojaron como resultados que s indican que las exposiciones a radiaciones ionizantes promedio fueron de 2.80 mSv en el área de rayos X del hospital. Asimismo, se determinó que los trabajadores saben cuál es el riesgo profesional a los cuales están expuestos y conocen qué es una enfermedad ocupacional y que son las radiaciones ionizantes. Sin embargo, más de la mitad de no ha recibido capacitación y no*

*maneja medidas de prevención, seguimiento ni control frente al riesgo radiológico. Es por ello que el autor toma como medida correctiva la creación de un programa de protección radiológica que incluyó normas, restricciones y pautas de capacitación para prevenir los riesgos en el área de rayos X. (Lozada Jaramillo, 2022)*

En resumen, de acuerdo con los estudios revisados y analizados se puede determinar que la optimización de la seguridad radiológica en el Centro de Especialidad Nuclear (CEN) en Quito se beneficia de la integración de las lecciones aprendidas de diversos estudios. Saravia-Rivera (2013) destaca la necesidad de minimizar las dosis de radiación y mejorar la capacitación en seguridad radiológica, mientras que Sánchez (2008) subraya la importancia del uso adecuado de equipos de protección personal. Hidalgo (2017) muestra que programas de formación bien estructurados y la dosimetría ambiental son esenciales para reducir la exposición y corregir errores. Arias (2006) enfatiza el rol crucial de las autoridades reguladoras en la prevención de accidentes radiológicos, y Lozada Jaramillo (2022) propone un programa específico de protección radiológica que incluye capacitación y medidas de prevención. Estos estudios indican que una estrategia efectiva para el CEN debería incluir capacitación continua, la correcta dosimetría en el paciente, programas de formación bien estructurados y una fuerte colaboración con autoridades reguladoras para minimizar los riesgos de exposición a la radiación ionizante tanto para el personal ocupacionalmente expuesto como para los pacientes.

## **PROPUESTA SOBRE EL PLAN DE CAPACITACIONES**

El presente plan de capacitación busca minimizar los incidentes radiológicos para esto es esencial enfocar los esfuerzos en las áreas críticas identificadas y asegurar que el personal esté bien informado y equipado para manejar las situaciones de manera segura.

## **Objetivos General**

Fortalecer la competencia y el conocimiento del personal ocupacionalmente expuesto para minimizar los incidentes radiológicos y garantizar la seguridad del personal y los pacientes.

### **Estrategia de Capacitación:**

- Implementar sesiones de formación regulares que combinan teoría y práctica.
- Desarrollar simulacros de incidentes radiológicos para entrenamiento práctico.
- Utilizar evaluaciones para medir la retención de conocimientos y la eficacia de la capacitación.

### **Contenidos de las Capacitaciones:**

#### **1. Fundamentos de Radiación:**

- Naturaleza y tipos de radiación.
- Fuentes de radiación en medicina nuclear.
- Efectos biológicos de la radiación.

#### **2. Principios de Radioprotección:**

- Uso de EPI (Equipos de Protección Individual).
- Controles de ingeniería y administrativos para minimizar la exposición.

#### **3. Gestión de Incidentes Radiológicos:**

- Protocolos para manejo de derrames y exposiciones accidentales.
- Procedimientos de descontaminación.



- Comunicación eficaz en situaciones de emergencia.

#### **4. Uso y Manejo Seguro de Radioisótopos:**

- Procedimientos de manipulación segura de materiales radiactivos.
- Técnicas de almacenamiento y eliminación de desechos radiactivos.
- Medidas de seguridad para la administración de radiofármacos a pacientes.

#### **5. Simulacros y Ejercicios Prácticos:**

- Simulaciones de incidentes para mejorar la respuesta del equipo.
- Ejercicios de evacuación y respuesta a emergencias radiológicas.

#### **6. Evaluaciones y Retroalimentación:**

- Tests de conocimiento antes y después de las capacitaciones.
- Encuestas de satisfacción y sugerencias de mejora.

#### **Métodos de Evaluación:**

- Uso de cuestionarios y pruebas escritas para evaluar el conocimiento teórico.
- Observación directa y retroalimentación durante los ejercicios prácticos.
- Revisión de incidentes y casi incidentes posteriores a la capacitación para evaluar la mejora en las prácticas de seguridad.

## 7. Presupuesto:

**Tabla 21**

*Presupuesto del plan de capacitaciones*

<b>Tipo</b>	<b>Categoría</b>	<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fuente financiadora</b>	<b>Monto</b>
Recursos disponibles	Infraestructura	Equipo	Laptop	Personal	0.0
		Equipo	Cámara fotográfica	Personal	0.0
		Vehículo	Transporte al CEN	Personal	0.0
Recursos necesarios	Gasto de trabajo de campo	Fotocopias	450 fotocopias del manual y encuestas	Propia	100.00
		Gasolina	Para traslados	Propia	100.00
	Materiales	Papel	Hojas para impresión	Personal	30.00
Capacitación y formación	Gasto capacitaciones	Asesoría de seguridad radiológica	Capacitaciones al personal y evaluaciones	Propia	300.00
<b>Total, presupuesto</b>					<b>530.00</b>

*Nota.* La tabla presentada el presupuesto utilizado en la investigación (Hinojosa,2024)

Este plan debe ser revisado y actualizado periódicamente para incorporar nuevas tecnologías, procedimientos y normativas relacionadas con la seguridad radiológica. Además, es crucial fomentar una cultura de seguridad que promueva la comunicación abierta y el reporte proactivo de condiciones inseguras.

## Cronograma del plan de capacitaciones

Para el siguiente cronograma, las fechas son tentativas debido a los permisos que el centro debe otorgar para la realización de este plan de capacitación

**Tabla 22.**

*Cronograma del plan de capacitaciones*

<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Duración</b>	<b>Fecha de Inicio</b>	<b>Fecha de Finalización</b>
<i>Introducción a la Radio protección</i>	Supervisor de Seguridad	1 mes	01/07/2024	01/08/2024
<i>Gestión de Incidentes Radiológicos</i>	Oficial de Seguridad	1 mes	02/08/2024	02/09/2024
<i>Uso y Manejo Seguro de Radioisótopos</i>	Personal Técnico	1 mes	03/09/2024	03/10/2024
<i>Simulacros de Emergencia</i>	Todo el personal	1 mes	04/10/2024	04/11/2024
<i>Evaluación de la Capacitación</i>	Oficial de radiología	1 semana	05/11/2024	11/11/2024

*Nota.* La tabla presentada a continuación muestra las actividades y días que se llevara a cabo el plan de capacitación dentro del CEN.

(Hinojosa,2024)

## **Monitoreo**

El monitoreo del cronograma se realizará en el Centro de Especialidad Nuclear en el cual la evidencia que se recopilará de acuerdo con el siguiente esquema:

### **1. Introducción a la Radioprotección**

**Responsable:** Supervisor de Seguridad

**Duración:** 1 mes (1/7/2024 - 1/8/2024)

#### **Objetivos:**

- Introducir los conceptos básicos de radioprotección.
- Sensibilizar al personal sobre la importancia de la seguridad radiológica.

#### **Resultados Esperados:**

- Comprensión básica de los conceptos de radioprotección.
- Aumento de la conciencia sobre la importancia de la seguridad radiológica.

#### **Evidencia:**

- Lista de asistencia firmada.
- Encuestas de capacitación para evaluar el conocimiento adquirido.
- Materiales de presentación.
- Fotografías de la capacitación.

### **2. Gestión de Incidentes Radiológicos**

**Responsable:** Oficial de Seguridad

**Duración:** 1 mes (2/8/2024 - 2/9/2024)

**Objetivos:**

- Capacitar al personal en la gestión de incidentes radiológicos.
- Proporcionar protocolos y procedimientos para la respuesta a incidentes.

**Resultados Esperados:**

- Conocimiento de los procedimientos a seguir durante un incidente radiológico.
- Capacidad para responder efectivamente a incidentes radiológicos.

**Evidencia:**

- Lista de asistencia firmada.
- Cuestionarios de evaluación de comprensión de los procedimientos.

**3. Uso y Manejo Seguro de Radioisótopos**

**Responsable:** Personal Técnico

**Duración:** 1 mes (3/9/2024 - 3/10/2024)

**Objetivos:**

- Instruir al personal sobre el uso seguro de radioisótopos.
- Demostrar el manejo correcto de radioisótopos.

**Resultados Esperados:**

- Habilidad para manejar radioisótopos de manera segura.
- Conocimiento de las normativas y procedimientos específicos.

**Evidencia:**

- Lista de asistencia firmada.
- Evaluaciones prácticas y observaciones de manejo de radioisótopos.

- Fotografías de las sesiones prácticas.
- Reportes de evaluación de prácticas seguras.

#### **4. Simulacros de Emergencia**

**Responsable:** Todo el personal

**Duración:** 1 mes (4/10/2024 - 4/11/2024)

**Objetivos:**

- Realizar simulacros de emergencia para practicar la respuesta a situaciones radiológicas.
- Evaluar la efectividad de los protocolos de emergencia.
- Resultados Esperados:
- Preparación del personal para responder a emergencias radiológicas.
- Identificación de áreas de mejora en los protocolos de emergencia.

**Evidencia:**

- Lista de asistencia firmada.
- Reportes de observación de los simulacros.
- Evaluaciones de desempeño durante los simulacros.
- Actas de retroalimentación y mejoras propuestas.

#### **5. Evaluación de la Capacitación**

**Responsable:** Oficial de Radiología

**Duración:** 1 semana (5/11/2024 - 11/11/2024)

**Objetivos:**

- Evaluar el impacto de las capacitaciones realizadas.
- Recoger retroalimentación del personal sobre las capacitaciones.
- Resultados Esperados:
- Identificación de las áreas donde las capacitaciones han sido efectivas.
- Propuestas de mejora para futuras capacitaciones.

**Evidencia:**

- Encuestas de retroalimentación del personal.
- Análisis de las encuestas y reportes de impacto.
- Reuniones de evaluación y actas de recomendaciones.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**Conclusiones**

Los resultados del registro de incidentes, que identificaron un total de cuatro incidentes radiológicos desde 2022, indican una necesidad de revisión y fortalecimiento de los procedimientos existentes. Aunque el número de incidentes puede ser relativamente bajo, cada incidente es una oportunidad para mejorar las prácticas de seguridad y prevenir futuras exposiciones.

La identificación de puntos críticos y áreas de riesgo en el proceso de administración de isótopos radiactivos resalta la importancia de mejorar la capacitación del personal en la correcta identificación del fármaco, la dosis, la identidad del paciente y la hora de fraccionamiento. Esto subraya la necesidad de procedimientos claros y precisos para minimizar errores y garantizar la seguridad del paciente y del personal.

A pesar de que se evaluaron los procedimientos que involucran el uso de equipos de protección radiológica, las encuestas realizadas al personal sugieren que podría haber un déficit en el

conocimiento o en la aplicación práctica de estos procedimientos. Esto indica una oportunidad para intensificar la formación en el uso correcto y constante de equipos de protección personal para reducir efectivamente la exposición a la radiación.

La creación de un plan de capacitaciones basado en la evaluación de procedimientos existentes y los datos de las encuestas es esencial. Este plan debería incluir no solo la actualización de procedimientos y protocolos, sino también programas regulares de capacitación y evaluaciones de competencia para el personal. Además, la implementación de nuevas medidas de seguimiento y control permitirá evaluar la efectividad de las intervenciones y hacer ajustes necesarios de manera continua.

La optimización de la seguridad radiológica es un proceso continuo que requiere compromiso y actualización constante ante los avances tecnológicos y los cambios en las normativas de seguridad. La cultura de seguridad debe fomentar la notificación y el aprendizaje de los incidentes, así como una evaluación periódica de las prácticas actuales.

### **Recomendaciones**

Realizar una auditoría exhaustiva de los procedimientos de seguridad radiológica actuales para identificar y corregir deficiencias.

Implementar programas de capacitación regular para todo el personal involucrado en el manejo de isótopos radiactivos, asegurando que comprendan y puedan aplicar correctamente los procedimientos de seguridad.

Desarrollar módulos de entrenamiento específicos que aborden los puntos críticos identificados, como la identificación del fármaco, la dosis adecuada, y la verificación de la identidad del paciente.



Realizar simulacros de emergencias radiológicas que permitirán evaluar la respuesta de cada personal.

Fomentar una cultura de seguridad donde el uso correcto y consistente de equipamiento de protección personal sea la norma.

Implementar un sistema de reporte de incidentes que sea fácil de usar y que promueva una comunicación abierta y honesta sobre los errores y casi-errores.

Animar al personal a participar activamente en la revisión y mejora de los procedimientos de seguridad a través de sugerencias.

### CRONOGRAMA DE TITULACIÓN

**Tabla 23**


*Cronograma de Titulación*

N°	ACTIVIDADES	SEMANAS DE DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Planteamiento del Tema	■							
2	Matriz de Involucrados y árbol de problemas	■	■						
3	Árbol de Objetivos y matriz de estrategias		■	■					
4	Planteamiento del Proyecto			■	■				
5	Delimitación y Justificación del proyecto				■	■			
6	Objetivos					■	■		
7	Marco Teórico						■	■	
8	Materiales y Métodos							■	■
9	Recolección de Datos								■
10	Medición de resultados								■
11	Conclusiones y Recomendaciones								■
12	Lista de Referencias								■
13	Planificación								■

*Nota.* La tabla presentada a continuación el cronograma de titulación . (Hinojosa,2024)

## ANEXOS

### Anexo 1 Elusión del radioisótopo y preparación del radiofármaco en el CEN

	CENUCLEAR -CENTRO DE ESPECIALIDAD NUCLEAR	100
	PROGRAMA DE VIGILANCIA RADIOLOGICA	MN-OSR-001-22
		Versión: 01

- **Objetivo**

Obtener el material radiactivo tecnecio -99m del Generador de Molibdeno-99.

- **Descripción del proceso**

El departamento de Medicina Nuclear solicita quincenalmente un generador de Tecnecio-99m/ Molibdeno-99. Este generador es transportado por el proveedor autorizado por el órgano regulador (SCAN) desde Argentina.

Todos los procesos que se realizan para obtención del tecnecio-99 (99mTc) son llevados a cabo en una campana de extracción y a la salida posee un filtro de carbón activado cumpliendo las recomendaciones de las normas de protección radiológico.

A continuación, se realiza una breve descripción de las principales características físicas y químicas del Generador:

Descripción: el generador de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  es un sistema de elución de soluciones estériles y libre de endotoxinas bacterianas de pertechnetato de sodio (99mTc) aptas para la marcación de juegos de reactivos o bien para administrarse vía intravenosa (i.v) para determinados estudios.

Características físicas del radionucleido madre: el molibdeno-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ) decae por emisión de radiación Beta ( $\beta^-$ ) y gama ( $\gamma$ ) con un período, período de semidesintegración de 66.02 horas.

Características físicas del radionucleido hijo eluido:el tecnecio-99m ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) decae por transición isomérica con un período de semidesintegración de 6.02 horas. Su fotón

- **PROCESO DE ELUSION DEL  $^{99m}\text{Tc}$  PARA SU USO:**

Todos los procesos que se realizan para la obtención de un eluido de pertechnetato de sodio ( $^{99m}\text{Tc}$ ) deben ser llevados a cabo en una campana de flujo laminar, utilizando elementos estériles y descartables para cumplir las normas de radio protección.

Una vez recibido el Generador en la sala del cuarto caliente, por parte del proveedor, proceder de la siguiente manera:

1. Abrir el balde plástico retirando la tapa hermética.
2. Retirar el blíster de elución.
3. Colocar el generador de molibdeno-99/tecnecio-99m ( $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ ) dentro del bunker de elución cuidando que la etiqueta quede hacia delante.
4. Para obtener una elución se debe colocar un vial de elución (precinto rojo) dentro del vial de plomo de elución. Retirar el precinto plástico y con un algodón embebido en alcohol limpiar el área del lapón de goma que quedo expuesta
5. Obtener un vial eluyente (precinto azul) retirar el precinto plástico y con un algodón embebido en alcohol limpiar el área del tapón que quedo expuesta.
6. Retirar los viales protectores de las agujas y pinchar el vial con solución eluyente (solución estéril y libre de endotoxinas bacterianas de cloruro de sodio al 0.9%) en la depresión superior del generador que posee la doble aguja.
7. Colocar el vial que se encuentra dentro del blindaje de plomo. preparado en el punto 4, en la depresión superior del generador que posee una única aguja.
8. Dejar que el vial de elución se llene con la solución de pertechnetato de sodio ( $^{99m}\text{Tc}$ ). la aparición de burbujas indica que el proceso de elución ha finalizado.
9. Una vez finalizada la elución retirar el contenedor de plomo con el vial que contiene la solución estéril libre de endotoxina bacteriana y radiactiva de pertechnetato de sodio ( $^{99m}\text{Tc}$ ).

10. En la aguja de elución, ahora libre, colocar un vial evacuado (precinto verde) limpiando con un algodón embebido en alcohol el área del tapón que queda expuesta al retirar el precinto plástico. Este vial asegura el secado de la columna, así como su protección para mantener la esterilidad.
11. Medir, en el Activímetro, la actividad del radioisótopo obtenido durante la elución la misma que depende del día en el que se obtiene el elemento radiactivo.
12. Para realizar nuevas eluciones comenzar desde el punto 5.



**Fuente:** Manual de Seguridad Radiológica CEN

## **Anexo 2 Procedimiento de Transporte interno de radionúclidos.**

- **Transporte interno de Tc-99m y/o I-131 para diagnóstico y tratamientos ambulatorios**

Una vez que el radiofármaco ha sido preparado (en el cuarto caliente) para diagnóstico en una jeringa, esta es colocada en un protector plomado. La jeringa con el protector es colocada en el contenedor plomado, para ser transportado a la sala de inyección que se encuentra junto al cuarto caliente, como se indica en la siguiente figura:

- **Diagnóstico**

Una vez que los radiofármacos han sido preparados se administra esta dosis al paciente. La administración lo realiza el Licenciado en Radiología con capacitación en Medicina Nuclear, siguiendo todas las normas de protección radiológica y dependiendo del estudio a realizarse.

Para lo cual debe seguir los siguientes pasos:

- Durante la administración del radiofármaco, el personal debe utilizar:
  - a. Mandil de plomo
  - b. Collarín plomado
  - c. Gafas plomadas
  - d. 2 pares de guantes de látex.
- Disponer de la solicitud de pedido de examen realizado por un médico prescriptor.
- Llamar al paciente
- Verificar nombre de paciente con el pedido de examen
- Dar las indicaciones previas como fuente móvil
- Administrar la dosis preparada
- Indicar la hora a la que se adquirirán las imágenes.



**Fuente:** Manual de Seguridad Radiológica CEN

### **Anexo 3 Procedimientos establecidos para garantizar la administración correcta y medidas redundantes**

Para la administración correcta de la dosis al paciente seguir el siguiente procedimiento:

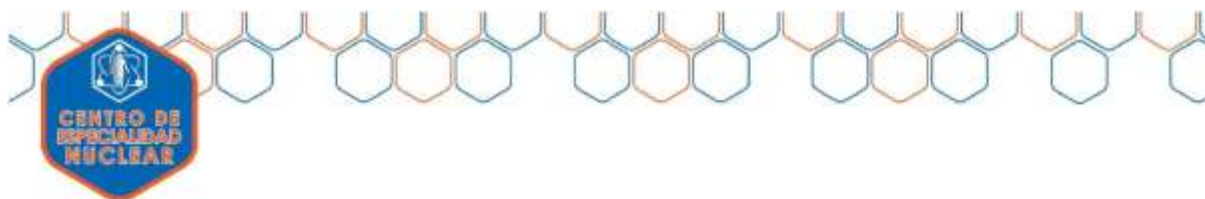
- Identificar al paciente por sus dos nombre y dos apellidos.
- Revisar la solicitud de pedido del médico prescriptor.

- Informar al paciente de los posibles riesgos que conlleva la administración de material radiactivo.
- Proporcionar la información a las personas acompañantes que atiende al paciente luego de un examen o terapia de medicina nuclear.
- Verificar con examen de laboratorio que la paciente no está embarazada.
- Registrar la firma del paciente o su acompañante en el consentimiento informado.
- Si una madre está en período de lactancia proporcionar la información establecida para la suspensión de la lactancia.
- Calcular la actividad administrada a un niño de acuerdo a las normas nacionales o internacionales vigentes.
  
- Preparación de radiofármacos de kits liofilizados siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Verificar el radiofármaco preparado y su actividad.
- Suministrar el radiofármaco de acuerdo con las indicaciones del médico tratante.
- Manejar correctamente el equipamiento y los accesorios de seguridad.
- Una vez administrado la dosis de radiofármaco, indicar la hora a la cual debe el paciente regresar al centro para la toma de imágenes.

**Fuente:** Manual de Seguridad Radiológica CEN



## Anexo 4 Carta de aceptación para la realización del proyecto dentro del CEN



Quito, martes 25 de junio de 2024

Estimada Lcda. Hinojosa:

Por medio de la presente, me complace informar que hemos recibido su solicitud para la realización del proyecto de investigación titulado "Optimización de la Seguridad Radiológica para la Minimización de Riesgos por Radiación Ionizante en el Personal Ocupacionalmente Expuesto y Pacientes del Centro de Especialidad Nuclear (CEN), en la Ciudad de Quito" y nos es grato comunicarle que ha sido aceptada.

Estamos convencidos de que este proyecto contribuirá de manera significativa a mejorar las prácticas de seguridad radiológica en nuestro centro, reduciendo los riesgos asociados a la exposición a radiación ionizante tanto para el personal como para los pacientes. Su enfoque en la optimización de protocolos y la implementación de nuevas medidas de seguridad es de suma importancia para nuestra institución y la comunidad en general.

Quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional y le reiteramos nuestro compromiso para apoyar esta importante investigación.

**ATENTAMENTE,**



**DR. FERNANDO YEROVI G.**

**MÉDICO NUCLEAR Y REPRESENTANTE LEGAL**

**REG SENESCYT 858184747**

**CC. 171486493-9**

## Anexo 5 Encuesta aprobada por parte del Medico Nuclear del CEN

<b>ENCUESTA</b>
<b>TEMA DEL PROYECTO:</b> OPTIMIZACIÓN DE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA PARA LA MINIMIZACIÓN DE RIESGOS POR RADIACIÓN IONIZANTE EN EL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO Y PACIENTES DEL CENTRO DE ESPECIALIDAD NUCLEAR (CEN) CIUDAD DE LA QUITO.
<b>OBJETIVO DE LA ENCUESTA:</b> El objetivo de esta encuesta es evaluar y enriquecer el conocimiento sobre seguridad radiológica, con el fin de minimizar los riesgos asociados a la radiación ionizante tanto para el personal ocupacionalmente expuesto como para los pacientes del Centro de Especialidad Nuclear (CEN) en la ciudad de Quito.
<b>INSTRUCCIONES:</b>
1. Si desea guardar el anonimato, no registre su nombre, dirección ni teléfono.
2. Los datos recopilados se utilizarán exclusivamente para el análisis y la presentación de resultados en el contexto de este proyecto de investigación, no se destinarán a ningún otro propósito sin el consentimiento explícito de los participantes
3. Lea detenidamente cada aspecto, antes de escribir la respuesta. En cada pregunta responda de acuerdo con las opciones que le pide.
4. No deje ninguna pregunta sin responder, escoja el literal correspondiente.

### 1. Niveles de satisfacción sobre la seguridad radiológica en el CEN

¿Con que frecuencia se aplican los procedimientos de protección radiológica?

- a. Muy insatisfactoria
- b. Insatisfactoria
- c. Neutral
- d. Satisfactoria
- e. Muy satisfactoria

### 2. Cumplimiento con los principios de la protección radiológica.

¿Usted considera que los procedimientos de seguridad radiológica son adecuados y están actualizados?

- a. Si
- b. No



¿Con que frecuencia se aplican los procedimientos de protección radiológica?

- a. Diariamente
- b. Semanalmente
- c. Mensualmente

¿Con que frecuencia se revisan y actualizan los procedimientos de protección radiológica en su área de trabajo?

- a. Semanalmente
- b. Mensualmente
- c. Anualmente
- d. No tengo conocimiento

¿Usted conoce si el servicio cuenta con una licencia vigente para trabajar con fuentes abiertas?

- a. Si
- b. No

### **3. Protección radiológica al paciente**

¿Usted conoce si se garantiza administrar las dosis minimas en cada estudio de medicina nuclear?

- a. Si
- b. No

¿Usted conoce si se realiza dosimetría al paciente?

- a. Si
- b. No

¿Usted conoce si se realiza una adecuada educación a los pacientes y familiares sobre las medidas de protección radiológica una vez administrados los radiofármacos?

- a. Si
- b. No

¿Usted conoce si se ha administrado dosis erróneas a los pacientes?

b. No

¿Se ha detectado contaminación interna en algún trabajador ocupacionalmente expuesto?

a. Sí

b. No

c. Desconoce

#### **4. Capacitaciones dentro de la Unidad Técnica de Medicina Nuclear**

¿Recibe capacitación regular sobre los procedimientos de seguridad radiológica?

a. Sí

b. No

c. Rara vez

¿Se realizan simulacros de accidentes radiológicos?

a. Sí

b. No

c. Rara vez

¿Existe manual de seguridad radiológica?

a. Sí

b. No

c. Desconoce

¿Tienen criterios concretos de lo que se considera una buena práctica en la materia de seguridad radiológica?

- a. Si
- b. No

¿Ha reportado algún incidente radiológico en el último año?

- a. Si
- b. No

Si respondió "Si" en la pregunta anterior. ¿Fue el procedimiento de seguimiento satisfactorio?

- a. Si
- b. No

#### **4.- Protección radiológica para el personal expuesto a radiaciones ionizantes en el ámbito laboral**

En caso de un incidente radiológico ¿Siente que el procedimiento para reportarlo es claro y eficaz?

- a. Si
- b. No
- c. Rara vez

¿El material radiactivo esta adecuadamente señalizado y almacenado?

- a. Si
- b. No

¿Se han producido contaminaciones por errores de manipulación del material radiactivo?

- a. Si

## **Agradecimiento**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos los participantes que han dedicado su tiempo y esfuerzo para completar esta encuesta. Su contribución es esencial para avanzar en nuestro entendimiento sobre la seguridad radiológica y para desarrollar estrategias efectivas que minimicen los riesgos asociados con la radiación ionizante. Apreciamos profundamente su disposición para compartir sus experiencias y percepciones, las cuales son vitales para el éxito de nuestro proyecto de investigación en el Centro de Especialidad Nuclear de Quito. Gracias por su valiosa participación y por su compromiso con la mejora de la seguridad y el bienestar tanto del personal como de los pacientes.

Autorizado y Aprobado Por:



Dr. Fernando Yerovi G.

**Médico Nuclear y Representante Legal**

**Reg Senescyt: 858184747**

**CC: 1714868439**

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias, C. (2006). La regulación de la protección radiológica y la función de las autoridades de salud. *Rev Panam Salud*, 20(2/3), 188–97.
- Benés, A. P., & Carrera, E. G. (2003). *Radiaciones ionizantes: normas de protección*. NTP. Barcelona: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. Obtenido de [https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp\\_614.pdf/ef28c36c-66d4-4bc9-a5cb-451c705927a9](https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_614.pdf/ef28c36c-66d4-4bc9-a5cb-451c705927a9)
- Consejo de Seguridad Nuclear. (2012). *Protección radiológica / CSN*. Madrid: Consejo de Seguridad Nuclear. Obtenido de <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Protecci%C3%B3n%20radiol%C3%B3gica>
- Galindo, A. (01 de 03 de 2024). *¿Qué son los radiofármacos?* (IAEA, Editor) Obtenido de <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-son-los-radiofarmacos>
- Hidalgo, P. (2017). Aportación del Servicio de Protección Radiológica a la Seguridad y Salud del Personal Expuesto a Radiaciones Ionizantes en la Universidad de Córdoba. *Universidad de Córdoba*. Obtenido de <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/15125/2017000001707.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IAEA. (2014). *Medicina radiológica y tecnología de las radiaciones: DIAGNÓSTICOS Y TRATAMIENTOS*. Viena: Aabha Dixit. Obtenido de [https://www.iaea.org/sites/default/files/bull554\\_dec2014\\_es.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/bull554_dec2014_es.pdf)
- Leyva, R., Leyva, R., & Cortés, G. (2012). Agentes quelantes bifuncionales utilizados en la síntesis de radiofármacos. *Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad*

- de *Ciencias Químicas*, 44(1). Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v44n1/v44n1a2.pdf>
- López, T. (2020). Isótopos y radioisótopos. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 8(16), 33-36. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/6132/7377>
- Lozada Jaramillo, A. L. (2022). Propuesta de un programa de protección radiológica para prevenir el riesgo de exposición a radiación ionizante en el hospital Agustín Arbulu Neyra de Ferreñafe. *Universidad Tecnológica de Perú*. Obtenido de [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5421/A.Loazada\\_Tesis\\_Titulo\\_Profesional\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5421/A.Loazada_Tesis_Titulo_Profesional_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mundial, A. N. (2014). *Los radioisótopos en la medicina*. Obtenido de [www.world-nuclear.org/info/Non-Power-Nuclear-Applications/Radioisotopes/Radioisotopes-in-Medicine](http://www.world-nuclear.org/info/Non-Power-Nuclear-Applications/Radioisotopes/Radioisotopes-in-Medicine)
- Organismo Internacional de Energía Atómica [IAEA], }. (2015). *Seguridad radiológica de las instalaciones de irradiación de rayos gamma, electrones y rayos x*. Viena: OIEA. Obtenido de [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1454s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1454s_web.pdf)
- Radiologyinfo.org. (2022). *Terapia de yodo radioactivo (I -131) para el hipertiroidismo*. Obtenido de <https://www.radiologyinfo.org/es/info/radioiodine>
- Ramirez, A. P. (1993). *Historia de la medicina nuclear*. C.M.España. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/32993722.pdf>
- Sánchez, P. (2008). Medidas de prevención para evitar efectos en la salud por exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores del sector sanitario. *Pontificia Universidad Javeriana*. Obtenido de

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54907/SanchezPacheco,HectorAlejandro.pdf?sequence=1>

Saravia-Rivera, G. E. (2013). Protección y seguridad radiológicas. *In Anales de Radiología, México, 12(12)*. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2013/arm132g.pdf>

Semnim. (2024). *La Medicina Nuclear*. Obtenido de <https://semnim.es/la-medicina-nuclear/>

Shengli Niu; Organización Internacional del Trabajo. (2011). *Protección de los trabajadores frente a la radiación*. Suiza: Primera Edición. Obtenido de <https://higieneyseguridadlaboralcv.s.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/04/proteccion-trabajadores-frente-a-la-radiacion.pdf>

Sopena N, P., Plancha M, M., Martinez, C., & Sopena, R. (2014). Medicina nuclear y radiofármacos. *Radiología*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003383381400099X?via%3Dihub>

Tarasiuk, L., & Perez, M. (1999). Evaluación de la protección radiológica en un módulo de medicina nuclear de un Hospital Cubano. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v37n3/hie04399.pdf>

Torre, H. d., & Allende, M. (2018). *Manual de Bioseguridad 2015*. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Obtenido de [https://w3.fcq.unc.edu.ar/sites/default/files/pictures/manual\\_bioseguridad\\_fcq.pdf](https://w3.fcq.unc.edu.ar/sites/default/files/pictures/manual_bioseguridad_fcq.pdf)