



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Recinto Universitario Rubén Darío (RURD)

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Departamento de Física

**Evaluación de la seguridad radiológica del departamento de radiología
del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, en el
periodo de Enero a Junio 2022**

**Trabajo monográfico para optar al grado de Licenciada en Física con
mención en Física médica**

Autor:

Br. Guillermina Esther Avilés Rivas No. de Carnet 1704-1195

Tutor:

Lic. Esp. Ricardo Pérez Zeledón

Asesor metodológico:

MSc. José Ignacio Díaz López.

Mayo del 2022

"Lo que sabemos es una gota de agua; lo que ignoramos es el océano"
(Isaac Newton)

Con amor y mucho cariño.

A mis padres: Guillermo Avilés & Ana Cecilia Rivas

A mi hermanita: Génesis Adriana Avilés Rivas

A mi tutor: Lic. Esp. Ricardo Enrique Pérez Zeledón

A mi asesor: MSc. José Ignacio Díaz

"Con la cúspide del vasto universo soñé, sobre el naciente sol me sostuviste, los cimientos de mi esencia humana yacen en tu amor, amor que tiende al infinito; con carácter, paciencia y dedicación forjaste mis ideales de niña, la ciencia que me enseñaste es para mí la convicción de todos los por qué, una ciencia que nos lleva a la ingravidez y otras veces a las turbulencias de un naciente exoplaneta".

Carta aval del tutor

Managua, Nicaragua

26 de mayo 2022

MSc. Francisco Espinoza
Director Departamento de Física
Facultad de Ciencias e Ingenierías

Estimado Maestro Espinoza.

Por este medio estoy haciendo llegar mi valoración como tutor del trabajo monográfico titulado **“Evaluación de la seguridad radiológica del departamento de radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, en el periodo de Enero a Junio 2022”** realizado por la Br. Guillermina Esther Avilés Rivas, con número de carnet 17041195.

Considero que este trabajo cumple con los requisitos establecidos con el actual reglamento estudiantil vigente. Esta investigación es de relevancia para la dirección del departamento de radiología, ya que contarán con un documento base que oriente la mejora continua de sus procesos.

El Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM) mediante el desarrollo de este proyecto logra observar el comportamiento de un sistema de seguridad radiológica de un hospital de referencia a nivel nacional.

Agradecería su gestión para que la pre – defensa y defensa sea realizada de acuerdo con la reglamentación vigente. Gracias de antemano y aprovecho para saludarlo.

Atentamente.

Lic. Esp. Ricardo Pérez Zeledón

Docente

Departamento de Física

Resumen

La evaluación de la seguridad radiológica, es una base fundamental para conocer la funcionalidad de toda institución que preste los servicios de radiología convencional e intervencionista, a partir de la autorización, diseño y funcionamiento que dan lugar a la vigencia de la licencia de operación para dichas prácticas. La guía de evaluación de seguridad del MINSA establece que esta se basa en la elaboración de una matriz de riesgo radiológica compuesta de los sucesos iniciadores identificados, la frecuencia (f), la probabilidad (p) y la consecuencia(c) de ocurrencia de los sucesos.

Los resultados obtenidos a partir de la elaboración de la matriz de riesgo radiológico, nos muestra que se estimaron un total de 20 sucesos iniciadores, a los cuales se les ha definido las barreras necesarias para reducir el riesgo, la frecuencia y la probabilidad de ocurrencia de dichos sucesos.

El nivel de riesgo resultante, es el riesgo medio RM que corresponde al 50% de los datos obtenidos equivalente a 10 riesgos medios RM de 10 sucesos iniciadores respectivamente, dichos sucesos iniciadores son corregibles con tomar medidas preventivas dentro del departamento de Radiología por parte del EPR y jefa de dicho servicio, reforzando el uso de las barreras.

Este nivel de riesgo es aceptable, aun así se deben considerar los resultados obtenidos para los otros riesgos, el 25% de dichos resultados está constituido por los riesgos muy alto RMA y riesgo alto RA, esto es un indicador de que el uso de las barreras puede estar fallando, por ello, se debe trabajar siempre en el buen funcionamiento de dichas barreras para la prevención y/o mitigación de los sucesos iniciadores correspondientes.

A partir de estos resultados el departamento de radiología del HOMFVP, es apto para continuar con la vigencia de la licencia de operación para las prácticas de radiología convencional, sin embargo, se deben reforzar las barreras de los sucesos iniciadores que indican un nivel riesgo alto RA y riesgo muy alto RMA.

Palabras claves: seguridad radiológica, matriz de riesgo, sucesos iniciadores, frecuencia, probabilidad, consecuencia.

ÍNDICE

CAPITULO I	1
I. Introducción	1
I. Planteamiento del problema	2
II. Justificación	3
IV. Objetivos de la investigación	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
CAPITULO II	5
V. Antecedentes	5
VI. Marco teórico	8
6.1. Marco conceptual	8
6.1.1. Producción de los rayos X	8
6.1.2. Radiación ionizante	9
6.1.3. Interacción de la radiación (electromagnética) con la materia	9
6.1.4. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes	11
6.1.5. Seguridad radiológica	12
6.1.6. Principios fundamentales de la protección radiológica	12
6.1.7. Riesgo radiológico	13
6.1.8. Evaluación de seguridad radiológica	14
6.1.9. Delimitación de zonas en radiología	14
6.1.10. Matriz de riesgo radiológico	16
6.1.11. Mapa de proceso	20
6.1.12. Cultura de seguridad radiológica	21
6.2. Marco legal	25
6.2.1. Normativas de seguridad radiológica	25
6.2.2. Ley No. 156 “Ley sobre Radiaciones Ionizantes”	26
6.2.3. Recomendaciones de la ICRP	26
6.2.4. Reglamento del CONEA	27
6.2.5. Requisitos generales (OIEA, 2010)	27
6.2.6. Ley No.14 del consejo de seguridad Nuclear	29

VII. Hipótesis de investigación	31
CAPITULO III.	32
VIII. Diseño metodológico	32
8.1. Tipo de estudio	32
8.2. Nivel de amplitud	32
8.3. Área de Estudio	32
8.4. Universo y muestra	34
8.5. Matriz de Operacionalización de Variables (MOVI)	35
8.6. Muestreo:	36
8.7. Métodos, Técnicas e instrumentos para la recolección de datos e información 36	
CAPITULO IV.	37
IX. Análisis y discusión de resultados	37
9.1. Análisis encuestas TOEs	38
9.2. Análisis encuestas Pacientes	51
9.3 cálculo de blindaje (sala de Tomografía, Fluoroscopia, Rayos X 1, Rayos X 2 y Mamografía)	62
9.4. Matriz de riesgo radiológico.	92
9.5 mapa y flujos de procesos radiológicos.	96
9.6. Dosis equivalente personal HP (10)	105
CAPITULO V	110
X. Conclusiones	110
XI. Recomendaciones	112
XII. Referencias	113
XIII. Anexos	115
13.1. Criterios e indicadores cualitativos de los elementos básicos de la cultura de seguridad	115
13.2. Niveles de cultura de seguridad radiológica de acuerdo a la evaluación cualitativa.	134
13.3. Dimensiones y cargas de trabajo para sala de Tomografía, Fluoroscopia, Rayos X y Mamografía	134
13.4. Hoja de cálculo de Excel para barrera primaria y barrera secundaria.	136

13.5. Tabla genérica de funciones de seguridad.....	137
13.6. Dosimetría de los TOEs.....	139
13.7. Formato de Encuestas y entrevistas realizadas a TOEs y pacientes.....	154
13.8. Resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los TOEs.....	167
13.9. Resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los pacientes.....	175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: evaluación general de los progresos de la cultura de seguridad de los TOEs. Fuente: propia.	49
Tabla 2: el nivel general de la cultura de seguridad de los TOEs según la percepción de los pacientes. Fuente: propia.....	60
Tabla 3: Datos para cálculo de blindaje I barrera primaria sala de tomografía. Fuente: propia.	63
Tabla 4: Cálculo de blindaje I barrera primaria sala de tomografía. Fuente: propia.	63
Tabla 5: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia.	64
Tabla 6: cálculo de blindaje I barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia.	65
Tabla 7: datos para cálculo de blindaje II barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia.	66
Tabla 8: cálculo de blindaje II barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia.	67
Tabla 9: Datos para cálculo de blindaje III barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia. ...	68
Tabla 10: cálculo de blindaje III barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia.	69
Tabla 11: datos para cálculo de blindaje I barrera primaria sala de fluoroscopia. Fuente: propia.	70
Tabla 12: cálculo de blindaje I barrera primaria, sala de fluoroscopia. Fuente: propia.	71
Tabla 13: datos para cálculo de blindaje I barrera primaria sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.....	72
Tabla 14: cálculo de blindaje I barrera primaria sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.....	72
Tabla 15: datos para cálculo de blindaje II barrera primaria sala de fluoroscopia. Fuente: propia.....	73
Tabla 16: cálculo de blindaje II barrera primaria sala de fluoroscopia. Fuente: propia.....	73
Tabla 17: datos para cálculo de blindaje II barrera primaria sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.....	74
Tabla 18: cálculo de blindaje II barrera primaria sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.....	74
Tabla 19: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria, sala de fluoroscopia. Fuente: propia. ..	75
Tabla 20: cálculo de blindaje I barrera secundaria, sala de fluoroscopia. Fuente: propia.	76
Tabla 21: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria, sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.....	76
Tabla 22: cálculo de blindaje I barrera secundaria, sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.....	77
Tabla 23: datos para cálculo de blindaje I barrera primaria salas de rayos x. Fuente: propia.	79
Tabla 24: cálculo de blindaje I barrera primaria salas de rayos x. Fuente: propia.	79
Tabla 25: datos para cálculo de blindaje II barrera primaria salas de rayos x. Fuente: propia.....	80
Tabla 26: cálculo de blindaje II barrera primaria salas de rayos x. Fuente: propia.....	80
Tabla 27: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria salas de rayos x. Fuente: propia.	81
Tabla 28: cálculo de blindaje I barrera secundaria salas de rayos x. Fuente: propia.	81
Tabla 29: datos para cálculo de blindaje II barrera secundaria salas de rayos x. Fuente: propia.	82

Tabla 30: cálculo de blindaje II barrera secundaria salas de rayos x. Fuente: propia.	83
Tabla 31: datos para cálculo de blindaje I barrera primaria sala de mamografía. Fuente: propia.	84
Tabla 32: cálculo de blindaje I barrera primaria sala de mamografía. Fuente: propia.	85
Tabla 33: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia. ...	85
Tabla 34: cálculo de blindaje I barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia.	86
Tabla 35: datos para cálculo de blindaje II barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia. ...	86
Tabla 36: cálculo de blindaje II barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia.	87
Tabla 37: Datos para cálculo de blindaje III barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia. 88	
Tabla 38: cálculo de blindaje III barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia.	89
Tabla 39: espesores de plomo equivalentes calculados y obtenido a través del gráfico, para salas de tomografía, fluoroscopia, rayos x y mamografía respectivamente.	91
Tabla 40: tabla de sucesos iniciadores, sus consecuencias, frecuencias y probabilidades, con su riesgo resultante. Fuente: propia.	93
Tabla 41: Criterios e indicadores cualitativos de los elementos básicos de la cultura de seguridad. (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016)	133
Tabla 42: funciones de seguridad genérica basadas en la “Guía de evaluación de seguridad de instalaciones y actividades asociadas a fuentes generadoras de radiaciones ionizantes”. (CONEA, 2017).	138
Tabla 43: Dosis de periodos correspondientes para el año 2019. Fuente: LAF-RAM.	143
Tabla 44: Dosis de periodos correspondientes para el año 2020. Fuente: LAF-RAM.	148
Tabla 45: Dosis de periodos correspondientes para el año 2021. Fuente: LAF-RAM.	149

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Nivel de progreso de seguridad, elemento básico 1: prioridad de la seguridad. Fuente: propia.	38
Grafico 2: Nivel de progreso de seguridad, elemento básico 2: Liderazgo y compromiso visibles de alta dirección con la seguridad	40
Grafico 3: Nivel de progreso, elemento básico 3: identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad.	41
Grafico 4: Nivel de progreso, sub elemento 4: Enfoque permanente en la seguridad. Fuente: propia... ..	42
Grafico 5: Nivel de progreso, elemento 5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad.	43
Grafico 6: Nivel de progreso, elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. Fuente: propia	44
Grafico 7: Nivel de progreso, elemento básico 7: reporte libre sobre seguridad. Fuente: propia.	45
Grafico 8: Nivel de progreso, elemento básico 8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad.	46
Grafico 9: Nivel de progreso, elemento básico 9: Aprendizaje organizacional continuo.	47
Grafico 10: Nivel de progreso, elemento básico 10: ambiente de confianza y colaboración en seguridad.	48
Grafico 11: Nivel general de cultura de seguridad radiológica de los TOEs. Fuente: propia	50
Grafico 12: Nivel de progreso, elemento básico 1: prioridad de la seguridad. Pacientes. Fuente: propia.	51
Grafico 13: Nivel de progreso, elemento básico 2: liderazgo y compromiso visibles de alta dirección con la seguridad. Fuente: propia.	52
Grafico 14: Nivel de progreso, elemento básico 3: Identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad	53
Grafico 15: Nivel de progreso, elemento básico 4: enfoque permanente de la seguridad. Fuente: propia.	53
Grafico 16: Nivel de progreso, elemento básico 5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. Fuente: propia.	54
Grafico 17: Nivel de progreso, elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. Fuente: propia.	55
Grafico 18: Nivel de progreso, elemento básico 7: Reporte libre sobre seguridad. Fuente: propia	56
Grafico 19: Nivel de progreso, elemento básico 8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad. Fuente: propia.	57
Grafico 20: nivel de progreso, elemento básico 9: aprendizaje organizacional continuo. Fuente: propia	58

Grafico 21: nivel de progreso, elemento básico 10: ambiente de confianza y colaboración en seguridad.	59
Grafico 22: nivel general de la cultura de seguridad de los TOEs según la percepción de los pacientes. Fuente: propia.....	61
Grafico 23: distribución de riesgos radiológicos calculados a partir de los sucesos iniciadores. Fuente: propia.....	94
Grafico 24: dosis acumulada anual para los 4 periodos comprendidos del año 2019. Fuente: propia.	107
Grafico 25: dosis acumulada anual de los periodos evaluados para el año 2020. Fuente: propia.....	108
Grafico 26: dosis acumulada anual para los periodos correspondientes del año 2021. Fuente: propia.	108
Grafico 27: preg.1 encuesta TOEs. Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE2	167
Grafico 28: preg.2 encuesta TOEs. Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE1	167
Grafico 29: preg.3 encuesta TOEs. Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE4	167
Grafico 30: preg.4. Encuesta TOEs Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE6	168
Grafico 31: preg.5. Encuesta TOEs Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE8	168
Grafico 32: preg.6. Encuesta TOEs Elemento básico 2: Liderazgo y compromiso visible de la alta dirección con la seguridad. SE3.....	168
Grafico 33: preg.7. Encuesta TOEs Elemento básico 2: Liderazgo y compromiso visible de la alta dirección con la seguridad SE8.....	169
Grafico 34: preg.8. Encuesta TOEs Elemento básico 3: Identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad. SE1	169
Grafico 35: preg.9. Encuesta TOEs Elemento básico 3: Identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad. SE5	169
Grafico 36: preg.10. Encuesta TOEs Elemento Básico 4: enfoque permanente en la seguridad. SE3..	170
Grafico 37: preg.11. Encuesta TOEs Elemento Básico 4: enfoque permanente en la seguridad. Se6...	170
Grafico 38: preg.12. Encuesta TOEs Elemento básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE1	170
Grafico 39: preg.13. Encuesta TOEs Elemento básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE9.....	171
Grafico 40: preg.14. Encuesta TOEs Elemento básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE7.....	171
Grafico 41: preg.15. Encuesta TOEs Elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. SE2	171
Grafico 42: preg.16. Encuesta TOEs Elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. SE4.	172
Grafico 43: preg.17. Encuesta TOEs Elemento básico 7: reporte libre sobre seguridad. SE4.	172
Grafico 44: preg.18. Encuesta TOEs Elemento básico 7: reporte libre sobre seguridad. SE8.	172
Grafico 45: preg.19. Encuesta TOEs Elemento básico.8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad. SE3.	173

Grafico 46: preg.20. Encuesta TOEs Elemento básico.8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad. SE4.	173
Grafico 47: preg.21. Encuesta TOEs Elemento básico 9: aprendizaje organizacional continuo. SE2..	173
Grafico 48: preg.22. Encuesta TOEs Elemento básico 9: aprendizaje organizacional continuo. SE4..	174
Grafico 49: preg.23. Encuesta TOEs Elemento básico 10: Ambiente de confianza y colaboración en seguridad. SE1.	174
Grafico 50: preg.24. Encuesta TOEs Elemento básico 10: Ambiente de confianza y colaboración en seguridad. SE9.	174
Grafico 51: preg.1 encuesta pacientes Elemento Básico 1: prioridad de la seguridad. SE9	175
Grafico 52: preg.2 encuesta pacientes Elemento Básico 2: liderazgo y compromiso visibles de la alta dirección con la seguridad. SE4.....	175
Grafico 53: preg.3 encuesta pacientes Elemento Básico 3: identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad. SE3	175
Grafico 54: preg.4 encuesta pacientes Elemento Básico 4: enfoque permanente en la seguridad. SE2	176
Grafico 55: preg.5 encuesta pacientes Elemento Básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE1	176
Grafico 56: preg.6 encuesta pacientes Elemento Básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. SE4	176
Grafico 57: preg.7 encuesta pacientes Elemento Básico 7: reporte libre sobre seguridad. SE6	177
Grafico 58: preg.8 encuesta pacientes Elemento Básico.8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad. SE1	177
Grafico 59: preg.9 encuesta pacientes Elemento Básico 9: aprendizaje organizacional continuo. SE8	177
Grafico 60: preg.9 encuesta pacientes Elemento Básico 10: ambiente de confianza y colaboración en seguridad. SE6	178

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Partes del tubo generador de Rayos X. Fuente: (Radiología Para Novatos., 2016)	8
Imagen 2: fotón incidente que cede toda su energía en el impacto contra el electrón cortical del átomo. Fuente: (Alcaraz Baños, s.f.).....	10
Imagen 3: electrón orbital arrancado de su posición, liberando un fotoelectrón. Fuente: (Alcaraz Baños, s.f.).....	10
Imagen 4: Delimitación de zonas en Radiología. Fuente: (Rincón educativo (energía y medio ambiente))	15
Imagen 5: Combinaciones de matriz de riesgo radiológico. Fuente: (Ocampo, 2015).....	20
Imagen 6: Estructura de un mapa de procesos Radiológicos. Fuente: (Rodriguez, Hospital Nacional de la Mujer Dra. Maria Isabel, 2016)	21
Imagen 7: Modelo de Edgar Schein para evaluación de cultura de seguridad radiológica. Fuente: (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016).....	22
Imagen 8: plano sala de tomografía. Fuente: propia.....	62
Imagen 9: Plano sala de fluoroscopia. Fuente: propia	70
Imagen 10: cargas de trabajo estipuladas para diferentes equipos de RX. Fuente: (IAEA)	71
Imagen 11: plano sala de rayos x 2. Fuente: propia	78
Imagen 12: plano sala de rayos x 1. Fuente: propia	78
Imagen 13: plano sala de mamografía. Fuente: propia.....	84
Imagen 14: espesores de plomo requeridos a partir del factor de reducción o factor de atenuación. Fuente: (IAEA)	89
Imagen 15: mapa de procesos radiológico para el departamento de radiología del HOMFVP. Fuente: propia.....	96
Imagen 16: Mapa de procesos de funcionalidad para el departamento de Radiología. Fuente: propia. 96	
Imagen 17: Flujo de procesos de realización de estudios radiológicos para salas de tomografía, fluoroscopia, rayos x y mamografía. Fuente: propia.....	99
Imagen 18: valores medios de dosis efectiva y el DAP de los exámenes de fluoroscopia con medio de contraste. Fuente: (IAEA).....	102
Imagen 19: Niveles de cultura de seguridad radiológica de acuerdo a la evaluación cualitativa. Fuente: (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016)	134
Imagen 20: Hoja de cálculo de blindaje para barreras primarias. Fuente:	136
Imagen 21: Hoja de cálculo de blindaje para barreras primarias. Fuente:	137

CAPITULO I

I. Introducción

La evaluación de la seguridad radiológica, es un análisis de las medidas de seguridad, de diseño y funcionamiento de los equipos generadores de radiación ionizante que son de interés para la protección de las personas (público, pacientes y trabajadores), el medio ambiente, o la seguridad de los mismos. Teniendo en cuenta diferentes fases tales como autorización, diseño y funcionamiento; con el objetivo de evaluar los riesgos vinculados a las condiciones normales y a las situaciones de accidente radiológico de cualquier índole en un departamento de Radiología Diagnóstica.

El objetivo fundamental de la seguridad radiológica es proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes. Este objetivo debe alcanzarse optimizando de manera integral la operación de un departamento de radiología diagnóstica, con el fin de reducir los riesgos radiológicos asociados.

En consecuencia, se hace de gran relevancia implementar un sistema de protección y seguridad radiológica para planificar, gestionar, evaluar, y controlar la exposición a la radiación a fin de reducir, en la medida en que sean razonablemente posible los riesgos radiológicos.

El departamento de radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, cuenta con seis equipos generadores de rayos X (Rayos X fijo1 y 2, Rayos X portátil, Tomógrafo, Mamógrafo, Fluoroscopio), estos equipos son utilizados para las prácticas de radiología convencional en radio diagnóstico, los cuales están a disposición de la población en general, ya que esta institución hospitalaria es de referencia nacional. Por este motivo se debe garantizar un nivel de seguridad radiológica aceptable, tanto para los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs), como para el público; el cual se obtiene mediante una evaluación de la seguridad radiológica que se lleva a cabo haciendo uso principalmente de una matriz de riesgo radiológico, además, de la implementación de las normativas nacionales e internacionales.

I. Planteamiento del problema

El departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, tiene a disposición de otras instituciones hospitalarias y la población en general, cinco equipos generadores de radiación ionizante (Tomógrafo, Fluoroscopio, Rayos X 1 y 2, Mamógrafo, Rayos X portátil), que son utilizados en radiología diagnóstica convencional, por ello debe brindar una seguridad radiológica óptima a fin de proteger a los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOEs), al público y a los pacientes.

A través de la implementación de la Guía de evaluación de seguridad MINSa haciendo uso de la matriz de riesgo, se pretende dar respuesta a la siguiente interrogante.

¿Cuenta el departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz con los niveles de seguridad radiológica necesarios para la vigencia de su licencia de operación para la práctica de radiología diagnóstica convencional?

II. Justificación

Toda institución hospitalaria que posee equipos generadores de radiación ionizante, debe seguir a su vez, un marco regulador relativo a la seguridad radiológica, esto es una responsabilidad nacional que ayuda a promover y aumentar dicha seguridad, mediante el intercambio de experiencias, para prevenir los accidentes radiológicos por errores humanos, responder a las emergencias radiológicas y mitigar las consecuencias de las radiaciones ionizantes por la sobreexposición.

La necesidad de realizar una evaluación de la seguridad radiológica en el departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, es para verificar que dicha institución cumple con los parámetros necesarios (señalización, dosimetría personal, controles de calidad de los equipos, documentación legal de los equipos, infraestructura del área, plan de emergencia radiológico, cultura de seguridad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOEs), para la vigencia de la licencia de operación.

La realización de este estudio describe una metodología que servirá de herramienta para las futuras evaluaciones de seguridad radiológica de esta institución, en función mejorar los procesos estratégicos, operativos y de apoyo que comprendan las actividades específicas del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz.

IV. Objetivos de la investigación

Objetivo general:

- Evaluar la seguridad radiológica al Departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, haciendo uso de la metodología de matrices de riesgo en el periodo de Enero a Junio 2022.

Objetivos específicos:

- Estimar la dosis equivalente personal Hp (10) de los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs).
- Considerar los requisitos específicos de seguridad radiológica de la “Guía de evaluación de seguridad radiológica, MINSA-Nicaragua” de dicho Hospital.
- Diseñar un mapa de procesos radiológicos para el cumplimiento de la seguridad radiológica.
- Valorar el nivel de cultura de seguridad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOEs).

CAPITULO II.

V. Antecedentes

En enero del año 2020, se realizó una evaluación de seguridad radiológica al laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM-UNAN-Managua) a través de la implementación de la “guía de evaluación de seguridad de instalaciones y actividades asociadas a las fuentes generadoras de radiaciones ionizantes” publicada por la comisión nacional de energía atómica de Nicaragua (CONEA).

Al aplicar esta metodología a las practicas realizadas en el Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM) se identificaron un total de 26 sucesos iniciadores; lo cual de estos el 11% tienen un riesgo alto, 62% tienen un riesgo medio, el 27% tienen un riesgo bajo y ninguno de estos sucesos iniciadores corresponde a un nivel de riesgo muy alto. A partir de esos datos se concluyó que el LAF-RAM, cumple con los niveles de seguridad radiológica necesarios para su operación. (Pavón, 2020).

En el periodo de septiembre a diciembre del 2020, se realizó una evaluación de seguridad radiológica bajo la cual labora un centro de radioterapia en Nicaragua, mediante la implementación de una matriz de riesgo creada por el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares; dicho sistema de evaluación de riesgo en radioterapia (SEVRRRA) es un software producto de la recopilación de sucesos iniciadores que han desencadenado accidentes radiológicos en otros centros de radioterapia a nivel internacional, se creó con el fin de instaurar un sistema que permita evaluar las diferentes etapas en las que se pueden segmentar las labores de un centro de radioterapia. (Mercado & Pineda, 2020)

En el periodo del 10 de enero al 21 de marzo de 2019, se realizó una evaluación de seguridad radiológica que aborda una metodología basada en las recomendaciones de la guía de aplicación de cultura de la seguridad física nuclear del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Guía de evaluación de seguridad de prácticas y actividades asociadas al empleo de fuentes de radiaciones ionizantes (CNSN) y Guía de evaluación de seguridad de instalaciones y actividades asociadas a fuentes generadoras de radiaciones ionizantes del

Ministerio de salud de Nicaragua (MINSA), para el análisis de seguridad por medio de la elaboración de una matriz de riesgo para un laboratorio prestador de servicios, permitiendo identificar el riesgo al que pueden estar expuesto el personal ocupacionalmente expuesto (TOES) y el público. (Rizo, Obando, & Orozco, 2019).

En el año 2016, se realizó un trabajo bajo el tema "Evaluación de la seguridad radiológica en un hospital de primer nivel de atención de Amazonas" en el que se evaluó la seguridad radiológica en un hospital público de primer nivel de atención en la región Amazona. Se utilizó la matriz de análisis modal de fallas y efectos, la matriz FODA competitivo, una guía de observación y cuestionarios validados por juicio de expertos. Se consideró como unidad de análisis, el servicio de radiología, así como el personal del hospital, pacientes y acompañantes.

Se encontró condiciones inadecuadas para el funcionamiento de la sala de rayos X, bajo conocimiento sobre radioprotección en el personal operador del equipo radiológico, deficiente percepción a cerca de los riesgos de los estudios radiográficos por parte de pacientes y acompañantes y las fallas de mayor incidencia en el proceso de atención son falta de protectores gonadales, errores de exposición, falla del equipamiento radiológico y funcionamiento inadecuado del equipo de revelado. Se concluye que el hospital no es eficiente en relación con la seguridad radiológica. Se debe revisar la gestión de la seguridad radiológica y mejorarla de forma continua. (Santisteban Salazar, 2016).

En el año 2014, en la Habana Cuba se realizó una investigación bajo el tema: "Evaluación de la seguridad radiológica en la práctica de perfilaje de pozos utilizando matrices de riesgo". En el trabajo se exponen los resultados de la aplicación del método de las Matrices de Riesgo, que se aplica por primera vez en la práctica del perfilaje de pozos. Incluyó la identificación de los principales fallos de equipos y errores humanos que pudieran conllevar a accidentes, así como las barreras de seguridad previstas.

Para cada suceso iniciador se evaluó su frecuencia de ocurrencia, la severidad de sus consecuencias y la probabilidad de fallo de las barreras identificadas. Partiendo de estos

presupuestos, se determinó el riesgo asociado a cada una de las secuencias accidentales identificadas, empleando para ello el código SEVRRRA, “Sistema de Evaluación del Riesgo”, inicialmente diseñado para su aplicación en la radioterapia. Como resultado se identificaron las secuencias de mayor riesgo asociadas a la práctica del perfilaje de pozos, lo que constituye el punto de partida para la ulterior implementación de un programa coherente de optimización de las dosis en la práctica. (Leal, Yolanda, & Gonzalez).

VI. Marco teórico

6.1. Marco conceptual

6.1.1. Producción de los rayos X

Los rayos X se generan cuando electrones moviéndose a alta velocidad interactúan con un blanco (ánodo) de un material como el wolframio, molibdeno. Dichos electrones, cargados negativamente, son atraídos por el núcleo, con carga positiva, y como consecuencia se desvía de su trayectoria original con una pérdida de energía cinética. Esa energía cinética perdida se convierte, por un lado, en radiación electromagnética de alta energía, llamada también radiación de frenado o de Bremsstrahlung. Por otro lado, los átomos del ánodo son excitados por la colisión con los electrones, y al desexcitarse emiten radiación electromagnética denominada “rayos X característicos”. No obstante, la mayor parte de la energía transferida en la colisión (99%) se transforma en calor, solamente un 1% se convierte en RX.

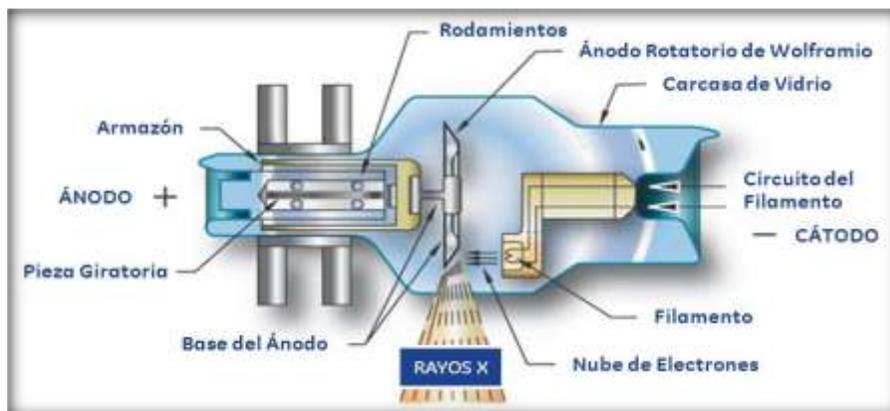


Imagen 1: Partes del tubo generador de Rayos X.

Fuente: (Radiología Para Novatos., 2016)

La energía del electrón está relacionada con la diferencia de potencial a la que se somete el tubo de rayos X. Por otra parte, la energía de los fotones de rayos X emitidos como resultado de la deceleración de los electrones en el campo eléctrico del núcleo depende de lo cerca que el electrón pase del núcleo, de la energía del electrón y de la carga del núcleo. Cuanto mayor sea la energía cinética de los electrones mayor será la energía de los rayos X generados. Cuando en la consola de una sala de rayos X seleccionamos un valor de kilovoltaje (kV), estamos seleccionando la diferencia de potencial a la que se verán acelerados los electrones y, por tanto, estaremos variando la energía de los rayos X que producirá el tubo.

6.1.2. Radiación ionizante

Según (Organización mundial de la Salud, s.f.). La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones). La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante.

6.1.3. Interacción de la radiación (electromagnética) con la materia.

(Alcaraz Baños, s.f.) Nos habla sobre la interacción de la radiación con la materia.

El mecanismo de absorción de la radiación (fotones) por la materia es complejo ya que resulta de la superposición de varios procesos independientes. Cuando un haz de fotones interacciona con el tejido del paciente, pueden ocurrir tres situaciones diferentes:

1. Que atraviese al paciente sin interactuar con ningún átomo de éste: no depositará en él ninguna energía, y no producirá en él ningún efecto; aunque alcanzará la película radiográfica.
2. Que colisione con alguno de los electrones corticales de los átomos del paciente, cediéndole toda la energía que transporta, y desapareciendo porque ha sido completamente absorbido: Efecto fotoeléctrico.
3. Que colisione con alguno de los electrones corticales de los átomos del paciente, cediéndole sólo una parte de la energía que transporta, continuando su camino aunque cambiando de trayectoria e interactuando con todo lo que se interponga en su camino: Efecto Compton.

El efecto fotoeléctrico se produce cuando tiene lugar una colisión entre un fotón de la radiación incidente y un electrón cortical de un átomo del material absorbente. En este impacto, o interacción, el fotón incidente de radiación cede toda su energía, por lo que es completamente absorbido y desaparece. A este efecto se le denomina efecto fotoeléctrico, y es el efecto deseado para obtener una buena imagen radiológica; aunque implica la absorción de esa energía del fotón de radiación, y por ello, un posible efecto biológico sobre el paciente. En el átomo del material absorbente (el paciente en nuestro caso), que ha recibido este impacto del fotón de radiación incidente pueden presentarse 2 situaciones:

1. Que el fotón incidente ceda toda su energía en el impacto contra el electrón cortical del átomo del paciente, pero que la energía que le transmite es menor a la energía de ligadura que lo mantiene en su orbital: en este caso el fotón de radiación es completamente absorbido y desaparecerá (efecto fotoeléctrico).

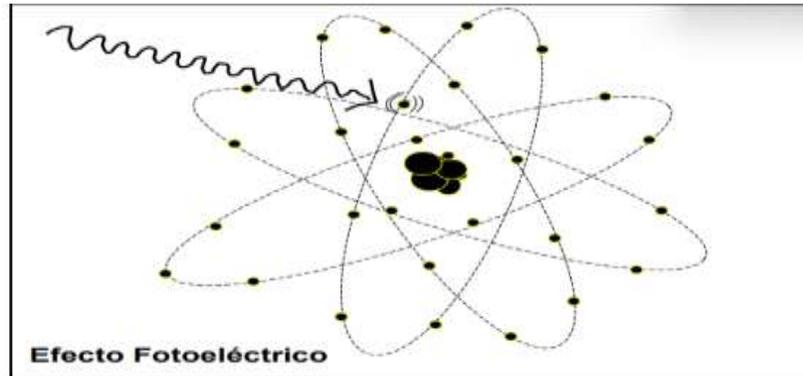


Imagen 2: fotón incidente que cede toda su energía en el impacto contra el electrón cortical del átomo. Fuente: (Alcaraz Baños, s.f.)

2. Que tras el impacto el fotón de radiación cede toda su energía al electrón cortical del paciente, pero ésta resulta ser exactamente igual a la energía de ligadura que lo mantiene en su orbital. En este caso, el fotón de radiación también es completamente absorbido (efecto fotoeléctrico), aunque en el paciente el electrón orbital es arrancado de su posición y puede salir proyectado en cualquier dirección denominándose entonces fotoelectrón; éste dejará un hueco dentro de la órbita del átomo del paciente, que supone un estado de inestabilidad y tenderá a ocuparse mediante los mecanismos de saltos orbitales de las capas más externas.

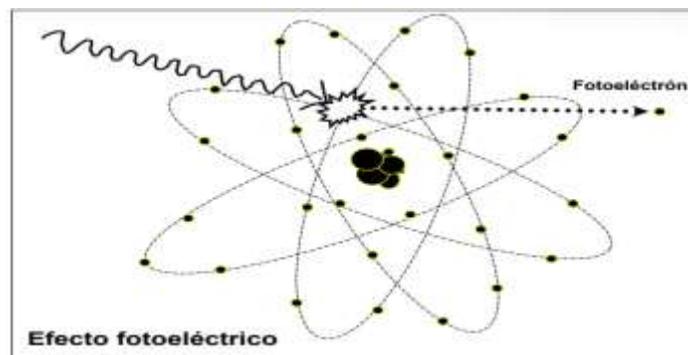


Imagen 3: electrón orbital arrancado de su posición, liberando un fotoelectrón. Fuente: (Alcaraz Baños, s.f.)

6.1.4. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

El daño que causa la radiación en los órganos y tejidos depende de la dosis recibida, o dosis absorbida, que se expresa en una unidad llamada gray (Gy). El daño que puede producir una dosis absorbida depende del tipo de radiación y de la sensibilidad de los diferentes órganos y tejidos. (Organización mundial de la Salud, s.f.).

Para medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daños se utiliza la dosis efectiva. La unidad para medirla es el sievert (Sv), que toma en consideración el tipo de radiación y la sensibilidad de los órganos y tejidos.

Si la dosis de radiación es baja o la exposición a ella tiene lugar durante un periodo prolongado (baja tasa de dosis), el riesgo es considerablemente menor porque hay más probabilidades de que se reparen los daños. No obstante, sigue existiendo un riesgo de efectos a largo plazo, como el cáncer, que pueden tardar años, o incluso decenios, en aparecer. No siempre aparecen efectos de este tipo, pero la probabilidad de que se produzcan es proporcional a la dosis de radiación. El riesgo es mayor para los niños y adolescentes, pues son mucho más sensibles a la radiación que los adultos.

6.1.4.1. *Efectos estocásticos*

No presentan una dosis umbral por debajo de la cual la radiación no tiene consecuencias. La probabilidad de que se produzcan estos efectos aumenta al aumentar la dosis recibida. Se estima que el tiempo en el que se ha recibido la dosis influye en la probabilidad de producirse un efecto estocástico en un factor de 2, si se producen, siempre son graves.

6.1.4.2. *Efectos deterministas*

Existe una dosis umbral por debajo de la cual no se produce dicho efecto, pero si se supera el efecto es seguro. Las dosis umbrales son, por lo general, bastante altas, los efectos estocásticos provocan la muerte de la célula. La gravedad del efecto se incrementa al aumentar la dosis recibida.

En el caso de los pacientes, no existen límites de dosis; sin embargo, sí existen niveles de referencia, que se constituyen en indicadores de calidad del proceso clínico en su totalidad, a comparar con valores cuantitativos establecidos.

6.1.5. Seguridad radiológica

Las normas de seguridad radiológica del OIEA establecen principios fundamentales de seguridad, requisitos y medidas para controlar la exposición de las personas a las radiaciones y la emisión de materiales radiactivos al medio ambiente. Las normas se aplican a instalaciones y actividades que dan lugar a riesgos radiológicos, comprendidas las instalaciones nucleares, el uso de la radiación y de las fuentes radiactivas, el transporte de materiales radiactivos y la gestión de los desechos radiactivos.

Los principios fundamentales de seguridad y las normas internacionales básicas de seguridad contra las radiaciones ionizantes publicadas contienen requisitos sobre la protección radiológica del personal sometido a exposiciones a la radiación. En conformidad con estos requisitos y cumpliendo con su responsabilidad de proveer recomendaciones para la aplicación de dichas normas, el Organismo Internacional de Energía Atómica ha venido desarrollando una intensa actividad en la prevención de exposiciones accidentales en los diferentes usos de fuentes de radiación.

6.1.6. Principios fundamentales de la protección radiológica

6.1.6.1. *Justificación:*

Toda actividad que pueda incrementar la exposición a radiaciones ionizantes debe producir el suficiente beneficio a los individuos expuestos o a la sociedad como para compensar el perjuicio debido a la exposición a la radiación.

6.1.6.2. *Optimización:*

Para cualquier fuente de radiación, las dosis individuales, el número de personas expuestas, y la probabilidad de verse expuestas, deben mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta consideraciones sociales y económicas.

6.1.6.3. *Limitación de dosis:*

La exposición individual al conjunto de las fuentes de radiación susceptibles de control, ha de estar sujeta a límites en la dosis recibida y, en el caso de exposiciones potenciales, a cierto

control del riesgo. Estos límites son diferentes para el público y para los trabajadores profesionalmente expuestos. Una persona se considera profesionalmente expuesta si como consecuencia de su actividad laboral, está expuesta a radiaciones ionizantes con una probabilidad de recibir 1/10 de los límites de dosis. El resto de las personas se consideran miembros del público.

Para aplicar el sistema de limitación de dosis, es necesario comprender los conceptos de riesgo y detrimento que se emplean en las normativas.

6.1.7. Riesgo radiológico

El riesgo resultante de una determinada dosis de radiación se define como la probabilidad de que un individuo experimente un determinado efecto radiológico por el hecho mismo de recibir esa dosis. Un número entre 0 y 1 representará la probabilidad de que una dosis de radiación cause un efecto en el que la recibe (es decir, hasta qué punto es concebible que se produzca tal efecto = grado de credibilidad). Por consiguiente, el objetivo del requisito relacionado con el individuo consiste en mantener la probabilidad individual del daño radiológico por debajo de límites apropiadamente bajos.

La protección y seguridad radiológica considera que existen 3 Situaciones de exposición posibles:

- 6.1.7.1. Situaciones de exposición planificada:** son aquéllas que involucran la introducción y la operación planificada de fuentes.
- 6.1.7.2. Situaciones de exposición de emergencia:** son situaciones inesperadas, que demandan una atención urgente, como las que pueden sobrevenir durante la operación de una situación planificada (accidente) o de un acto malévolo.
- 6.1.7.3. Situaciones de exposición existente:** son estados de exposición que existen cuando tiene que ser tomada una decisión sobre su control, como las causadas por la radiación de fondo natural (radón).

A cada una de ellas se aplican los principios fundamentales de la justificación y la optimización de la protección. Los límites de dosis (individual) se aplican a las situaciones de exposición planificada, pero no se aplican a situaciones de emergencia. En estas últimas existen unos niveles de dosis de referencia.

6.1.8. Evaluación de seguridad radiológica

Las evaluaciones de seguridad radiológica se realizan como medio para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad (y de esa manera la aplicación de los principios fundamentales de seguridad, en todas las instalaciones y actividades y con el fin de determinar las medidas que serán necesarias adoptar para fortalecer la seguridad.

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) concede gran importancia al permanente problema que significa para los usuarios y los reguladores en general, garantizar un elevado nivel de seguridad en la utilización de los materiales nucleares y las fuentes de radiaciones ionizantes en todo el mundo.

Para tener un nivel de seguridad radiológica aceptable, hay que establecer medidas de control y vigilancia para prevenir la exposición a radiaciones ionizantes y que no se superen los límites de dosis antes mencionados. Entre estas medidas se encuentran:

- ✓ Evaluar las condiciones laborales.
- ✓ Clasificar y señalar los lugares de trabajo según la cantidad de radiación que pueda existir.
- ✓ Clasificar a los trabajadores en diferentes categorías según sus condiciones de trabajo.
- ✓ Realizar una vigilancia radiológica de los trabajadores profesionalmente expuestos, mediante dosímetros.
- ✓ Establecer programas de información y formación en protección radiológica.
- ✓ Aplicar las normas y medidas de vigilancia y control de las diferentes zonas
- ✓ Hacer una vigilancia médica periódica por servicios de prevención autorizados.

6.1.9. Delimitación de zonas en radiología

Según (Foro Industria Nuclear Española). Las zonas en radiología están delimitadas a como se describe a continuación.

6.1.9.1. Zona vigilada:

Es aquella zona en la que existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino (150 mSv), la piel y las extremidades (500 mSv).

6.1.9.2. **Zona controlada:**

Es aquella zona en la que: Existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites e dosis equivalentes para el cristalino (150 mSv), la piel y las extremidades (500 mSv). Además, es necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.

Las zonas controladas se podrán subdividir en:

6.1.9.3. **Zonas de permanencia limitada:**

Son aquéllas en las que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis (100 mSv durante todo período de cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial).

6.1.9.4. **Zonas de permanencia reglamentada:**

Son aquéllas en las que existe el riesgo de recibir en cortos períodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis y que requieren prescripciones especiales desde el punto de vista de la optimización.

6.1.9.5. **Zonas de acceso prohibido:**

Son aquéllas en las que existe el riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites de dosis.

La clasificación de los lugares de trabajo en las zonas establecidas deberá estar siempre actualizada de acuerdo con las condiciones reales existentes, por lo que será revisada si existieran variaciones de las condiciones de trabajo. (Foro Industria Nuclear Española).



Imagen 4: Delimitación de zonas en Radiología. Fuente: (Rincón educativo (energía y medio ambiente))

6.1.10. Matriz de riesgo radiológico

La matriz de riesgo es un método sistemático, estructurado, simplificado y conservador que se basa en la aplicación de la ecuación del riesgo:

$$R = f * P * C$$

Esto consiste en evaluar la secuencia lógica en la cual ocurren los accidentes, considerando que un determinado error humano o fallo de equipo (suceso iniciador) ocurre con una frecuencia determinada (f); la instalación o actividad dispone de una o varias defensas o barreras (enclavamientos, alarmas o procedimientos) capaces de detectar y controlar el error o falla y actuar para evitar que el suceso iniciador se convierta en un accidente, sin embargo, siempre existe una determinada probabilidad (P) de que estas barreras puedan fallar, y en tal caso ocurrirá el accidente, y este se manifiesta con unas consecuencias determinadas (C).

Para evaluar el riesgo, este método prevé subdividir cada una de la variable independiente de la ecuación de riesgo en varios niveles (Ejemplo: Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo). En este sentido, la matriz de riesgo es una representación de todas las combinaciones de los niveles de f, P, C y del nivel de riesgo resultante.

El nivel de riesgo resultante (R) se obtiene utilizando la combinación lógica de los diferentes niveles de las variables independientes así definidos, es decir, la frecuencia del suceso iniciador (f), la probabilidad de fallo de las defensas previstas (P) y la severidad de las consecuencias (C) que caracteriza a una determinada secuencia de accidente. (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016).

Este método no permite calcular numéricamente el riesgo, pero ello no impide utilizar sus resultados para identificar y priorizar medidas que permitan reducir el riesgo hasta niveles aceptables. Tiene la ventaja de que es relativamente fácil de aplicar en instalaciones y actividades con un mínimo de recursos materiales y humanos.

Para valorar el riesgo asociado a cualquier actividad, hay que cuantificar el daño esperado y la probabilidad de que se produzca, y el producto resultante será el valor de dicho riesgo. El hecho de cuantificar el riesgo, o de clasificarlo en niveles, permite establecer un criterio de

aceptabilidad, y poner un valor límite al mismo, por debajo del cual una instalación o un proceso se consideran aceptablemente seguros.

Esto significa que aquellos sucesos cuyo daño sea muy grave, deben tener una probabilidad muy baja, a fin de que el riesgo sea aceptable, mientras que en el caso de sucesos cuyo daño sea leve se puede aceptar una probabilidad mayor.

El (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016), nos habla sobre los sucesos iniciadores, las secuencias, las consecuencias, los enclavamientos y el modo de cómo evitar accidentes y en caso de que ocurran, el manejo que se debe dar, a como se cita a continuación.

6.1.10.1. Suceso iniciador de accidente

Es todo fallo de equipo, error humano o suceso externo, que puede conducir a una exposición accidental si fallan las medidas previstas para prevenirla.

6.1.10.2. Secuencia accidental

Es una cadena de acontecimientos que empieza con el suceso iniciador y puede culminar en un accidente. La secuencia accidental incluye el suceso iniciador, la actuación o fallo de las medidas de seguridad, la exposición accidental y la manifestación de posibles consecuencias.

6.1.10.3. Consecuencias

Son los posibles daños que se derivan como resultado del fallo de todas las defensas de seguridad, frente a la ocurrencia de un suceso iniciador.

6.1.10.4. Barreras de seguridad o defensas

Son aquellas medidas previstas para evitar, prevenir, detectar, controlar y mitigar las consecuencias de un accidente una vez ocurrido el suceso iniciador. Las defensas pueden ser medidas técnicas u organizativas. Todas las defensas forman parte del principio de defensa en profundidad. Las medidas de seguridad pueden ser dispositivos asociados al equipo (enclavamientos o bloqueos, o alarmas) o procedimientos que aumentan la fiabilidad de las acciones humanas.

6.1.10.5. Enclavamientos

Son sistemas o dispositivos tecnológicos que cumplen una función de protección y son capaces de detectar automáticamente una condición insegura y actuar automáticamente para

restablecer las condiciones de seguridad, (por ejemplo, desactivar el haz de radiación, hacer retornar la fuente radiactiva a la posición segura dentro de su blindaje o impedir que la fuente salga de la posición segura).

Ejemplo: el enclavamiento de la puerta del bunker en radiografía, el conector del equipo de gammagrafía y el tubo guía, etc.). Las alarmas son señales sonoras, visuales, etc. que advierten de la presencia de una condición insegura y facilitan la toma de decisiones por parte del operador, pero requieren de la participación humana. Dentro de esta categoría se encuentran los sistemas que alertan sobre una determinada condición de riesgo por ejemplo: lámpara o señal luminosa que alerta de elevados niveles de radiación, dosímetro de área con alarma adecuada a las condiciones de trabajo.

En razón de su robustez, las barreras se clasifican en el siguiente orden, de mayor a menor:

- Barreras de tipo 1: enclavamientos o bloqueos.
- Barreras de tipo 2: alarma.
- Barreras de tipo 3: procedimientos de trabajo ejecutados por personas diferentes a quienes pueden desencadenar el suceso iniciador.
- Barreras de tipo 4: procedimientos de trabajo ejecutados por la misma persona que desencadena el suceso iniciador, pero en etapas o momentos diferentes.

Las medidas de seguridad se pueden clasificar también en función del momento en que se produce su actuación respecto a la secuencia accidental.

6.1.10.6. Reductores de frecuencia:

Son aquellas medidas encaminadas a evitar y prevenir que ocurra un suceso iniciador; por lo tanto, actúan antes de que el suceso iniciador haya ocurrido. Su eficacia se manifiesta en una reducción de la frecuencia de dicho suceso. Ejemplo de reductores de frecuencia son: la capacitación de los operadores, mantener la carga de trabajo a un nivel moderado, establecer un ambiente de trabajo propicio a la concentración sin distracciones y el realizar mantenimiento preventivo, entre otros.

6.1.10.7. Barreras:

Son aquellas medidas encaminadas a detectar el suceso iniciador e impedir sus consecuencias, tales como una exposición accidental. Por lo tanto, las barreras directas actúan

después de que el suceso iniciador haya ocurrido y antes de que tengan lugar sus consecuencias. Ejemplo de barreras directas son: los procedimientos de revisión redundante, el bloqueo del equipo de gammagrafía que impide extraer la fuente, enclavamiento (interruptor) de parada del equipo de radiografía con Rx a la entrada del bunker, entre otras.

6.1.10.8. Reductores de consecuencias:

Son aquellas medidas encaminadas a detectar y mitigar las consecuencias de una exposición accidental. Los reductores de consecuencias actúan después de que haya ocurrido el suceso y se hayan comenzado a manifestar las consecuencias. Un ejemplo de reductores de consecuencias es el plan de emergencias.

Para aplicar el método de la matriz de riesgo es preciso evaluar cada secuencia de eventos que desencadena cada suceso iniciador (secuencia accidental). Un determinado error humano o fallo de equipo (suceso iniciador), que ocurre con una frecuencia determinada (f), puede dar lugar a las consecuencias indeseadas postuladas. Existirán en el equipo, la instalación o en los procedimientos de trabajo una serie de defensas, que pueden consistir en enclavamientos, alarmas o procedimientos, capaces de detectar el problema e impedir que el suceso iniciador se convierta en un accidente.

Sin embargo, cada una de estas barreras puede fallar con una determinada probabilidad (P), en cuyo caso ocurriría el accidente, que se manifestaría en unas consecuencias determinadas (C). La magnitud que mejor caracteriza finalmente la secuencia accidental es el riesgo (R), que es función de las tres variables independientes, la frecuencia del suceso iniciador, la probabilidad de fallo de las barreras y la severidad de las consecuencias.

En el método de la matriz de riesgo, las variables independientes de la ecuación de riesgo no se cuantifican, sino que se clasifican en 5 niveles que van desde muy bajo hasta muy alto. En este trabajo se seleccionaron cuatro de esos 5 niveles para cada una de las variables independiente con el objetivo de lograr una matriz de 64 combinaciones posibles.

Las variables frecuencia y probabilidad de fallo de barreras tienen los niveles alto (A), medio (M), bajo (B), y muy bajo (MB) mientras que para la variable “consecuencias” se han tomado

consideraciones más conservadoras seleccionando los niveles muy alto (MA), alto (A), medio (M) y bajo (B).

El número de combinaciones de las tres variables y cuatro niveles en cada una es de 64 combinaciones diferentes, y se representan en forma de matriz. Los cuatro niveles de riesgo definidos en este estudio son:

- RMA: Riesgo posiblemente “muy alto”.
- RA: Riesgo posiblemente “alto”.
- RM: Riesgo “medio”.
- RB: Riesgo “bajo”.

A continuación, se muestran las 64 combinaciones de variables en una matriz de riesgo.

f _A	P _A	C _{MA}	R _{MA}
f _M	P _A	C _{MA}	R _{MA}
f _B	P _A	C _{MA}	R _A
f _{MB}	P _A	C _{MA}	R _A
f _A	P _M	C _{MA}	R _{MA}
f _M	P _M	C _{MA}	R _A
f _B	P _M	C _{MA}	R _A
f _{MB}	P _M	C _{MA}	R _A
f _A	P _B	C _{MA}	R _A
f _M	P _B	C _{MA}	R _A
f _B	P _B	C _{MA}	R _M
f _{MB}	P _B	C _{MA}	R _M
f _A	P _{MB}	C _{MA}	R _A
f _M	P _{MB}	C _{MA}	R _M
f _B	P _{MB}	C _{MA}	R _M
f _{MB}	P _{MB}	C _{MA}	R _M
f _A	P _A	C _A	R _{MA}
f _M	P _A	C _A	R _A
f _B	P _A	C _A	R _A
f _{MB}	P _A	C _A	R _A
f _A	P _M	C _A	R _A
f _M	P _M	C _A	R _A
f _B	P _M	C _A	R _A
f _{MB}	P _M	C _A	R _M
f _A	P _B	C _A	R _A
f _M	P _B	C _A	R _A
f _B	P _B	C _A	R _M
f _{MB}	P _B	C _A	R _M
f _A	P _{MB}	C _A	R _M
f _M	P _{MB}	C _A	R _M
f _B	P _{MB}	C _A	R _B
f _{MB}	P _{MB}	C _A	R _B
f _A	P _A	C _M	R _A
f _M	P _A	C _M	R _A
f _B	P _A	C _M	R _M
f _{MB}	P _A	C _M	R _M
f _A	P _M	C _M	R _A
f _M	P _M	C _M	R _M
f _B	P _M	C _M	R _M
f _{MB}	P _M	C _M	R _M
f _A	P _B	C _M	R _M
f _M	P _B	C _M	R _M
f _B	P _B	C _M	R _M
f _{MB}	P _B	C _M	R _M
f _A	P _{MB}	C _M	R _M
f _M	P _{MB}	C _M	R _M
f _B	P _{MB}	C _M	R _B
f _{MB}	P _{MB}	C _M	R _B
f _A	P _A	C _B	R _M
f _M	P _A	C _B	R _M
f _B	P _A	C _B	R _M
f _{MB}	P _A	C _B	R _M
f _A	P _M	C _B	R _M
f _M	P _M	C _B	R _M
f _B	P _M	C _B	R _B
f _{MB}	P _M	C _B	R _B
f _A	P _B	C _B	R _B
f _M	P _B	C _B	R _B
f _B	P _B	C _B	R _B
f _{MB}	P _B	C _B	R _B
f _A	P _{MB}	C _B	R _B
f _M	P _{MB}	C _B	R _B
f _B	P _{MB}	C _B	R _B
f _{MB}	P _{MB}	C _B	R _B

Imagen 5: Combinaciones de matriz de riesgo radiológico. Fuente: (Ocampo, 2015).

6.1.11. Mapa de proceso

Un mapa de procesos es un diagrama de valor que representa, a manera de inventario gráfico, los procesos de una organización en forma interrelacionada.

Un proceso es el conjunto de actividades y recursos interrelacionados que transforman los elementos de entrada en elementos de salida aportando valor para el usuario. Además, el mapa de procesos permite contar con una perspectiva global-local, ubicando cada proceso en

el marco de la cadena de valor. Simultáneamente relaciona el propósito de la organización con los procesos que lo gestionan, de modo que sirve también como herramienta de aprendizaje para los trabajadores.

El mapa de proceso se utiliza para la verificación de la seguridad radiológica durante las prácticas desde una entrada hasta su salida. Los criterios de relación, los tipos de relación y los procesos necesarios, podemos definirlos de la siguiente manera. En la siguiente imagen se muestran los criterios de relación de un mapa de proceso.

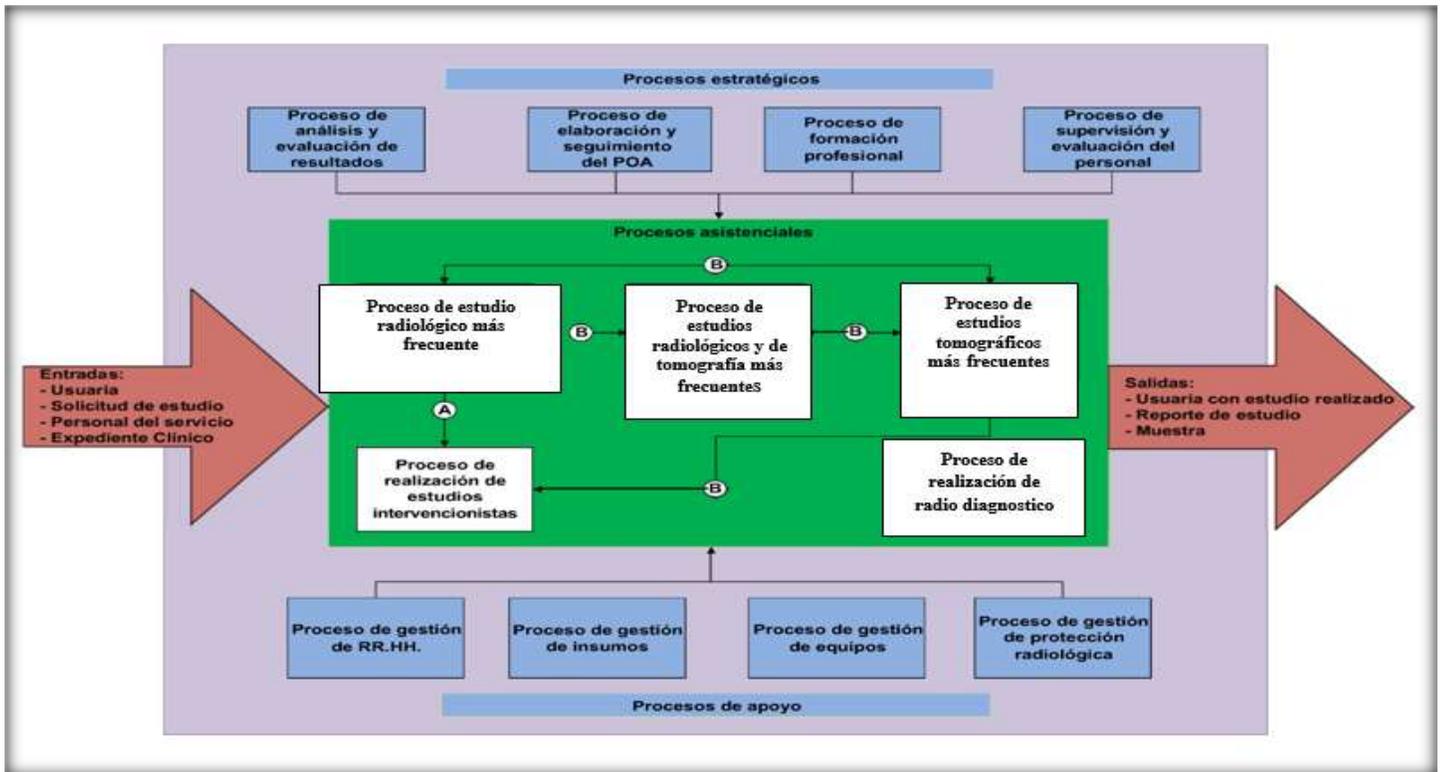


Imagen 6: Estructura de un mapa de procesos Radiológicos. Fuente: (Rodríguez, Hospital Nacional de la Mujer Dra. Maria Isabel, 2016)

6.1.12. Cultura de seguridad radiológica

La Cultura de Seguridad es un concepto relacionado con los valores y las creencias sobre la seguridad que poseen los individuos y las organizaciones que trabajan con riesgos y que se van a manifestar en actitudes y comportamientos, en los que la seguridad es siempre lo primero, en todo lo que hacen.

Según la OIEA “es el conjunto de características y actitudes en las Organizaciones, sus directivos y trabajadores que aseguran que, como prioridad absoluta, las cuestiones de Seguridad reciben la atención que merecen por su importancia”. Se muestra a continuación los niveles requeridos para evaluar la cultura de seguridad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOEs).

La Cultura no debe entenderse como algo simple o de fácil interpretación. Los comportamientos y las actitudes que frecuentemente observamos son sólo manifestaciones visibles de la Cultura, pero no su esencia. Son el “qué o cómo”, pero no “el por qué”. Por ello, las acciones de fomento y desarrollo de la Cultura de Seguridad deben considerar que la Cultura en las organizaciones opera en varios niveles, siendo el modelo de Edgar Schein, representado en la figura que se muestra a continuación.



Imagen 7: Modelo de Edgar Schein para evaluación de cultura de seguridad radiológica. Fuente: (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016)

El (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016), nos habla sobre las manifestaciones visibles, los valores declarados y las suposiciones básicas, como se cita a continuación.

6.1.12.1. Manifestaciones visibles:

Es el nivel más externo o superficial de la Cultura que se manifiesta a través de símbolos, señales, elementos físicos u otros que se pueden observar o sentir.

Ejemplo:

- Existencia de un Programa de Protección Radiológica.
- Registros y controles dosimétricos actualizados y en buen estado.
- Subordinación directa del Oficial de Protección Radiológica (EPR) o del Departamento de Seguridad a la Alta Dirección de la Organización.
- Personal usando dosímetros personales y medios de protección individual.
- Equipos e instalaciones deterioradas o en mal estado.
- Ausencia de señales o símbolos de delimitación de zonas con peligro radiológico.

6.1.12.2. Valores declarados:

Es un nivel más interno de la Cultura que se manifiesta a través de lo que expresan las personas sobre lo que piensan o creen, sobre los valores que asumen o son apoyados por la Organización.

Ejemplo:

Algunas declaraciones o expresiones que pueden ejemplificar este nivel, independientemente de si son creencias reales o no, pudieran ser:

- La Protección y la Seguridad Radiológica son nuestra prioridad.
- Cualquier trabajador puede detener un trabajo que considere inseguro.
- Siempre trabajamos en equipo.
- La prioridad de nuestros directivos es brindar el servicio.
- La seguridad es ante todo una responsabilidad del Organismo Regulador.

6.1.12.3. Suposiciones básicas:

Es el nivel más profundo de la Cultura donde yacen las creencias, muchas veces inconscientes. Son el resultado del efecto del entorno a diferentes niveles, la historia y las experiencias y el efecto de los líderes, entre otros. Es lo que las personas realmente piensan y creen.

Ejemplo:

- La Protección Radiológica es una prioridad en nuestro trabajo.
- La Protección Radiológica es responsabilidad de cada uno en la organización.
- Los errores humanos son muchas veces el resultado de fallos latentes de la organización.
- Trabajar de forma segura es lo que espera la Dirección de nosotros.

- La Protección Radiológica está garantizada en nuestra entidad.
- Los procedimientos se incumplen siempre por descuido del personal.
- Nuestra prioridad es tratar pacientes.
- Lo importante es obtener el permiso del Organismo Regulador.
- Los accidentes siempre van a ocurrir, son inevitables.
- En nuestra Organización no nos ocurriría un suceso como el ocurrido a aquellos otros.

Para analizar y evaluar la Cultura es necesario considerar sus tres niveles porque existe una estrecha interrelación entre ellos. Una señal a nivel de las Manifestaciones Visibles puede estar en contradicción con lo que se expresa en los Valores Declarados, lo cual significa que existe una razón más profunda, a nivel de las Suposiciones Básicas, que domina solo uno de los niveles anteriores, generando dicha contradicción. En otros casos, puede percibirse una alineación en los tres niveles, pero partiendo de una suposición básica que es contraria a lo que se desea.

Por lo tanto, para incidir y modificar la Cultura es imprescindible descifrar las creencias reales que yacen a nivel de las Suposiciones Básicas, pues son ellas las que permitirán comprender lo que se aprecia en los niveles más externos de la Cultura y actuar en correspondencia. El cambio cultural comenzará a producirse una vez que se modifiquen las Suposiciones Básicas, es decir, “los porqués” de los comportamientos o actitudes.

Sin embargo, esto no significa que no se deba incidir en el resto de los niveles, ya que cada uno de ellos, en diferente magnitud, puede tener un efecto regulador o modificador de la Cultura.

Es importante comprender que una evaluación de la Cultura de Seguridad es diferente a la evaluación de la seguridad. Mientras que la evaluación de la seguridad va dirigida a verificar y confirmar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en las normas, la evaluación de la Cultura de Seguridad busca determinar y evaluar las actitudes y comportamientos que poseen los directivos y trabajadores de la Organización, que pudieran erosionar o reducir su seguridad.

6.2. Marco legal

6.2.1. Normativas de seguridad radiológica

En el año 1982 el OIEA publica la tercera edición de sus normas básicas de seguridad en materia de protección radiológica, esto ha significado un avance positivo en cuanto a una efectiva protección contra los riesgos radiológicos. Partiendo de la necesidad de dicha protección desde los inicios de nuestro siglo y en los años 20 se propuso el establecimiento de unidades de medida normalizadas y la adopción de recomendaciones internacionales cuantitativas en materia de protección radiológica.

Así mismo, en el año 1928, con la creación del Comité Internacional de Protección contra los Rayos X y las Radiaciones (la actual Comisión Internacional de Protección Radiológica [ICRP]), resultó posible publicar recomendaciones cuantitativas para limitar las dosis recibidas por los trabajadores expuestos profesionalmente a las radiaciones. Pero había de transcurrir otro cuarto de siglo antes de que la CIPR comenzara a recomendar límites a la exposición de los individuos de la población.

El papel de la CIPR ha consistido siempre en estudiar los principios fundamentales en que debe basarse la protección radiológica y considerar su aplicación práctica; la aplicación detallada de los mismos se deja a las autoridades nacionales. Cuando se creó el OIEA, su Estatuto estipulaba que el establecimiento de normas de seguridad para la protección de la salud es una de sus funciones básicas. Y en 1962, el Organismo publicó su primera edición de las Normas básicas de seguridad en materia de protección radiológica. La tercera edición de este documento, patrocinada conjuntamente por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), y la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE, se denomina Edición de 1982 y se publica como número 9 de la Colección Seguridad del OIEA.

6.2.2. Ley No. 156 “Ley sobre Radiaciones Ionizantes”

En sus Artos. 1 y 5 establece: (Asamblea de la república de Nicaragua., 1993).

6.2.2.1. Artículo 1.

Esta ley tiene por objeto regular, supervisar y fiscalizar todas las actividades relacionadas con el uso de los radioisótopos y las radiaciones ionizantes en sus diversos campos de aplicación, a fin de proteger la salud, el medio ambiente y los bienes públicos y privados.

El objetivo primario de seguridad radiológica es proporcionar un estándar apropiado de protección para las personas y el medio ambiente sin limitar indebidamente las prácticas beneficiosas que dan lugar a la exposición a la radiación.

6.2.2.2. Artículo 5:

La licencia además de facultar a su titular para realizar actividades a que la misma se refiere, permite legalizar la propiedad de sustancias radiactivas y equipos generadores de radiaciones ionizantes destinados a tal actividad, quedando su titular bajo supervisión y control de la autoridad competente.

6.2.3. Recomendaciones de la ICRP.

En sus Recomendaciones del (ICRP, 2007), la Comisión ha formulado un serie de principios que se aplican igualmente a situaciones planificadas, de emergencia y existentes, y clarifica el modo en que los principios fundamentales (justificación, optimización de la protección y aplicación de límites de dosis) se aplican tanto a las fuentes de radiación como al individuo, así como los principios relacionados con la fuente (justificación y optimización de la protección) se aplican a todas las situaciones de exposición.

La Política Nacional de Formación y Capacitación en Seguridad y Protección Radiológica de Nicaragua es un conjunto de disposiciones, principios, procedimientos, orientaciones y directrices establecidas con el propósito de desarrollar un sistema sustentable de formación y capacitación como base para alcanzar las competencias en los recursos humanos en materia de seguridad y protección radiológica.

6.2.4. Reglamento del CONEA.

La (Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA), 2011) de la república de Nicaragua en sus 3 primeros artículos nos dice que:

6.2.4.1. Artículo 1.

El presente Reglamento tiene como objetivo establecer los requisitos básicos para la protección de las personas contra la exposición a la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación que pueden causar esta exposición, denominadas en lo adelante protección y seguridad.

6.2.4.2. Artículo 2.

El presente Reglamento se aplica a las prácticas y a las fuentes a ellas adscriptas y a las intervenciones que se realicen en el territorio de la República de Nicaragua y será de obligatorio cumplimiento para todas las entidades estatales y privadas, las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, radicadas o con representación en el territorio nacional que realicen prácticas asociadas al empleo de radiaciones ionizantes o cualquier actividad con ellas relacionadas.

6.2.4.3. Artículo 3.

Se excluye de la aplicación de este Reglamento:

- a) La exposición debida al 40K presente en el organismo humano.
- b) La exposición debida a la radiación cósmica en la superficie terrestre.
- c) La exposición debida a la concentración no modificada de los radionúclidos presentes en la mayor parte de las materias primas.
- d) Cualquier otra exposición que determine la autoridad reguladora, tomando como criterio técnico que su magnitud o probabilidad no sea susceptible de control aplicando los requisitos prescritos en este Reglamento.

6.2.5. Requisitos generales (OIEA, 2010).

6.2.5.1. Requisito 1: Alcance de la evaluación de la seguridad

Se efectuará una evaluación de la seguridad de todas las aplicaciones de la tecnología que den lugar a riesgos radiológicos, es decir, de todos los tipos de instalaciones y actividades.

6.2.5.2. Requisito 2: Responsabilidad de la evaluación de la seguridad

La responsabilidad de efectuar la evaluación de la seguridad recaerá en la persona jurídica responsable, es decir, la persona o entidad responsable de la instalación o actividad. En aplicación de los principios establecidos en los Principios fundamentales de seguridad debe realizarse una evaluación de la seguridad de todas las aplicaciones de la tecnología que den lugar a riesgos radiológicos, es decir, de todos los tipos de instalaciones y actividades.

6.2.5.3. Requisito 3: Finalidad de la evaluación de la seguridad.

La finalidad principal de la evaluación de la seguridad será determinar si se ha alcanzado un nivel adecuado de seguridad respecto de una instalación o actividad y si se han cumplido los objetivos de seguridad y los criterios de seguridad básicos establecidos por el diseñador, la entidad explotadora y el órgano regulador con arreglo a los requisitos de protección y seguridad enunciados en las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación.

La evaluación de la seguridad debe incluir una evaluación de las disposiciones existentes en materia de protección radiológica a fin de determinar si los riesgos radiológicos están siendo controlados dentro de los límites y las restricciones especificados, y si se han reducido al nivel más bajo que es razonablemente posible alcanzar.

En la evaluación de la seguridad se deben abordar todos los riesgos radiológicos derivados del funcionamiento normal y de incidentes operacionales previstos y condiciones de accidente. En la evaluación de la seguridad de incidentes operacionales previstos y condiciones de accidente también se deben abordar los fallos que se podrían producir y las consecuencias de éstos.

La evaluación de la seguridad debe realizarse en la etapa de diseño de una nueva instalación o actividad, o en la etapa más temprana posible de la vida útil de una instalación o de la ejecución de una actividad existente.

En el caso de las instalaciones y actividades que se prolongan mucho tiempo, la evaluación de la seguridad debe actualizarse, según las necesidades, en todas las etapas de la vida útil de la instalación o de la ejecución de la actividad, a fin de tener en cuenta los posibles cambios

en las circunstancias, las modificaciones en las características del emplazamiento, y en el diseño o la explotación, así como también los efectos del envejecimiento.

6.2.6. Ley No.14 del consejo de seguridad Nuclear

6.2.6.1. Artículo 1.

Objeto y ámbito de aplicación. El objeto del presente Real Decreto es establecer los principios de justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección y seguridad radiológica de las personas frente a las siguientes exposiciones:

1. Exposiciones médicas:

- a) La exposición de pacientes para su diagnóstico o tratamiento médico.
- b) La exposición de trabajadores en la vigilancia de su salud.
- c) La exposición de personas en programas de cribado sanitario.
- d) La exposición de personas sanas o de pacientes que participan voluntariamente en programas de investigación médica o biomédica, de diagnóstico o terapia.
- e) La exposición de personas como parte de procedimientos médico-legales.

6.2.6.2. Artículo 2.

Justificación general de las exposiciones médicas. Las exposiciones médicas mencionadas en el artículo 1 deberán proporcionar un beneficio neto suficiente, teniendo en cuenta los posibles beneficios diagnósticos o terapéuticos que producen, incluidos los beneficios directos para la salud de las personas y para la sociedad, frente al detrimento individual que pueda causar la exposición. También se considerará la eficacia, los beneficios y los riesgos de otras técnicas alternativas disponibles que tengan el mismo objetivo, pero no requieran exposición a las radiaciones ionizantes o impliquen una exposición menor.

6.2.6.3. Artículo 3.

Procedimientos previos para la justificación de las exposiciones médicas. Para la justificación de una exposición a radiaciones ionizantes, tanto el Médico prescriptor como el Médico, deberán obtener información diagnóstica anterior o informes médicos relevantes, siempre que sea posible, y tendrán en cuenta estos datos para evitar exposiciones innecesarias. A tal fin, el paciente deberá informar al Médico Especialista y al Médico prescriptor de los procedimientos diagnósticos con radiaciones ionizantes a los que haya sido sometido con

anterioridad. Asimismo, valorarán con especial atención la necesidad de la prueba diagnóstica, teniendo en cuenta estudios alternativos que no impliquen la utilización de radiaciones ionizantes. Cuando esta utilización sea necesaria, deberán solicitar el mínimo número de estudios o proyecciones indicadas para el diagnóstico.

6.2.6.4. Artículo 4

Justificación de tipos de prácticas. Todos los nuevos tipos de prácticas que impliquen exposiciones médicas se justificarán antes de su adopción rutinaria en la práctica clínica. Los tipos de prácticas existentes, que impliquen exposiciones médicas, deben ser revisadas cada vez que se obtengan nuevas pruebas importantes sobre su eficacia o sus consecuencias. La justificación de estos tipos de prácticas constará en el programa de garantía de calidad de la Unidad asistencial y estará a disposición de la autoridad sanitaria competente.

VII. Hipótesis de investigación

A partir de la implementación de la guía de evaluación de seguridad del MINSA, el departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, ubicado en la ciudad de Managua, Nicaragua, contará con una herramienta en la cual se valore el cumplimiento de los niveles requeridos de seguridad radiológica para las prácticas de radiológica convencional según la normativa vigente para operación de dichas prácticas.

CAPITULO III.

VIII. Diseño metodológico

8.1. Tipo de estudio

De acuerdo al método de investigación el presente estudio es observacional y según el nivel inicial de profundidad del conocimiento es descriptivo (Piura, 2006). El enfoque de la presente investigación está conformado por el uso de datos cuantitativos y análisis de la información cualitativa, así como por su integración y discusión holística-sistémica de diversos métodos y técnicas cuali-cuantitativas de investigación, esta investigación se realiza mediante la aplicación del Enfoque Filosófico Mixto de Investigación, según (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014).

8.2. Nivel de amplitud

De acuerdo a la clasificación de Hernández, Fernández y Baptista 2014, el tipo de estudio es correlacional. De acuerdo, al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, el estudio es prospectivo, por el período y secuencia del estudio es transversal y según el análisis y alcance de los resultados el estudio es analítico y predictivo (Canales, Alvarado y Pineda, 1996).

8.3. Área de Estudio

El área de estudio responde al Área 286: Física médica, Línea de Investigación 4: Salud pública, enfermedades crónicas no transmisibles e infecciosas. Según corresponde a las áreas de trabajo y líneas de investigación de la universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua).

El área de estudio de la presente investigación, estará centrada en los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs) y pacientes del departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, en el periodo de enero a junio del 2022. La presente investigación, se realizará en el departamento de Managua, con base en el Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz.

8.4.Universo y muestra

El universo de este trabajo será el departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, este incluye a los trabajadores Ocupacionalmente Expuestos, las instalaciones donde operan los equipos generadores de radiación ionizante y las prácticas de radiología convencional que se realizan en este centro hospitalario.

La muestra es no probabilística, la cual está conformada por los 5 equipos generadores de rayos X (Rayos X portátil, 2 Rayos X fijo, Tomógrafo, Mamógrafo, Fluoroscopio). Además, incluye a los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs) y pacientes.

8.5. Matriz de Operacionalización de Variables (MOVI)

Variable	Subvariables	Naturaleza de la Variable	Indicador
Dosis equivalente	Dosis equivalente personal Hp (10)	Cuantitativa	Dosis equivalente personal a partir de los reportes dosimétricos de los trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs).
Matriz de riesgo	Frecuencia de errores	Cualitativa	Frecuencia de errores que conllevan a un riesgo radiológico.
	Probabilidad de ocurrencia	Cualitativa	Probabilidad de que un error ocurra o no en un determinado tiempo.
	Consecuencias	Cualitativa	Consecuencias producidas por la ocurrencia de un error.
Cultura de seguridad	Manifestaciones visibles	Cualitativa	Errores visibles que pueden o no pueden ser correctivos
	Valores declarados	Cualitativa	Errores o fallas en el manejo correcto de la seguridad radiológica que hayan sido documentados.
	Suposiciones básicas	Cualitativa	Posibles ocurrencias de errores por factores no corregidos.

8.6.Muestreo:

En la presente investigación se aplicará un muestreo no probabilístico por conveniencia, la cual se define según (H McMillan & Schumacher, 2005) como una técnica de muestreo en la que se toma una muestra de la población en estudio de un universo. En este caso el universo es el departamento Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz y la muestra son los equipos generadores de radiación ionizante, los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs) y los pacientes.

8.7.Métodos, Técnicas e instrumentos para la recolección de datos e información

Siendo uno de los requisitos establecidos por la guía de seguridad radiológica, la evaluación de los registros dosimétricos de los TOEs del servicio de radiología. Se verificarán y analizarán de manera estadística que las dosis recibidas durante un periodo de 3 años (2019-2021) no se ha superado el valor de dosis establecido, tanto para restricción y límite, por la Autoridad reguladora en el reglamento de protección y seguridad radiológica que establece el Ministerio de Salud (MINSA). Con el fin de no obviar ningún dato se solicitará al Laboratorio de Física de Radiaciones y metrología (LAF-RAM) de la UNAN-Managua el acceso a los registros dosimétricos.

Para la elaboración de la matriz de riesgo radiológico, la obtención de información es meramente observativa, esto debe comprender desde los sucesos iniciadores de un accidente radiológico o posible fallo hasta las barreras y la descripción de los reductores de las posibles consecuencias.

Para la evaluación de la cultura de seguridad de los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs), haremos uso de encuestas con preguntas y repuestas de opción múltiple, basado en repuestas abiertas, estas encuestas estarán dirigidas a los TOEs y a los pacientes, las cuales están basadas en el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, los datos obtenidos serán procesados en Excel, donde se hará estimaciones estadísticas de datos proporcionados al mismo.

CAPITULO IV.

IX. Análisis y discusión de resultados.

Para La evaluación de la cultura de seguridad de los TOEs del departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Dr. Fernando Vélez Paiz fue necesario aplicar dos formatos de encuestas dirigidas a los mismos y a los pacientes que se han realizados estudios radiológicos en esta institución, dichas encuestas están basadas en el foro Iberoamericano de organismos reguladores radiológicos y nucleares, donde se muestran los criterios e indicadores cualitativos de los diez elementos básicos de cultura de seguridad, los cuales a su vez están constituidos por sub elementos.

La encuesta de los trabajadores Ocupacionalmente Expuestos consta de 24 preguntas de opción múltiple, cuyas opciones son la descripción de los niveles de progreso (bajo, progreso incipiente, progreso avanzado, excelencia) correspondientes a los sub elementos que se han considerado a evaluar. Se ha tomado una muestra de 26 TOEs.

Las encuestas que fueron aplicadas a los pacientes están basadas en el mismo proceso de análisis de las que fueron aplicadas a los TOEs, se tomaron los 10 elementos básicos analizando un sub elemento de cada uno de ellos, cabe mencionar que los sub elementos utilizados son los que hacen mayor énfasis en la cultura de seguridad según la perspectiva del paciente. Se realizó un total de 10 preguntas por cada encuesta, con una muestra de 50 pacientes.

En este apartado también se aborda el cálculo de blindaje para sala de tomografía, fluoroscopia, Rayos X 1 y 2 y sala de mamografía, para la realización del mismo se ha utilizado una hoja de cálculo de Excel donde se introducen datos al algoritmo tales como: barrera primaria: factor de uso, factor de ocupación, límite de dosis semanal (mSv), carga semanal (mA. min), tensión máxima, rendimiento y distancia foco-barrera. Barrera secundaria: factor de uso, factor de ocupación, límite de dosis semanal (mSv), carga semanal (mA. min), tensión máxima, rendimiento, carga máxima de fuga, factor de corrección radiación de fuga, capa hemireductora fuga, tamaño de campo, factor de dispersión, distancia foco-barrera, distancia foco-paciente y distancia paciente-barrera.

También se realiza matriz de riesgo radiológico, cuyo riesgo ha sido calculado a partir de los sucesos iniciadores, las consecuencias potenciales, las probabilidades de fallo y la frecuencia de ocurrencia, haciendo uso de las 64 combinaciones para realizar dicha matriz de riesgo como se muestra en la sección de marco teórico: matriz de riesgo radiológico.

Además, se realiza mapa de procesos radiológicos de funcionalidad del departamento de radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz, con flujo detallado para realización de estudios radiológicos.

Para la evaluación de la dosis equivalente personal HP (10) se ha tomado la dosimetría de los TOEs del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz para un periodo de 3 años (2019-2021). Así mismo, se tomarán datos cualitativos de la dosimetría de años anteriores a partir del 2008 con el fin de hacer comparación del método de lectura de los dosímetros y el cálculo de las dosis reportadas en los periodos correspondientes.

9.1. Análisis encuestas TOEs

Gráfico No.1 del elemento básico 1: prioridad de la seguridad con los sub elementos 1, 2, 4, 6 y 8 que han sido evaluados respectivamente.

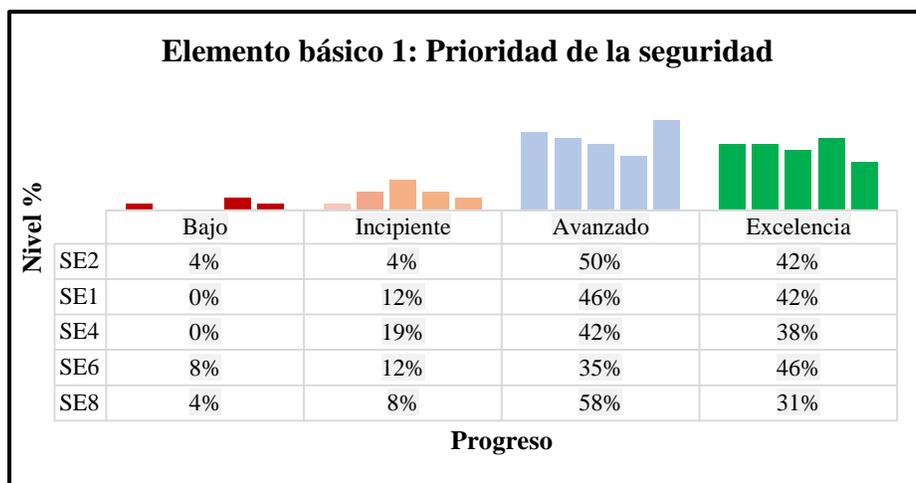


Gráfico 1: Nivel de progreso de seguridad, elemento básico 1: prioridad de la seguridad. Fuente: propia.

Para los sub elementos 1: Visibilidad de la prioridad de la seguridad en la documentación de la organización, 2: Visibilidad de la prioridad en la actuación de la Organización, 4: Detención de trabajos y 8: Seguridad en la contratación de servicios, empresas y personal

técnicos. Basado en la recolección de datos por medio de las encuestas vemos que el nivel de progreso de seguridad se encuentra en un progreso avanzado representado con el 50%, 46%, 42% y 58 % respectivamente; sin embargo, el sub elemento 6: Encargado de Protección Radiológica (EPR), se encuentra en un nivel de excelencia, es decir, que los TOEs del departamento de Radiología consideran que los puestos de EPR deben ser ocupados por personal bien calificado y gozan de un elevado reconocimiento como asesores en la Organización.

A pesar de tener este nivel de progreso, se debe tener en cuenta los niveles de progreso incipiente con el 4%, 12%, 19%, 12% y 8% y bajo con el 4%, 8%, y 4% que muestran resultados significativos y que deben ser tomados para mejorar en la cultura de seguridad.

En general se puede afirmar que, la prioridad por la seguridad está incorporada en todos los documentos de máxima jerarquía de la organización y algunos de sus documentos y procedimientos internos de trabajo, cuenta con la Presencia de vallas, carteles, mensajes y anuncios al respecto.

Además, La seguridad es priorizada en la Organización, de forma evidente en la mayoría de las situaciones y acciones, así mismo, promueve y apoya que sus trabajadores detengan, previa consulta, cualquier tarea o actividad, cuando sospechen que pueden existir problemas de seguridad y es importante mencionar que la seguridad está incluida en los procedimientos de contratación de servicios, empresas y personal técnicos por parte de la Organización, que son respetados en la mayoría de los casos.

Gráfico No.2 del elemento básico 2: liderazgo y compromiso visibles de la alta dirección con la seguridad con los respectivos sub elementos evaluados.

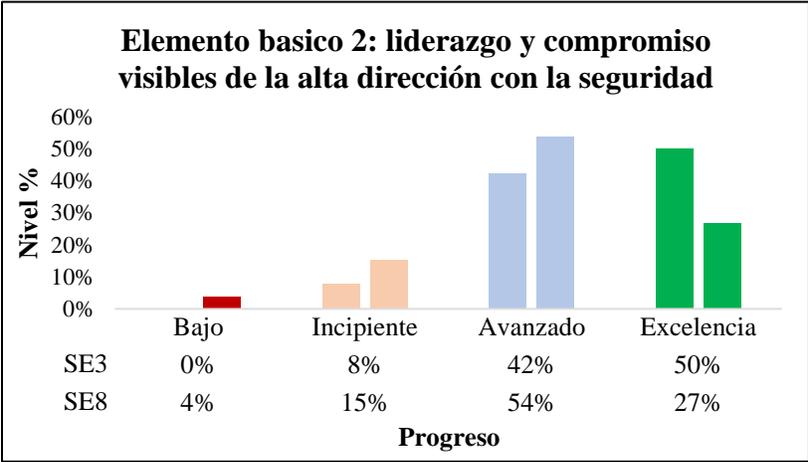


Grafico 2: Nivel de progreso de seguridad, elemento básico 2: Liderazgo y compromiso visibles de alta dirección con la seguridad

El sub elemento 3: Visibilidad del liderazgo y del compromiso de la Alta Dirección con la seguridad se encuentra con un nivel de progreso de excelencia con el 50%, es decir, los directivos de la Organización demuestran su liderazgo y compromiso con la seguridad de múltiples formas: en la toma de decisiones, los contactos directos con el personal, los recorridos frecuentes por las áreas de trabajo, la conducción de reuniones y actividades técnicas, el involucramiento activo.

El sub elemento 8: Visión de la Cultura de Seguridad, se encuentra en un progreso avanzado, lo cual representa el 54% con respecto al otro sub elemento, es decir, hay mayor conciencia en los directivos sobre el impacto de la Cultura de Seguridad en la seguridad de la Organización, con programas y esfuerzos concretos para su fomento y desarrollo.

Para los progresos incipientes con el 8% y 15% y bajo con el 8% para el sub elemento 8 deben ser tomados en cuenta por los mismos directivos, puesto que los mismos indican la necesidad de la mejora continua de dichos niveles. Sin embargo, los resultados nos muestran que la variabilidad de los mismos está correlacionado, puesto que, el liderazgo de los directivos de la organización está en pro de un nivel de cultura de seguridad aceptable y su progreso sea siempre positivo.

Grafico No.3 del elemento básico 3: identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad, con los sub elementos 1 y 5 a evaluar respectivamente.

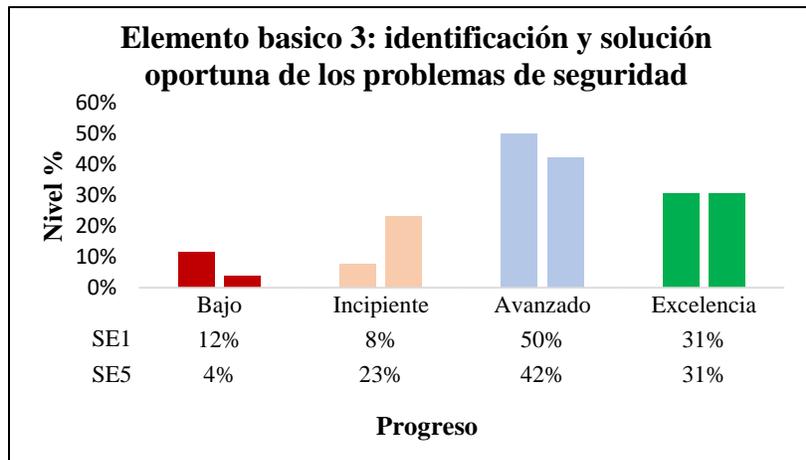


Grafico 3: Nivel de progreso, elemento básico 3: identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad.

Los sub elementos 1: Mecanismos de identificación oportuna de los problemas de seguridad y 5: Rasgos de Organización Altamente Fiable se encuentran en un progreso avanzado, con el 50% y 42% respectivamente, es decir, la Organización tiene implementados mecanismos, políticas y recursos para la identificación oportuna de los problemas de seguridad, que funcionan relativamente bien, además, tiene Presencia de varios de los rasgos de la Organización Altamente Fiable, algunos con cierta madurez.

Sin embargo, dichos resultados nos muestran que también algunos de los aspectos son persuadidos en un nivel de excelencia, nivel incipiente y nivel bajo, por lo que es necesario considerar los por qué de los niveles inferiores al progreso avanzado, analizarlos y de este modo reforzar el nivel general obtenido con el que se pretende llegar al nivel de progreso de excelencia.

Grafico No.4 del elemento básico 4: enfoque permanente en la seguridad con los sub elementos 3 y 6 analizados respectivamente.

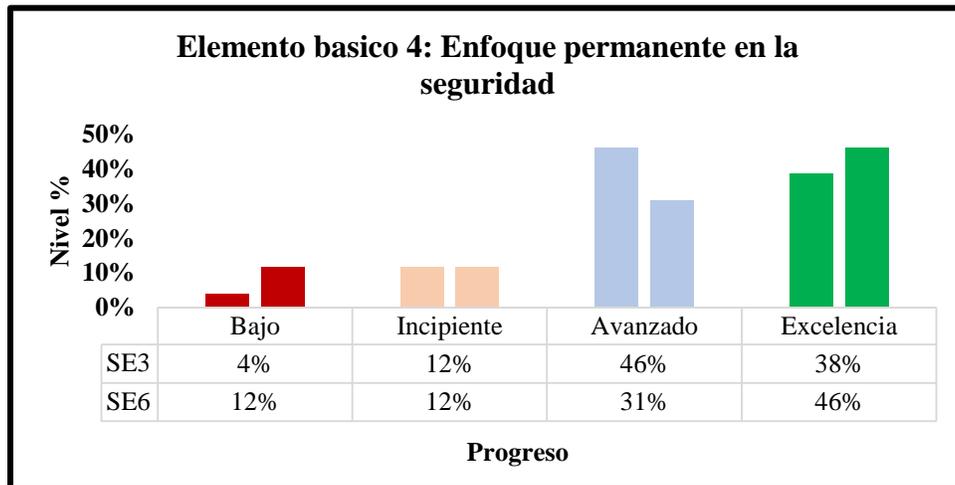


Grafico 4: Nivel de progreso, sub elemento 4: Enfoque permanente en la seguridad. Fuente: propia.

El sub elemento 3: Consideración permanente de la seguridad se encuentra en un progreso avanzado con el 46%, esto nos indica que la Organización tiene establecido que se tomen en cuenta los aspectos de seguridad en todas sus actividades, y por lo general se logra en la práctica real.

El sub elemento 6: Integración de la seguridad física de equipos generadores de radiación ionizante en el enfoque permanente en la seguridad dentro de la Organización se encuentra en un progreso de excelencia con el 46%, es decir, los aspectos de la seguridad física de equipos generadores de radiación ionizante son tomados en cuenta como parte del enfoque permanente en la seguridad que prevalece en la Organización, pero aún en menor grado que los aspectos de protección y seguridad radiológica.

Los resultados mostrados en el grafico nos indican que la seguridad en general es priorizada en todos los aspectos sobre todo en la seguridad física de los equipos generadores de radiación ionizante, ambos resultados nos indican que el sub elemento 3 requiere de mayores especificaciones para su análisis o perspectiva de los TOEs. Los niveles de progreso bajo e incipiente deben ser tomados de forma positiva de modo que, contribuyan a mejorar el nivel de progreso avanzado y conseguir el nivel de progreso excelente.

Grafico No.5 del elemento básico 5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad, con los sub elementos 1,7 y 9 respectivamente.

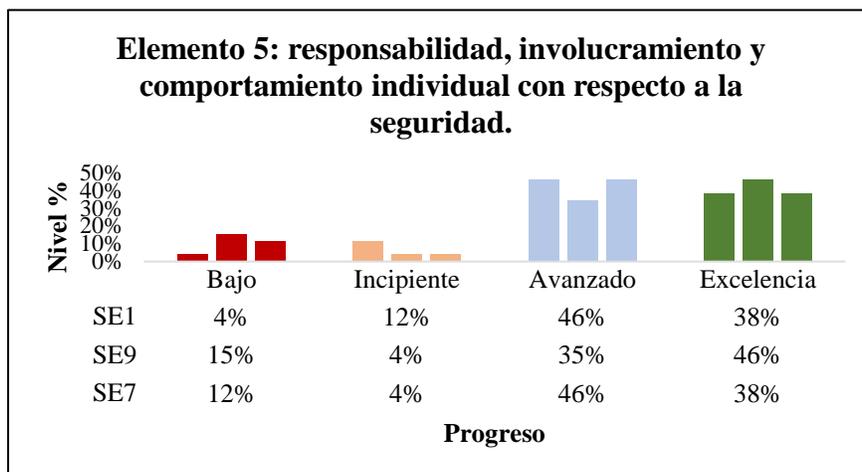


Grafico 5: Nivel de progreso, elemento 5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad.

Los sub elementos 1: Visión individual sobre la responsabilidad por la seguridad y 7: Visión sobre el papel de la capacitación y el entrenamiento, se encuentran en un progreso avanzado con el 46% respectivamente, es decir, cada trabajador se siente responsable por su propia protección radiológica y se aprecia además preocupación de la mayoría de los trabajadores por la protección radiológica de sus colegas y se considera que el comportamiento individual con respecto a la seguridad depende de la capacitación y del entrenamiento técnico del personal, como otras habilidades mentales actúan de forma proactiva, prudente y rigurosa que son desarrolladas mediante acciones específicas para ello.

El sub elemento 9: Consideración de la seguridad física de equipos generadores de radiación ionizante como responsabilidad individual del personal e involucramiento del personal en su mejora, se encuentra en un nivel de excelencia con el 46%, es decir, el personal considera la seguridad física de equipos generadores de radiación ionizante y la protección y seguridad radiológica como un todo, por el cual se siente responsable y se interesa e involucra en su mejora.

Los resultados obtenidos del nivel de progreso bajo deben ser considerados puesto que esto debe ser un indicador de que la seguridad tanto de los TOEs como los equipos generadores de radiación ionizante y el departamento de radiología en general basados tanto en la

capacitación como en el trabajo en equipo están disociados por lo que debe ser considerado, evaluado para su mejora.

Grafico No.6 del elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad.

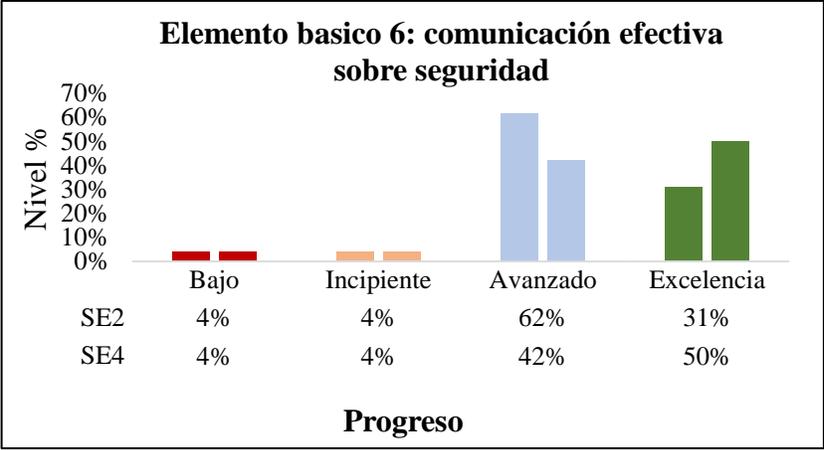


Grafico 6: Nivel de progreso, elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. Fuente: propia

El sub elemento 2: Comunicaciones internas sobre seguridad, se encuentra en un progreso avanzado con el 62%, lo que nos indica que existe una buena comunicación entre los diferentes niveles de la Organización y sus departamentos.

El sub elemento 4: Interés del personal por la comunicación sobre seguridad, se encuentra en un nivel de excelencia con el 50%, es decir, el personal considera como una forma necesaria y natural de trabajo de la Organización que le informen, mantenerse informado e informar sobre temas de seguridad en la Organización, tiene amplia participación del personal en el diseño y la preparación de algunos mecanismos y medios de comunicación.

Los niveles de progreso bajo e incipiente se encuentran en el mismo porcentaje, aunque los mismos parezcan ser no ser tan significativos estos representan que cierta cantidad de la población en estudio no se fundamentan en las comunicaciones internas ni en su interés personal por mejorar los mismos.

Grafico No.7 del elemento básico 7: reporte libre sobre seguridad, con los sub elementos 4 y 8 en estudio.

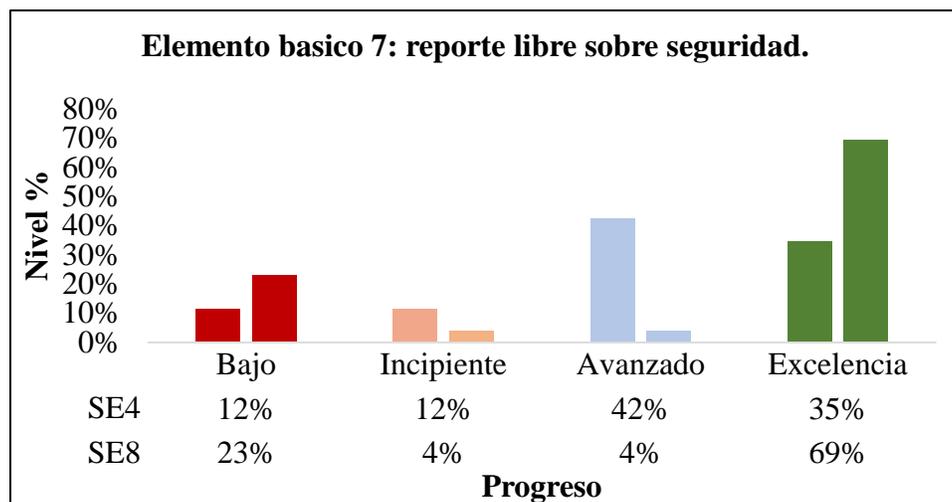


Grafico 7: Nivel de progreso, elemento básico 7: reporte libre sobre seguridad. Fuente: propia.

El sub elemento 4: Mecanismos establecidos en la Organización para el reporte por parte de los trabajadores se encuentra en un progreso avanzado con el 42%, lo cual nos indica que se han implementado varios mecanismos internos en la Organización.

Sin embargo, el nivel de excelencia muestra un 35% acompañado de los progresos bajo e incipiente con el 12%, por ello es necesario verificar y analizar los por qué de esos niveles, tomar los mismos como soporte para su mejora, fortalecer el progreso avanzado y de este modo conseguir el nivel de excelencia.

El sub elemento 8: Tipo de información reportada, se encuentra en nivel de excelencia con el 69% ya que todo tipo de evento, situación o condición relacionada con la seguridad, propio del que reporta, interno de la Organización o derivado de factores externos a la Organización. Del otro extremo tenemos el nivel bajo con un significativo 23% esto es un indicador que así como se hacen reportes de todo los sucesos que involucran el funcionamiento del departamento de radiología también se reportan solo los sucesos radiológicos que exponen un riesgo.

Grafico No.8 del elemento básico 8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad con los sub elementos 3 y 4 en estudio.

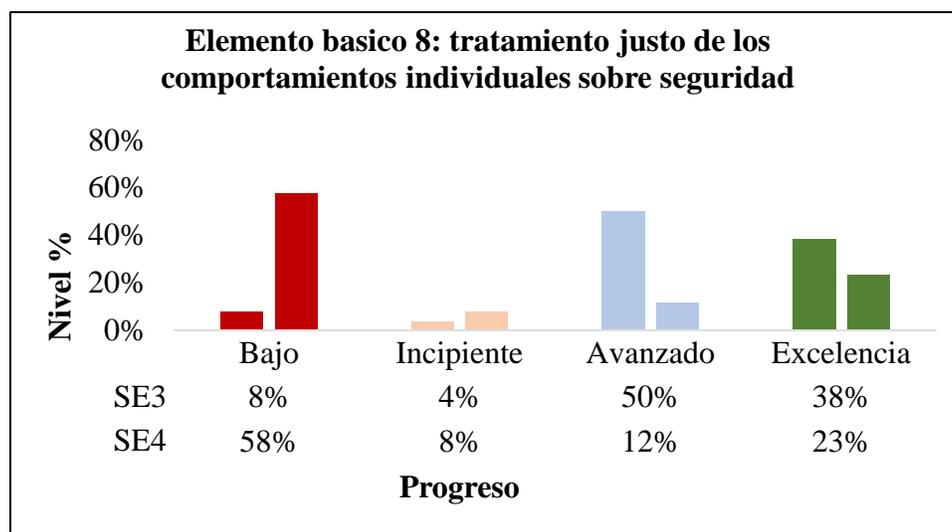


Grafico 8: Nivel de progreso, elemento básico 8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad.

El sub elemento 3: Manejo de comportamientos individuales, se encuentra en un progreso avanzado con el 50%, es decir, hay mayor dominio y entrenamiento de los directivos en la identificación y tratamiento de los comportamientos seguros y no seguros de los trabajadores, pero no se aplican de forma habitual. Sin embargo, se percibe que la Organización tiende a no culpabilizar, excepto las violaciones de lo establecido. Además, tenemos un 38% de nivel de excelencia lo cual es un indicador de que hay un entrenamiento fuerte por parte de los directivos con respecto a los TOEs, su comportamiento de seguridad individual y corporativo.

El sub elemento 4: Políticas disciplinarias de la Organización, se encuentra en un nivel bajo, lo cual nos indica que dichas política son consideradas esenciales para la prevención de accidentes. Por ello, se debe trabajar continuamente en mejorar este nivel y lograr un nivel aceptable como el nivel de excelencia que muestra el 23% de los resultados obtenidos donde estas disciplinas no son la base fundamental en el tratamiento de los errores y las violaciones de las normativas establecidas.

Grafico No.9 del elemento básico 9: aprendizaje organizacional continuo, con los sub elementos 2 y 4 en estudio.

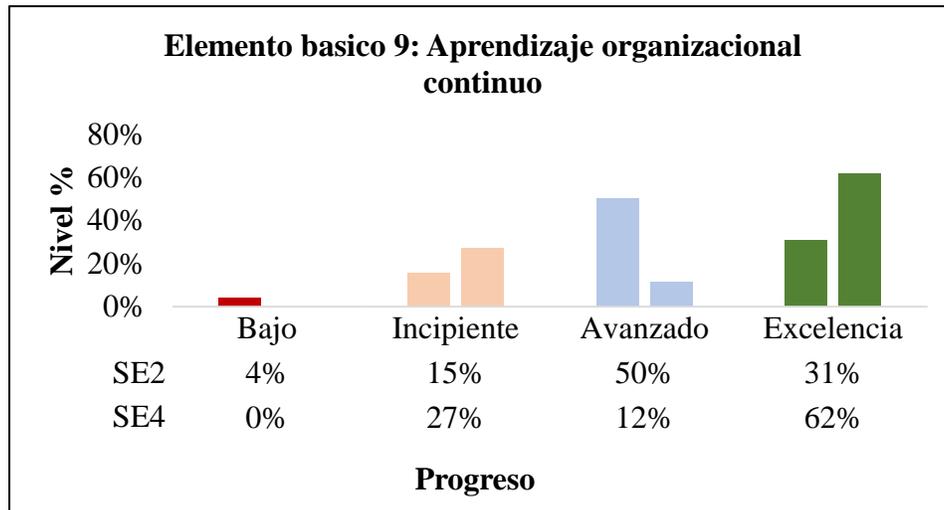


Grafico 9: Nivel de progreso, elemento básico 9: Aprendizaje organizacional continuo.

El sub elemento básico 2: Investigación de sucesos radiológicos o de seguridad física, se encuentra en un progreso avanzado con un 50%, es decir, cuentan con Buenos procedimientos para garantizar que la investigación de estos sucesos favorezca el análisis posterior y extraer las lecciones a aprender. El personal está entrenado y el proceso de investigación es llevado a cabo por el EPR, con involucramiento ocasional de algún otro trabajador o directivo. Además tenemos el 31% de nivel de progreso de excelencia, el 15% de nivel incipiente y el 4% de nivel bajo, todos estos valores deben ser evaluados con el fin de mejorar los mismos y de este modo contribuir al progreso avanzado y encaminarse a la excelencia.

El sub elemento 4: Aprendizaje a partir de lo sucedido a otros, se encuentra en un nivel de excelencia con el 62% dado que la Organización ha desarrollado una cultura por aprender que se refleja en los mecanismos que ha establecido y las acciones que realiza para buscar y aprender de cualquier experiencia propia, nacional o internacional, incluidas las buenas prácticas. Sin embargo, el 27% se encuentra en un nivel de progreso incipiente esto nos indica que existe una voluntad de aprender nuevas técnicas y procedimientos en pro de la funcionalidad del departamento de radiología.

Grafico No.10 del elemento básico 10: ambiente de confianza y colaboración en seguridad con los sub elementos 1 y 9.

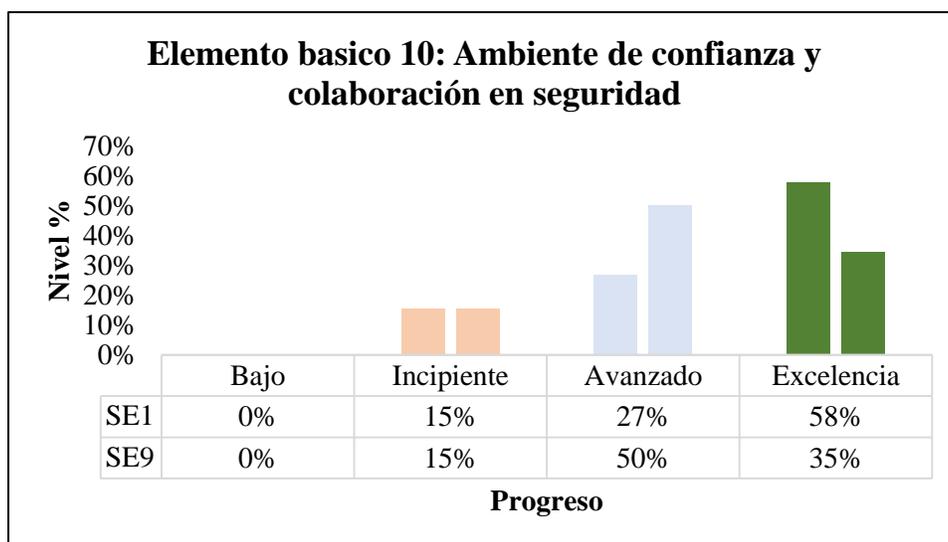


Grafico 10: Nivel de progreso, elemento básico 10: ambiente de confianza y colaboración en seguridad.

El sub elemento 1: Colaboración, se encuentra en un nivel de excelencia con el 58%, esto nos indica que hay una alta colaboración entre departamentos, áreas y personal dentro de la Organización, seguido de un progreso avanzado con el 27% e incipiente con el 15% en general se puede decir que, dicha colaboración puede estar limitada por distintos factores o puede que no se esté practicando.

El sub elemento 9: Colaboración del personal de la Organización a favor de la seguridad física de los equipos generadores de radiación ionizante se encuentra en un progreso avanzado con el 50% esto nos indica que hay una mayor colaboración con el personal encargado de la seguridad física y entre el propio personal de la Organización, seguido de un nivel de excelencia con el 35% el cual nos indica una total colaboración con el personal encargado de la seguridad física y entre todo el personal, con el mismo interés y espíritu de colaboración que en los asuntos de protección y seguridad radiológica

En la siguiente tabla se muestra la evaluación general de los progresos de la cultura de seguridad de los TOEs.

Nivel de progresos					
ELEMENTOS	Bajo	Incipiente	Avanzado	Excelencia	Nivel general
Prioridad de la seguridad	0	0	4	1	Avanzado
Liderazgo y compromiso visibles de la alta dirección con la seguridad	0	0	1	1	Avanzado
Identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad	0	0	2	0	Avanzado
Enfoque permanente en la seguridad	0	0	1	1	Avanzado
Responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad.	0	0	2	1	Avanzado
Comunicación efectiva sobre seguridad	0	0	1	1	Avanzado
Reporte libre sobre seguridad.	0	0	1	1	Avanzado
Tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad	1	0	1	0	Incipiente
Aprendizaje organizacional continuo	0	0	1	1	Avanzado
Ambiente de confianza y colaboración en seguridad	0	0	1	1	Avanzado

*Tabla 1: evaluación general de los progresos de la cultura de seguridad de los TOEs.
Fuente: propia.*

Grafico No.11. Nivel general de cultura de seguridad radiológica.

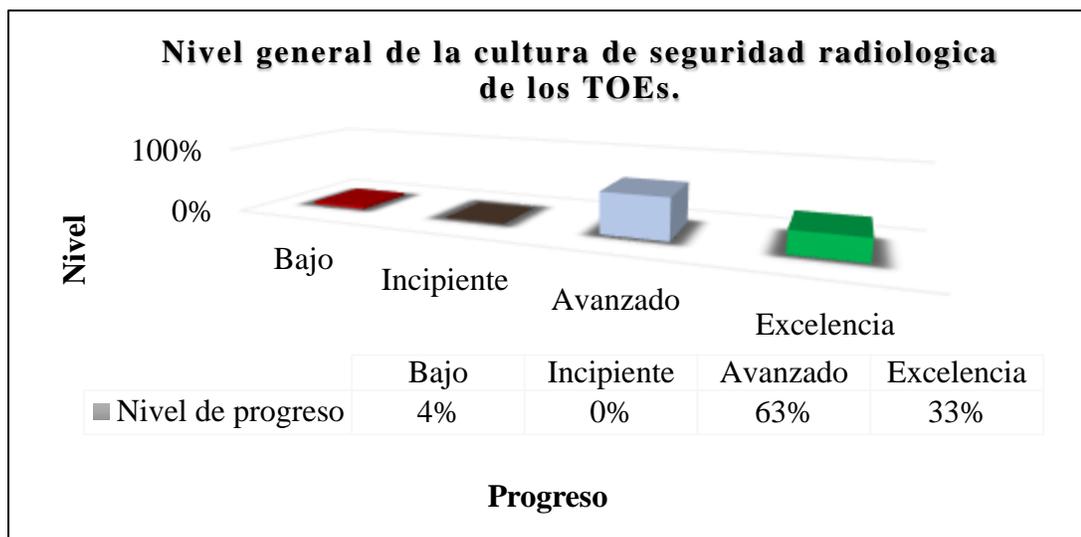


Grafico 11: Nivel general de cultura de seguridad radiológica de los TOEs.
Fuente: propia

El nivel general de progreso de la cultura de seguridad de los TOEs se encuentra en un progreso avanzado con el 63% de los resultados obtenidos de forma cualitativa a través de las encuestas aplicadas a los mismos, esto nos indica que casi todos los elementos y sub elementos se encuentran dentro de un nivel aceptable de cultura de seguridad.

Sin embargo, se debe trabajar siempre por la mejora continua de ese nivel de cultura de seguridad dado que a pesar que se muestra ese resultado como mayoría se debe tener presente que el 4% de estos resultados se encuentran en un nivel general de cultura de seguridad bajo, aunque sea un porcentaje menos significativo se debe verificar los por qué de ese nivel y que se debe hacer para reforzar esos espacios y de esta forma continuar mejorando el nivel de progreso avanzado.

Si hacemos referencia a un nivel de excelencia que cuenta con el 33% de los resultados obtenidos se debe tener presente que no siempre la teoría se lleva a cabo en la práctica, por ello no es preciso tener este nivel de cultura de seguridad a como se desearía ser lo ideal.

9.2. Análisis encuestas Pacientes.

Grafico No.12 del elemento básico 1: Prioridad de la seguridad, con el sub elemento 9 en estudio.

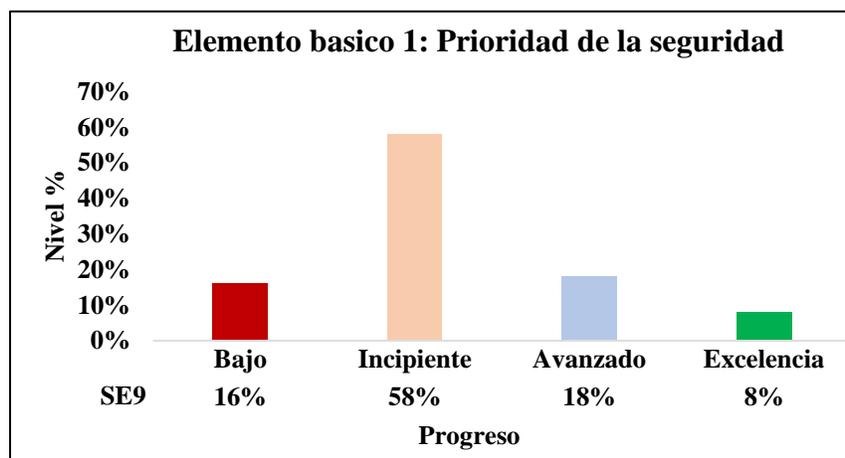


Grafico 12: Nivel de progreso, elemento básico 1: prioridad de la seguridad. Pacientes. Fuente: propia.

El sub elemento 9: gestión de la seguridad, se encuentra en un nivel incipiente con el 58% de los resultados obtenidos, es decir, en el sistema de gestión de la seguridad prevalece aún el enfoque reactivo en el manejo de la seguridad, pero hay algunos elementos de gestión aunque no establecidos como sistema.

Así mismo, se muestra que el nivel de progreso avanzado tiene un 18% y el nivel de excelencia al 8%, esto es un indicador de que la gestión de la calidad puede dirigirse en rutas de progreso en cuanto al formalismo de los enfoques pro activos de la cultura de seguridad.

Grafico No.13 del elemento básico 2: Liderazgo y compromiso visible de la alta dirección con la seguridad, con el análisis del sub elemento 4.

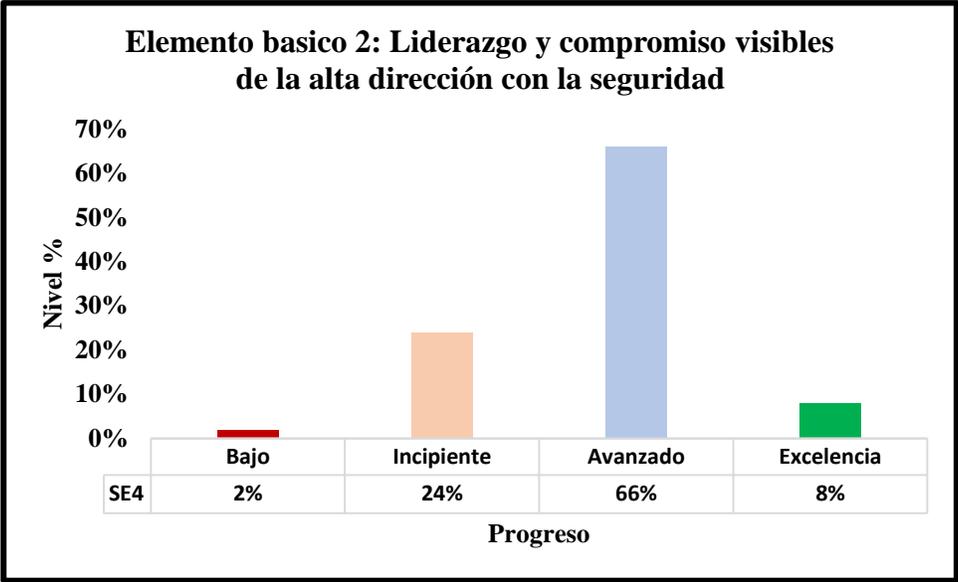


Grafico 13: Nivel de progreso, elemento básico 2: liderazgo y compromiso visibles de alta dirección con la seguridad. Fuente: propia.

El sub elemento 4: Asignación de recursos para la seguridad, se encuentra en un nivel de progreso avanzado con el 66% de los resultados obtenidos, es decir, los recursos para la seguridad son relativamente altos en los presupuestos de la Organización y se garantizan.

Además, son mínimas las actividades que se realizan sin todos los medios o el personal requeridos. Sin embargo, es importante analizar el 24% del progreso incipiente puesto que esto es un indicador de que la cantidad de recursos entregados no son todos los esperados o requeridos para una respuesta ante un incidente radiológico.

Grafico No.15 del elemento básico 3: identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad de seguridad

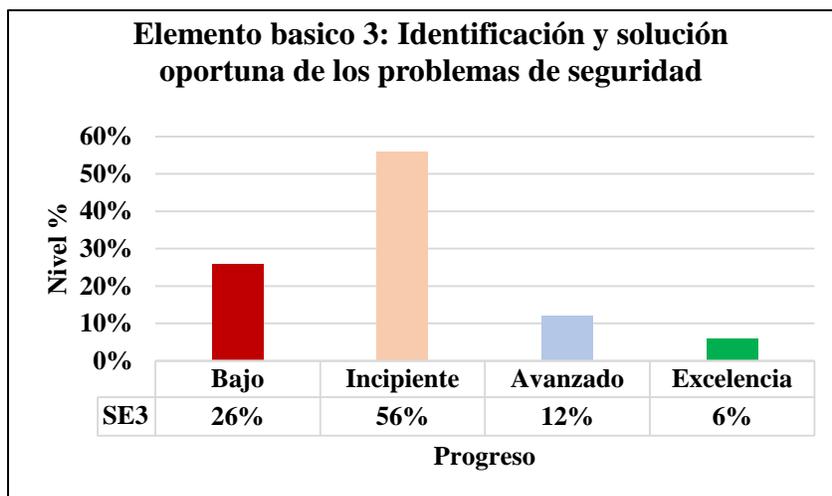


Grafico 14: Nivel de progreso, elemento básico 3: Identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad

El sub elemento 3: Alerta y vigilancia en la Organización con respecto a la seguridad se encuentra en nivel de progreso incipiente con el 56%, es decir, la vigilancia y la alerta organizacional e individual con respecto a la seguridad son promovidas en la Organización, aunque poco desarrolladas aún y están basadas en un bajo nivel de incidentes o sucesos radiológicos. El nivel de progreso bajo tiene un 26% de los resultados obtenidos, esto indica que la ausencia de eventos es considerada erróneamente un elevado nivel de seguridad, por lo cual se debe mejorar con la capacitación a los TOEs.

Grafico No.15 del elemento básico 4: Enfoque permanente en la seguridad, con el sub elemento 2 en estudio.

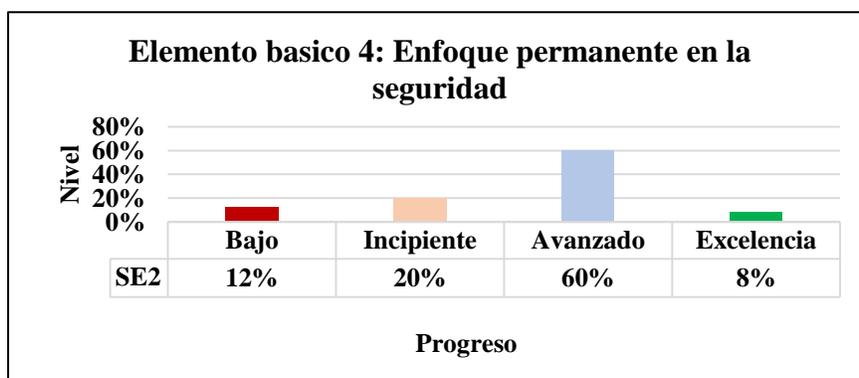


Grafico 15: Nivel de progreso, elemento básico 4: enfoque permanente de la seguridad. Fuente: propia.

El sub elemento 2: Visión de la Organización sobre el logro de la seguridad, se encuentra en un nivel de progreso avanzado con el 60% ya que, la organización considera que la seguridad es más que cumplir con las normas y regulaciones externas y define objetivos y metas propios de seguridad, aun cuando no estén establecidos externamente. Estos objetivos y metas se insertan en los Sistemas de Gestión de la Seguridad con una mayor conciencia del papel de la conducta y de los comportamientos en la seguridad. Además, hay numerosos elementos del enfoque de la “seguridad generada desde dentro de la Organización”.

Sin embargo, se deben tener en cuenta el nivel incipiente con el 20% y el nivel bajo con el 12% lo cual puede estar considerando que la seguridad depende esencialmente de cumplir con las normas y regulaciones establecidas por el Organismo Regulador u otras instancias externas, siendo esta continuidad carente de análisis crítico se debe trabajar en su mejora y contribuir a los niveles de progreso aceptables y convenientes para el departamento de radiología.

Grafico No.16 del elemento básico 5: Responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad con el sub elemento 1.

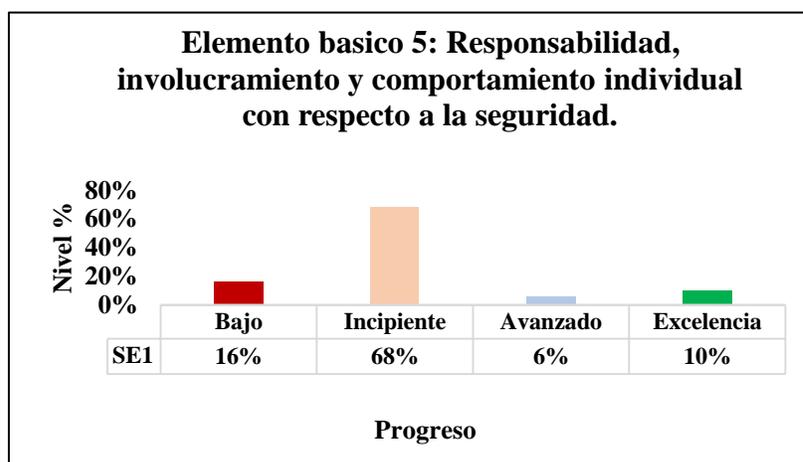


Grafico 16: Nivel de progreso, elemento básico 5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. Fuente: propia.

El sub elemento 1: Visión individual sobre la responsabilidad por la seguridad se encuentra en un nivel de progreso incipiente con el 68% ya que, aunque todavía la seguridad es considerada por los trabajadores como una responsabilidad de determinadas instancias de la Organización, se observa un creciente énfasis en la responsabilidad individual de cada trabajador por su propia seguridad y protección radiológica. Seguido tenemos un nivel de

progreso bajo con el 16% esto nos indica que cierta cantidad de la población en estudio opina que los TOEs consideran la visión de la seguridad como una responsabilidad de orden superior y no como algo que se deba trabajar en equipo para mantener dicha visión.

Grafico No.17 del elemento básico 6: comunicación afectiva sobre la seguridad.

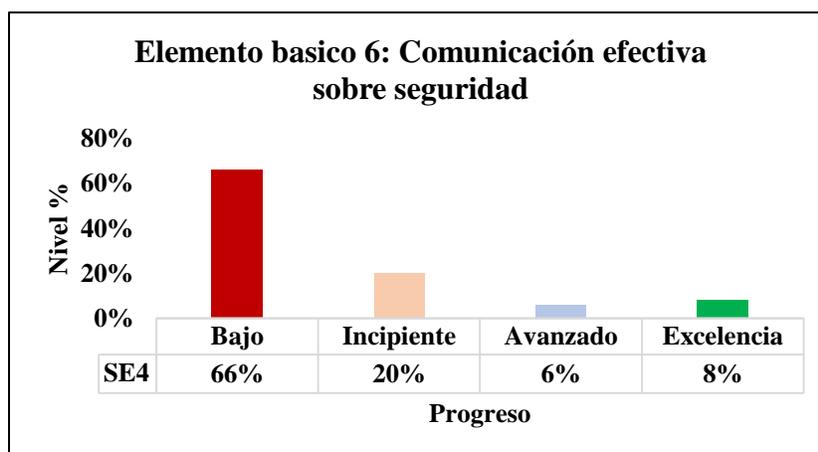


Grafico 17: Nivel de progreso, elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. Fuente: propia.

El sub elemento 4: Interés del personal por la comunicación sobre seguridad se encuentra en un nivel bajo con el 66% de los resultados obtenidos, esto nos indica que, los TOEs de esta organización no consideran importante la comunicación afectiva que debe existir sobre la seguridad radiológica de los mismos. Además se muestra un 20% de progreso incipiente por lo que existe interés personal en determinados temas de seguridad, el 14% restante se distribuye en progreso avanzado y excelencia por lo que debemos, orientando así una estrategia en la que el paciente sienta la confianza de comunicar al personal del departamento de radiología alguna duda o confusión sobre el procedimiento que está llevando a cabo.

Grafico No.18 del elemento básico 7: Reporte libre sobre seguridad, con el sub elemento 6.

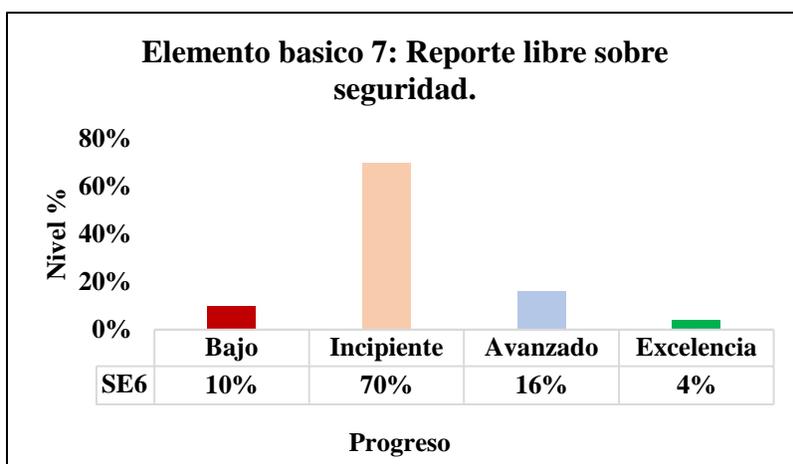


Grafico 18: Nivel de progreso, elemento básico 7: Reporte libre sobre seguridad. Fuente: propia

El sub elemento 6: Motivación del personal de la Organización por reportar sobre asuntos de seguridad se encuentra en un nivel de progreso incipiente con el 70% de los resultados, ya que existe una Baja motivación del personal aún, por diversas razones.

El mecanismo de reporte es complicado, falla la retroalimentación o el uso de sus potencialidades. Esto no es un aspecto considerado en las políticas de premiación y estimulación del personal y cierta reserva es por percepción de posibles represalias. Sin embargo se debe estimar el 16% del progreso avanzado el cual nos indica que hay una motivación creciente donde el mecanismo para reportar está bien estructurado en todos sus elementos, limitando su uso solo la percepción personal.

Se podría enfocar una estrategia en la que el trabajador de una percepción de poder confiar sus propias capacidades y en sus colegas para la solución oportuna de algún problema o situación de riesgo para el paciente.

Grafico No.19 del elemento básico 8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad, con el sub elemento 1.

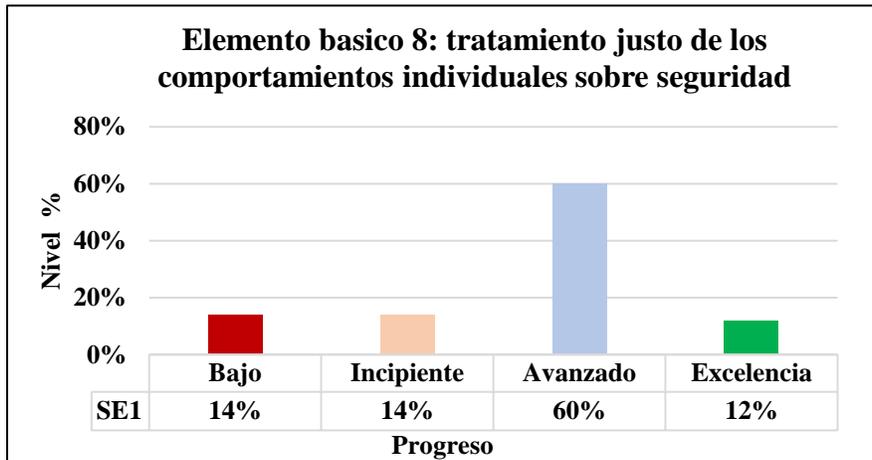


Grafico 19: Nivel de progreso, elemento básico 8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad. Fuente: propia

El sub elemento 1: Visión de los errores en la Organización se encuentra en un nivel de progreso avanzado con el 60% de los resultados ya que, los errores son vistos como oportunidades de aprendizaje, siendo intolerables las violaciones de lo establecido. Además tenemos el 28% constituido por los progresos bajos e incipientes lo cual es interpretado como un fallo naciente desde la formación de los TOEs por la falta del enfoque en calidad de seguridad y protección radiológica. El 12% constituido por el nivel de excelencia son vistos en términos de fallos de las defensas organizacionales y como oportunidades de aprendizaje y mejoras.

Grafico No.20 del elemento básico 9: aprendizaje organizacional continuo, con el sub elemento 8.

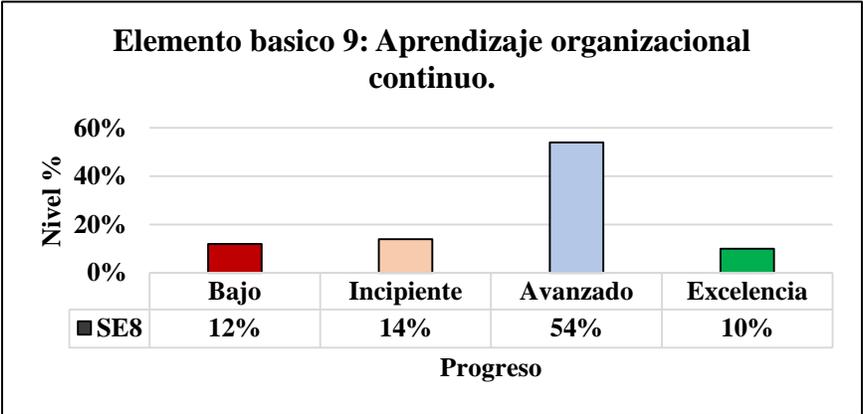


Grafico 20: nivel de progreso, elemento básico 9: aprendizaje organizacional continuo. Fuente: propia

El sub elemento 8: Efectividad de las mejoras por lecciones aprendidas se encuentra en un nivel de progreso avanzado con el 54% de los resultados, esto indica que hay una reducción significativa de la re ocurrencia de problemas de seguridad e incidentes, demostrando la efectividad de las mejoras introducidas. El 26% está constituido por los progresos bajos e incipientes lo que indica que hay una re ocurrencia de problemas relacionados con la seguridad radiológica, sin embargo el 10% del nivel de excelencia un buen análisis de las causas raíces y la implementación de las medidas requeridas.

Grafico No.21 del elemento básico 10: Ambiente de confianza y colaboración en seguridad, con el sub elemento 6.

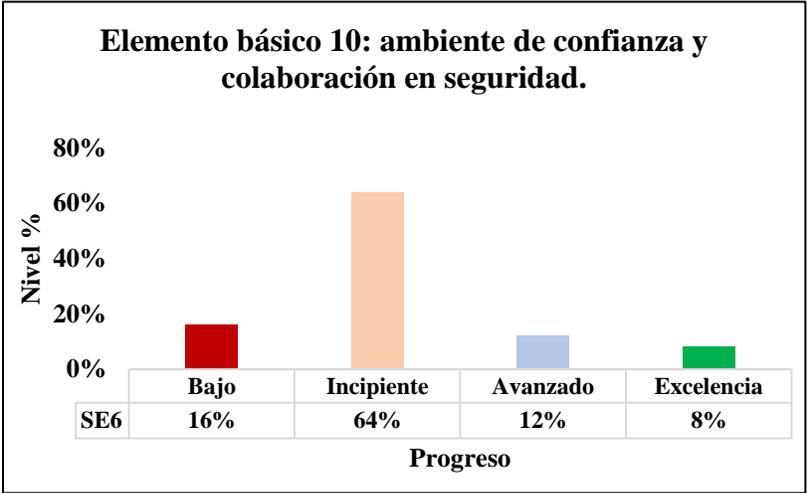


Grafico 21: nivel de progreso, elemento básico 10: ambiente de confianza y colaboración en seguridad.

El sub elemento 6: Sentido de pertenencia y apego del personal a la Organización se encuentra en un nivel de progreso incipiente con el 64%, esto nos indica que se aprecia una mayor preocupación del personal por la Organización, pero hay inestabilidad en el personal. Pero además nos muestra que hay un interés con respecto a la estabilidad y compromiso del personal con la Organización.

En la tabla que se muestra a continuación se evidencia el nivel general de la cultura de seguridad de los TOEs según la percepción de los pacientes.

Nivel de progresos					
ELEMENTOS	Bajo	Incipiente	Avanzado	Excelencia	Nivel general
Prioridad de la seguridad	0	1	0	0	Incipiente
Liderazgo y compromiso visibles de la alta dirección con la seguridad	0	0	1	0	Avanzado
Identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad	0	1	0	0	Incipiente
Enfoque permanente en la seguridad	0	0	1	0	Avanzado
Responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad.	0	1	0	0	Incipiente
Comunicación efectiva sobre seguridad	1	0	0	0	Bajo
Reporte libre sobre seguridad.	0	1	0	0	Incipiente
Tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad	0	0	1	0	Avanzado
Aprendizaje organizacional continuo	0	0	1	0	Avanzado
Ambiente de confianza y colaboración en seguridad	0	1	0	0	Incipiente

Tabla 2: el nivel general de la cultura de seguridad de los TOEs según la percepción de los pacientes. Fuente: propia.

Puesto que se ha evaluado únicamente un sub elemento de cada elemento básico, el análisis de los mismos directamente lo cual nos muestra que el nivel de progreso predominante es el progreso incipiente, dichos datos son representados en la gráfica que se muestra a continuación.

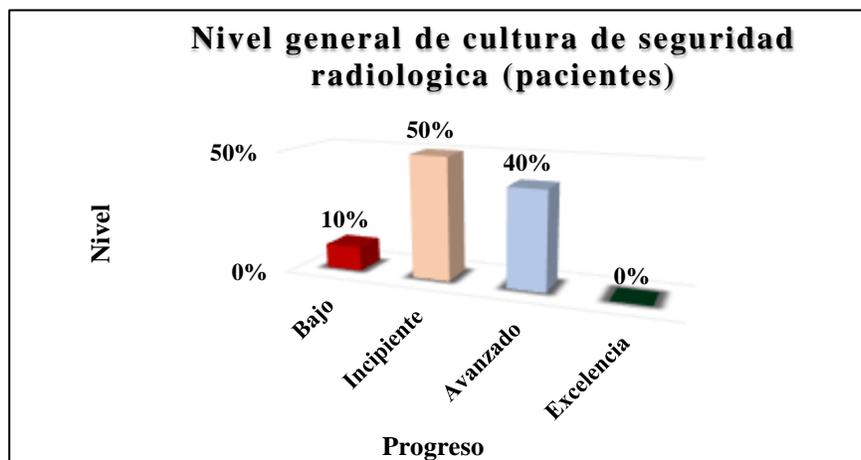


Grafico 22: nivel general de la cultura de seguridad de los TOEs según la percepción de los pacientes. Fuente: propia.

El grafico nos muestra que tenemos 5 progresos incipientes de los 10 elementos básicos, seguido de 4 progresos avanzados por lo que se debe trabajar continuamente en la cultura de seguridad radiológica de los TOEs y que de este modo, los pacientes que son un elemento fundamental dentro de la institución hospitalaria estén seguros ya que por los mismos se debe mantener un nivel aceptable de cultura de seguridad.

Desde la perspectiva de paciente el hospital deberá desarrollar una estrategia en la cual se visualice una mayor interacción paciente trabajador a través de banners informativos de seguridad radiológica, ilustraciones en las cuales se detallen los beneficios obtenidos del uso de las radiaciones ionizantes para el diagnóstico según su patología.

9.3 cálculo de blindaje (sala de Tomografía, Fluoroscopia, Rayos X 1, Rayos X 2 y Mamografía).

Para el cálculo de blindaje de la sala de tomografía, fluoroscopia, Rayos X y mamografía primeramente se dividen las barreras en:

Barreras primarias: Es aquella donde incide directamente el haz de rayos X y

Barreras secundarias: Es aquella donde llega la radiación dispersada y la radiación de fuga.

Para barreras primarias, entre los datos generales hacemos uso del Factor de uso U, factor de ocupación T, límite semanal H_w (mSv), carga semanal W (mA.min), tensión máxima KVp, Rendimiento Γ (mSv.m²/Ma.min), distancia foco barrera d (m) y factor de atenuación A.

El factor de atenuación A se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$A = \frac{r W T U}{d^2 H_w}$$

Plano sala de Tomografía

Sala de tomografía (barreras primarias).

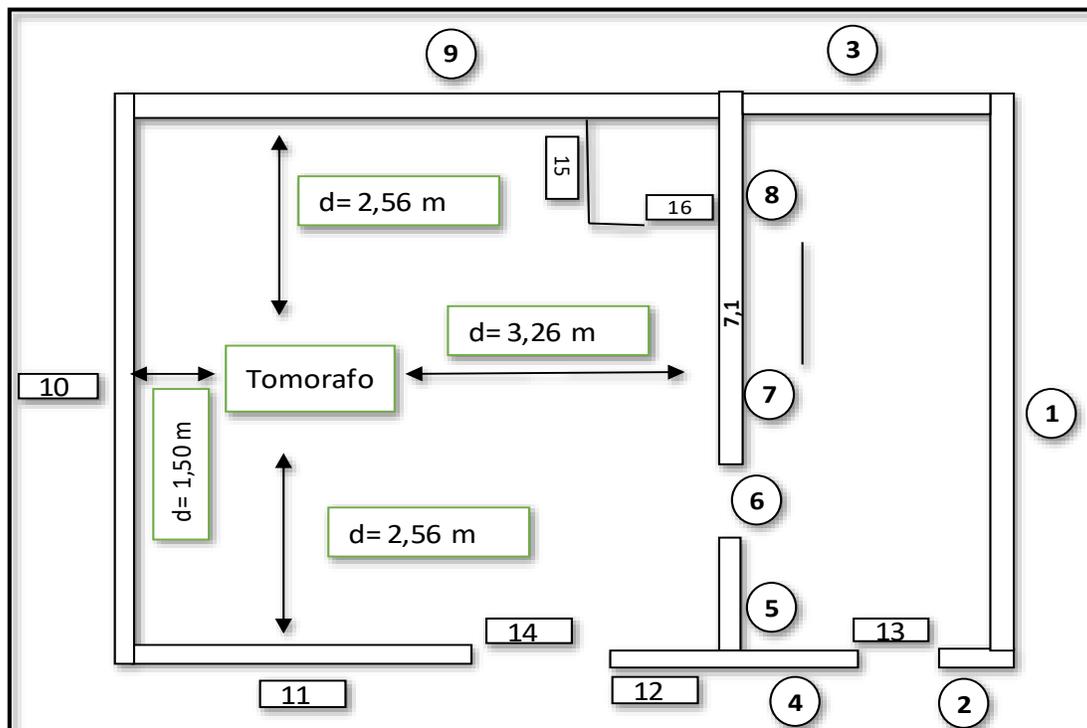


Imagen 8: plano sala de tomografía. Fuente: propia

Tabla 3: Datos para cálculo de blindaje I barrera primaria sala de tomografía. Fuente: propia.

características	símbolo	valores	Unidades
Tipo de personal	TOEs		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.4	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	14 336	mA.min/semana
Rendimiento	Γ	11.1	mSv.m ² /mA.min
Distancia foco-barrera	d	3.26	m

Espesores de materiales necesarios para atenuar el haz de radiación. Estipuladas en DIN 6812 estas son Las reglas para la aplicación contra la radiación (primaria y secundaria).

Tabla 4: Cálculo de blindaje I barrera primaria sala de tomografía. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	3.74E+04
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		3.09
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>		
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		3.9
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		22.5
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		30.7

Sabiendo que el equipo opera con una tensión máxima de 125 KVp y una carga semanal de 14 336 mA.min, el espesor de material equivalente en Plomo Pb para la pared 7 y ventana (7.1) plomada, el cálculo realizado nos arroja un espesor de 3.09 mm Pb, así mismo, los espesores de los demás materiales que podrían ser utilizados en las paredes adyacentes, para atenuar el haz de radiación, en nuestro país se utiliza mayormente ladrillo macizo u/o

concreto, de este modo el espesor requerido para esta pared sería de 30.7 cm para ladrillo macizo de $1,8 \text{ g/cm}^3$.

Sala de tomografía (barreras secundarias)

Para el cálculo de los espesores de las barreras secundarias hacemos uso además del factor de corrección de fuga, para el cual es necesario hacer una interpolación de los valores puesto que en la guía CSN 5.11 no muestra el valor para 125 KVp.

Para interpolar dichos datos se usa la siguiente ecuación de interpolación lineal.

$$Y = Y_0 + \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} (X - X_0)$$

A continuación se muestra tabla de factor de corrección de radiación de fuga con su debida interpolación.

125 KVp
0,59

Según la guía CSN 5.11 el factor de dispersión a lo consideramos con un valor de 0,002 estándar para un tamaño de campo de 400 cm^2 añadiendo al algoritmo el valor de la superficie S real en cm^2 del haz (promedio) tomado sobre el paciente.

La carga máxima de fuga según la NCRP-49 es de 240 mA.min para un valor de 125 KVp.

A continuación se adjunta tabla de datos requeridos para cálculo de blindaje para una dependencia continua de: pasillo y barrera: PARED y puerta.

Tabla 5: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia.

características	símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	publico		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	$\frac{1}{4}$	
Tensión máxima	kVp	125	

Límite de dosis semanal	H_w	0.02	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	14 336	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv. m^2 /mA.min
Factor de dispersión	a	0.02	
Tamaño de campo	S	1500	cm^2
Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	d	2.56	m
Distancia paciente barrera	d	2.26	m

Calculo de blindaje

Tabla 6: cálculo de blindaje I barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	VALORES DE DISPERSIÓN	VALORES DE FUGA
ESPESOR PLOMO (DIN 6812)		2.92E+03	67.22
(mm)		2.03	1.64
Espesor total (mm Pb):		2.30	
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>			
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³			
DIN 6812 (cm)		2.9	
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		17.8	
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³			
DIN 6812 (cm)		25.0	

Para la barrera 11 (pared) con dependencia continua pasillo se recomienda un espesor total de 2.30 mm de Pb el cual también debe ser utilizado para la barrera 14 (puerta), con espesores equivalentes de 2.9 cm de Hormigón baritado de $3,2 \text{ g/cm}^3$, 17.8 cm de Hormigón de $2,3 \text{ g/cm}^3$ y 25.0 de Ladrillo macizo de $1,8 \text{ g/cm}^3$, así mismo, se debe considerar los valores plasmados en la tabla para radiación dispersa y radiación de fuga.

Para la barrera 11 (pared) es necesario utilizar 2.9 cm de hormigón baritado de $3,2 \text{ g/cm}^3$, 17.8 cm de hormigón de $2,3 \text{ g/cm}^3$ y 25.0 cm de ladrillo macizo de $1,8 \text{ g/cm}^3$, para la barrera 14 (puerta) se recomienda un espesor de 2.30 mm de pb y para la barrera 11 (pared) se recomienda 2.03 mm y 1.64 mm para valores de fuga y dispersa respectivamente.

A continuación se adjunta tabla de datos requeridos para cálculo de blindaje para una dependencia continua de: sala de fluoroscopia y barrera: PARED.

*Tabla 7: datos para cálculo de blindaje II barrera secundaria sala de tomografía.
Fuente: propia.*

características	Símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	Publico		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.4	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	14 336	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv. m^2 /mA.min
Factor de dispersión	A	0.02	
Tamaño de campo	S	1500	cm^2

Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	d	1.50	m
Distancia paciente barrera	d	1.20	m

Calculo de blindaje

Tabla 8: cálculo de blindaje II barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	VALORES DISPERSA	VALORES DE FUGA
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) <i>(mm)</i>		2.07E+03	39.16
Espesor total (mm Pb):		2.13	
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>			
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		2.7	
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		16.8	
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		23.7	

Para la barrera 10 (pared) con dependencia continua de sala de fluoroscopia se recomienda 2.13 mm de pb 2.7 cm de Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 16.8 cm de Hormigón de 2,3 g/cm³ y 23.7 de Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³, así mismo, se debe considerar los valores plasmados en la tabla para valores de radiación dispersa y radiación de fuga.

A continuación se adjunta tabla de datos requeridos para cálculo de blindaje para una dependencia continua de: consultorio y barrera: PARED.

*Tabla 9: Datos para cálculo de blindaje III barrera secundaria sala de tomografía.
Fuente: propia.*

características	símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	publico		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	0.25	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.02	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	14 336	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv.m ² /mA.min
Factor de dispersión	A	0.02	
Tamaño de campo	S	1500	cm ²
Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	D	2.56	m
Distancia paciente barrera	D	2.26	m

Calculo de blindaje

Tabla 10: cálculo de blindaje III barrera secundaria sala de tomografía. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	VALORES DE DISPERSIÓN	VALORES DE FUGA
<i>ESPESOR PLOMO (DIN 6812)</i>		2.92E+03	67.22
<i>(mm)</i>		2.03	1.64
Espesor total (mm Pb):			2.30
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>			
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³			
DIN 6812 (cm)		2.9	
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN			
6812 (cm)		17.8	
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³			
DIN 6812 (cm)		25.0	

Para la barrera 9 (pared) con dependencia continua consultorio se recomienda un espesor total de 2.30 mm de Pb, con espesores equivalentes de 2.9 cm de Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 17.8 cm de Hormigón de 2,3 g/cm³ y 25.0 de Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³, así mismo, se debe considerar los valores plasmados en la tabla para radiación dispersa y radiación de fuga.

Plano sala de fluoroscopia

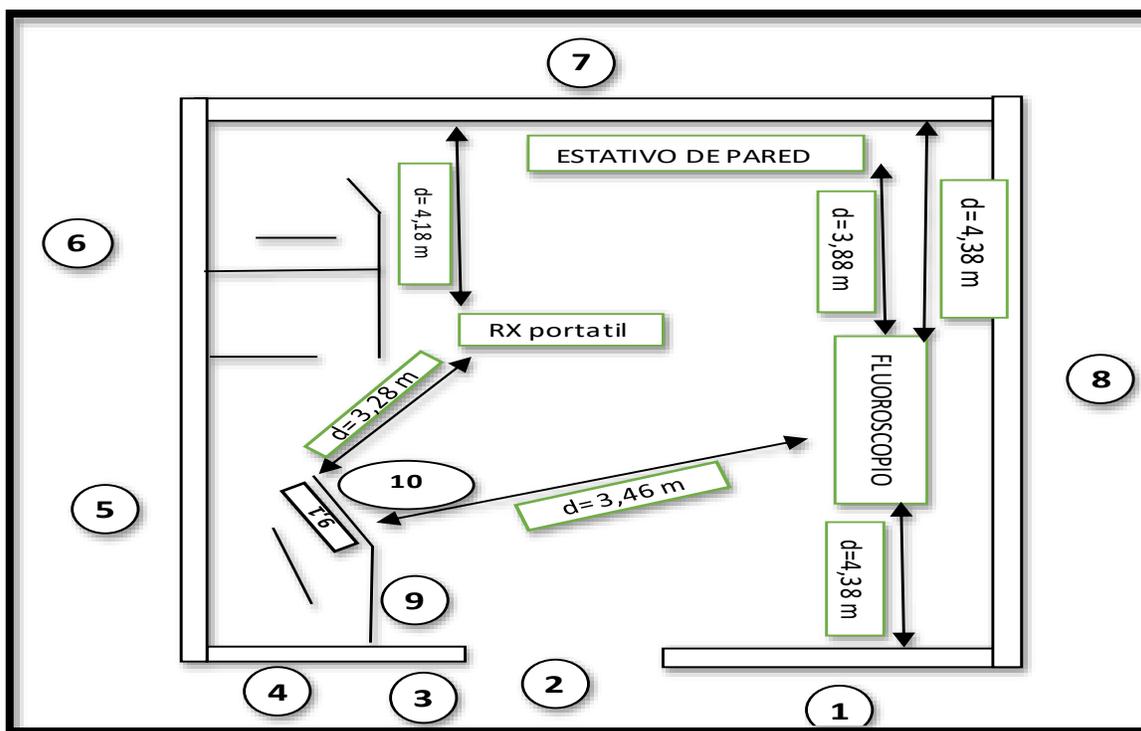


Imagen 9: Plano sala de fluoroscopia. Fuente: propia

Datos necesarios para Cálculo de blindaje (barrera primaria) sala de fluoroscopia.

Tabla 11: datos para cálculo de blindaje I barrera primaria sala de fluoroscopia. Fuente: propia.

características	símbolo	Valores	unidades
Tipo de personal	TOEs		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.4	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	700	mA.min/semana
rendimiento	Γ	11.1	mSv. m^2 /mA.min
Distancia foco-barrera	D	3.46	m

Para una sala de fluoroscopia la IAEA estipula una carga de trabajo estimada de 300 mA.min/semana, puesto que la carga de trabajo calculada a partir de los datos proporcionados por la institución hospitalaria arroja un resultado de 63 mA.min/semana es necesario utilizar la carga de trabajo W estipulada, además, esta misma indica que en las salas donde operan más de un tubo de rayos X deben ser calculadas ambas cargas de trabajo y sumarlas para obtener la carga de trabajo general.

Para radiografía general, en este caso usando un equipo de Rx fijo que opera con una tensión máxima de 125 kVp la carga de trabajo estipulada es de 400 mA.min/semana, aunque la carga de trabajo calculada a partir de los datos de la institución nos haya arrojado un resultado de 42 mA.min/semana. Es decir, la carga de trabajo total para ambos equipos es de 700 mA.min/semana.

Especialidades	Carga semanal (W) mA-min a		
	100 kVp	125 kVp	150 kVp
Radiografía general	1,000	400	200
Fluoroscopia (incluso placas zona)	750	300	150
Quiropráctico	1,200	500	250
Mamografía	700 a 30 kVp (1500 en cribado mamario)		
Dental	6 a 70 kVp (películas intraorales convencionales)		

Imagen 10: cargas de trabajo estipuladas para diferentes equipos de RX. Fuente: (IAEA)

Calculo de blindaje

Tabla 12: cálculo de blindaje I barrera primaria, sala de fluoroscopia. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	1.62E+03
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		1.77
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>		
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		2.2
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		14.5

Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	20.7
--	------

I barrera primaria rx portátil: pared consola.

Tabla 13: datos para cálculo de blindaje I barrera primaria sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.

características	símbolo	Valores	unidades
Tipo de personal	TOEs		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.4	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	700	mA.min/semana
rendimiento	Γ	11.1	mSv.m ² /mA.min
Distancia foco-barrera	d	3.28	m

Calculo de blindaje.

Tabla 14: cálculo de blindaje I barrera primaria sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	1.81E+03
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		1.81
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>		
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		2.3
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		14.7
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		21.0

El espesor de plomo necesario para atenuar el haz de radiación en la barrera enumerada como 9, 10 y 9.1 correspondientes a la pared y ventana de la sala de control es de 3.58 mm Pb respectivamente con espesores de materiales equivalentes, 4.5 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 29.2 cm Hormigón de 2,3 g/cm³, 41.7 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

II barrera primaria fluoroscopio: pared del bucky mural.

Tabla 15: datos para cálculo de blindaje II barrera primaria sala de fluoroscopia.

Fuente: propia.

características	Símbolo	valores	unidades
Tipo de personal	TOEs		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.4	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	700	mA.min/semana
rendimiento	Γ	11.1	mSv. m^2 /mA.min
Distancia foco-barrera	d	4.38	m

Calculo de blindaje.

Tabla 16: cálculo de blindaje II barrera primaria sala de fluoroscopia. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	1.01E+03
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		1.65
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>		
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		2.0
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		13.7
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		19.5

II Barrera primaria: Rx portátil, barrera: pared bucky mural.

Tabla 17: datos para cálculo de blindaje II barrera primaria sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.

características	símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	TOEs		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.4	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	700	mA.min/semana
rendimiento	Γ	11.1	mSv.m ² /mA.min
Distancia foco-barrera	D	4.18	m

Calculo de blindaje

Tabla 18: cálculo de blindaje II barrera primaria sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	1.11E+03
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		1.67
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>		
Hormigón baritado de 3,2 g/cm³ DIN 6812 (cm)		2.1
Hormigón de 2,3 g/cm³ DIN 6812 (cm)		13.8
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³ DIN 6812 (cm)		19.7

El espesor de plomo calculado necesario para atenuar el haz de radiación en la barrera enumerada 7 correspondientes a la pared del bucky mural es de 3.32 mm Pb respectivamente con espesores de materiales equivalentes, 4.1 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 27.5 cm Hormigón de 2,3 g/cm³, 39.2 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

Barrera secundaria (pared y puerta) sala de fluoroscopia.

Tabla 19: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria, sala de fluoroscopia.

Fuente: propia.

características	Símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	Público		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	0.25	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.02	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	700	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv. m^2 /mA.min
Factor de dispersión	A	0.02	
Tamaño de campo	S	400	cm^2
Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	D	4.38	m
Distancia paciente barrera	D	4.8	m

Calculo de blindaje.

Tabla 20: cálculo de blindaje I barrera secundaria, sala de fluoroscopia. Fuente: propia.

		VALORES DE DISPERSIÓN	VALORES DE FUGA
FACTOR DE ATENUACIÓN	A	8.43E+00	1.12
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		0.29	0.04
Espesor total (mm Pb):			0.56
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>			
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			0.6
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			5.7
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			8.4

Barrera secundaria (pared y puerta) equipo de rx portátil, sala de fluoroscopia.

Tabla 21: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria, sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.

características	Símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	Publico		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	0.25	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.02	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	700	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv.m ² /mA.min
Factor de dispersión	A	0.02	
Tamaño de campo	S	400	cm ²

Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	D	4.58	m
Distancia paciente barrera	D	4.28	m

Calculo de blindaje.

Tabla 22: cálculo de blindaje I barrera secundaria, sala de fluoroscopia, equipo de rayos x portátil. Fuente: propia.

		Valores de dispersión	Valores de fuga
FACTOR DE ATENUACIÓN	A	1.06E+01	1.03
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		0.33	0.01
Espesor total (mm Pb):			0.60
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>			
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			0.7
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			6.0
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			8.8

El espesor de plomo necesario para atenuar el haz de radiación en las barreras enumerada 1 y 2 (pared y puerta) es de 1.16 mm Pb respectivamente con espesores de materiales equivalentes, 1.3 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 11.7 cm Hormigón de 2,3 g/cm³, 17.2 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

Plano sala de Rx 2.

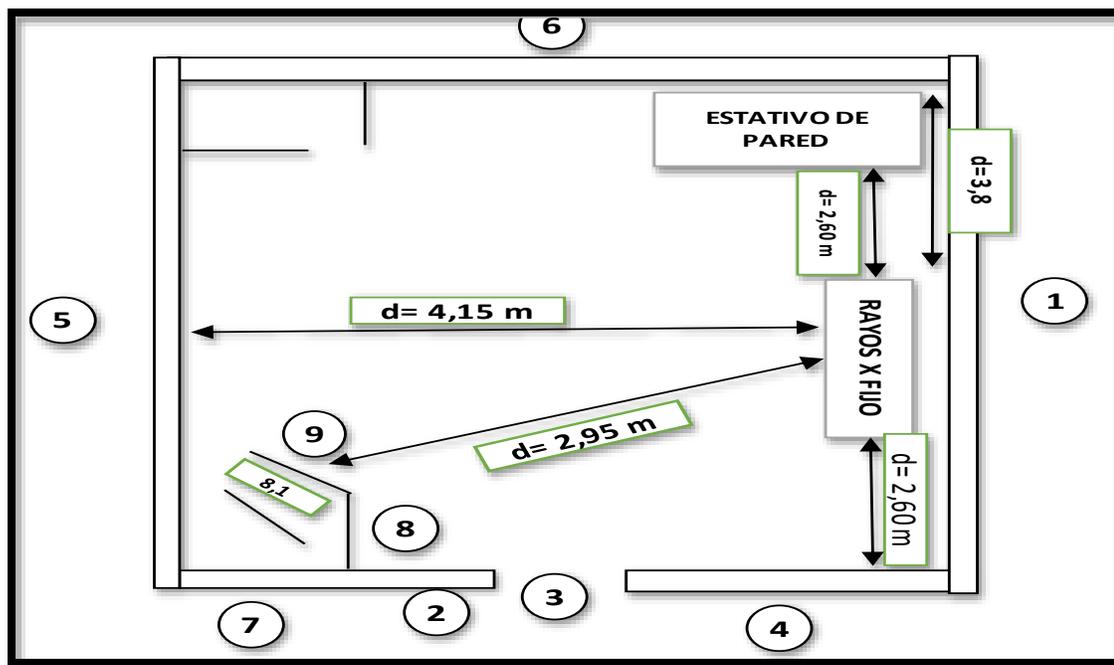


Imagen 11: plano sala de rayos x 2. Fuente: propia

Plano sala de rayos x 1.

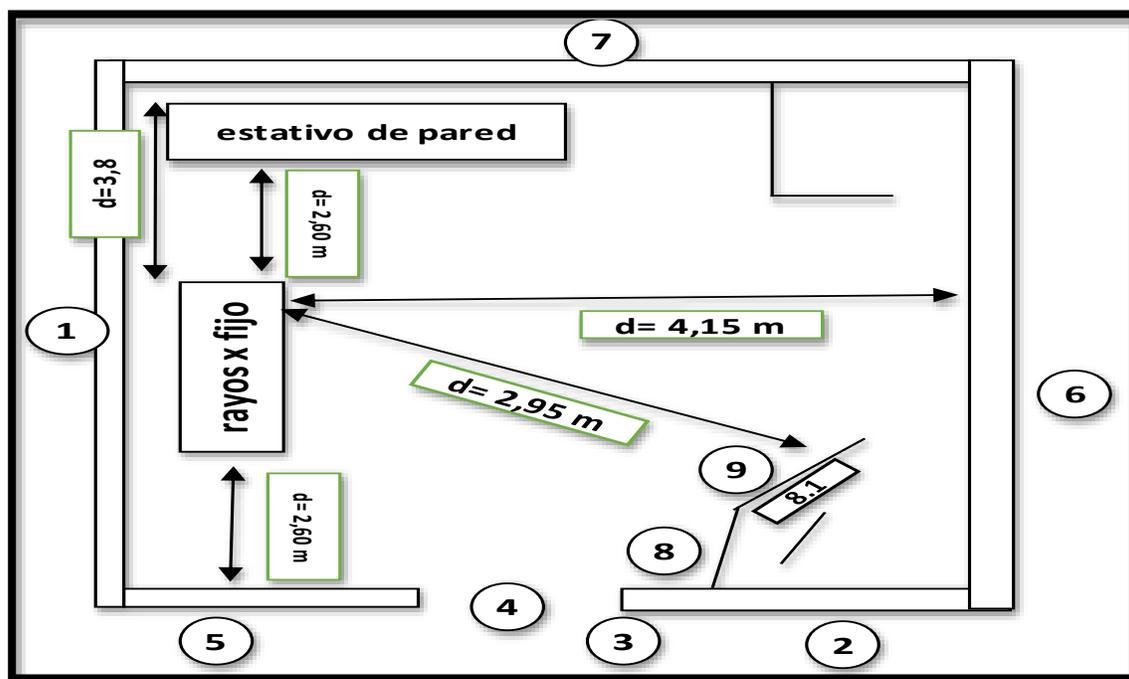


Imagen 12: plano sala de rayos x 1. Fuente: propia

Calculo de blindaje (barrera primaria) para equipos de RX fijo 1 y 2.

Ambas salas de Rx tienen las mismas dimensiones de construcción, por lo cual el cálculo de blindaje para ambas salas será el mismo.

Tabla 23: datos para cálculo de blindaje I barrera primaria salas de rayos x. Fuente: propia.

características	símbolo	valores	unidades
Tipo de personal	TOEs		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.4	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	700	mA.min/semana
Rendimiento	Γ	11.1	mSv. m^2 /mA.min
Distancia foco-barrera	D	3.8	m

Calculo de blindaje

Tabla 24: cálculo de blindaje I barrera primaria salas de rayos x. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	4.84E+02
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		1.41
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>		
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		1.7
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		12.0
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		17.3

El espesor de plomo para atenuar el haz de radiación para las barreras primarias (pared bucky mural) paredes 7 y 6 correspondientes a los planos de las salas de Rx 1 Y Rx 2 es de 1.41 mm de Pb, con materiales equivalentes necesarios, 1.7 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 12.0 cm Hormigón de 2,3 g/cm³ y 17.3 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

Calculo de blindaje (II barrera primaria) para equipos de RX fijo 1 y 2.

Tabla 25: datos para cálculo de blindaje II barrera primaria salas de rayos x. Fuente: propia.

características	Símbolo	valores	unidades
Tipo de personal	TOEs		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	KVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.4	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	700	mA.min/semana
Rendimiento	Γ	11.1	mSv. m^2 /mA.min
Distancia foco-barrera	D	2.95	m

Calculo de blindaje

Tabla 26: cálculo de blindaje II barrera primaria salas de rayos x. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	8.04E+02
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		1.60
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>		
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		2.0
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		13.3
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		19.1

El espesor de plomo para atenuar el haz de radiación para las barreras primarias (pared y ventana sala de control) paredes 8, 9 y 8.1 correspondientes a los planos de las salas de Rx 1 Y Rx 2 es de 1.60 mm de Pb, con materiales equivalentes necesarios, 2.0 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 12.0 cm Hormigón de 2,3 g/cm³ y 19.1 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

Calculo de blindaje (barreras secundarias) para equipos de RX fijo 1 y 2.

Tabla 27: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria salas de rayos x. Fuente: propia.

características	Símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	Publico		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	0.25	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.02	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	252	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv.m ² /mA.min
Factor de dispersión	A	0.02	
Tamaño de campo	S	400	cm ²
Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	D	2.90	m
Distancia paciente barrera	D	2.60	m

Calculo de blindaje

Tabla 28: cálculo de blindaje I barrera secundaria salas de rayos x. Fuente: propia.

		Valores dispersa	Valores de fuga
FACTOR DE ATENUACIÓN	A	4.14E+01	3.68
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		0.63	0.51

Espesor total (mm Pb):	0.90
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>	
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	1.1
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	8.4
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	12.3

El espesor de plomo para atenuar el haz de radiación para las barreras secundarias (pared pasillo) paredes 5 y 4 correspondientes a los planos de las salas de Rx 1 Y Rx 2 es de 0.90 mm de Pb, con materiales equivalentes necesarios, 1.1 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 8.4 cm Hormigón de 2,3 g/cm³ y 12.3 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

Calculo de blindaje (barreras secundarias) para equipos de RX fijo 1 y 2.

Tabla 29: datos para cálculo de blindaje II barrera secundaria salas de rayos x. Fuente: propia.

características	Símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	Publico		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	0.25	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.02	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	252	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv.m ² /mA.min
Factor de dispersión	A	0.02	
Tamaño de campo	S	400	cm ²
Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	D	4.15	m

Distancia paciente barrera	D	3.85	m
-------------------------------	---	------	---

Calculo de blindaje.

Tabla 30: cálculo de blindaje II barrera secundaria salas de rayos x. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	1.89E+01	1.80
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		0.42	0.23
Espesor total (mm Pb):			0.69
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>			
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			0.8
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			6.7
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			9.9

El espesor de plomo para atenuar el haz de radiación para las barreras secundarias (sala de Rx y mamografía colindantes) paredes 6 y 5 correspondientes a los planos de las salas de Rx 1 Y Rx 2 es de 0.69 mm de Pb, con materiales equivalentes necesarios, 0.8 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 6.7 cm Hormigón de 2,3 g/cm³ y 9.9 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

Plano sala de mamografía

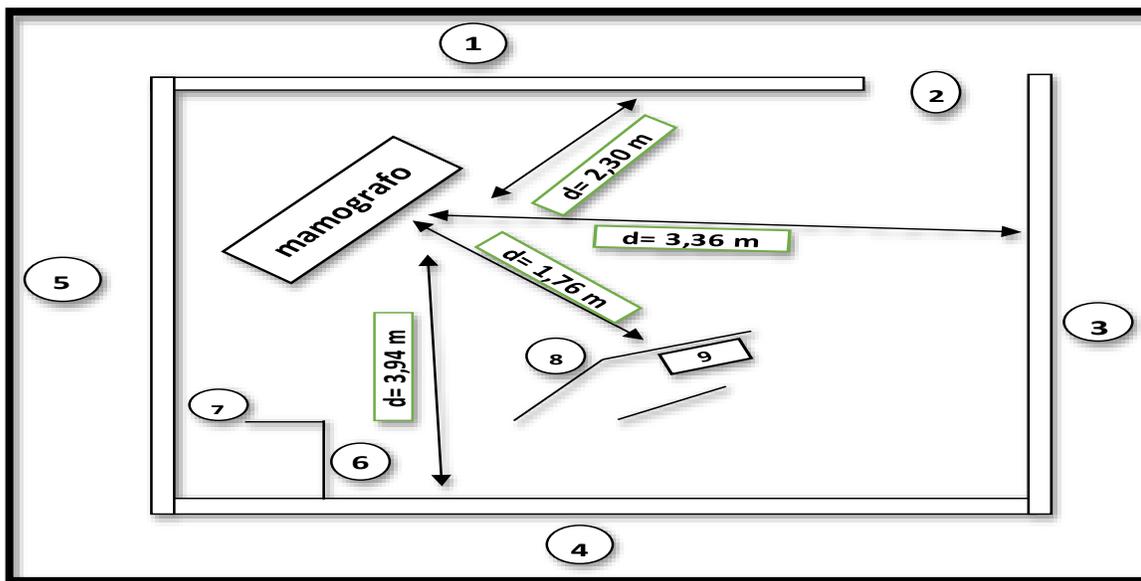


Imagen 13: plano sala de mamografía. Fuente: propia

Calculo de blindaje barrera primaria, sala de mamografía.

Tabla 31: datos para cálculo de blindaje I barrera primaria sala de mamografía. Fuente: propia.

características	símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	TOEs		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	KVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.4	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	224	mA.min/semana
Rendimiento	Γ	11.1	mSv. m^2 /mA.min
Distancia foco-barrera	D	1.76	m

Calculo de blindaje.

Tabla 32: cálculo de blindaje I barrera primaria sala de mamografía. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	2.01E+03
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		1.85
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>		
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		2.3
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		15.0
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)		21.4

El espesor de plomo para atenuar el haz de radiación para la barrera primaria (pared y ventana, sala de control) 8 y 9 correspondientes a los planos de la sala de mamografía es de 1.85 mm de Pb, con materiales equivalentes necesarios, 2.3 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 15.0 cm Hormigón de 2,3 g/cm³ y 21.4 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

Calculo de blindaje (barrera secundaria) sala de mamografía.

Tabla 33: datos para cálculo de blindaje I barrera secundaria sala de mamografía.

Fuente: propia.

características	Símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	Publico		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	KVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.02	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	224	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv.m ² /mA.min
Factor de dispersión	A	0.02	

Tamaño de campo	S	400	cm ²
Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	D	3.36	m
Distancia paciente barrera	D	3.6	m

Calculo de blindaje.

Tabla 34: cálculo de blindaje I barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia.

		Valores dispersión	Valores de fuga
FACTOR DE ATENUACIÓN	A	1.92E+01	2.44
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		0.42	0.35
Espesor total (mm Pb):			0.69
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>			
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			0.8
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			6.7
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			9.9

El espesor de plomo para atenuar el haz de radiación para la barrera secundaria (sala de US colindante) pared 3 correspondiente al plano de la sala de mamografía es de 0.69 mm de Pb, con materiales equivalentes necesarios, 0.8 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 6.7 cm Hormigón de 2,3 g/cm³ y 9.9 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

Calculo de blindaje barrera secundaria (sala de mamografía).

Tabla 35: datos para cálculo de blindaje II barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia.

características	Símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	Publico		
Factor de uso	U	1	

Factor de ocupación	T	0.25	
Tensión máxima	kVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.02	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	224	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv. m^2 /mA.min
Factor de dispersión	A	0.02	
Tamaño de campo	S	400	cm^2
Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	D	2.30	m
Distancia paciente barrera	D	2.0	m

Calculo de blindaje.

Tabla 36: cálculo de blindaje II barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	1.55E+01	1.30
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		0.38	0.10
Espesor total (mm Pb):			0.65
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>			
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			0.7
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			6.4
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			9.4

El espesor de plomo para atenuar el haz de radiación para la barrera secundaria (pared y puerta pasillo colindante) 1 y 2 correspondiente al plano de la sala de mamografía es de 0.65

mm de Pb, con materiales equivalentes necesarios, 0.7 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 6.4 cm Hormigón de 2,3 g/cm³ y 9.4 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

Calculo de blindaje barrera secundaria sala de mamografía.

*Tabla 37: Datos para cálculo de blindaje III barrera secundaria sala de mamografía.
Fuente: propia.*

características	Símbolo	Valores	Unidades
Tipo de personal	Publico		
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	1	
Tensión máxima	KVp	125	
Límite de dosis semanal	H_w	0.02	mSv/semana
Carga de trabajo semanal	W	224	mA.min/semana
Carga máxima de fuga	Q_h	240	mA.min
Rendimiento	Γ	11.1	mSv.m ² /mA.min
Factor de dispersión	A	0.02	
Tamaño de campo	S	400	cm ²
Factor de corrección radiación de fuga	F	0.59	
Capa hemireductora	CHR	0.27	
Distancia foco-barrera	D	3.94	m
Distancia paciente barrera	D	3.64	m

Calculo de blindaje.

Tabla 38: cálculo de blindaje III barrera secundaria sala de mamografía. Fuente: propia.

FACTOR DE ATENUACIÓN	A	Valores de dispersión	Valores de fuga
		1.88E+01	1.77
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)		0.41	0.22
Espesor total (mm Pb):			0.68
<u>Espesor equivalente en otros materiales</u>			
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			0.8
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			6.7
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)			9.8

El espesor de plomo para atenuar el haz de radiación para la barrera secundaria (pared consultorio) 4 correspondiente al plano de la sala de mamografía es de 0.68 mm de Pb, con materiales equivalentes necesarios, 0.8 cm Hormigón baritado de 3,2 g/cm³, 6.7 cm Hormigón de 2,3 g/cm³ y 9.8 cm Ladrillo macizo de 1,8 g/cm³.

El gráfico que se muestra a continuación contiene los espesores de plomo requeridos según el factor de atenuación calculado para cada sala.

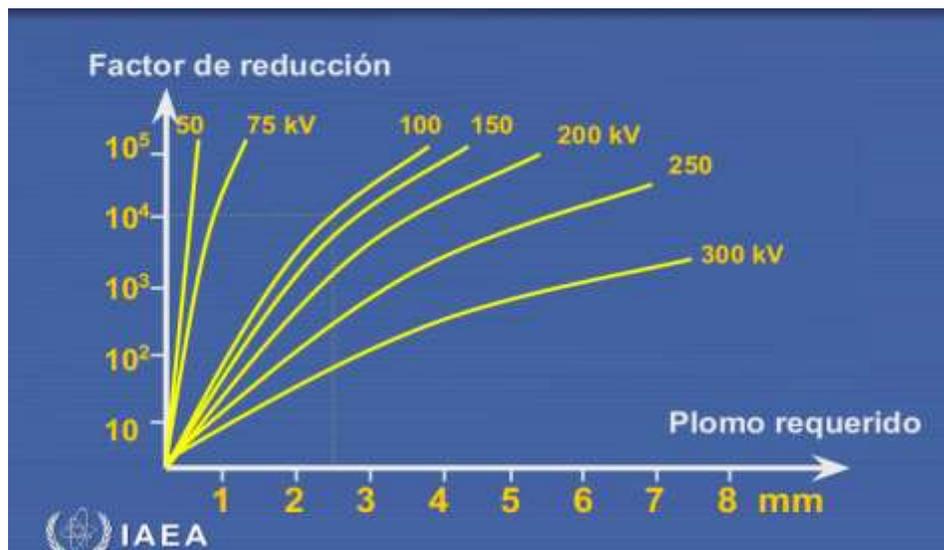


Imagen 14: espesores de plomo requeridos a partir del factor de reducción o factor de atenuación. Fuente: (IAEA)

En la tabla que se muestra a continuación podemos ver los tipos de barreras, factores de atenuación, espesores de plomo y tipo de sala, así mismo, los espesores de plomo equivalentes aproximados según el grafico para 120 kVP.

Es clave mencionar que los espesores de plomo equivalentes calculados son más exactos que los espesores de plomo equivalentes obtenidos a través del gráfico, ya que los mismos son obtenidos a través de aproximaciones con respecto a los factores de atenuación.

TIPO DE BARRERA	SALA	FACTOR DE ATENUACIÓN	ESPESOR DE PLOMO CALCULADO (mm)	ESPESOR DE PLOMO SEGÚN EL GRAFICO (mm)
Primaria	Tomografía	3.74×10^4	3.09	2.9
Secundaria	Tomografía	2.92×10^3	2.3	2.0
Secundaria	Tomografía	2.07×10^3	2.13	2.1
Secundaria	Tomografía	2.92×10^3	2.3	2.2
Primaria	Fluoroscopia	1.62×10^3	1.77	1.7
Primaria, rx portátil	Fluoroscopia	1.81×10^3	1.81	1.7
II primaria	Fluoroscopia	1.01×10^3	1.65	1.6
II primaria, rx portátil	Fluoroscopia	1.11×10^3	1.67	1.6
Secundaria	Fluoroscopia	8.43×10^0	0.56	0.5
Secundaria, rx portátil	Fluoroscopia	1.06×10^{01}	0.6	0.7
Primaria	Rayos x	4.84×10^2	1.41	1.4
II primaria	Rayos x	8.04×10^2	1.6	1.5
Secundaria	Rayos x	4.14×10^1	0.9	0.8
II secundaria	Rayos x	1.89×10^1	0.69	0.6
Primaria	Mamografía	2.01×10^3	1.85	1.8
Secundaria	Mamografía	1.92×10^{01}	0.69	0.6
II secundaria	Mamografía	1.55×10^{01}	0.65	0.6
III secundaria	Mamografía	1.88×10^{01}	0.68	0.6

Tabla 39: espesores de plomo equivalentes calculados y obtenido a través del gráfico, para salas de tomografía, fluoroscopia, rayos x y mamografía respectivamente.

9.4. Matriz de riesgo radiológico.

Para la elaboración de la matriz de riesgo fue necesario partir de los sucesos iniciadores los cuales comprenden a su vez una consecuencia, una frecuencia y una probabilidad, siendo la combinación de las mismas el riesgo resultante para cada suceso iniciador.

A continuación se muestra tabla de sucesos iniciadores, sus consecuencias, frecuencias y probabilidades, con su riesgo resultante.

NO.	SUCESOS INICIADORES	FRECUENCIA	PROBABILIDAD	CONSECUENCIAS	RIESGO	BARRERAS
1	Error en diseño de construcción de salas adyacentes a los equipos.	FM	PM	CM	RM	Revisión previa a la construcción
2	Error cálculo de blindaje de la sala donde opera el equipo	FM	PM	CM	RM	Verificación de físico médico o personal capacitado
3	Fallos en sistema de suministro eléctrico	FA	PA	CM	RA	Mantenimientos preventivos
4	Fallos en sistema de climatización	FA	PA	CM	RA	Mantenimientos preventivos
5	Fallos en sistema de ingreso de personal durante realización de estudios	FM	PM	CA	RA	1. Proceso de control de acceso, uso doble llave. 2. Etiqueta, avisos y señales de emergencia
6	Fallos en sistema de alarmas de incendios, temblores, etc...	FMB	PA	CM	RM	Mantenimientos preventivos
7	Falta de señalización de las salas	FMB	PMB	CM	RB	1. Etiqueta, avisos y señales de emergencia. 2. Alarmas de seguridad
8	No realización de mantenimiento preventivo de los equipos	FB	PM	CM	RM	Notificación del EPR del departamento de Radiología
9	No realización de controles de calidad periódicos	FB	PM	CA	RA	Notificación del EPR del departamento de Radiología

10	No uso de dosímetro personal por parte de los TOEs	FB	PM	CM	RM	Entrenamiento y capacitación al personal.
11	TOEs no capacitados para operación de equipos	FMB	PMB	CM	RB	Entrenamiento y capacitación al personal.
12	No uso de plantilla adecuada para realización de estudios según edad y región anatómica	FB	PMB	CB	RB	Entrenamiento y capacitación al personal.
13	Fallo del tubo de rayos x	FA	PA	CA	RMA	Mantenimientos preventivos
14	Fallo en interruptores y paradas de emergencia	FM	PM	CB	RM	Mantenimientos preventivos
15	Puertas de acceso a las salas sin bloqueo	FM	PMB	CA	RM	Notificación del EPR del departamento de Radiología
16	No uso de protecciones personales plomadas (chaleco, collarín, lentes, protector de gónadas)	FM	PM	CM	RM	Entrenamiento y capacitación al personal.
17	Fallo en parámetros de adquisición de imagen	FMB	PMB	CB	RB	Realización controles de calidad
18	Uso inadecuado de tensión (kV) y corriente (mAs) según estudio	FM	PMB	CM	RM	Entrenamiento y capacitación al personal.
19	Baja cultura de seguridad de los TOEs	FM	PM	CB	RM	Entrenamiento y capacitación al personal.
20	Modificación de salas donde operan los equipos	FMB	PMB	CM	RB	Notificación del EPR del departamento de Radiología

Tabla 40: tabla de sucesos iniciadores, sus consecuencias, frecuencias y probabilidades, con su riesgo resultante. Fuente: propia.

Para el cálculo del riesgo resultante se ha hecho uso de la imagen 16: combinaciones de matriz de riesgo radiológico, la misma se muestra en el marco teórico en la definición de matriz de riesgo radiológico. Se han estimado un total de 20 sucesos iniciadores con las barreras necesarias para reducir el riesgo, la frecuencia y la probabilidad de ocurrencia de dichos sucesos.

A continuación se muestra gráfico de distribución de riesgos radiológicos calculados a partir de los sucesos iniciadores.

Dónde:

RMA: riesgo muy alto, riesgo inaceptable y se debe detener la práctica que se realiza.

RA: riesgo alto, se requieren medidas inmediatas para reducir el riesgo.

RM: riesgo medio, tolerable.

RB: riesgo bajo, no se requieren acciones o medidas de seguridad adicionales.

Grafico No.23 Riesgo general calculado.

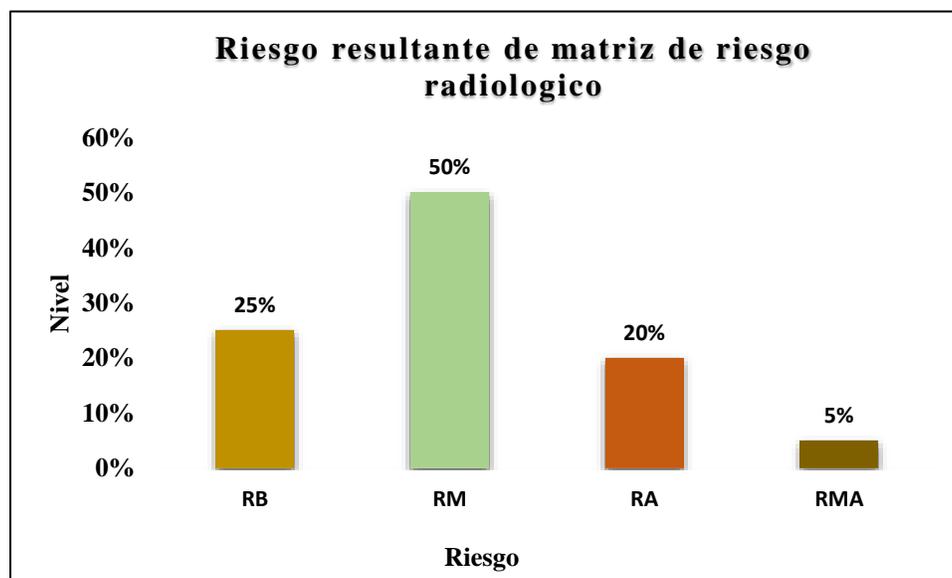


Grafico 23: distribución de riesgos radiológicos calculados a partir de los sucesos iniciadores. Fuente: propia.

El nivel de riesgo predominante según el gráfico es el nivel de riesgo medio que corresponde al 50% equivalente a 10 riesgos medios de 10 sucesos iniciadores respectivamente, dichos sucesos iniciadores son corregibles con tomar medidas preventivas dentro del departamento

de Radiología por parte del EPR y jefa de dicho servicio reforzando el uso de las barreras mostradas en la tabla anterior en cual se especifica el modo de cómo prevenir los sucesos radiológicos identificados para el departamento de radiología. Este nivel de riesgo es tolerable, aun así se deben considerar los resultados obtenidos para los otros riesgos, el 25% de dichos resultados está constituido por los riesgos muy alto RMA y riesgo alto RA, esto es un indicador de que el uso de las barreras puede estar fallando, por ello, se debe trabajar siempre en la mejora continua de dichas barreras para la prevención y/o mitigación de los sucesos iniciadores correspondientes y de este modo todas las funciones que se desarrollan dentro del departamento sean seguras tanto para los TOEs como para los pacientes que asisten.

9.5 mapa y flujos de procesos radiológicos.

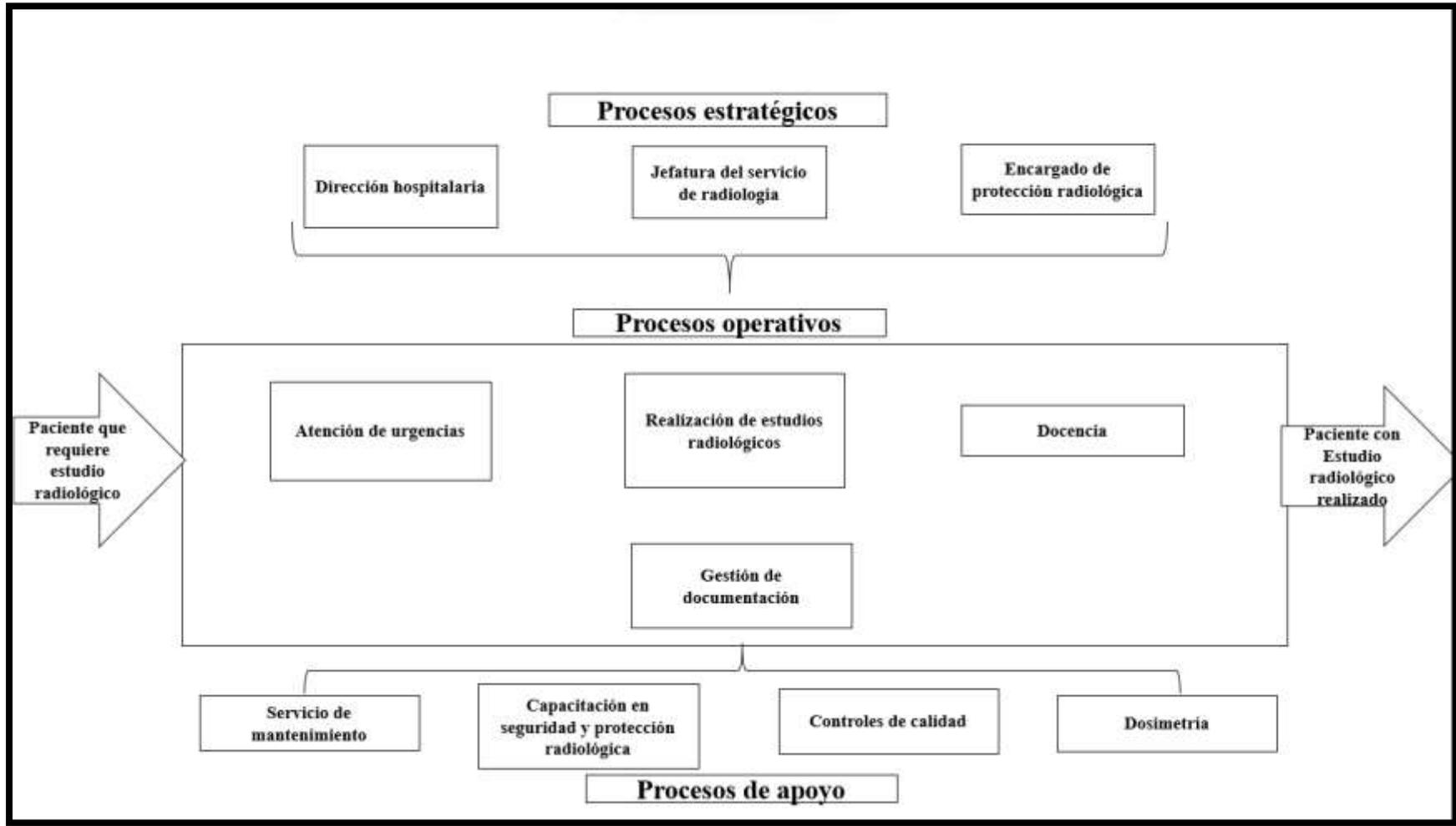


Imagen 15: mapa de procesos radiológico para el departamento de radiología del HOMFVP. Fuente: propia.

Para la correcta funcionalidad del departamento de radiología es necesario establecer procesos que indiquen como abordarlos correctamente, dentro de los procesos estratégicos se presenta la dirección hospitalaria la cual debe cumplir la función de brindar repuestas tempranas en apoyo al servicio de radiología.

Luego, la presencia de la jefatura de dicho servicio, esta debe involucrarse en la repuesta a todo tipo de incidentes radiológicos, además, es responsable de la comunicación permanente entre la dirección hospitalaria y la misma, luego tenemos la presencia de un encargado de protección radiológica EPR el cual debe vigilar la seguridad y protección radiológica del departamento de radiología, contribuir a la cultura de seguridad y ser comunicador de todo suceso iniciador identificado.

Dentro de los procesos operativos tenemos la atención a las urgencias médicas y/o hospitalarias, las cuales deben ser priorizadas en toda institución hospitalaria para el servicio de la población en general que acude a las salas de emergencias, así mismo, los otros servicios que tengan pacientes hospitalizados cuya vigilancia continua contribuya a las rutas de la salud gratuita y de calidad. Esto conlleva a la realización de los estudios radiológicos indicados siempre y cuando cumplan con la justificación para realizar dicho estudio, cumpliendo de este modo con uno de los principios de la seguridad y protección radiológica.

La docencia y la utilización de las normativas nacionales e internacionales en calidad de seguridad y protección radiológica permiten instruir a los TOEs en materia de seguridad y protección radiológica y cultura de seguridad, de este modo el curso que deban tomar para obtener su licencia de operación sea un complemento a lo aprendido.

Eventualmente tenemos la gestión de la documentación partiendo de los controles de calidad de los equipos, la dosimetría, los mantenimientos preventivos, los insumos utilizados por los equipos, los archivos de la cantidad de estudios realizados en periodos de tiempo.

En los procesos de apoyo tenemos la presencia del servicio de mantenimiento, este se basa principalmente en realizar un informe de los fallos o defectos que presenten los equipos o las salas donde operan estos y reportarlo a este servicio.

La capacitación de los TOEs en seguridad y protección radiológica en radiología convencional e intervencionista debe ser actualizada a través de los cursos que se imparten en esta materia en el LAF-RAM, esto debe ser reforzado por el EPR a través de charlas y clases a los mismos.

Los controles de calidad de los equipos deben ser realizados por un Centro especializado que oferte servicios de seguridad radiológica certificado por la autoridad regulatoria que garantice una funcionalidad óptima de los mismos, los controles de calidad de los chalecos plomados pueden ser realizados en la institución hospitalaria por el encargado de protección radiológica EPR haciendo uso del equipo de fluoroscopia o un equipo de rayos X convencional, de este modo se logra aumentar la seguridad de los TOEs y disminuir el presupuesto empleado para dichos controles de calidad.

A partir de la dosimetría personal se logra constatar si los procedimientos y el uso de las protecciones son llevados a cabo según lo aprendido durante la formación en calidad de seguridad y protección radiológica, esto, a través de los reportes de dosis que brinda la institución que realiza la lectura de dichos dosímetros.

En la imagen que se muestra a continuación se presenta el flujo para realización de estudios radiológicos en el departamento de radiología del HOMFVP.

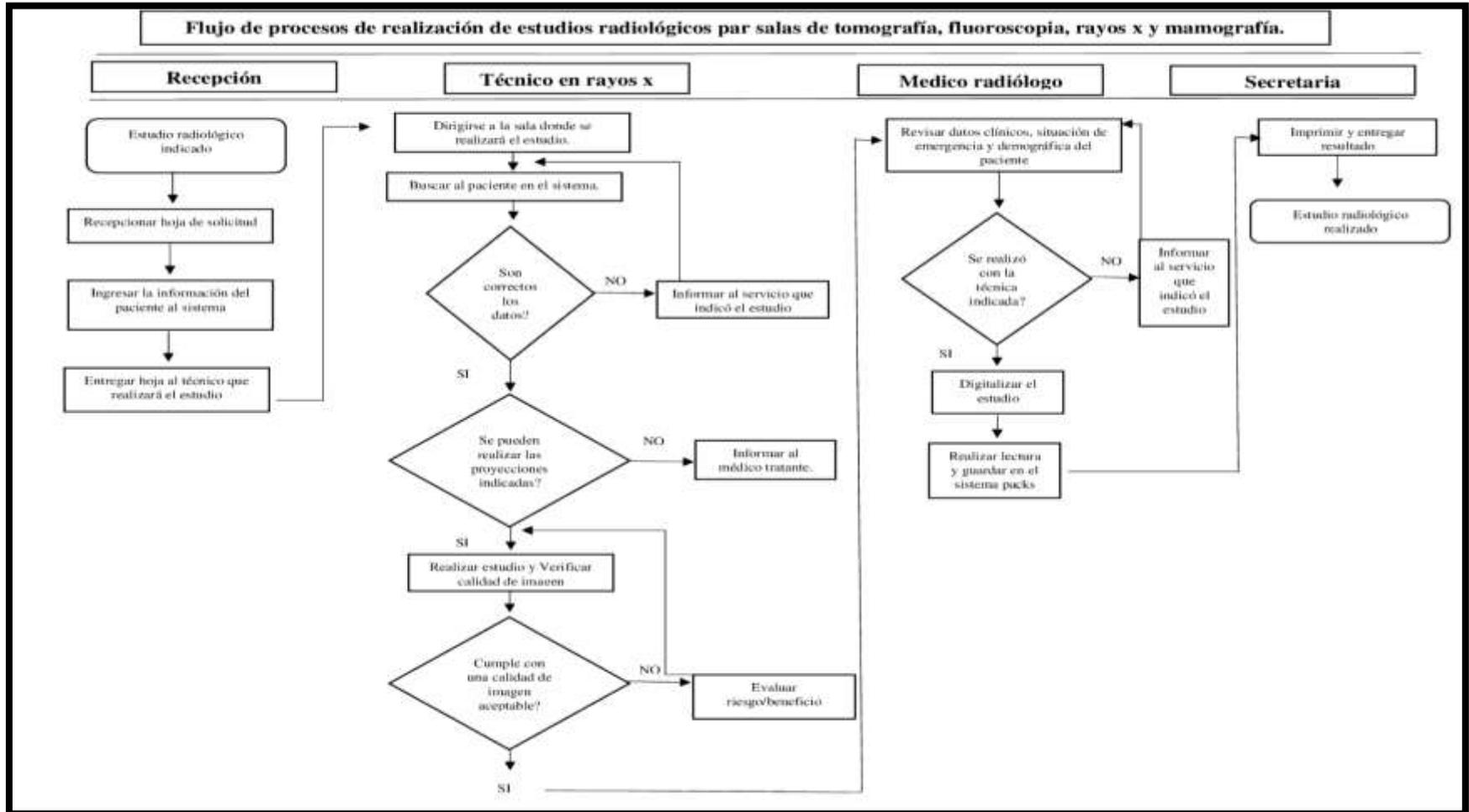


Imagen 17: Flujo de procesos de realización de estudios radiológicos para salas de tomografía, fluoroscopia, rayos x y mamografía. Fuente: propia.

Este flujo de procesos radiológicos está generalizado para los diversos estudios que se realizan dentro del departamento de radiología, sin embargo, se describe a continuación los parámetros necesarios para la realización de cada estudio según el tipo de equipo a utilizar.

Tomografía

Para optimizar la protección de los pacientes en tomografía computada (CT) es preciso aplicar protocolos de exploración específicos para cada tipo de examen, ajustados a la edad y corpulencia del paciente, a la zona a examinar ya la indicación clínica, con el fin de asegurar que la dosis a cada paciente sea tan baja como sea razonablemente posible, conforme al objetivo clínico del examen de TC. Los niveles de referencia para diagnóstico (DRL) son un instrumento práctico para promover que se evalúen los protocolos existentes y se desarrollen protocolos nuevos y mejorados en cada centro de CT, facilitando la comparación entre las dosis obtenidas en la práctica actual. (IAEA).

Dentro de los datos médicos del paciente tenemos:

1. Edad
2. Talla
3. Peso
4. Ayuno de 6 u 8 horas
5. Examen de Creatinina dentro del rango normal
6. Consentimiento informado
7. Clínica del servicio que indica el estudio

El ayuno y el examen de creatinina dentro del rango normal son necesarios únicamente para la realización de estudio de tomografía en fase contrastada, dado que es ayuna es más clara la visión de los órganos y estructuras de la región abdominal.

El valor máximo de creatinina aceptable para la realización de la TC contrastada es de 1.3 mg/dL, esto se debe que los riñones tienen la función de eliminar los desechos y el exceso de líquido del cuerpo, también eliminan el ácido que producen las células del cuerpo y mantienen un equilibrio saludable de agua, sales y minerales (sodio, calcio, fósforo y potasio) en la sangre. El medio de contraste utilizado se compone principalmente de trometamol,

hidrocloruro de trometamol, acetato de calcio y sodio, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio por ello al tener un nivel más alto de creatinina generaría un daño al paciente.

Es fundamental que el servicio que indica el estudio describa correctamente la clínica del paciente y tiempo de evolución de la patología que se sospecha o que se le está dando seguimiento ya que a partir de esto se debe justificar el estudio aplicando de ese modo uno de los principios de la protección radiológica: Justificación.

Los criterios que se toman en cuenta o que se deben evaluar para la aceptación o rechazo del estudio realizado son los siguientes.

1. Contraste de la imagen
2. La resolución espacial
3. el ruido de la imagen
4. Los artefactos
5. Uso adecuado del medio de contraste

En este punto es primordial que el estudio ya realizado tenga una calidad de imagen aceptable donde los órganos y tejidos sean visualizados correctamente, aquí además, juega un papel importante el contraste utilizado en el caso que el estudio se haya realizado en fase contrastada ya que permite una mayor visualización de la región en estudio y su contenido, de ese modo se procede a la lectura del estudio.

Los criterios para la realización de la lectura del estudio son los siguientes

1. Estudio realizado con la técnica adecuada
2. Antecedentes patológicos personales
3. Patología actual de base
4. Exámenes de laboratorio
5. Datos socio-demográficos

La patología actual de base y los datos socio-demográficos son utilizados para dar prioridad a la realización de la lectura del estudio. El médico radiólogo debe ser informado por la clínica tratante de todo lo que relacione al paciente con la patología en estudio o a descartar

Fluoroscopia

Según la (IAEA). La fluoroscopia es el método de obtención de imágenes de rayos X en tiempo real, lo que es especialmente útil para guiar una gran variedad de exámenes diagnósticos e brotes. La fluoroscopia muestra el movimiento gracias a una serie continua de imágenes obtenidas a una frecuencia máxima de 25 a 30 cuadros completos por segundo. Esto es similar a la manera de transmitir imágenes de televisión o de vídeo convencionales.

Si bien la exposición de los rayos X necesaria para producir una imagen fluoroscopia es baja (en comparación con la de una radiografía), los niveles de exposición de los pacientes pueden ser altos por la duración de las series de imágenes que habitualmente se toman en las exploraciones de fluoroscopia. Por lo tanto, el tiempo total de fluoroscopia es uno de los factores más importantes de la exposición del paciente en esta técnica.

Para la realización de un estudio de fluoroscopia es necesario que el médico que realizará el procedimiento y el técnico que manipula el equipo utilicen protecciones, tales como: delantales plomados, lentes plomados y de ser posible guantes plomados, ya que. El médico en casi todas las exploraciones permanece dentro de la sala donde se le está realizando el estudio al paciente.

En la siguiente tabla se muestran valores medios de dosis efectiva para exámenes de fluoroscopia donde se hace uso el bario como medio de contraste.

Estudios de radiografía o fluoroscopia	Dosis efectiva media (mSv)	Producto DAP ² medio (Gy cm ²)	Número equivalente de radiografías de tórax PA (de 0,02 mSv cada una)
Ortoplastia (cadera) [1]	0.7		35
Pelvimetría [2]	0.8		40
Cistouretrógrafa de micción (MCU) [2]	1.2	6.4	60
Histerosalpingografía (HSG) [2]	1.2	4	60
Discografía [3]	1.3		sesenta y cinco
Serie esofágica con deglución bario [4]	1.5		75
Fistulograma [2]	1.7	6.4	85
Cistografía [2]	1.8	10	90
Mielografía [2]	2.46	12.3	123
Serie gastroduodenal con toma de bario [2]	2.6		130
Serie gastroduodenal con tránsito intestinal de bario [4]	3		150
Sinografía [2]	4.2	dieciséis	210
Exploración con enema de bario [2]	7.2		360
Exploración del intestino delgado con enema de bario [2]	7.8	30	390

Imagen 18: valores medios de dosis efectiva y el DAP de los exámenes de fluoroscopia con medio de contraste. Fuente: (IAEA)

En el departamento de radiológica del HOMFVP se realizan con mayor frecuencia estudios de serie esofágica con deglución de bario y serie gastroduodenal con bario lo cual comprende dosis efectivas de 1.5 y 2.6 mSv respectivamente por cada estudio realizado, por ello el uso de protecciones es esencial.

Los parámetros de funcionamiento del equipo para la adquisición de imágenes son capacidad de movimiento del equipo, tamaño del campo, posición del colimador, mantenimiento preventivo y calibración, además, verificación de control de calidad de imagen rutinario así como control de calidad del equipo donde se evalúan todos los parámetros de funcionamiento.

Dentro de los insumos médicos a utilizar tenemos: jeringas, agujas, Solución salina, yodo, guías de suero, gasas, esparadrapos, etc...

Los datos clínicos del paciente son:

1. Edad
2. Talla
3. Peso
4. Ayuno en casi todos los estudios
5. Consentimiento informado
6. Clínica del servicio que indica el estudio

En la evaluación de la calidad de imagen el médico y el técnico que realizan el estudio deben asegurarse que las estructuras en estudio sean adecuadas, esto se puede evaluar a través de:

1. Contraste de la imagen
2. La resolución espacial
3. el ruido de la imagen
4. Los artefactos

El uso del medio de contraste debe ser indicado y empleado en el paciente de forma adecuada ya que a partir de este se puede o no visualizar las estructuras en estudio

Rayos X

La radiografía se puede considerar como una "fotografía con rayos X". Las imágenes que se forman al pasar un haz de rayos X a través de una parte del cuerpo de un paciente, impresionan una película o se graban en algún tipo de soporte digital. En general, las imágenes impresionadas en película se ven a modo de transparencias en un negatoscopio o dispositivo de iluminación y las imágenes digitales se ven en la pantalla de un ordenador. (IAEA).

Para la realización de un estudio de rayos x convencional se deben considerar los parámetros de adquisición de imagen del equipo, verificar funcionalidad y variabilidad del mismo esto en dependencia de la estructura ósea o contextura corporal de cada paciente.

Dentro de los datos médicos se debe tener una breve descripción de la patología del paciente lo cual permita justificar la realización de dicho estudio.

Luego de haber obtenido la imagen el técnico debe verificar que las estructuras en estudio sean visibles, además, debe asegurarse que la técnica utilizada ha sido la orientada por el médico tratante.

En el caso de los estudios de radiología convencional muy pocas veces se realiza lectura por escrito del estudio, dicho resultado debe ser interpretado analíticamente por el servicio que lo indica.

Mamografía

Según (IAEA, 2006). La mamografía es una técnica radiológica especialmente compleja debido a la arquitectura de la mama. Ésta se compone de tres tipos de tejidos (adiposos, fibroconectivo y glandulares) distribuidos dentro de la mama sin seguir un patrón fijo, variando de mujer a mujer así como con la edad; a esto hay que añadir la diferencia de espesor de la mama entre la parte correspondiente al pezón y la contigua al tórax.

Dentro de esta arquitectura resulta especialmente difícil visualizar los detalles de interés diagnóstico (masas y microcalcificaciones) debido a que sus propiedades de atenuación del haz de rayos X son muy similares a las de los tejidos que las rodean. Su detección es además

especialmente difícil cuando se intenta realizar un diagnóstico precoz debido a su menor tamaño y masa.

Para la realización de un estudio de mamografía se debe verificar que los parámetros de adquisición de imagen del equipo estén en óptimo funcionamiento, que el tubo de rayos X se encuentre en condiciones aceptables de funcionalidad ya que este tiende a recalentarse más que un equipo de rayos x convencional por la cantidad de tensión mAs que utiliza para cada proyección.

Al finalizar la realización del estudio, se procese a entregar la hoja del mismo al médico radiólogo que se encargará de leer dicho estudio, con la diferencia de los demás procedimientos (tomografía, fluoroscopia, rayos x convencional) que en el caso de no observarse la estructura en su totalidad o que se visualice estructuras con algún tipo de alteración, el medico radiólogo indica la realización de 2 proyecciones adicionales para complementarlas con un ultrasonido.

La realización de estas proyecciones adicionales está justificada puesto que generan un beneficio en el diagnóstico del paciente.

9.6. Dosis equivalente personal HP (10).

La dosimetría personal cumple un papel muy importante en el desempeño y funcionamiento de toda institución hospitalaria que presta los servicios de radiología convencional e intervencionista, para el adecuado manejo de las dosis a las cuales son expuestas los TOEs tanto del departamento de radiología (radiología convencional, diagnostico) y los otros servicios (radiología intervencionista), tales como: ortopedia, neurología, cardiología medicina interna, cirugía, entre otros que requieren de mismo.

En años anteriores partiendo de los registros del año 2007 se muestran algunas irregularidades con respecto a la responsabilidad de realizar la lectura de los dosímetros de forma periódica, el motivo de esto podría ser falta de conocimiento en calidad de seguridad y protección radiológica puesto que no se impartían los cursos de seguridad y protección radiológica en radiología convencional e intervencionista. Tanto los técnicos en rayos X como los médicos radiólogos no recibían ese enfoque durante su formación.

El sistema de dosimetría utilizado era TLD RADOS (por el servicio de Monitoreo y Protección Radiológica del Organismo Internacional de Energía Atómica, hoy conocido como laboratorio de dosimetría Externa (LDE) del LAF-RAM) el cual se compone de manera fácil y precisa para la dosimetría personal, cumpliendo con una fácil adaptación de los materiales termoluminiscentes altamente sensibles y métodos de medida de conteo de fotón de ruido bajo. Este sistema es apropiado para dosimetría ambiental sin embargo, está capacitado para la dosimetría clínica, a todos los reportes de dosis se le restaba la dosis natural de fondo la cual ha variado por distintos factores y actualmente oscila en los 2.4 mSv/año.

Aunque los reportes de dosis equivalente personal HP (10) siempre registraron dosis dentro de los límites establecidos es necesario mencionar que si en su momento se hubiese contado con equipos más precisos dichas dosis serían más exactas.

La evaluación de la dosis equivalente personal HP (10) presentada en los gráficos que se muestran a continuación, fueron evaluadas por el servicio de dosimetría externa a través de lectura del equipo RADOS 2000 por el método de ensayo LDE-PT-01 y LDE-PT-02, dichas dosis son las dosis acumuladas anual (mSv).

Grafico No.24 dosis acumulada anual para los 4 periodos comprendidos del año 2019.

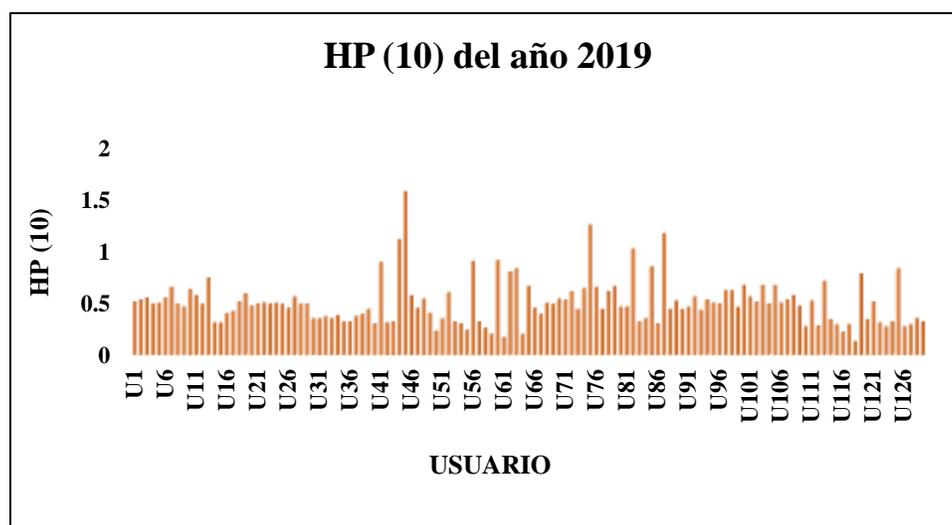


Grafico 24: Dosis acumulada anual para los 4 periodos comprendidos del año 2019.
Fuente: LAF-RAM.

El registro de dosis para el año 2019 comprende un total de 126 Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos TOEs, los cuales están distribuidos por los siguientes servicios: Radiología, ortopedia, neurología, cirugía general, entre otras especialidades que hacen uso de las radiaciones ionizantes para el diagnóstico de diferentes patologías e intervención de las mismas en caso de ser necesario; dichas dosis están en un rango de 0.13-1.57 mSv de menor a mayor.

Grafico No. 25 dosis acumulada anual de los periodos evaluados para el año 2020.

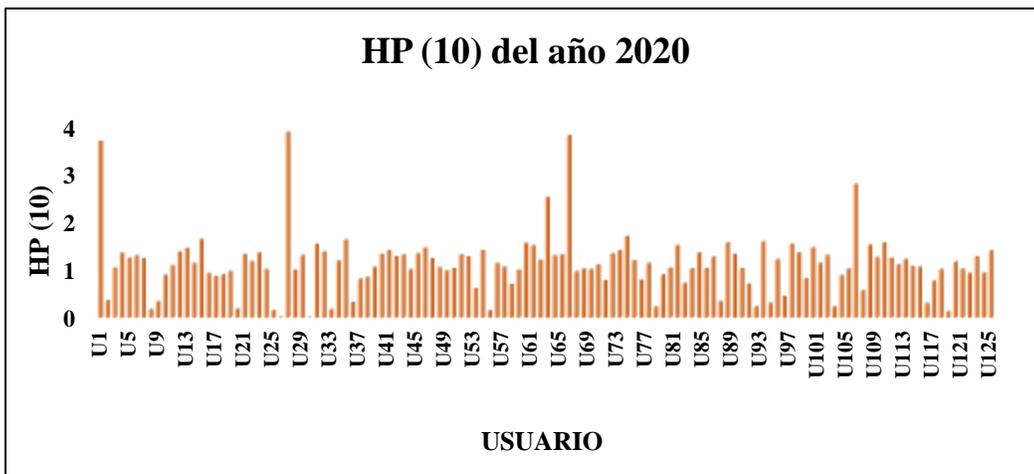


Grafico 25: Dosis acumulada anual de los periodos evaluados para el año 2020. Fuente: LAF-RAM

Las dosis evaluadas para el año 2020 comprenden un total de 125 Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos TOEs donde el rango de dosis de mayor a menor es de 0.12-3.88 mSv respectivamente, donde el uso de dosímetros ha sido dentro del departamento de radiología y en las salas de quirófano para radiología intervencionista.

Grafico No.26 dosis acumulada anual para los periodos correspondientes del año 2021.

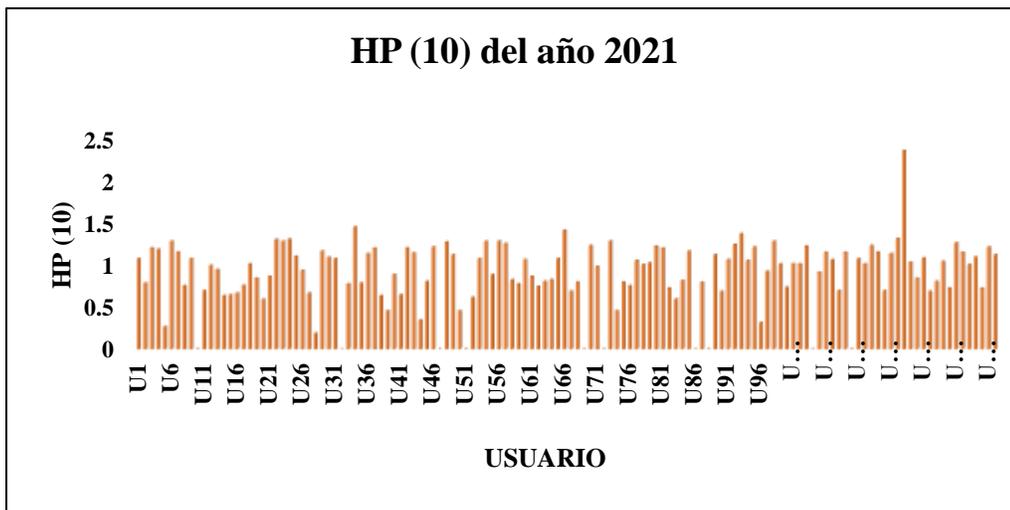


Grafico 26: Dosis acumulada anual para los periodos correspondientes del año 2021. Fuente: propia.

Las dosis evaluadas para el año 2021 están constituidas por un total de 132 Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos TOEs con un rango de dosis de 0.19-2.37 mSv respectivamente, esto está constituido por los diferentes servicios del hospital que hacen uso de las radiaciones ionizantes para radiología convencional e intervencionista.

En la siguiente tabla se muestra reporte de las dosis más altas registradas para los años 2019, 2020 y 2021.

Año	Dosis anual (mSv)
2019	1.57
2020	3.88
2021	2.37

Actualmente la ICRP estableció el valor de 20 mSv/año como límite de dosis efectiva máxima en un año, promediado en cualquier período de 5 años, para la exposición de los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos. A partir de este límite de dosis estipulado se puede afirmar que las dosis recibidas por dichos trabajadores están en un nivel óptimo y que se cumple con los tres principios de la protección radiológica: justificación, optimización y límite de dosis, esto indica que las prácticas son realizadas con todas las medidas necesarias.

CAPITULO V

X. Conclusiones

Basado en los criterios del foro iberoamericano e Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares (FORO) en su publicación “Cultura de la seguridad en las organizaciones, instalaciones y actividades con fuentes de radiaciones ionizantes”, se ha determinado que el nivel de cultura de seguridad del departamento de radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz se encuentra en un nivel de progreso avanzado, así mismo, se determinó que el nivel de cultura de seguridad según la perspectiva de los pacientes se en un nivel de progreso incipiente.

Esta variación puede indicar que no todo lo aprendido en calidad de seguridad y protección radiológica es puesto en la práctica real. Además, la perspectiva de los pacientes es meramente intuitiva puesto que no permanecen o no asisten regularmente a realizarse estudios radiológicos, la muestra tomada es de pacientes que asistieron al departamento de radiología según cita, emergencia y/o hospitalización según los días correspondientes a la recolección de datos.

A partir de los resultados obtenidos se debe tomar el nivel de progreso incipiente como una oportunidad para evaluar y analizar los por qué de ese nivel y de este modo encaminarse a la mejora continua de la cultura de seguridad que debe ser transmitida a la siguiente generación de TOEs.

Para el cálculo de blindaje de las salas de Tomografía, Fluoroscopia, Rayos X 1 y 2 y Mamografía, se hizo uso de la hoja de cálculo de Excel, la cual está basada en la guía de seguridad nuclear CSN 5.11, donde los espesores de plomo y materiales equivalentes son justificados según las Reglas de construcción para la protección radiológica estructural DIN 6812, cuyos factores de atenuación calculados sirvieron para obtener la comparación de dichos espesores a partir del gráfico “espesores de plomo requeridos a partir del factor de reducción o factor de atenuación”.

Los cálculos obtenidos a través de la hoja de cálculo son más precisos que los obtenidos a través del grafico puesto que estos son aproximaciones meramente observables.

Para la elaboración de la matriz de riesgo radiológico y el cálculo del riesgo resultante fue necesaria la identificación de los sucesos iniciadores para el departamento de radiología, su frecuencia, probabilidad y consecuencia, obteniendo un nivel de riesgo general medio RM, por ello se debe seguir trabajando en el buen funcionamiento de las barreras correspondientes a cada suceso iniciador.

El mapa de procesos radiológicos muestra el funcionamiento interno del departamento de radiología, el cual se compone de procesos estratégicos, procesos operativos y procesos de apoyo, estos procesos van desde la responsabilidad de la dirección hospitalaria hasta la dosimetría de los TOEs, esto nos indica que dicho departamento cumple con los parámetros necesarios de funcionamiento para la utilización de los equipos generadores de radiación ionizante con los que se da repuesta a la necesidad de los pacientes que acuden a esta unidad.

El flujo de proceso nos describe los procedimientos que se deben seguir para la realización de un estudio radiológico de manera general.

La dosis equivalente personal HP (10) ha sido justificada a partir de los límites de dosis anual de la ICRP para Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos TOEs, los datos obtenidos indican que las dosis acumulada anual para cada TOE se encuentra dentro de los límites de dosis establecidos.

Se logró establecer una base para el conocimiento y mejora continua del sistema de gestión de la seguridad radiológica del departamento de radiología del HOFVP, permitiendo así a generaciones actuales y futuras contar con una herramienta útil para evaluar la implementación de estrategias de seguridad radiológica ocupacional.

XI. Recomendaciones

1. A fin de mejorar el nivel de la cultura de seguridad se recomienda analizar los niveles generales de cultura de seguridad, haciendo énfasis en la percepción de los pacientes donde se muestra que la mitad del progreso es incipiente. Para esto se debe implementar medidas que incluyan el involucramiento de todos los TOEs. Así mismo, se debe fomentar la misma a través de la docencia y charlas en calidad de seguridad y protección radiológica.
2. A partir del cálculo de blindaje realizado en este estudio para las salas de Tomografía, Fluoroscopia, Rayos X1 y 2 y Mamografía, se debe solicitar el monitoreo de área para constatar que las condiciones de construcción actuales son adecuadas y en caso de encontrar valores de dosis mayores a las permitidas por la normativa nacional, utilizar los espesores indicados en el cálculo de blindaje realizado en este trabajo.
3. El riesgo radiológico debe ser evaluado periódicamente (Anualmente) puesto que los sucesos iniciadores pueden variar en función del tiempo y las prácticas que se realizan. Se recomienda reforzar las barreras de acceso de las puertas (seguros, doble llave, etc...) a las salas de Tomografía, Fluoroscopia, Rayos X 1 y 2 y Mamografía para evitar el acceso de personas durante la realización de estudios radiológicos.
4. Se recomienda realizar el cambio periódico de los dosímetros personales de los TOEs para los registros de dosimetría de la institución hospitalaria dado que a partir de estos registros se evalúa las dosis equivalentes personales HP (10) anuales y se verifica que los mismos estén dentro de los límites de dosis estipulados por la ICRP.

XII. Referencias

1. abc. (12 de Junio de 2018). Obtenido de <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/la-radiactividad-1711581.html>
2. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (16 de Abril de 2021). Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-la-radiacion>
3. Alcaraz Baños, M. (s.f.). *INTERACCIÓN DE LA RADIACION CON LA MATERIA*. Obtenido de https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=lectura_2.pdf
4. Asamblea de la república de Nicaragua. (1993). Managua.
5. Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA). (2011). *Reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes de la república de Nicaragua*. Managua.
6. CONEA. (2017). “*Guía de evaluación de seguridad de instalaciones y actividades asociadas a fuentes generadoras de radiaciones ionizantes*”. Managua.
7. Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares. (2016). Aplicación del Método de la matriz de riesgo en Radiología Industrial. *FORO*, 12-22.
8. Foro Industria Nuclear Española. (s.f.). Protección radiológica. *Foro, Nuclear*, 6-9.
9. H McMillan, J., & Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa 5.a edición*. Madrid: Pearson Addison Wesley.
10. Hernandez, Fernandez, & Baptista. (2014). metodología de la investigación. En *Metodología de la investigación* (págs. 532-549).
11. IAEA. (2006). *CONTROL DE CALIDAD EN MAMOGRAFIA*. VIENA AUSTRIA.
12. IAEA. (s.f.). *Blindaje y diseño de instalaciones para rayos X*.
13. IAEA. (s.f.). *NIVELES DE REFERENCIA PARA DIAGNOSTICO CON TOMOGRAFIA COMPUTADA*. VIENA AUSTRIA.
14. IAEA. (s.f.). *PROTECCIÓN RADIOLOGICA DE LOS PACIENTES*. ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÓMICA, VIENA, AUSTRIA.
15. IAEA. (s.f.). *PROTECCIÓN RADIOLOGICA DEL PACIENTE*. VIENA AUSTRIA.
16. ICRP. (2007). *Dosimetria protección radiologica*. Alemania.
17. Leal, A., Yolanda, P., & Gonzalez, C. (s.f.). Evaluación de la seguridad radiológica en la práctica de perfilaje de pozos utilizando matrices de riesgo. *SCielo*, 1-4.
18. Mercado, S., & Pineda, J. (2020). *Repositorio Insitucional UNAN - Managua*. Obtenido de repositorio.unan.edu.ni/15291/

19. MINSA, N. (2011). *Guía para implementación de reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes*. Managua.
20. Nuclear, F. (s.f.). *Industria Española*. Obtenido de <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-proteccion-radiologica-y-radiacion/que-es-la-radiactividad/>
21. Ocampo, J. (Noviembre de 2015). *DSSA.GOV*. Obtenido de <https://www.dssa.gov.co/index.php/descargas/1371-gestion-del-riesgo-radiologico/file>
22. OIEA. (2010). *Requisitos generales de seguridad radiológica*. Viena.
23. OIEA. (2016). *Protección radiológica en radiología convencional e intervencionista*.
24. Organización mundial de la Salud. (s.f.). *OMS*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
25. Pavón, Y. (2020). *Seguridad radiológica*. Managua.
26. Radiología Para Novatos. (10 de Marzo de 2016). Obtenido de <http://radiologiapararnovatos.blogspot.com/2016/03/t6-tubo-de-rayos-x.html>
27. Rizo, R., Obando, S., & Orozco, M. (21 de 01 de 2019). *Repositorio Institucional UNAN - Managua*. Obtenido de repositorio.unan.edu.ni/12502/
28. Rodríguez, Hospital Nacional de la Mujer Dra. María Isabel. (2016). *Manual de procesos de radiología*. El Salvador.
29. Santisteban Salazar, N. C. (2016). Evaluación de la seguridad radiológica en un hospital de primer nivel de atención, Amazonas – 2016. *UNTRM*, 2-4.
30. Sociedad Española de Física Médica. (2017). *Calculo de blindaje para salas de radiodiagnostico*. Madrid.
31. Solís Quiroz, J. G. (2016). *Seguridad y Protección Radiológica*. Managua.
32. Trinidad Gabriela, F. E. (12 de 2012). *SciELO*. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01382012000200004

XIII. Anexos

13.1. Criterios e indicadores cualitativos de los elementos básicos de la cultura de seguridad.

Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad					
No	Sub elemento	Bajo	Progreso Incipiente	Progreso avanzado	Excelencia
SE.1.	Visibilidad de la prioridad de la seguridad en la documentación de la organización	No hay reconocimiento explícito de la prioridad por la seguridad o está reflejado ambiguamente en la documentación de la organización. Pobre o nula presencia de vallas, carteles, mensajes y anuncios al respecto.	La prioridad por la seguridad está incorporada solo en algunos documentos de máxima jerarquía de la organización. Presencia de algunas vallas, carteles, mensaje y/o anuncio al respecto. Los evaluadores, conjunto con la organización definen los documentos que considera de máxima jerarquía.	La prioridad por la seguridad está incorporada en todos los documentos de máxima jerarquía de la organización y algunos de sus documentos y procedimientos internos de trabajo. Presencia de vallas, carteles, mensajes y anuncios al respecto.	La prioridad por la seguridad es un concepto incorporado en todos los documentos de máxima jerarquía y procedimientos y documentos internos de la organización. Presencia numerosa de carteles, mensajes y anuncios, así como el uso de la informática y otros mecanismos internos (Web, correo electrónico, videos, etc.) con menajes al respecto.
SE.2.	Visibilidad de la prioridad en la actuación de la Organización.	Con frecuencia la seguridad se subordina a otros intereses de la Organización no relacionados con la seguridad.	La Organización busca asegurar la prioridad de la seguridad, pero aún no es muy evidente en todas las acciones de la Organización.	La seguridad es priorizada en la Organización, de forma evidente en la mayoría de las situaciones y acciones.	La seguridad es priorizada en todas las acciones y situaciones de la Organización, de forma evidente.
SE.3	Conflictos de prioridad con respecto a la seguridad.	No hay intención de manejo de conflictos.	El manejo de conflictos se realiza sin procedimientos ni entrenamiento de la Organización.	La Organización tiene políticas/procedimientos para el manejo de conflictos con la seguridad, pero aún resulta complejo aplicarlos.	La Organización reconoce la posibilidad de conflictos entre la seguridad y otros intereses, pero está entrenada para manejarlos siempre a favor de la seguridad.
hSE.4	Detención de trabajos.	No hay políticas al respecto o ningún trabajador está autorizado a detener una tarea o actividad, aunque sospeche que pueden existir problemas de seguridad, solo debe limitarse a comunicarlo a sus superiores.	La Organización promueve y apoya que sus trabajadores detengan, previa consulta, algunas tareas o actividades, cuando	La Organización promueve y apoya que sus trabajadores detengan, previa consulta, cualquier tarea o actividad, cuando sospechen que pueden	La Organización promueve y apoya que sus trabajadores detengan, sin consulta, cualquier actividad cuando sospechen que pueden existir problemas de seguridad.

			sospechen que pueden existir problemas de seguridad.	existir problemas de seguridad.	
SE.5	Carrera y promoción de directivos.	La formación/desempeño en seguridad no es un factor importante para puestos directivos, en ocasiones omitido.	La formación/desempeño en seguridad es considerada sólo en algunos puestos directivos.	La formación/desempeño en seguridad es considerada una condición en la mayoría de los puestos directivos claves de la Organización.	La formación/desempeño en seguridad es una condición para los puestos directivos.
SE.6	Oficial de Protección Radiológica (EPR).	La Organización no considera importante contar con un EPR bien calificado para ese puesto.	La Organización se apoya considerablemente en la asesoría del EPR por lo que asegura una buena calificación y le ofrece facilidades.	Los puestos de EPR son ocupados por personal bien calificado, aunque su reconocimiento como asesor debería ser mayor.	Los puestos de EPR son ocupados por personal bien calificado y gozan de un elevado reconocimiento como asesores en la Organización.
SE.7	Subordinación administrativa del EPR/Dependencia de Protección Radiológica.	El EPR o la Dependencia de Protección Radiológica comparten otras funciones en la Organización. No tienen líneas de subordinaciones relacionadas con la Alta Dirección.	El EPR o la Dependencia de Protección Radiológica se dedican fundamentalmente a su función. Su línea de subordinación a la Alta Dirección no es clara en el organigrama de la Organización.	El EPR o la Dependencia de Protección Radiológica se dedican fundamentalmente a su función. Su línea de subordinación a la Alta Dirección no es directa en el organigrama de la Organización.	El EPR o la Dependencia de Protección Radiológica tienen una importante función de asesoría, con subordinación directa a la Alta Dirección de la Organización.
SE.8	Seguridad en la contratación de servicios, empresas y personal técnicos.	La seguridad no es, por lo general , un criterio en los procesos de contratación de servicios, empresas y personal técnicos por parte de la Organización.	La seguridad ha sido incluida en los procedimientos de contratación de servicios, empresas y personal técnicos por parte de la Organización, aunque no siempre es cumplido.	La seguridad está incluida en los procedimientos de contratación de servicios, empresas y personal técnicos por parte de la Organización, que son respetados en la mayoría de los casos.	La competencia en seguridad es una condición para la contratación de empresas, servicios y personal técnicos por parte de la Organización. En el caso de las empresas y servicios, sus políticas de prioridad y su Cultura de Seguridad también son elementos considerados en los procesos de contratación.
SE.9	Gestión de la Seguridad	Pobre o nula gestión de la seguridad por un fuerte enfoque reactivo en el manejo de la	Prevalece aún el enfoque reactivo en el manejo de la seguridad,	La seguridad se gestiona fundamentalmente a partir de un Sistema de Gestión de la	Existe un Sistema de Gestión de la Seguridad bien establecido y funcional, que complementa los

		seguridad. No hay un Sistema de Gestión de la Seguridad establecido en la Organización.	pero hay algunos elementos de gestión aunque no establecidos como sistema.	Seguridad establecido, aunque se percibe cierto formalismo en algunos de sus elementos.	enfoques proactivos de la Organización con respecto a la Seguridad.
SE.10	Seguridad física de fuentes integrada en la prioridad de la seguridad en la Organización.	Los aspectos de la seguridad física de fuentes son pobremente atendidos en la Organización.	Se aprecia cierta atención a los problemas de seguridad física, pero aún como responsabilidad de las agencias o servicios de seguridad solamente.	Hay mayor conciencia de la interrelación entre la protección y seguridad radiológica y la seguridad física de fuentes, pero hay conflictos y divisiones.	Hay una integración entre los aspectos de protección y seguridad radiológica y la seguridad física de fuentes como un enfoque único de seguridad contra los riesgos asociados a la radiación, y reciben igual atención prioritaria.
Elemento básico 2: Liderazgo y compromiso visible de alta dirección con la seguridad					
No	Sub elemento	Bajo	Progreso Incipiente	Progreso avanzado	Excelencia
SE.1	Compromiso de la Alta Dirección con la seguridad.	Muy bajo compromiso.	Hay declaraciones de compromiso, aunque en la práctica no se demuestra.	Se reconoce y demuestra el compromiso en una medida considerable.	Se observa un compromiso genuino con la seguridad en las decisiones y acciones de la Alta Dirección.
SE.2.	Liderazgo de los directivos en seguridad	Los directivos no son líderes en seguridad, delegando esa responsabilidad. Consideran que la seguridad es un problema “de los de abajo”. No demuestran ninguno o solo alguno de los 6 rasgos distintivos de liderazgo en seguridad. No hay acciones previstas para desarrollar habilidades de liderazgo	Solo algunos directivos demuestran varios de los rasgos distintivos de liderazgo en seguridad. Pocas acciones planificadas para desarrollar y adquirir habilidades de liderazgo.	La mayoría de los directivos muestran un número importante de los 6 rasgos distintivos de liderazgo en seguridad. Hay algunos planes de preparación y entrenamiento en técnicas de liderazgo.	Todos los directivos de la Organización son auténticos líderes de seguridad, mostrando los 6 rasgos de liderazgo en seguridad. El entrenamiento en técnicas de liderazgo es permanente en la preparación de los directivos.
SE.3	Visibilidad del liderazgo y del compromiso de la Alta Dirección con la seguridad.	Casi nulo	El liderazgo y compromiso de los directivos se muestra en una parte importante de la toma de decisiones, pero no hay otras evidencias.	El liderazgo y compromiso de los directivos se muestra en una parte importante de la toma de decisiones y algunos contactos directos con el personal de la Organización.	Los directivos de la Organización demuestran su liderazgo y compromiso con la seguridad de múltiples formas: en la toma de decisiones, los contactos directos con el personal, los recorridos frecuentes por las áreas de trabajo, la

					conducción de reuniones y actividades técnicas, el involucramiento activo
SE.4	Asignación de recursos para la seguridad.	Hay serios problemas de seguridad por falta de recursos, asignados solamente tras la ocurrencia de un problema o evento de seguridad.	Hay asignación de recursos para las actividades relacionadas con la seguridad, pero algunas tareas se realizan sin todos los medios o el personal requeridos.	Los recursos para la seguridad son relativamente altos en los presupuestos de la Organización y se garantizan. Son mínimas las actividades que se realizan sin todos los medios o el personal requeridos.	Los recursos para la seguridad se planifican, priorizan y garantizan dentro de la Organización, con una respuesta ágil a situaciones imprevistas. No se hace ningún trabajo si no están garantizados todos los medios y el personal requeridos.
SE.5	Evaluación del estado de la seguridad en las reuniones de la Alta Dirección de la Organización.	No hay sistematicidad, solo análisis puntuales tras algún problema o evento de seguridad ocurrido en la Organización.	El estado de la seguridad es analizado en las reuniones de la Alta Dirección de la Organización de acuerdo a un cronograma, pero la frecuencia de estos análisis aún es baja.	El estado de la seguridad en la Organización es tema frecuente en las reuniones de la Alta Dirección, con un enfoque proactivo donde se analizan errores y fallos recurrentes, se promueven debates del personal para identificar situaciones o condiciones propensas a error humano y apoyar su eliminación y se analizan posibles escenarios de fallo.	El estado de la seguridad es un tema permanente y proactivo en las reuniones de la Alta Dirección, que además se monitorea y evalúa diariamente.
SE.6	Visión del Factor Humano.	Los directivos conceden poca o nula importancia a este tema. Existen numerosas evidencias de situaciones propensas a errores humanos, debilidades de diseño y organizacionales y pocas defensas en este campo. Alta tasa de errores humanos en la Organización.	Los directivos reconocen la importancia del factor humano, pero hay pocas acciones prácticas de implementación de la ingeniería de Factores Humanos en el diseño, puestos de trabajo y funcionamiento de la Organización; enfocando los esfuerzos fundamentalmente a la capacitación del personal.	Los directivos reconocen la importancia del factor humano con acciones prácticas y concretas de ingeniería de Factores Humanos para reducir las situaciones propensas a error humano.	Los directivos reconocen y basan su actuación en el reconocimiento del rol del factor humano en la seguridad. Se consideran criterios de ingeniería de Factores Humanos durante las etapas tempranas de la Organización y durante toda su vida operacional, basados en la mejora continua y el involucramiento del propio personal en ello, la contratación de expertos y la evaluación periódica de estos temas.

SE.7	Visión socio-técnica de los procesos de la Organización.	Poca visión e intención de los directivos en el manejo de factores organizacionales y la interacción ITO para mejorar la seguridad.	Los directivos reconocen la importancia de los factores organizacionales y la interacción ITO, pero hay pocas acciones prácticas.	Los directivos reconocen la importancia de los factores organizacionales y la interacción ITO. Hay algunas acciones prácticas, pero aún con énfasis centrado, fundamentalmente, en los sistemas de gestión	Los directivos reconocen que los factores organizacionales tales como: plantillas incompletas, sobrecarga, equipamiento inadecuado, interfaces Hombre Máquina inadecuadas, etc. afectan la actuación humana. Reconocen que estos factores son más fáciles de manejar que los factores psicológicos como el olvido, la distracción y la atención. Actúan en correspondencia.
SE.8	Visión de la Cultura de Seguridad.	No hay comprensión del papel de la Cultura de Seguridad. No hay esfuerzos en este tema.	Los directivos comienzan a interesarse en la Cultura de Seguridad y en su fomento. Se organizan algunos esfuerzos o acciones en este tema.	Mayor conciencia en los directivos sobre el impacto de la Cultura de Seguridad en la seguridad de la Organización, con programas y esfuerzos concretos para su fomento y desarrollo.	Hay reconocimiento absoluto en los directivos sobre la conveniencia de mantener elevados niveles de Cultura de Seguridad y ello es considerado en la toma de decisiones, con un número importante de acciones y programas para su mejora continua.
SE.9	Liderazgo y compromiso de la Alta Dirección con la seguridad física de fuentes.	No hay compromiso evidente de los directivos con la seguridad física, existiendo problemas al respecto.	Hay cierta preocupación de los directivos con respecto a la seguridad física, reflejada en algunas decisiones y acciones en este campo y denotando cierto compromiso.	Mayor compromiso de los directivos con la seguridad física, reflejado en la implantación de un mejor sistema de medidas de seguridad física.	Integración total de la seguridad física en las acciones de liderazgo y compromiso de los directivos con la seguridad en la Organización.
Elemento básico 3: Identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad					
No	Sub elemento	Bajo	Progreso incipiente	Avanzado	Excelencia
SE.1	Mecanismos de identificación oportuna, de los problemas de seguridad.	La identificación de los problemas de seguridad es casual o por su elevada repercusión. No hay políticas ni mecanismos para la identificación oportuna de esos problemas.	Hay intención y políticas en la Organización para lograr la detección oportuna, pero aún sin mucha efectividad.	La Organización tiene implementados mecanismos, políticas y recursos para la identificación oportuna de los problemas de seguridad, que funcionan relativamente bien.	La Organización cuenta con políticas, procedimientos mecanismos que le permiten detectar, casi inmediatamente, cualquier problema de seguridad.

SE.2	Anticipación a los problemas de seguridad.	La Organización no se anticipa a los problemas de seguridad, reacciona a cada uno según ocurren.	La Organización se mantiene reactiva con respecto a los problemas de seguridad, aunque con cierta anticipación a los problemas potenciales o significativos.	La Organización es proactiva con respecto a los problemas de seguridad, buscando anticiparse y planificar, lo que logra en alto grado.	La Organización logra anticiparse a casi todos los problemas de seguridad y los maneja antes de que ocurran.
SE.3	Alerta y vigilancia en la Organización con respecto a la seguridad.	Bajo nivel de vigilancia y alerta organizacional e individual con respecto a la seguridad. La ausencia de eventos es considerada erróneamente un elevado nivel de seguridad.	La vigilancia y el alerta organizacional e individual con respecto a la seguridad son promovidas en la Organización, aunque poco desarrolladas aún, basadas en un bajo nivel de incidentes o sucesos radiológicos.	Alto nivel de vigilancia y alerta organizacional e individual con respecto a la seguridad, pero no generalizadas en la Organización.	La vigilancia organizacional e individual con respecto a la seguridad es una forma permanente de actuación en la Organización, independientemente del comportamiento positivo de los indicadores de seguridad.
SE.4	Evaluación y solución oportuna de los problemas detectados.	Por lo general, solo se atienden oportunamente los problemas graves o de alta repercusión para la Organización.	La Organización se esfuerza por evaluar y atender los problemas de seguridad, lo más pronto posible, lo que no siempre se logra por factores organizativos, recursos, planificación, etc.	La Organización evalúa y atiende relativamente rápido la mayoría de los problemas de seguridad que identifica.	La Organización asegura una inmediatez en la evaluación y solución de los problemas según su importancia.
SE.5	Rasgos de Organización Altamente Fiable.	No hay presencia de ninguno de los rasgos de la Organización Altamente Fiable.	Presencia de algún rasgo de la Organización Altamente Fiable, pero en estado incipiente.	Presencia de varios de los rasgos de la Organización Altamente Fiable, algunos con cierta madurez.	La Organización muestra todos o la mayoría de los rasgos de la Organización Altamente Fiable.
SE.6	Integración de la seguridad física en los mecanismos de identificación y solución oportuna de problemas de seguridad en la Organización.	Ausencia de mecanismos para la identificación y solución oportuna de problemas de la seguridad física de fuentes.	Los problemas de la seguridad física de fuentes son raramente considerados en los mecanismos para la identificación y solución oportuna de problemas de seguridad.	Con frecuencias, los problemas de la seguridad física de fuentes son identificados y resueltos por los mecanismos para la identificación y solución oportuna de problemas de seguridad.	Los mecanismos para la identificación y solución oportuna de problemas de seguridad integran los aspectos de la seguridad física de fuentes de forma efectiva.
Elemento básico 4: enfoque permanente en la seguridad					
No	Sub-elemento	Bajo	Progreso incipiente	Progreso avanzado	Excelencia

SE.1	Visión de la Organización sobre el carácter de la seguridad.	La seguridad es considerada una cuestión estática, dada por hecho gracias a la tecnología y al entrenamiento del personal con que cuenta la Organización.	Hay aún poca conciencia de que la seguridad es una cuestión dinámica.	Hay mayor claridad de que la seguridad es una cuestión dinámica. Esto se refleja en ciertas acciones y criterios dentro de la Organización.	La seguridad es considerada una cuestión dinámica, que debe alcanzarse cada día.
SE.2	Visión de la Organización sobre el logro de la seguridad.	La Organización considera que la seguridad depende esencialmente de cumplir con las normas y regulaciones establecidas por el Organismo Regulador u otras instancias externas (cultura de cumplimiento, “seguridad generada desde afuera”).	La Organización considera que la seguridad es más que cumplir con las normas y regulaciones externas y define objetivos y metas propios de seguridad, aun cuando no estén establecidos externamente. Hay poca conciencia del papel del comportamiento individual o institucional en la seguridad. Es dominante aún la cultura de cumplimiento con presencia solo de alguno de los elementos del enfoque de la “seguridad generada desde dentro de la Organización”.	La Organización considera que la seguridad es más que cumplir con las normas y regulaciones externas y define objetivos y metas propios de seguridad, aun cuando no estén establecidos externamente. Estos objetivos y metas se insertan en los Sistemas de Gestión de la Seguridad con una mayor conciencia del papel de la conducta y de los comportamientos en la seguridad. Hay numerosos elementos del enfoque de la “seguridad generada desde dentro de la Organización”.	La Organización tiene una alta comprensión del papel de los comportamientos y las actitudes en el logro de la seguridad por lo que su enfoque se basa en la búsqueda de la mejora continua, más allá del cumplimiento con las normas y regulaciones externas que se considera una cuestión básica pero insuficiente. Domina el enfoque de la “seguridad generada desde dentro de la Organización”.
SE.3	Consideración permanente de la seguridad.	La seguridad es tomada en cuenta , y de forma aislada, en ciertos procesos y decisiones de la Organización.	La Organización tiene establecido que se tomen en cuenta los aspectos de seguridad en todas sus actividades, pero falla en la práctica real	La Organización tiene establecido que se tomen en cuenta los aspectos de seguridad en todas sus actividades, y por lo general se logra en la práctica real.	La Organización demuestra que tanto su gestión administrativa (planes, presupuestos, contratos, etc.), tecnológica y de su personal toman en cuenta, en todo momento, los aspectos de seguridad.
SE.4	Gestión de cambios.	Bajo nivel de la gestión de cambios, con muy poca consideración del impacto sobre la seguridad.	Funciona la gestión de cambios, que considera el impacto sobre la seguridad, pero limitado, fundamentalmente, a los cambios o modificaciones de la tecnología o de algún otro aspecto único.	Funciona la gestión de cambios, que considera el impacto sobre la seguridad, aunque no hay evidencias de que se aplique en todo tipo de cambio.	La Organización ha desarrollado una cultura de gestión de cambios, que garantiza la evaluación del impacto sobre la seguridad de cualquier modificación tecnológica, de proceso, organizativa (movimientos de personal, restructuración, crecimiento/reducción, ajustes, crisis, etc.).

SE.5	Contactos sobre Seguridad con las Partes Interesadas (Stakeholders).	Poco o nulo interés en ese tipo de contacto, o ausencia de mecanismos, para sostener intercambios regulares con las Partes Interesadas (Stakeholders) sobre el estado de la seguridad.	Se han establecido mecanismos o procedimientos en la Organización para promover intercambios regulares con las Partes Interesadas (Stakeholders) sobre el estado de la seguridad, pero en la práctica no se realizan o son muy poco frecuentes.	Se han establecido mecanismos o procedimientos en la Organización para promover intercambios regulares con las Partes Interesadas (Stakeholders) sobre el estado de la seguridad, pero aún con irregularidades en su realización.	La Organización ha establecido mecanismos o procedimientos para promover intercambios regulares con las Partes Interesadas (Stakeholders) sobre el estado de la seguridad y los mantiene de forma sistemática.
SE.6	Integración de la seguridad física de fuentes permanente en la seguridad dentro de la Organización.	Los aspectos de la seguridad física de fuentes raramente son atendidos de forma permanente en la Organización.	Los aspectos de la seguridad física de fuentes son tomados en cuenta con mayor frecuencia como parte del enfoque permanente en la seguridad que tiene la Organización.	Los aspectos de la seguridad física de fuentes son tomados en cuenta como parte del enfoque permanente en la seguridad que prevalece en la Organización, pero aún en menor grado que los aspectos de protección y seguridad radiológica.	Los aspectos de la seguridad física de fuentes son tomados en cuenta como parte del enfoque permanente en la seguridad dentro de la Organización, al mismo nivel e integradamente con los aspectos de protección y seguridad radiológica.
Elemento básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad					
No	Sub elemento	Bajo	Progreso incipiente	Progreso avanzado	Excelencia
SE.1	Visión individual sobre la responsabilidad por la seguridad.	La seguridad es considerada por los trabajadores como una responsabilidad de determinadas instancias de la Organización: directivos u Oficial de Protección Radiológica / Dependencia de Protección Radiológica.	Aunque todavía la seguridad es considerada por los trabajadores como una responsabilidad de determinadas instancias de la Organización, se observa un creciente énfasis en la responsabilidad individual de cada trabajador por su propia protección radiológica.	Cada trabajador se siente responsable por su propia protección radiológica y se aprecia además preocupación de la mayoría de los trabajadores por la protección radiológica de sus colegas.	Cada trabajador se siente responsable por su propia protección radiológica, preocupándose por la protección radiológica de sus colegas, así como de otros individuos dentro y fuera de la Organización, incluyendo a pacientes, clientes, y otros.
SE.2	Base de los comportamientos individuales.	Los comportamientos individuales en la Organización están basados en una fuerte presión coercitiva y disciplinaria.	La Organización desarrolla algunas campañas, medios y condiciones para favorecer los comportamientos individuales que	La Organización tiene políticas, procedimientos y condiciones que favorecen los comportamientos individuales que priorizan la seguridad a través de la actitud	El personal, a todos los niveles de la Organización, ha desarrollado comportamientos que denotan una alta prioridad por la seguridad en la Organización como forma natural de actuar.

			favorezcan la prioridad por la seguridad.	cuestionadora, el enfoque riguroso y prudente.	
SE.3	Involucramiento en los asuntos de seguridad de la Organización.	Baja motivación por las actividades de la Organización sobre seguridad.	Interés creciente por participar e involucrarse en los asuntos de seguridad de la Organización.	Alta participación e involucramiento de los trabajadores en los asuntos de seguridad de la Organización.	Todos los trabajadores se sienten altamente motivados comprometidos con apoyar y contribuir en cualquier asunto de seguridad de la Organización.
SE.4	Reconocimiento interno del personal por el involucramiento activo en los asuntos de seguridad.	No hay reconocimiento y se debe al bajo involucramiento del personal en los asuntos de seguridad.	El involucramiento en los temas de seguridad es visto por algunos como una forma de simpatizar con la Alta Dirección, lo que desalienta a quienes tratan de involucrarse.	El involucramiento activo en los asuntos de seguridad tiene buen reconocimiento entre el personal de la Organización.	Las personas son respetadas y valoradas por su contribución e involucramiento activo en los asuntos de seguridad.
SE.5	Sistemas de premiación.	Los sistemas de premiación y estimulación están poco enfocados a los aportes del personal a la seguridad en la Organización.	Los sistemas de premiación y estimulación han incorporado criterios referidos a los aportes del personal a la seguridad en la Organización.	Los sistemas de premiación y estimulación están ya muy enfocados en el aporte del personal a la seguridad en la Organización.	Los sistemas de premiación y estimulación priorizan la consideración del aporte del personal a la seguridad en la Organización.

SE.6	Tendencias de la premiación por seguridad.	-	Tendencia a premiar resultados (reconocimiento por desempeño) fundamentalmente asociados a solución de problemas y el cumplimiento de metas sin mucha valoración del impacto a largo plazo.	Tendencia a premiar por mejorar procesos y por resultados.	Tendencia a premiar comportamientos deseados (reconocimientos por comportamiento) que conducirán a desempeños mejores.
SE.7	Visión sobre el papel de la capacitación y el entrenamiento.	Se considera que el comportamiento individual con respecto a la seguridad depende únicamente de la capacitación y del entrenamiento técnico del personal.	Se considera que el comportamiento individual con respecto a la seguridad depende de la capacitación y del entrenamiento técnico del personal, además de otras habilidades mentales, aunque se hace poco para desarrollarlas.	Se considera que el comportamiento individual con respecto a la seguridad depende de la capacitación y del entrenamiento técnico del personal, además de otras habilidades mentales para actuar de forma proactiva, prudente y rigurosa que son desarrolladas mediante acciones específicas para ello.	Se considera que el comportamiento individual con respecto a la seguridad depende tanto de la capacitación y del entrenamiento técnico del personal como de otras habilidades mentales (alerta, rigor, prudencia, enfoque proactivo, etc.) que han sido desarrolladas considerablemente en el personal.
SE.8	Actitud cuestionadora y enfoque riguroso y prudente en el comportamiento individual de los trabajadores.	Pobre actitud cuestionadora y enfoque riguroso y prudente en el comportamiento de los trabajadores, caracterizado por frecuentes errores humanos.	Aún insuficiente actitud cuestionadora y enfoque riguroso y prudente en el comportamiento de los trabajadores, pero menor incidencia de los errores.	Mayor actitud cuestionadora y enfoque riguroso y prudente en el comportamiento de los trabajadores, aún con errores humanos frecuentes del tipo desliz o lapsus, pero reducción significativa de errores más serios.	La fuerte actitud cuestionadora y el enfoque prudente de los trabajadores se refleja en la reducción del número de errores humanos por desliz o lapsus y ausencia de otros errores más serios.
SE.9	Consideración de la seguridad física de fuentes como responsabilidad individual del personal	El personal se mantiene distante de las cuestiones de seguridad física de fuentes.	El personal se involucra ocasionalmente en temas de seguridad física de fuentes por no considerarlo un asunto de	Hay mayor involucramiento y conciencia de responsabilidad individual por la seguridad física de fuentes en una parte importante del personal,	El personal considera la seguridad física de fuentes y la protección y seguridad radiológica como un todo, por el cual se siente responsable y se interesa e involucra en su mejora.

	e involucramiento del personal en su mejora.		su responsabilidad individual.	reflejado en sus acciones y contribuciones.	
Elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad					
No	Sub elemento	Bajo	Progreso incipiente	Progreso avanzado	Excelencia
SE.1	Visión de la comunicación sobre seguridad.	No se considera justificado dedicar recursos y tiempo a la comunicación interna o solo se informa la ocurrencia de un suceso o incidente en la Organización o la adopción de alguna medida, generalmente de tipo coercitivo.	Hay interés en favorecer la comunicación interna, pero, fundamentalmente, en forma de reuniones, aún con un enfoque muy reactivo.	La comunicación se considera importante en todas las variantes y formas en las áreas de la Organización.	La comunicación es considerada esencial para apoyar la conciencia sobre seguridad y la situación de la Organización en todo momento, así como para mantener informado al personal y estimular su involucramiento.
SE.2	Comunicaciones internas sobre seguridad.	Fundamentalmente de arriba hacia abajo, casi nula entre departamentos y áreas de la Organización.	La Alta Dirección alienta las comunicaciones interdepartamentales y en todas direcciones, pero aún no funcionan al nivel requerido.	Existe una buena comunicación entre los diferentes niveles de la Organización y sus departamentos.	Existe una elevada cultura de comunicación dentro de la Organización, con la utilización de variedad de métodos y formas, muy abiertas, transparentes y colaborativas.
SE.3	Mecanismos y canales de comunicación interna sobre seguridad más frecuentemente utilizados dentro de la Organización.	Solo informaciones desde niveles superiores de la Organización.	Fundamentalmente a través de las reuniones y de algún otro mecanismo.	Una gran variedad de canales de comunicación dentro de la Organización: personal (cara a cara), minutas, boletines, alertas, reuniones, etc., pero aún se requiere impulsar su uso.	Amplio y extensivo uso de diferentes mecanismos y canales de comunicación, sin necesidad de impulsar su uso por constituir una práctica habitual en la Organización.

SE.4	Interés del personal por la comunicación sobre seguridad.	Bajo.	Solo interés en determinados temas de la seguridad de la Organización.	Interés creciente en mantenerse informado e informar sobre seguridad en la Organización.	El personal considera como una forma necesaria y natural de trabajo de la Organización que le informen, mantenerse informado e informar sobre temas de seguridad en la Organización. Amplía participación del personal en el diseño y la preparación de algunos mecanismos y medios de comunicación.
SE.5	Comunicaciones al exterior de la Organización sobre asuntos de seguridad derivados de sus actividades.	Nulo.	Son escasos o existen sólo algunas políticas o documentos de la Organización para la información a pacientes, visitantes y organizaciones o sectores que deben estar informados sobre cuestiones de seguridad derivadas del trabajo de la Organización. Son todavía escasas las acciones prácticas al respecto.	Existen políticas o documentos de la Organización para la información a pacientes, visitantes y organizaciones o sectores que deben estar informados sobre cuestiones de seguridad derivadas del trabajo de la Organización. Mayor sistematicidad en las acciones prácticas.	Existe una cultura en la Organización respaldada por documentos y acciones prácticas sistemáticas de comunicación y actualización a pacientes, visitantes, clientes y organizaciones o sectores sobre cuestiones de seguridad derivadas del trabajo de la Organización.
SE.6	Integración de la seguridad física de fuentes en la cultura de comunicación de la Organización.	La seguridad física de fuentes no está considerada dentro de la cultura de comunicación de la Organización.	Algunos elementos de seguridad física de fuentes son insertados en las informaciones que fluyen dentro de la Organización como parte de su cultura de comunicación.	Mayor presencia de elementos de seguridad física de fuentes en las informaciones que fluyen dentro de la Organización como parte de su cultura de comunicación.	Los aspectos de la seguridad física de fuentes están integrados con igual importancia que los aspectos de la protección y seguridad radiológica dentro de las comunicaciones que forman parte de la cultura de comunicación de la Organización.
Elemento básico 7: Reporte libre sobre seguridad					
No	Sub elemento	Bajo	Progreso Incipiente	Progreso avanzado	Excelencia

SE.1	Grado en que se estimula el reporte libre sobre problemas o preocupaciones relacionados con la seguridad en la Organización.	No se estimula este tipo de reporte, solo son mandatorios en la Organización aquellos que deben ser notificados a las Autoridades por Ley.	Se estimula este tipo de reporte, aunque los mecanismos no están bien implementados.	Se estimula este tipo de reporte, con variedad de mecanismos bien establecidos.	No es necesario estimular este tipo de reporte, ya que es una forma de actuar dentro de la Organización que ha alcanzado un alto nivel de su cultura de reportar.
SE.2	Valor conferido en la Organización al reporte por parte de los trabajadores.	No hay interés significativo.	Existe cierto interés aunque no se tiene claro siempre el propósito. Eventos revelados demuestran que se ocultan los problemas.	Se le confiere un alto interés como forma de mejorar.	La recogida y análisis de reportes se considera un hábito de la Organización, parte de su fiabilidad organizacional. No se oculta ningún problema al considerarse una oportunidad de aprendizaje, lo que será valorado por la Alta Dirección.
SE.3	Respaldo de la Alta Dirección al reporte por parte de los trabajadores.	—	No están suficientemente claros los mecanismos de respaldo de la Alta Dirección con respecto al reporte sobre cuestiones de seguridad para evitar intimidaciones o represalias.	El respaldo de la Alta Dirección con respecto al reporte sobre cuestiones de seguridad está presente en las regulaciones internas y reflejado en algunas de sus acciones, que aseguran la protección del personal ante posibles intimidaciones o represalias, pero la credibilidad entre el personal aún es insuficiente.	La Alta Dirección respalda el reporte sobre cuestiones de seguridad, tanto por acciones visibles como por regulaciones internas que tienen una alta credibilidad entre el personal.
SE.4	Mecanismos establecidos en la Organización para el reporte por parte de los trabajadores.	No existen. Solo formulario oficial de reporte sobre sucesos radiológicos.	Se ha implementado algún mecanismo interno en la Organización.	Se han implementado varios mecanismos internos en la Organización.	La Organización cuenta con una variedad de mecanismos basados en las mejores prácticas en este tema.

SE.5	Cantidad de reportes realizados por los trabajadores.	Solo reportes de sucesos radiológicos.	Cierto nivel de reporte, aún reservado.	Mayor nivel de reporte, pero no extensivo.	No se deja de reportar ningún evento, situación o condición relacionada con la seguridad. Se reconoce la importancia de los fallos menores o cuasi accidentes (near-misses). Masiva participación.
SE.6	Motivación del personal de la Organización por reportar sobre asuntos de seguridad.	-	Baja motivación aún, por diversas razones. El mecanismo de reporte es complicado, falla la retroalimentación o el uso de sus potencialidades. No es un aspecto considerado en las políticas de premiación y estimulación del personal. Cierta reserva por percepción de posibles represalias.	Motivación creciente. El mecanismo para reportar está bien estructurado en todos sus elementos, limitando su uso solo la percepción personal o ciertos temores que subsisten a pesar de las políticas y declaraciones de la Alta Dirección. Es un aspecto considerado en las políticas de premiación y estimulación del personal.	Alta motivación. El mecanismo para reportar está bien estructurado en todos sus elementos, es buena la retroalimentación y es altamente visible su utilidad. Es un aspecto considerado en las políticas de premiación y estimulación del personal.
SE.7	Visión del reporte por el resto del personal.	-	No es bien visto por algunos, cierto temor, descrédito.	Hay una visión más positiva, aunque no es general.	Reportar problemas de seguridad es altamente valorado reconocido por el personal.
SE.8	Tipo de información reportada.	Solo sucesos radiológicos	Fundamentalmente fallos de Equipo o personas/organizaciones externas.	Mayor reporte de errores humanos y cuasi-accidentes propios.	Todo tipo de evento, situación o condición relacionada con la seguridad, propio del que reporta, interno de la Organización o derivado de factores externos a la Organización.

SE.9	Mecanismos preferentes de reporte libre.	-	Funcionan mejor los mecanismos anónimos.	Funcionan en igual grado los mecanismos anónimos y públicos (no anónimos).	Los mecanismos públicos (no anónimos) son mayormente utilizados con un uso bajo o nulo de los mecanismos anónimos o confidenciales.
SE.10	Integración de los aspectos relacionados con la seguridad física de fuentes dentro de la cultura de reportar de la Organización.	Ausencia de reportes sobre cuestiones de seguridad física de fuentes al no existir una cultura o interés en este tema.	Solo en raras ocasiones se realizan reportes sobre cuestiones de seguridad física de fuentes debido a una pobre conciencia sobre el tema.	Se realizan reportes sobre cuestiones de seguridad física de fuentes, pero aún se necesita una mayor comprensión de su importancia y la necesidad de involucrarse.	El personal confiere igual importancia a reportar cuestiones de seguridad física como de protección y seguridad radiológica, dada la responsabilidad y el interés que siente por ambos temas.
Elemento básico.8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad					
No	Sub elemento	Bajo	Progreso Incipiente	Progreso avanzado	Excelente
SE.1	Visión de los errores en la Organización.	Los errores son vistos como actos irresponsables de los trabajadores, que deben ser castigados.	Los errores son vistos, fundamentalmente, como fallos de entrenamiento y la respuesta por lo tanto se orienta fundamentalmente a acciones de capacitación. Hay cierta inmunidad.	Los errores son vistos como oportunidades de aprendizaje, siendo intolerables las violaciones de lo establecido.	Los errores, incluyendo las violaciones de lo establecido, son vistos en términos de fallos de las defensas organizacionales y como oportunidades de aprendizaje y mejoras, siendo sancionable solo los comportamientos inaceptables.
SE.2	Enfoque de la Alta Dirección hacia los incidentes o sucesos radiológicos o de seguridad física de fuentes.	Identificar culpables.	Identificar las causas directas y otros posibles fallos subyacentes.	Identificar causas directas y raíces en mayor profundidad, para mejorar la prevención en la Organización.	Identificar las causas raíces a través de los fallos de las defensas o barreras del sistema y la Organización, para mejorarlas.
SE.3	Manejo de comportamientos individuales.	La actuación sobre los comportamientos de los trabajadores en la Organización está orientada exclusivamente a aplicar	Hay poco entrenamiento de los directivos en el manejo y tratamiento de comportamientos seguros y no seguros de los	Hay mayor dominio y entrenamiento de los directivos en la identificación y tratamiento de los comportamientos seguros y no seguros de los trabajadores,	Los directivos están fuertemente entrenados en la identificación de comportamientos seguros y no seguros del personal y su tratamiento correspondiente, lo que es

		medidas disciplinarias a los actos inseguros e incumplimientos. No hay diferenciación entre comportamientos aceptables y no aceptables. Toda acción errónea es inaceptable.	trabajadores. No hay diferenciación entre comportamientos aceptables y no aceptables, aunque la Organización analiza cada error o acción en busca de alternativas que no sólo sean disciplinarias. No obstante prevalece aún el enfoque disciplinario.	pero no se aplican de forma habitual. Sin embargo se percibe que la Organización tiende a no culpabilizar, excepto las violaciones de lo establecido.	una práctica habitual de los estilos de dirección. Hay una clara definición en la Organización sobre lo que constituye un comportamiento inaceptable, establecida y comunicada con antelación y compartida por todo el personal. Hay políticas de manejo de las violaciones de lo establecido.
SE.4	Políticas disciplinarias de la Organización.	Son consideradas esenciales para la prevención de accidentes.	Aunque comienzan a no ser la base de la respuesta a los actos inseguros, errores y violaciones de lo establecido tienen todavía un peso importante en la Organización.	No son la base de la respuesta a los errores, solo para violaciones de lo establecido.	No son la base de la filosofía de la Organización en el tratamiento de los errores y las violaciones de lo establecido, sino que se reservan para aplicar racionalmente según la motivación que generó el error o la violación (por ej. asumir riesgos innecesarios deliberadamente) y no por el tipo de acción, sea un error o una violación en sí mismos.
SE.5	Evidencias de enfoque centrado en la búsqueda de culpables.	En toda investigación de problemas de seguridad, incidentes o accidentes ocurridos en la Organización, siempre se busca culpables.	Domina aún el enfoque centrado en la búsqueda de culpables, pero hay esfuerzos por establecer políticas y procedimientos para el tratamiento justo de comportamientos individuales.	Domina el enfoque centrado en la búsqueda de fallos de las barreras organizacionales y otras causas raíces de los problemas de seguridad, incidentes o accidentes que ocurren en la Organización, pero hay evidencias de sanciones a personal, responsable directo de lo sucedido, sin tratamiento del tipo de comportamiento (aceptable o no).	La Organización ha desarrollado una habilidad para investigar los problemas de seguridad, incidentes y accidentes que ocurren centrándose en los fallos de barreras/controles de la Organización, sancionando solo los comportamientos evidentemente inaceptables de acuerdo a lo establecido internamente.

Elemento básico 10: Ambiente de confianza y colaboración en seguridad					
No	Sub elemento	Bajo	Progreso incipiente	Proceso avanzado	Excelencia
SE.1	Colaboración.	Pobre o nula colaboración en la Organización.	La colaboración y toma de decisiones compartidas está limitada.	Mayor trabajo en equipo.	Alta colaboración entre departamentos, áreas y personal dentro de la Organización. Ausencia de “groupthink”.
SE.2	Premiación.	Los elementos de trabajo en equipo no están considerados en los sistemas de premiación.	Los sistemas de premiación todavía se centran en el reconocimiento a los logros individuales.	Los sistemas de premiación incorporan elementos que estimulan la capacidad y los resultados para el trabajo en equipo, aunque aún prevalece el reconocimiento individual.	Los sistemas de premiación tienen un fuerte componente enfocado al trabajo colectivo, superior o igual al desempeño individual.
SE.3	Confianza.	Desconfianza generalizada	La Organización busca crear entornos de confianza en la Organización, pero aún es incipiente.	El ambiente en la Organización promueve la confianza, aunque aún no es generalizada.	Hay un ambiente general de confianza permanente en la Organización, que se refleja en la libertad de reportar, el tratamiento justo de los errores, el trabajo en equipo y las buenas relaciones con la Alta Dirección.
SE.4	Rol de la Dirección.	Alta	Autoritario. Su rol es hacer cumplir las normas y regulaciones de seguridad.	Asegurar que se alcancen las metas y normas de seguridad, que el personal tenga claros los objetivos y se involucre en su propia protección.	Liderar al personal de la Organización en el logro de las metas y normas, que garanticen altos niveles de seguridad dentro de la Organización.
SE.5	Relación Dirección-trabajadores.	Alta Adversaria	Todavía adversaria, aunque puede haber mayores oportunidades para discutir objetivos o metas comunes.	Relación más cooperativa, de apoyo.	Relación de apoyo mutuo.

SE.6	Sentido de pertenencia y apego del personal a la Organización.	Nula.	Se aprecia una mayor preocupación del personal por la Organización, pero hay inestabilidad en el personal.	Se aprecia una mayor estabilidad y compromiso del personal con la Organización.	La Organización ha logrado una elevada estabilidad de su personal por el alto sentido de pertenencia y de apego a la misma.
SE.7	Seguridad como estilo de vida fuera del entorno laboral.	No hay políticas de la Organización para promover que la seguridad sea un estilo de vida del personal, aun fuera del entorno laboral.	Hay interés en este aspecto, pero pocas acciones prácticas de la Organización.	Hay algunas acciones de la Organización para promover la seguridad como estilo de vida del personal.	La Organización ha implementado programas y acciones para desarrollar una cultura de seguridad en su personal como estilo de vida y ello se aprecia en la baja tasa de accidentes y lesiones fuera del entorno laboral.
SE.8	Habilidades mentales (no-técnicas) del personal (anticiparse a errores, ensayar recuperaciones, mantenerse alerta, Conciencia de situación).	No se comprende su importancia.	El énfasis de la Alta Dirección se mantiene en las habilidades técnicas del personal, buscando desarrollar habilidades mentales, pero solo por campañas o consignas.	Hay mayor comprensión de la Alta Dirección sobre la importancia de las habilidades mentales del personal, pero hay todavía desarrollo insuficiente.	La Alta Dirección estimula al personal a adquirir habilidades mentales además de las técnicas, logrando importantes avances en este campo.
SE.9	Colaboración del personal de la Organización a favor de la seguridad física de fuentes.	Escasa o nula colaboración.	Hay cierta colaboración con el personal encargado de la seguridad física*, pero poca colaboración entre el propio personal de la Organización en estos temas *cuando son organizaciones independientes,	Mayor colaboración con el personal encargado de la seguridad física y entre el propio personal de la Organización. Comienza a tenerse en cuenta en las evaluaciones de grupos y áreas de la Organización su colaboración y apoyo a las medidas del sistema de seguridad física.	Total colaboración con el personal encargado de la seguridad física y entre todo el personal, con el mismo interés y espíritu de colaboración que en los asuntos de protección y seguridad radiológica. La colaboración y el ambiente a favor de la seguridad física en la Organización están incorporados en los sistemas de evaluación de grupos y áreas de trabajo de la Organización así como en los sistemas de premiación.

			atendiendo a la práctica de cada Organización o país.		
--	--	--	---	--	--

Tabla 41: Criterios e indicadores cualitativos de los elementos básicos de la cultura de seguridad. (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016)

13.2. Niveles de cultura de seguridad radiológica de acuerdo a la evaluación cualitativa.



Imagen 19: Niveles de cultura de seguridad radiológica de acuerdo a la evaluación cualitativa. Fuente: (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016)

13.3. Dimensiones y cargas de trabajo para sala de Tomografía, Fluoroscopia, Rayos X y Mamografía.

Sala de Tomografía.

Numeración	alto	ancho	grosor
1	2,50 m	6,82 m	22 cm
2	2,50 m	16 cm	22 cm
3	2,50 m	2,23 m	22 cm
4	2,50 m	1 m	22 cm
5	2,50 m	52 cm	22 cm
6	2,14 m	98 cm	14 cm
7	2,50 m	58 cm	22 cm
7,1	89 cm	1,50 m	12 cm
8	2,50 m	1,16 m	40 cm
9	2,50 m	5,16 m	40 cm
10	2,50 m	6,82 m	40 cm
11	2,50 m	2,94 m	40 cm
12	2,50 m	1,71	40 cm
13	2,13 m	98 cm	8 cm
14	2,14 m	44 cm	27 cm
15	2,50 m	1,94 m	22 cm
16	2,14 cm	98 cm	8 cm

Calculo de carga de trabajo del tubo de Rx
 En promedio diariamente se realizan 80 estudios, los cuales comprenden 128 cortes por paciente con al menos 12 mAs por cada corte, es decir, 1536 mAs por estudio.
 Entonces.
 $W = 1536 \text{ mAs} \times 80 \text{ pacientes} \times 7 \text{ dias} = 860,160 \text{ mAs/semana}$
 o bien $W = 14\,336 \text{ mA-min / semana}$.

Sala de fluoroscopia.

Numeración	ancho	alto	grosor
1	1,22 m	2,78 m	40 cm
2	1,44 m	2,12 m	27 cm
3	90 cm	2,78 m	40 cm
4	1,60 m	2,78 m	40 cm
5	5,19 m	2,78 m	40 cm
6	5,10 m	2,78 m	40 cm
7	5,16 m	2,78 m	40 cm
8	10,29 m	2,78 m	40 cm
9	2,76 m	2,78 m	22 cm
9.1	74,5 cm	59 cm	10 cm
10	1,20 m	2,78 m	22 cm

Calculo de carga de trabajo del tubo de Rx

en promedio semanal se realizan 6 estudios, los cuales comprenden 3 proyecciones (AP supino), con un promedio de 30 mAs por cada proyección, es decir, 90 mAs por estudio.

Entonces.

$$W = 90 \text{ mAs} \times 6 \text{ pacientes} \times 7 \text{ dias} = 3780 \text{ mAs/semana}$$

$$\text{o bien } W = 63 \text{ mA-min / semana.}$$

Además tenemos un equipo de Rx portatil con el cual se realizan almenos 20 estudios por semana, con 3 proyecciones por cada estudio y un promedio de 6 mAs

Entonces

$$W = 18 \text{ mAs} \times 20 \text{ estudios} \times 7 \text{ dias} \\ = 2520 \text{ mAs/semana} \\ = 42 \text{ mA-min / semana}$$

Sala de rayosX 2.

Numeración	ancho	alto	grosor
1	6,82 m	2,78m	22 cm
2	90 cm	2,78 m	40 cm
3	1,44 m	2,13 m	27 cm
4	1,22 m	2,78 m	40 cm
5	6,82 m	2,78 m	22 cm
6	5,16 m	2,78 m	22 cm
7	1,60 m	2,78 m	22 cm
8	1,60 m	2,78 m	22 cm
9	1,20 m	2,78 m	22 cm
8.1	74 cm	63 cm	8 cm

Calculo de carga de trabajo del tubo de Rx

en promedio diariamente se realizan 120 estudios, con almenos 3 proyecciones por paciente, con un promedio de 6 mAs, es decir, 12 mAs por cada uno.

Entonces.

$$W = 18 \text{ mAs} \times 120 \text{ pacientes} \times 7 \text{ dias} = 15120 \text{ mAs/semana}$$

$$\text{o bien } W = 252 \text{ mA-min / semana.}$$

Sala de rayosX 1.

Numeración	alto	ancho	grosor
1	2,78 m	6,82 m	22 cm
2	2,78 m	1,36 m	22 cm
3	2,78 m	0,4 m	40 cm
4	2,12 m	1,44 m	27 cm
5	2,78 m	1,22 m	40 cm
6	2,78 m	6,82 m	22 cm
7	2,78 m	5,16 m	22 cm
8	2,78 m	1,60 m	22 cm
9	2,78 m	1,20 m	22 cm
8.1	0,64 m	0,76 m	9 cm

Calculo de carga de trabajo del tubo de Rx

en promedio diariamente se realizan 120 estudios, con almenos 3 proyecciones por paciente, con un promedio de 6 mAs, es decir, 12 mAs por cada uno.

Entonces.

$$W = 18 \text{ mAs} \times 120 \text{ pacientes} \times 7 \text{ dias} = 15120 \text{ mAs/semana}$$

$$\text{o bien } W = 252 \text{ mA-min / semana.}$$

Sala de mamografía.

Numeración	alto	ancho	grosor
1	2,78 m	3,84 m	27 cm
2	2,13 m	1,32 m	10 cm
3	2,78 m	6,83 m	27 cm
4	2,78	5,16 m	27 cm
5	2,78	6,83 m	27 cm
6	2,78 m	1.85 m	27 cm
7	2,13 m	0,9 m	8 cm
8	1,96 m	1,68 m	4 cm
9	0,5 m	0,6 m	3 cm

Calculo de carga de trabajo del tubo de Rx
 en promedio diariamente se realizan 40 estudios, los cuales comprenden 4 proyecciones (2 craneo caudal 90° y 2 LAT 270°) con un promedio de 12 mAs por cada proyección, es decir, 48 mAs por estudio.

Entonces.

$$W = 48 \text{ mAs} \times 40 \text{ pacientes} \times 7 \text{ dias} = 13,440 \text{ mAs/semana}$$

o bien $W = 224 \text{ mA-min} / \text{ semana}.$

13.4. Hoja de cálculo de Excel para barrera primaria y barrera secundaria.

CÁLCULO DE BLINDAJES PARA BARRERA PRIMARIA

Institución: HOMFVP Barrera: PRIMARIA
 Sala: mamografía Dependencia contigua: consola
 Fecha: 15/3/2022 Símbolo en el plano: A

DATOS GENERALES	Símbolo	Valores
Factor de uso	U	<u>1</u>
Factor de ocupación	T	<u>1</u>
Clasificación de zona		<u>CONTROLADA</u>
Límite semanal (mSv)	Hv	<u>0.4</u>

DATOS DE CARGA SEMANAL	Símbolo	Valores
Carga semanal (mA.min)	W	<u>224</u>
Tensión máxima (50-150)	KVp	<u>125</u>
Rendimiento (mSv. m ² /mA.min)	r	<u>11.1</u>

DISTANCIAS DE CÁLCULO	Símbolo	Valores
Distancia foco-barrera (m)	d	<u>1.76</u>

FACTOR DE ATENUACIÓN	Símbolo	Valores
	A	<u>2.01E-03</u>

ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm) **1.85**

Espeesor equivalente en otros materiales

Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	2.3
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	15.0
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	21.4

Imagen 20: Hoja de cálculo de blindaje para barreras primarias.

Fuente: (Sociedad Española de Física Médica, 2017)

Institución:	HOMFVP	Barrera:	Parad
Sala:	TOMOGRÁFIA	Dependencia antigua:	SALARI
Fecha:	15/3/2022	Símbolo en el plano:	B
DATOS GENERALES			
Factor de uso	U	Valor dispersión	1
Factor de ocupación	T	Valor fuga	1
Clasificación de zona			CONTROLADA
Límite semanal (mSv)	Hu		0.02
DATOS DE CARGA SEMANAL			
Carga máxima fuga (mA.min)	Q _g		240
Carga semanal (mA.min)	W		224
Tensión máxima (50-150)	KVp		125
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)	F	11.1	
Factor corrección radiación fuga	F		0.59
Capacidad reductora fuga	CHR		0.27
DISTANCIAS DE CÁLCULO			
Distancia foco-paciente (m)	d _p		1
Distancia paciente-barrera (m)	d _s		3.64
Distancia foco-barrera (m)	d		3.94
PARÁMETROS DE DISPERSIÓN			
Tamaño de campo (cm ²)	S		400
Factor de dispersión	a		0.002
FACTOR DE ATENUACIÓN			
	A	1.88E+01	1.77
ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)			
		0.41	0.22
Espesor total (mm Pb):		0.68	
Equivalente en otros materiales			
	Hormigón baritado de 3,2 q/cm ³ DIN 6812 (cm)		0.8
	Hormigón de 2,3 q/cm ³ DIN 6812 (cm)		6.7
	Ladrillo macizo de 1,8 q/cm ³ DIN 6812 (cm)		9.8

Imagen 21: Hoja de cálculo de blindaje para barreras secundarias. Fuente: (Sociedad Española de Física Médica, 2017)

13.5. Tabla genérica de funciones de seguridad.

Funciones de seguridad genéricas		
No.	Funciones de seguridad	Sistemas y barreras de operaciones
1	Blindaje	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistemas que proporcione blindaje 2. Enclavamiento, cierres y mecanismos de obturadores 3. Mecanismos de encendido y apagado 4. Embalaje 118 5. Vigilancia radiológica periódica 6. Vigilancia periódica en la infraestructura 7. Mantenimiento de la infraestructura

2	Confinamiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encapsulamiento 2. Contenedor/Frasco 3. Caja (Box) 4. Bóveda de almacenamiento 5. Filtros 6. Sistemas de ventilación y aire acondicionado 7. Prueba, Vigilancia 8. Sistema de manipulación remota 9. Verificación periódica del inventario de materiales 10. Etiquetas, avisos y señales de alerta 11. Sistemas contra incendios.
3	Robustez de la fuente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prueba de hermeticidad y estanqueidad 2. Marcas y etiquetas de las fuentes 3. Sistemas de enclavamiento y fallos de seguridad
4	Control de acceso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoreo de alarmas de irradiación 2. Puertas, cercas, paredes, jaulas y etc 3. Procedimientos de control de accesos, claves o códigos de accesos 4. Procedimientos para el uso autorizado de la fuente, registro de usuario autorizado 5. Ubicación y ubicación de la consola de control 6. Señalización 7. Sistema de vigilancia 8. Enclavamientos 9. Límites de instalación
5	Tiempo de exposición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alarmas de irradiación 2. Tiempo de exposición 3. Límites de exposición 4. Procedimientos de operación normal y de Emergencia

Tabla 42: funciones de seguridad genérica basadas en la “Guía de evaluación de seguridad de instalaciones y actividades asociadas a fuentes generadoras de radiaciones ionizantes”. (CONEA, 2017).

13.6. Dosimetría de los TOEs.

Registro de HP (10) de TOEs en el año 2019

<LD: menor al límite de detección.

NE: No entregó dosímetro.

	18/03/2019-20/05/2019	20/05/2019-24/07/2019	24/07/2019-25/09/2019	25/09/2019-17/12/2019	
	Dosis del periodo	Dosis del periodo	Dosis del periodo	Dosis del periodo	dosis acumulada anual (mSv)
Usuario 1	0.09	0.12	0.18	0.33	0.51
Usuario 2	0.04	0.06	0.2	0.33	0.53
Usuario 3	0.1	<LD	0.19	0.36	0.55
Usuario 4	0.16	<LD	0.16	0.33	0.49
Usuario 5	0.14	<LD	0.08	0.32	0.5
Usuario 6	0.1	<LD	0.18	0.37	0.55
Usuario 7	0.15	0.2	0.18	0.47	0.65
Usuario 8	0.14	0.17	0.18	0.33	0.49
Usuario 9	0.22	0.19	0.16	0.35	0.46
Usuario 10	<LD	0.2	0.11	0.43	0.63
Usuario 11	0.1	0.18	0.2	0.4	0.57
Usuario 12	0.14	0.18	0.17	0.36	0.49
Usuario 13	0.1	<LD	0.13	0.25	0.74
Usuario 14	0.13	0.17	0.12	0.11	0.31
Usuario 15	0.12	0.25	0.2	0.08	0.31
Usuario 16	0.11	<LD	0.08	0.04	0.4
Usuario 17	0.14	0.21	0.12	0.38	0.42
Usuario 18	0.12	0.16	0.04	0.12	0.51
Usuario 19	0.21	0.1	0.19	0.38	0.59

Usuario 20	0.11	0.12	0.21	0.3	0.47
Usuario 21	0.12	0.37	0.17	0.32	0.49
Usuario 22	0.1	0.42	0.17	0.32	0.5
Usuario 23	0.15	0.29	0.18	0.34	0.49
Usuario 24	0.15	0.46	0.15	0.29	0.5
Usuario 25	0.13		0.16	0.36	0.49
Usuario 26			0.2	0.17	0.45
Usuario 27			0.32	0.31	0.56
Usuario 28			0.18	0.15	0.49
Usuario 29			0.2	0.14	0.49
Usuario 30			0.21	0.18	0.35
Usuario 31			0.19	0.14	0.35
Usuario 32			0.2	0	0.37
Usuario 33			0.21	0.17	0.35
Usuario 34			0.17	0.16	0.38
Usuario 35			0.15	0.18	0.32
Usuario 36			0.16	0.2	0.32
Usuario 37			0.19	0.05	0.37
Usuario 38			0.19	0.13	0.39
Usuario 39			0.14	0.23	0.44
Usuario 40			0.17	0.15	0.3
Usuario 41			0.18	0.12	0.89
Usuario 42			0.16	0.21	0.31
Usuario 43			0.2	0.33	0.32
Usuario 44			0.16	0.4	1.11
Usuario 45			0.3	0.29	1.57
Usuario 46			0.17	0.35	0.57
Usuario 47			0.16	0.25	0.45
Usuario 48			0.19	0.11	0.54

Usuario 49			0.15	0.19	0.4
Usuario 50			0.12	0.22	0.23
Usuario 51			0.16	0.16	0.35
Usuario 52			0.05	0.16	0.6
Usuario 53			0.16	0.09	0.32
Usuario 54			0.14	0.24	0.3
Usuario 55			0.15	0.15	0.24
Usuario 56			0.14	0.11	0.9
Usuario 57			0.17	0.14	0.32
Usuario 58			0.15	0.2	0.26
Usuario 59			0.06	0	0.2
Usuario 60			0.18	0	0.91
Usuario 61			0.17	0.22	0.17
Usuario 62			0.2	0	0.8
Usuario 63			0.17	0.47	0.83
Usuario 64			0.2	0.27	0.2
Usuario 65			0.17	0.31	0.66
Usuario 66			0.2	0.35	0.45
Usuario 67			0.19	0.32	0.39
Usuario 68			0.18	0.37	0.5
Usuario 69			0.08	0.36	0.49
Usuario 70			0.15	0.42	0.54
Usuario 71			0.17	0.35	0.53
Usuario 72			0.17	0.47	0.61
Usuario 73			0.17	0.4	0.44
Usuario 74			0.19	0.51	0.64
Usuario 75			0.09	0.3	1.25
Usuario 76			0.17	0.42	0.65
Usuario 77			0.16	0.46	0.44

Usuario 78			0.14	0.3	0.61
Usuario 79			0.14	0.04	0.66
Usuario 80			0.19	0.34	0.46
Usuario 81			0.2	0.14	0.46
Usuario 82			0.16	0.16	1.02
Usuario 83			0.15	0.18	0.32
Usuario 84			0.18	0.14	0.35
Usuario 85			0.18	0.08	0.85
Usuario 86			0.19	0.33	0.3
Usuario 87			0.16	0.34	1.17
Usuario 88			0.16	0.33	0.44
Usuario 89			0.73	0.31	0.52
Usuario 90			0.11	0.4	0.44
Usuario 91			0.18	0.25	0.46
Usuario 92			0.21	0.32	0.56
Usuario 93			0.11	0.34	0.43
Usuario 94			0.15	0.31	0.53
Usuario 95			0.16	0.46	0.5
Usuario 96			0.18	0.44	0.49
Usuario 97			0.21	0.3	0.62
Usuario 98			0.16	0.52	0.62
Usuario 99			0.18	0.4	0.46
Usuario 100			0.16	0.35	0.67
Usuario 101			0.18	0.49	0.56
Usuario 102			0.16	0.3	0.51
Usuario 103			0.15	0.4	0.67
Usuario 104			0.16	0.33	0.49
Usuario 105			0.16	0.37	0.67
Usuario 106			0.18	0.35	0.5

Usuario 107			0.19	0.37	0.53
Usuario 108			0.18	0	0.57
Usuario 109			0.27	0.34	0.47
Usuario 110			0.17	0.12	0.27
Usuario 111			0.16	0.2	0.52
Usuario 112			0.22	0.14	0.28
Usuario 113			0.1	0.14	0.71
Usuario 114			0.09	0.11	0.34
Usuario 115			0.15	0.12	0.29
Usuario 116			0.18	0.13	0.22
Usuario 117			0.16	0.18	0.29
Usuario 118			0.14	0.1	0.13
Usuario 119			0.2	0.04	0.78
Usuario 120			0.15	0.11	0.34
Usuario 121			0.11	0.12	0.51
Usuario 122			0.17	0.17	0.31
Usuario 123			<LD	0.2	0.27
Usuario 124			0.18	0.16	0.32
Usuario 125			0.24	0.13	0.83
Usuario 126			0.18	0.15	0.27
Usuario 127			0.2	0.16	0.29
Usuario 128			0.15		0.35
Usuario 129			0.15		0.32
Usuario 130			0.17		
Usuario 131			0.11		
Usuario 132			0.16		
Usuario 133			0.2		
Usuario 134			0.16		

Tabla 43: Dosis de periodos correspondientes para el año 2019. Fuente: LAF-RAM.

Registro de HP (10) de TOEs en el año 2020

	17/12/2019-25/02/2020	25/02/2020-07/05/2020	07/05/2020-17/07/2020	17/07/2020-03/11/2020	
	dosis del periodo	dosis del periodo	dosis del periodo	dosis del periodo	dosis acumulada anual (mSv)
U1	0.3	2.6	NE	0.79	3.69
U2	0.16	0.28	NE	0.35	0.35
U3	0.26	0.21	NE	0.59	1.03
U4	0.23	0.15	NE	0.87	1.34
U5	0.26	0.3	NE	0.86	1.24
U6	0.31	0.21	NE	0.73	1.29
U7	0.16	NE	NE	0.71	1.23
U8	0.14	0.18	NE	NE	0.16
U9	NE	0.3	NE	0.33	0.33
U10	0.24	0.15	NE	0.56	0.88
U11	0.26	0.24	0.26	0.78	1.08
U12	0.21	0.1	0.21	0.98	1.37
U13	NE	0.36	NE	0.69	1.45
U14	0.19	0.06	0.14	0.61	1.13
U15	0.13	<LD	0.2	1.27	1.63
U16	0.11	0.22	NE	0.53	0.92
U17	0.19	NE	0.2	0.53	0.86
U18	0.17	0.25	NE	0.56	0.89
U19	0.27	0.27	NE	0.57	0.96
U20	0.21	0.25	NE	NE	0.17
U21	0.27	0.18	NE	0.8	1.32
U22	0.16	NE	NE	0.69	1.17
U23	0.14	NE	NE	0.83	1.35
U24	NE	1.06	NE	0.66	1

U25	0.58	DP	NE	NE	0.14
U26	0.25	0.38	NE	NE	0
U27	NE	0.2	NE	2.24	3.88
U28	0.36	0.31	NE	0.74	0.99
U29	0.3	NE	NE	0.92	1.3
U30	0.16	0.26	NE	NE	0
U31	0.16	0.28	NE	0.97	1.53
U32	0.26	0.29	NE	0.76	1.37
U33	0.3	NE	NE	NE	0.16
U34	0.25	<LD	0.23	0.66	1.18
U35	0.31	0.19	NE	1.04	1.62
U36	0.19	0.21	0.25	NE	0.31
U37	<LD	0.34	NE	0.38	0.8
U38	0.2	0.19	NE	0.65	0.84
U39	0.26	0.19	0.25	0.39	1.05
U40	0.33	0.28	0.26	0.72	1.32
U41	0.19	0.4	NE	0.88	1.4
U42	0.23	0.38	NE	0.64	1.27
U43	0.15	0.44	NE	0.54	1.31
U44	0.26	0.37	NE	0.45	1
U45	0.28	0.4	NE	0.69	1.33
U46	NE	0.25	0.13	0.73	1.45
U47	0.13	0.44	NE	0.86	1.23
U48	0.1	0.36	NE	0.51	1.04
U49	0.14	0.27	0.23	0.49	0.97
U50	0.22	0.37	NE	0.44	1.02
U51	0.24	NE	NE	0.73	1.31
U52	0.15	0.55	NE	0.62	1.27

U53	0.23	0.2	0.29	0.6	0.6
U54	0.14	0.51	0.21	0.8	1.4
U55	0.12	<LD	0.26	NE	0.14
U56	0.16	0.19	NE	0.64	1.13
U57	0.28	0.3	NE	0.4	1.05
U58	0.16	0.3	NE	0.32	0.69
U59	0.7	0.15	NE	0.37	0.99
U60	0.41	1.77	NE	0.84	1.55
U61	0.27	0.32	NE	0.93	1.5
U62	0.21	0.29	NE	0.74	1.2
U63	0.17	2.67	NE	0.57	2.51
U64	0.21	0.18	NE	0.76	1.29
U65	0.22	0.24	NE	0.8	1.31
U66	0.33	0.23	0.25	0.81	3.81
U67	0.21	DP	NE	0.45	0.96
U68	0.17	0.21	NE	0.59	1.01
U69	0.19	0.23	NE	0.73	1
U70	0.27	0.32	NE	0.48	1.1
U71	0.16	0.19	NE	0.4	0.77
U72	0.14	0.22	0.24	0.77	1.33
U73	0.24	0.29	0.27	1.03	1.4
U74	0.18	<LD	NE	1.13	1.7
U75	0.35	0.2	0.26	0.68	1.19
U76	0.22	NE	NE	0.37	0.78
U77	0.17	0.27	0.24	0.32	1.13
U78	0.34	0.18	NE	NE	0.22
U79	0.22	0.31	NE	0.45	0.89
U80	0.17	0.07	NE	0.42	1.03

U81	0.17	0.26	NE	0.87	1.5
U82	0.32	0.21	NE	0.11	0.71
U83	0.29	0.28	NE	0.58	1.02
U84	0.18	0.27	NE	0.81	1.35
U85	0.33	0.29	NE	0.56	1.02
U86	0.18	0.22	NE	0.72	1.26
U87	0.27	0.29	NE	0.33	0.33
U88	0.27	0.21	NE	1	1.56
U89	0.3	NE	NE	0.8	1.32
U90	0.19	0.31	0.24	0.54	1.02
U91	0.22	NE	NE	0.49	0.7
U92	0.33	0.23	NE	NE	0.22
U93	0.29	0.32	NE	0.94	1.58
U94	0.3	0.21	NE	NE	0.29
U95	NE	0.29	NE	0.89	1.21
U96	0.36	0.35	NE	0.44	0.44
U97	0.26	0.31	NE	0.64	1.53
U98	0.22	0.2	NE	0.74	1.35
U99	0.14	0.26	NE	0.82	0.81
U100	0.28	0.22	NE	0.47	1.46
U101	0.24	0.29	NE	0.92	1.13
U102	0.25	NE	NE	0.67	1.3
U103	0.22	0.18	0.21	0.76	0.22
U104	0.19	0.31	NE	NE	0.88
U105	0.15	<LD	NE	0.51	1.01
U106	0.15	1.85	NE	0.55	2.79
U107	0.25	0.18	NE	0.69	0.56
U108	0.34	0.26	NE	0.38	1.51

U109	0.16	0.18	NE	0.91	1.25
U110	0.39	0.22	0.27	0.7	1.56
U111	0.22	0.3	NE	0.95	1.24
U112	0.2	0.21	NE	0.72	1.1
U113	0.23	0.22	NE	0.69	1.21
U114	0.08	0.28	0.28	0.76	1.07
U115	0.22	0.22	NE	0.71	1.05
U116	0.18	<LD	NE	0.61	0.29
U117	0.18	0.26	NE	0.29	0.76
U118	0.12	NE	NE	0.31	1
U119	0.2	0.24		0.56	0.12
U120	0.19	0.19		NE	1.16
U121	0.14	0.28		0.72	1.01
U122	0.21	0.27		0.35	0.92
U123	0.16	0.3		0.5	1.27
U124	0.31	0.26		0.79	0.92
U125				0.46	1.39
U126				0.82	

Tabla 44: Dosis de periodos correspondientes para el año 2020. Fuente: LAF-RAM.

Registro de HP (10) de TOEs en el año 2021.

	17/12/2019-25/02/2020	25/02/2020-07/05/2020	07/05/2020-17/07/2020	17/07/2020-03/11/2020	
	dosis del periodo	dosis del periodo	dosis del periodo	dosis del periodo	dosis acumulada anual (mSv)
U1	0.3	2.6	NE	0.79	3.69
U2	0.16	0.28	NE	0.35	0.35
U3	0.26	0.21	NE	0.59	1.03
U4	0.23	0.15	NE	0.87	1.34
U5	0.26	0.3	NE	0.86	1.24
U6	0.31	0.21	NE	0.73	1.29
U7	0.16	NE	NE	0.71	1.23
U8	0.14	0.18	NE	NE	0.16
U9	NE	0.3	NE	0.33	0.33
U10	0.24	0.15	NE	0.56	0.88
U11	0.26	0.24	0.26	0.78	1.08
U12	0.21	0.1	0.21	0.98	1.37
U13	NE	0.36	NE	0.69	1.45
U14	0.19	0.06	0.14	0.61	1.13
U15	0.13	<LD	0.2	1.27	1.63
U16	0.11	0.22	NE	0.53	0.92
U17	0.19	NE	0.2	0.53	0.86
U18	0.17	0.25	NE	0.56	0.89
U19	0.27	0.27	NE	0.57	0.96
U20	0.21	0.25	NE	NE	0.17
U21	0.27	0.18	NE	0.8	1.32
U22	0.16	NE	NE	0.69	1.17
U23	0.14	NE	NE	0.83	1.35
U24	NE	1.06	NE	0.66	1

U25	0.58	DP	NE	NE	0.14
U26	0.25	0.38	NE	NE	0
U27	NE	0.2	NE	2.24	3.88
U28	0.36	0.31	NE	0.74	0.99
U29	0.3	NE	NE	0.92	1.3
U30	0.16	0.26	NE	NE	0
U31	0.16	0.28	NE	0.97	1.53
U32	0.26	0.29	NE	0.76	1.37
U33	0.3	NE	NE	NE	0.16
U34	0.25	<LD	0.23	0.66	1.18
U35	0.31	0.19	NE	1.04	1.62
U36	0.19	0.21	0.25	NE	0.31
U37	<LD	0.34	NE	0.38	0.8
U38	0.2	0.19	NE	0.65	0.84
U39	0.26	0.19	0.25	0.39	1.05
U40	0.33	0.28	0.26	0.72	1.32
U41	0.19	0.4	NE	0.88	1.4
U42	0.23	0.38	NE	0.64	1.27
U43	0.15	0.44	NE	0.54	1.31
U44	0.26	0.37	NE	0.45	1
U45	0.28	0.4	NE	0.69	1.33
U46	NE	0.25	0.13	0.73	1.45
U47	0.13	0.44	NE	0.86	1.23
U48	0.1	0.36	NE	0.51	1.04
U49	0.14	0.27	0.23	0.49	0.97
U50	0.22	0.37	NE	0.44	1.02
U51	0.24	NE	NE	0.73	1.31
U52	0.15	0.55	NE	0.62	1.27

U53	0.23	0.2	0.29	0.6	0.6
U54	0.14	0.51	0.21	0.8	1.4
U55	0.12	<LD	0.26	NE	0.14
U56	0.16	0.19	NE	0.64	1.13
U57	0.28	0.3	NE	0.4	1.05
U58	0.16	0.3	NE	0.32	0.69
U59	0.7	0.15	NE	0.37	0.99
U60	0.41	1.77	NE	0.84	1.55
U61	0.27	0.32	NE	0.93	1.5
U62	0.21	0.29	NE	0.74	1.2
U63	0.17	2.67	NE	0.57	2.51
U64	0.21	0.18	NE	0.76	1.29
U65	0.22	0.24	NE	0.8	1.31
U66	0.33	0.23	0.25	0.81	3.81
U67	0.21	DP	NE	0.45	0.96
U68	0.17	0.21	NE	0.59	1.01
U69	0.19	0.23	NE	0.73	1
U70	0.27	0.32	NE	0.48	1.1
U71	0.16	0.19	NE	0.4	0.77
U72	0.14	0.22	0.24	0.77	1.33
U73	0.24	0.29	0.27	1.03	1.4
U74	0.18	<LD	NE	1.13	1.7
U75	0.35	0.2	0.26	0.68	1.19
U76	0.22	NE	NE	0.37	0.78
U77	0.17	0.27	0.24	0.32	1.13
U78	0.34	0.18	NE	NE	0.22
U79	0.22	0.31	NE	0.45	0.89
U80	0.17	0.07	NE	0.42	1.03

U81	0.17	0.26	NE	0.87	1.5
U82	0.32	0.21	NE	0.11	0.71
U83	0.29	0.28	NE	0.58	1.02
U84	0.18	0.27	NE	0.81	1.35
U85	0.33	0.29	NE	0.56	1.02
U86	0.18	0.22	NE	0.72	1.26
U87	0.27	0.29	NE	0.33	0.33
U88	0.27	0.21	NE	1	1.56
U89	0.3	NE	NE	0.8	1.32
U90	0.19	0.31	0.24	0.54	1.02
U91	0.22	NE	NE	0.49	0.7
U92	0.33	0.23	NE	NE	0.22
U93	0.29	0.32	NE	0.94	1.58
U94	0.3	0.21	NE	NE	0.29
U95	NE	0.29	NE	0.89	1.21
U96	0.36	0.35	NE	0.44	0.44
U97	0.26	0.31	NE	0.64	1.53
U98	0.22	0.2	NE	0.74	1.35
U99	0.14	0.26	NE	0.82	0.81
U100	0.28	0.22	NE	0.47	1.46
U101	0.24	0.29	NE	0.92	1.13
U102	0.25	NE	NE	0.67	1.3
U103	0.22	0.18	0.21	0.76	0.22
U104	0.19	0.31	NE	NE	0.88
U105	0.15	<LD	NE	0.51	1.01
U106	0.15	1.85	NE	0.55	2.79
U107	0.25	0.18	NE	0.69	0.56
U108	0.34	0.26	NE	0.38	1.51

U109	0.16	0.18	NE	0.91	1.25
U110	0.39	0.22	0.27	0.7	1.56
U111	0.22	0.3	NE	0.95	1.24
U112	0.2	0.21	NE	0.72	1.1
U113	0.23	0.22	NE	0.69	1.21
U114	0.08	0.28	0.28	0.76	1.07
U115	0.22	0.22	NE	0.71	1.05
U116	0.18	<LD	NE	0.61	0.29
U117	0.18	0.26	NE	0.29	0.76
U118	0.12	NE	NE	0.31	1
U119	0.2	0.24		0.56	0.12
U120	0.19	0.19		NE	1.16
U121	0.14	0.28		0.72	1.01
U122	0.21	0.27		0.35	0.92
U123	0.16	0.3		0.5	1.27
U124	0.31	0.26		0.79	0.92
U125				0.46	1.39
U126				0.82	

Tabla 45: Dosis de periodos correspondientes para el año 2021. Fuente: LAF-RAM.

13.7. Formato de Encuestas y entrevistas realizadas a TOEs y pacientes.

El formato de las encuestas y entrevistas que se muestran a continuación está basado en el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares. (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016)



**Facultad de Ciencias e Ingeniería
Departamento de Física
“2022, Vamos por más victorias educativas”**



Encuesta sobre evaluación de Seguridad Radiológica y cultura de seguridad en el departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz.

La presente encuesta pretende conocer y evaluar la seguridad radiológica y la cultura de seguridad radiológica de esta institución hospitalaria.

I. Dirigida a Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs)

1. ¿Cómo es la visibilidad de la prioridad de la organización en protección radiológica?

- a) Con frecuencia la seguridad se subordina a otros intereses de la Organización no relacionados con la seguridad.
- b) La Organización busca asegurar la prioridad de la seguridad, pero aún no es muy evidente en todas las acciones de la Organización.
- c) La seguridad es priorizada en la Organización, de forma evidente en la mayoría de las situaciones y acciones.
- d) La seguridad es priorizada en todas las acciones y situaciones de la Organización, de forma evidente.

2. ¿Cómo es la prioridad de seguridad en la institución?

- a) No hay reconocimiento explícito de la prioridad por la seguridad o está reflejado ambiguamente en la documentación de la Organización. Poca o nula presencia de vallas, carteles, mensajes y anuncios al respecto.
- b) La prioridad por la seguridad está incorporada solo en algunos documentos de máxima jerarquía* de la Organización. Presencia de algunas vallas, carteles, mensajes y/o anuncios al respecto.

- c) La prioridad por la seguridad está incorporada en todos los documentos de máxima jerarquía de la Organización y en algunos de sus documentos y procedimientos internos de trabajo. Presencia de numerosas vallas, carteles, mensajes y anuncios al respecto.
- d) La prioridad por la seguridad es un concepto incorporado en todos los documentos de máxima jerarquía y procedimientos y documentos internos de la Organización. Presencia de numerosas vallas, carteles, mensajes y anuncios, así como el uso de la informática y otros mecanismos internos (Web, correo electrónico, videos, etc.) con mensajes al respecto

3. ¿El personal que opera los equipos tiene autorización de detener una actividad o trabajo?

- a) No hay políticas al respecto o ningún trabajador está autorizado a detener una tarea o actividad, aunque sospeche que pueden existir problemas de seguridad, solo debe limitarse a comunicarlo a sus superiores.
- b) La Organización promueve y apoya que sus trabajadores detengan, previa consulta, algunas tareas o actividades, cuando sospechen que pueden existir problemas de seguridad.
- c) La Organización promueve y apoya que sus trabajadores detengan, previa consulta, cualquier tarea o actividad, cuando sospechen que pueden existir problemas de seguridad.
- d) La Organización promueve y apoya que sus trabajadores detengan, sin consulta, cualquier actividad cuando sospechen que pueden existir problemas de seguridad.

4. Considera necesaria la presencia de un Oficial de Protección Radiológica (EPR) en el departamento de Radiología de esta Institución?

- a) La Organización no considera importante contar con un EPR bien calificado para ese puesto.
- b) La Organización se apoya considerablemente en la asesoría del EPR por lo que asegura una buena calificación y le ofrece facilidades.
- c) Los puestos de EPR son ocupados por personal bien calificado, aunque su reconocimiento como asesor debería ser mayor.
- d) Los puestos de EPR son ocupados por personal bien calificado y gozan de un elevado reconocimiento como asesores en la Organización.

5. ¿Cómo es la seguridad en la contratación de servicios, empresas y personal técnico?

- a) La seguridad no es, por lo general, un criterio en los procesos de contratación de servicios, empresas y personal técnicos por parte de la Organización.
- b) La seguridad ha sido incluida en los procedimientos de contratación de servicios, empresas y personal técnicos por parte de la Organización, aunque no siempre es cumplido.
- c) La seguridad está incluida en los procedimientos de contratación de servicios, empresas y personal técnicos por parte de la Organización, que son respetados en la mayoría de los casos.
- d) La competencia en seguridad es una condición para la contratación de empresas, servicios y personal técnicos por parte de la Organización. En el caso de las empresas y servicios, sus políticas de prioridad y su Cultura de Seguridad también son elementos considerados en los procesos de contratación

6. Cómo es la Visibilidad del liderazgo y del compromiso de la Alta Dirección con la seguridad Radiológica?

- a) Casi nulo.
- b) El liderazgo y compromiso de los directivos se muestra en una parte importante de la toma de decisiones pero no hay otras evidencias
- c) El liderazgo y compromiso de los directivos se muestra en una parte importante de la toma de decisiones y algunos contactos directos con el personal de la Organización.
- d) Los directivos de la Organización demuestran su liderazgo y compromiso con la seguridad de múltiples formas: en la toma de decisiones, los contactos directos con el personal, los recorridos frecuentes por las áreas de trabajo, la conducción de reuniones y actividades técnicas, el involucramiento activo.

7. Cómo es la Visión de la Cultura de Seguridad?

- a) No hay comprensión del papel de la Cultura de Seguridad. No hay esfuerzos en este tema
- b) Los directivos comienzan a interesarse en la Cultura de Seguridad y en su fomento. Se organizan algunos esfuerzos o acciones en este tema.
- c) Mayor conciencia en los directivos sobre el impacto de la Cultura de Seguridad en la seguridad de la Organización, con programas y esfuerzos concretos para su fomento y desarrollo.

- d) Hay reconocimiento absoluto en los directivos sobre la conveniencia de mantener elevados niveles de Cultura de Seguridad y ello es considerado en la toma de decisiones, con un número importante de acciones y programas para su mejora continua

8. Como son los Mecanismos de identificación oportuna de los problemas de seguridad Radiológica?

- a) La identificación de los problemas de seguridad es casual o por su elevada repercusión. No hay políticas ni mecanismos para la identificación oportuna de esos problemas.
- b) Hay intención y políticas en la Organización para lograr la detección oportuna, pero aún sin mucha efectividad
- c) La Organización tiene implementados mecanismos, políticas y recursos para la identificación oportuna de los problemas de seguridad, que funcionan relativamente bien
- d) La Organización cuenta con políticas, procedimientos y mecanismos que le permiten detectar, casi inmediatamente, cualquier problema de seguridad.

9. Cuenta la Organización con Rasgos Altamente Fiables?

- a) No hay presencia de ninguno de los rasgos de la Organización Altamente Fiable.
- b) Presencia de algún rasgo de la Organización Altamente Fiable pero en estado incipiente.
- c) Presencia de varios de los rasgos de la Organización Altamente Fiable, algunos con cierta madurez
- d) La Organización muestra todos o la mayoría de los rasgos de la Organización Altamente Fiable

10. ¿Cómo considera la permanencia de la seguridad radiológica?

- a) La seguridad es tomada en cuenta, y de forma aislada, en ciertos procesos y decisiones de la Organización.
- b) La Organización tiene establecido que se tomen en cuenta los aspectos de seguridad en todas sus actividades, pero falla en la práctica real.
- c) La Organización tiene establecido que se tomen en cuenta los aspectos de seguridad en todas sus actividades, y por lo general se logra en la práctica real.
- d) La Organización demuestra que tanto su gestión administrativa (planes, presupuestos, contratos, etc.), tecnológica y de su personal toman en cuenta, en todo momento, los aspectos de seguridad.

11. ¿Cómo considera la integración de la seguridad física de los equipos generadores de Rx en el enfoque de seguridad dentro de la Organización?

- a) Los aspectos de la seguridad física de los equipos generadores de Rx raramente son atendidos de forma permanente en la Organización.
- b) Los aspectos de la seguridad física de fuentes son tomados en cuenta con mayor frecuencia como parte del enfoque permanente en la seguridad que tiene la Organización.
- c) Los aspectos de la seguridad los equipos generadores de Rx son tomados en cuenta con mayor frecuencia como parte del enfoque permanente en la seguridad que tiene la Organización.
- d) Los aspectos de la seguridad física de los equipos generadores de Rx son tomados en cuenta como parte del enfoque permanente en la seguridad dentro de la Organización, al mismo nivel e integradamente con los aspectos de protección y seguridad radiológica

12. ¿Qué opina acerca de la visión individual respecto a los trabajadores ocupacionalmente expuestos?

- a) La seguridad es considerada por los trabajadores como una responsabilidad de determinadas instancias de la Organización: directivos u Oficial de Protección Radiológica/Dependencia de Protección Radiológica.
- b) Aunque todavía la seguridad es considerada por los trabajadores como una responsabilidad de determinadas instancias de la Organización, se observa un creciente énfasis en la responsabilidad individual de cada trabajador por su propia protección radiológica.
- c) Cada trabajador se siente responsable por su propia protección radiológica y se aprecia además preocupación de la mayoría de los trabajadores por la protección radiológica de sus colegas.
- d) Cada trabajador se siente responsable por su propia protección radiológica, preocupándose por la protección radiológica de sus colegas, así como de otros individuos dentro y fuera de la Organización, incluyendo a pacientes, clientes, y otros.

13. ¿Cuál es su Visión sobre el papel de la capacitación y el entrenamiento de los TOEs?

- a) Se considera que el comportamiento individual con respecto a la seguridad depende únicamente de la capacitación y del entrenamiento técnico del personal.
- b) Se considera que el comportamiento individual con respecto a la seguridad depende de la capacitación y del entrenamiento técnico del personal, además de otras habilidades mentales, aunque se hace poco para desarrollarlas.

- c) Se considera que el comportamiento individual con respecto a la seguridad depende de la capacitación y del entrenamiento técnico del personal, además de otras habilidades mentales para actuar de forma proactiva, prudente y rigurosa que son desarrolladas mediante acciones específicas para ello.
- d) Se considera que el comportamiento individual con respecto a la seguridad depende tanto de la capacitación y del entrenamiento técnico del personal como de otras habilidades mentales (alerta, rigor, prudencia, enfoque proactivo, etc.) que han sido desarrolladas considerablemente en el personal.

14. Considera que la seguridad física de los equipos son responsabilidad individual del personal o debe haber involucramiento del personal para su mejora.

- a) El personal se mantiene distante de las cuestiones de seguridad física de fuentes. El personal se involucra ocasionalmente en temas de seguridad física de fuentes por no considerarlo un asunto de su responsabilidad individual.
- b) El personal se involucra ocasionalmente en temas de seguridad física de fuentes por no considerarlo un asunto de su responsabilidad individual.
- c) Hay mayor involucramiento y conciencia de responsabilidad individual por la seguridad física de fuentes en una parte importante del personal, reflejado en sus acciones y contribuciones.
- d) El personal considera la seguridad física de fuentes y la protección y seguridad radiológica como un todo, por el cual se siente responsable y se interesa e involucra en su mejora.

15. ¿Existe comunicación interna de seguridad entre los mismos trabajadores del área?

- a) Fundamentalmente de arriba hacia abajo, casi nula entre departamentos y áreas de la Organización.
- b) La Alta Dirección alienta las comunicaciones interdepartamentales y en todas direcciones, pero aún no funcionan al nivel requerido.
- c) Existe una buena comunicación entre los diferentes niveles de la Organización y sus departamentos.
- d) Existe una elevada cultura de comunicación dentro de la Organización, con la utilización de variedad de métodos y formas, muy abiertas, transparentes y colaborativas.

16. ¿Existe interés personal por la comunicación acerca de la seguridad?

- a) Bajo
- b) Solo interés en determinados temas de la seguridad de la Organización.
- c) Interés creciente en mantenerse informado e informar sobre seguridad en la Organización.
- d) El personal considera como una forma necesaria y natural de trabajo de la Organización que le informen, mantenerse informado e informar sobre temas de seguridad en la Organización. Amplia participación del personal en el diseño y la preparación de algunos mecanismos y medios de comunicación.

17. ¿Qué mecanismos se han implementado en la Organización para el reporte por parte de los trabajadores?

- a) No existen. Solo formulario oficial de reporte sobre sucesos radiológicos.
- b) Se ha implementado algún mecanismo interno en la Organización.
- c) Se han implementado varios mecanismos internos en la Organización.
- d) La Organización cuenta con una variedad de mecanismos basados en las mejores prácticas en este tema.

18. ¿Qué tipo de información es reportada en la Organización?

- a) Solo sucesos radiológicos mandatorios.
- b) Fundamentalmente fallos de equipos o de personas/organizaciones externas
- c) Mayor reporte de errores humanos y cuasi-accidentes propios.
- d) Todo tipo de evento, situación o condición relacionada con la seguridad, propio del que reporta, interno de la Organización o derivado de factores externos a la Organización

19. Cómo es el manejo de los comportamientos individuales en cuestión de seguridad radiológica?

- a) La actuación sobre los comportamientos de los trabajadores en la Organización está orientada exclusivamente a aplicar medidas disciplinarias a los actos inseguros e incumplimientos. No hay diferenciación entre comportamientos aceptables y no aceptables. Toda acción errónea es inaceptable.
- b) Hay poco entrenamiento de los directivos en el manejo y tratamiento de comportamientos seguros y no seguros de los trabajadores. No hay diferenciación entre comportamientos aceptables y no aceptables, aunque la Organización analiza cada error o acción en busca

de alternativas que no sólo sean disciplinarias. No obstante prevalece aún el enfoque disciplinario.

- c) Hay mayor dominio y entrenamiento de los directivos en la identificación y tratamiento de los comportamientos seguros y no seguros de los trabajadores, pero no se aplican de forma habitual. Sin embargo se percibe que la Organización tiende a no culpabilizar, excepto las violaciones de lo establecido.
- d) Los directivos están fuertemente entrenados en la identificación de comportamientos seguros y no seguros del personal y su tratamiento correspondiente, lo que es una práctica habitual de los estilos de dirección. Hay una clara definición en la Organización sobre lo que constituye un comportamiento inaceptable, establecida y comunicada con antelación y compartida por todo el personal. Hay políticas de manejo de las violaciones de lo establecido.

20. ¿Cuál es la importancia de las políticas disciplinarias en la Organización?

- a) Son consideradas esenciales para la prevención de accidentes.
- b) Aunque comienzan a no ser la base de la respuesta a los actos inseguros, errores y violaciones de lo establecido tienen todavía un peso importante en la Organización.
- c) No son la base de la respuesta a los errores, solo para violaciones de lo establecido.
- d) No son la base de la filosofía de la Organización en el tratamiento de los errores y las violaciones de lo establecido, sino que se reservan para aplicar racionalmente según la motivación que generó el error o la violación

21. ¿Existe un análisis de sucesos radiológicos de seguridad física en la Organización?

- a) Nulo
- b) Hay cierto análisis, aunque limitado a factores más superficiales cercanos a la causa directa
- c) Los análisis son más profundos en cuanto a factores y causas subyacentes, acercándose a las causas raíces, que no siempre se logra (no hay sistematicidad)
- d) Análisis profundo y amplio de cada suceso enfocado a las causas de los fallos de las barreras asociadas a factores del sistema, la Organización y su cultura.

22. Existe Aprendizaje a partir de lo sucedido a otros?

- a) No se busca ni se toma en cuenta lo sucedido a otros. Por lo general, la Organización adopta una posición defensiva cuando es criticada.

- b) La Organización tiene la voluntad de aprender de grupos externos, especialmente nuevas técnicas y mejores prácticas, pero no está bien estructurado el proceso de aprendizaje.
- c) La Organización tiene mecanismos para aprender de otros, aunque falla en la sistematicidad.
- d) La Organización ha desarrollado una cultura por aprender que se refleja en los mecanismos que ha establecido y las acciones que realiza para buscar y aprender de cualquier experiencia propia, nacional o internacional, incluidas las buenas prácticas

23. ¿Cómo considera la colaboración entre miembros de la Organización?

- a) Pobre o nula colaboración en la Organización
- b) La colaboración y toma de decisiones compartidas está limitada.
- c) Mayor trabajo en equipo
- d) Alta colaboración entre departamentos, áreas y personal dentro de la Organización.
Ausencia de “groupthink”

24. ¿Cómo es la colaboración del personal de la Organización a favor de la seguridad física?

- a) Escasa o nula colaboración.
- b) Hay cierta colaboración con el personal encargado de la seguridad física, pero poca colaboración entre el propio personal de la Organización en estos temas
- c) Mayor colaboración con el personal encargado de la seguridad física y entre el propio personal de la Organización. Comienza a tenerse en cuenta en las evaluaciones de grupos y áreas de la Organización su colaboración y apoyo a las medidas del sistema de seguridad física.
- d) Total colaboración con el personal encargado de la seguridad física y entre todo el personal, con el mismo interés y espíritu de colaboración que en los asuntos de protección y seguridad radiológica.



Encuesta sobre evaluación de Seguridad Radiológica y cultura de seguridad en el departamento de Radiología del Hospital Occidental de Managua Dr. Fernando Vélez Paiz.

La presente encuesta pretende conocer y evaluar la seguridad radiológica y la cultura de seguridad radiológica de esta institución hospitalaria.

I. Dirigida a pacientes

1. Cómo considera la Gestión de la Seguridad radiológica del departamento de radiología?

- a) Pobre o nula gestión de la seguridad por un fuerte enfoque reactivo en el manejo de la seguridad. No hay un Sistema de Gestión de la Seguridad establecido en la Organización.
- b) Prevalece aún el enfoque reactivo en el manejo de la seguridad, pero hay algunos elementos de gestión aunque no establecidos como sistema.
- c) La seguridad se gestiona fundamentalmente a partir de un Sistema de Gestión de la Seguridad establecido, aunque se percibe cierto formalismo en algunos de sus elementos.
- d) Existe un Sistema de Gestión de la Seguridad bien establecido y funcional, que complementa los enfoques proactivos de la Organización con respecto a la Seguridad.

2. Como considera la Asignación de recursos para la seguridad radiológica?

- a) Hay serios problemas de seguridad por falta de recursos, asignados solamente tras la ocurrencia de un problema o evento de seguridad.
- b) Hay asignación de recursos para las actividades relacionadas con la seguridad, pero algunas tareas se realizan sin todos los medios o el personal requeridos.
- c) Los recursos para la seguridad son relativamente altos en los presupuestos de la Organización y se garantizan. Son mínimas las actividades que se realizan sin todos los medios o el personal requeridos.
- d) Los recursos para la seguridad se planifican, priorizan y garantizan dentro de la Organización, con una respuesta ágil a situaciones imprevistas. No se hace ningún trabajo si no están garantizados todos los medios y el personal requeridos.

3. cómo considera la Alerta y vigilancia en la Organización con respecto a la seguridad radiológica?

- a) Bajo nivel de vigilancia y alerta organizacional e individual con respecto a la seguridad. La ausencia de eventos es considerada erróneamente un elevado nivel de seguridad.
- b) La vigilancia y el alerta organizacional e individual con respecto a la seguridad son promovidas en la Organización, aunque poco desarrolladas aún, basadas en un bajo nivel de incidentes o sucesos radiológicos.
- c) Alto nivel de vigilancia y alerta organizacional e individual con respecto a la seguridad, pero no generalizadas en la Organización.
- d) La vigilancia organizacional e individual con respecto a la seguridad es una forma permanente de actuación en la Organización, independientemente del comportamiento positivo de los indicadores de seguridad.

4. Cómo es la Visión de la Organización sobre el carácter de la seguridad?

- a) La seguridad es considerada una cuestión estática, dada por hecho gracias a la tecnología y al entrenamiento del personal con que cuenta la Organización
- b) Hay aún poca conciencia de que la seguridad es una cuestión dinámica.
- c) Hay mayor claridad de que la seguridad es una cuestión dinámica. Esto se refleja en ciertas acciones y criterios dentro de la Organización.
- d) La seguridad es considerada una cuestión dinámica, que debe alcanzarse cada día.

5. Cómo considera la Visión individual de los TOEs sobre la responsabilidad por la seguridad radiológica?

- a) La seguridad es considerada por los trabajadores como una responsabilidad de determinadas instancias de la Organización: directivos u Oficial de Protección Radiológica/Dependencia de Protección Radiológica
- b) Aunque todavía la seguridad es considerada por los trabajadores como una responsabilidad de determinadas instancias de la Organización, se observa un creciente énfasis en la responsabilidad individual de cada trabajador por su propia protección radiológica
- c) Cada trabajador se siente responsable por su propia protección radiológica y se aprecia además preocupación de la mayoría de los trabajadores por la protección radiológica de sus colegas.

d) Cada trabajador se siente responsable por su propia protección radiológica, preocupándose por la protección radiológica de sus colegas así como de otros individuos dentro y fuera de la Organización, incluyendo a pacientes, clientes, y otros.

6. Cómo es el Interés del personal por la comunicación sobre seguridad radiológica?

a) Bajo

b) Solo interés en determinados temas de la seguridad de la Organización.

c) Interés creciente en mantenerse informado e informar sobre seguridad en la Organización.

d) El personal considera como una forma necesaria y natural de trabajo de la Organización que le informen, mantenerse informado e informar sobre temas de seguridad en la Organización. Amplia participación del personal en el diseño y la preparación de algunos mecanismos y medios de comunicación

7. Cómo es la Motivación del personal de la Organización por reportar sobre asuntos de seguridad radiológica?

a) Nulo

b) Baja motivación aún, por diversas razones. El mecanismo de reporte es complicado, falla la retroalimentación o el uso de sus potencialidades. No es un aspecto considerado en las políticas de premiación y estimulación del personal. Cierta reserva por percepción de posibles represalias

c) Motivación creciente. El mecanismo para reportar está bien estructurado en todos sus elementos, limitando su uso solo la percepción personal o ciertos temores que subsisten a pesar de las políticas y declaraciones de la Alta Dirección. Es un aspecto considerado en las políticas de premiación y estimulación del personal

d) Alta motivación. El mecanismo para reportar está bien estructurado en todos sus elementos, es buena la retroalimentación y es altamente visible su utilidad. Es un aspecto considerado en las políticas de premiación y estimulación del personal.

8. cómo considera la visión de los errores en la organización?

a) Los errores son vistos como actos irresponsables de los trabajadores, que deben ser castigados.

b) Los errores son vistos, fundamentalmente, como fallos de entrenamiento y la respuesta por lo tanto se orienta fundamentalmente a acciones de capacitación. Hay cierta inmunidad.

- c) Los errores son vistos como oportunidades de aprendizaje, siendo intolerables las violaciones de lo establecido
- d) Los errores, incluyendo las violaciones de lo establecido, son vistos en términos de fallos de las defensas organizacionales y como oportunidades de aprendizaje y mejoras, siendo sancionable solo los comportamientos inaceptables

9. Considera que hay efectividad de las mejoras por lecciones aprendidas?

- a) Nulo
- b) Considerable re-ocurrencia de problemas de seguridad e incidentes.
- c) Reducción significativa de la re-ocurrencia de problemas de seguridad e incidentes, demostrando la efectividad de las mejoras introducidas.
- d) La Organización no experimenta re-ocurrencia de problemas de seguridad e incidentes debido a un buen análisis de las causas raíces y la implementación de las medidas requeridas. La organización cuenta con un procedimiento para el manejo de eventos repetitivo, en caso de suceder

10.Cuál es el Sentido de pertenencia y apego del personal a la Organización?

- a) Nula
- b) Se aprecia una mayor preocupación del personal por la Organización, pero hay inestabilidad en el personal.
- c) Se aprecia una mayor estabilidad y compromiso del personal con la Organización.
- d) La Organización ha logrado una elevada estabilidad de su personal por el alto sentido de pertenencia y de apego a la misma.

13.8. Resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los TOEs.

pregt.1 ¿Cómo es la visibilidad de la prioridad de la organización en protección radiológica?

Bajo	1
Progreso incipiente	1
Progreso avanzado	13
Excelencia	11



Gráfico 27:preg.1 encuesta TOEs. Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE2

pregt.2. ¿Cómo es la prioridad de seguridad en la institución?

Bajo	0
Progreso incipiente	3
Progreso avanzado	12
Excelencia	11

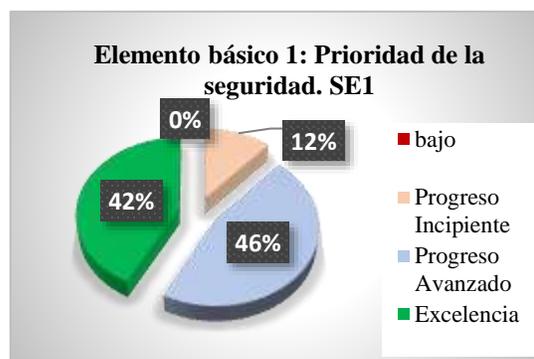


Gráfico 28: preg.2 encuesta TOEs. Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE1

pregt.3. ¿El personal que opera los equipos tiene autorización de detener una actividad o trabajo?

Bajo	0
Progreso incipiente	5
Progreso avanzado	11
Excelencia	10

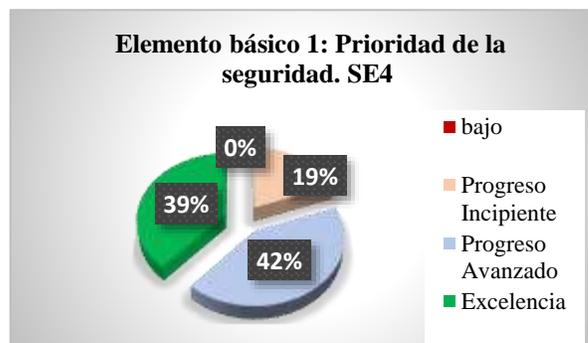


Gráfico 29:preg.3 encuesta TOEs. Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE4

pregt.4. Considera necesaria la presencia de un Encargado de Protección Radiológica (EPR) en el departamento de Radiología de esta Institución?

Bajo	2
Progreso Incipiente	3
Progreso Avanzado	9
Excelencia	12

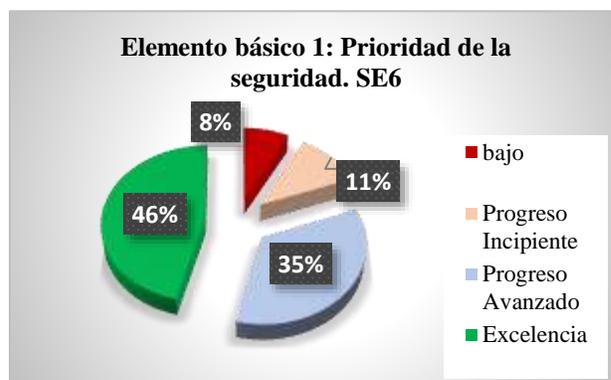


Grafico 30: pregt.4. Encuesta TOEs Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE6

pregt.5. ¿Cómo es la seguridad en la contratación de servicios, empresas y personal técnico?

Bajo	1
Progreso Incipiente	2
Progreso Avanzado	15
Excelencia	8



Grafico 31: pregt.5. Encuesta TOEs Elemento básico 1: Prioridad de la seguridad. SE8

pregt.6. Cómo es la Visibilidad del liderazgo y del compromiso de la Alta Dirección con la seguridad Radiológica?

Bajo	0
Progreso Incipiente	2
Progreso Avanzado	11
Excelencia	13

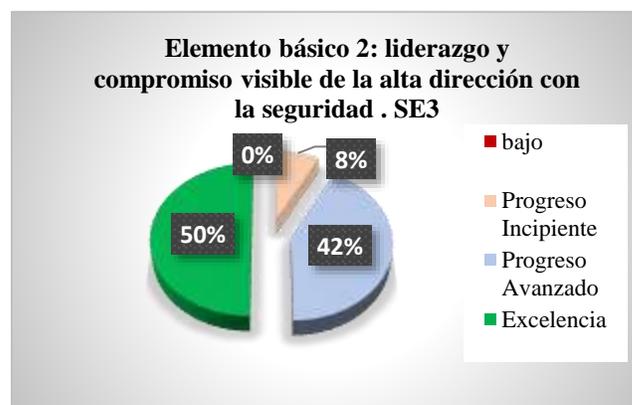


Grafico 32: pregt.6. Encuesta TOEs Elemento básico 2: Liderazgo y compromiso visible de la alta dirección con la seguridad. SE3

preg.7. Cómo es la Visión de la Cultura de Seguridad?

Bajo	1
Progreso Incipiente	4
Progreso Avanzado	14
Excelencia	7

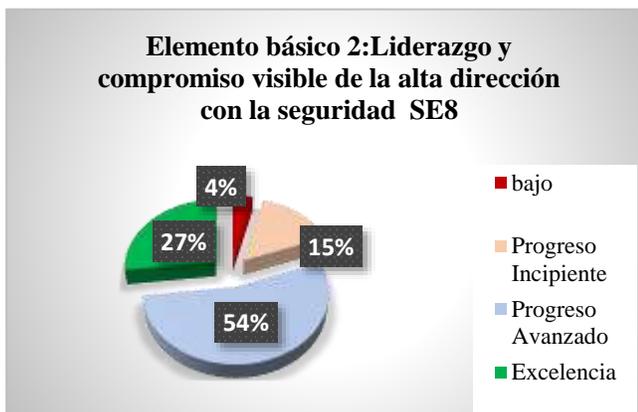


Grafico 33: preg.7. Encuesta TOEs Elemento básico 2: Liderazgo y compromiso visible de la alta dirección con la seguridad SE8

pregt.8. Como son los Mecanismos de identificación oportuna de los problemas de seguridad Radiológica?

Bajo	3
Progreso Incipiente	2
Progreso Avanzado	13
Excelencia	8

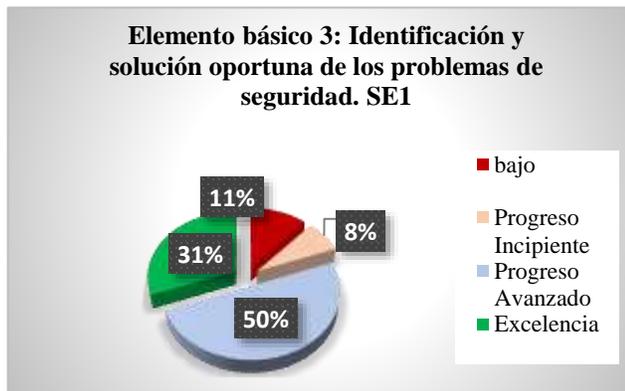


Grafico 34: preg.8. Encuesta TOEs Elemento básico 3: Identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad. SE1

pregt.9. Cuenta la Organización con Rasgos Altamente Fiables?

Bajo	1
Progreso Incipiente	6
Progreso Avanzado	11
Excelencia	8

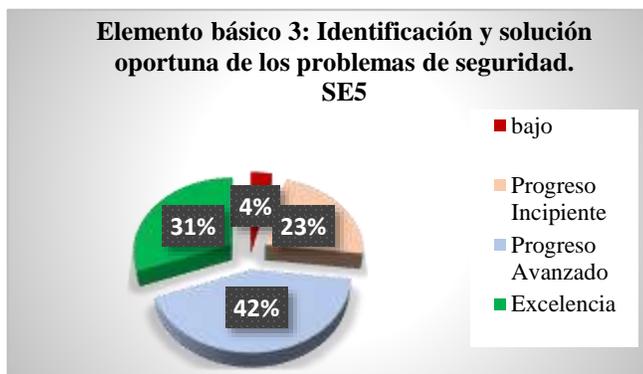


Grafico 35: preg.9. Encuesta TOEs Elemento básico 3: Identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad. SE5

pregt.10. ¿Cómo considera la permanencia de la seguridad radiológica?

Bajo	1
Progreso Incipiente	3
Progreso Avanzado	12
Excelencia	10

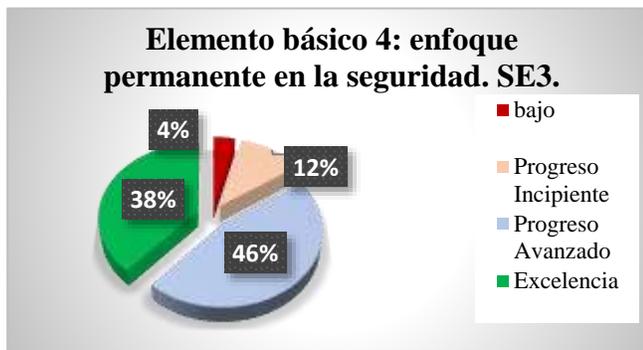


Grafico 36: pregt.10. Encuesta TOEs Elemento Básico 4: enfoque permanente en la seguridad. SE3

pregt.11. ¿Cómo considera la integración de la seguridad física de los equipos generadores de Rx en el enfoque de seguridad dentro de la Organización?

Bajo	3
Progreso Incipiente	3
Progreso Avanzado	8
Excelencia	12

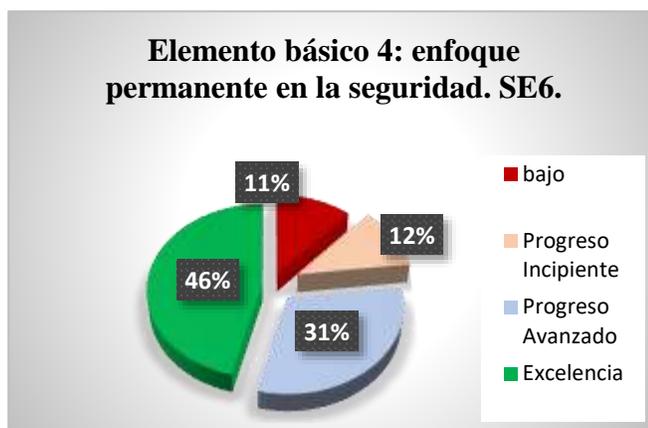


Grafico 37: pregt.11. Encuesta TOEs Elemento Básico 4: enfoque permanente en la seguridad. Se6.

pregt.12. ¿Qué opina acerca de la visión individual respecto a los trabajadores ocupacionalmente expuestos?

Bajo	1
Progreso Incipiente	3
Progreso Avanzado	12
Excelencia	10

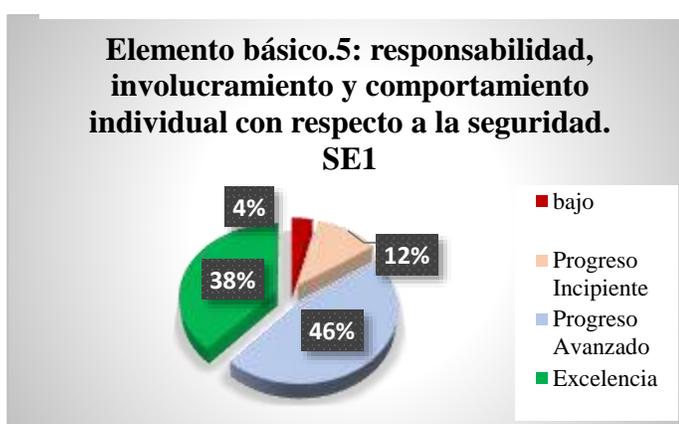


Grafico 38: pregt.12. Encuesta TOEs Elemento básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE1

pregt.13. ¿Cuál es su Visión sobre el papel de la capacitación y el entrenamiento de los TOEs?

Bajo	4
Progreso Incipiente	1
Progreso Avanzado	9
Excelencia	12

Elemento básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE9.

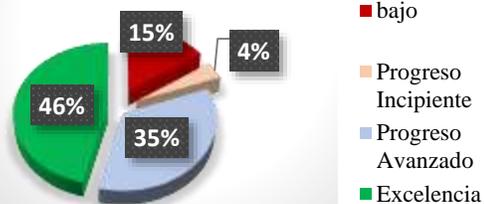


Grafico 39: pregt.13. Encuesta TOEs Elemento básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE9.

preg.14. Considera que la seguridad física de los equipos son responsabilidad individual del personal o debe haber involucramiento del personal para su mejora.

Bajo	3
Progreso Incipiente	1
Progreso Avanzado	12
Excelencia	10

Elemento básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE7.

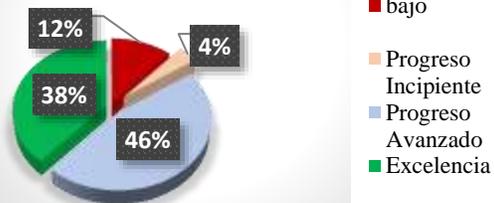


Grafico 40: pregt.14. Encuesta TOEs Elemento básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE7.

preg.15. ¿Existe comunicación interna de seguridad entre los mismos trabajadores del área?

Bajo	1
Progreso Incipiente	1
Progreso Avanzado	16
Excelencia	8

Elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. SE2.

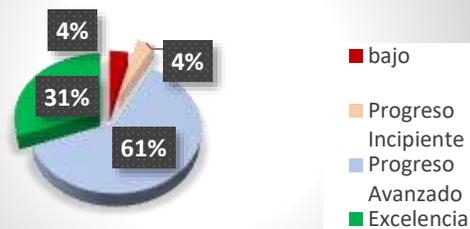


Grafico 41: pregt.15. Encuesta TOEs Elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. SE2

preg.16. ¿Existe interés personal por la comunicación acerca de la seguridad?

Bajo	1
Progreso Incipiente	1
Progreso Avanzado	11
Excelencia	13



Grafico 42: preg.16. Encuesta TOEs Elemento básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. SE4.

preg.17. ¿Qué mecanismos se han implementado en la Organización para el reporte por parte de los trabajadores?

Bajo	3
Progreso Incipiente	3
Progreso Avanzado	11
Excelencia	9



Grafico 43: preg.17. Encuesta TOEs Elemento básico 7: reporte libre sobre seguridad. SE4.

preg.18. ¿Qué tipo de información es reportada en la Organización?

Bajo	6
Progreso Incipiente	1
Progreso Avanzado	1
Excelencia	18



Grafico 44: preg.18. Encuesta TOEs Elemento básico 7: reporte libre sobre seguridad. SE8.

pregt.19. Cómo es el manejo de los comportamientos individuales en cuestión de seguridad radiológica?

Bajo	2
Progreso Incipiente	1
Progreso Avanzado	13
Excelencia	10



Grafico 45: pregt.19. Encuesta TOEs Elemento básico.8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad. SE3.

pregt.20. ¿Cuál es la importancia de las políticas disciplinarias en la Organización?

Bajo	15
Progreso Incipiente	2
Progreso Avanzado	3
Excelencia	6

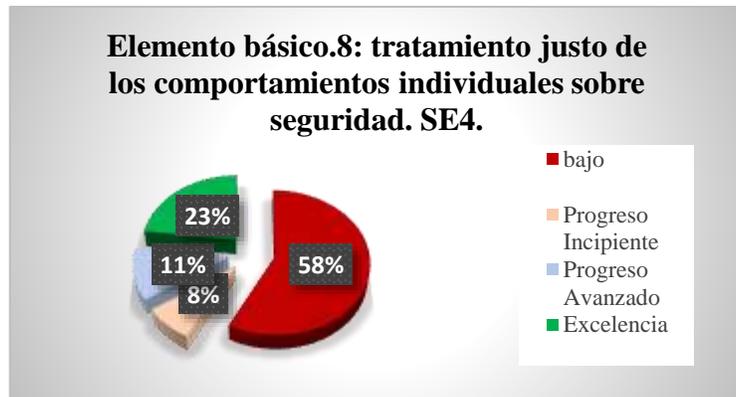


Grafico 46: pregt.20. Encuesta TOEs Elemento básico.8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad. SE4.

pregt.21. ¿Existe un análisis de sucesos radiológicos de seguridad física en la Organización?

Bajo	1
Progreso Incipiente	4
Progreso Avanzado	13
Excelencia	8

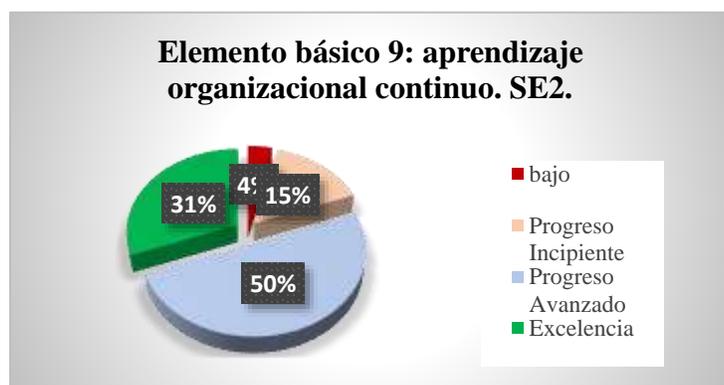


Grafico 47: pregt.21. Encuesta TOEs Elemento básico 9: aprendizaje organizacional continuo. SE2.

pregt.22. Existe Aprendizaje a partir de lo sucedido a otros?

Bajo	0
Progreso Incipiente	7
Progreso Avanzado	3
Excelencia	16



Grafico 48: pregt.22. Encuesta TOEs Elemento básico 9: aprendizaje organizacional continuo. SE4.

pregt.23. ¿Cómo considera la colaboración entre miembros de la Organización?

Bajo	0
Progreso Incipiente	4
Progreso Avanzado	7
Excelencia	15



Grafico 49: pregt.23. Encuesta TOEs Elemento básico 10: Ambiente de confianza y colaboración en seguridad. SE1.

pregt.24. ¿Cómo es la colaboración del personal de la Organización a favor de la seguridad física?

Bajo	0
Progreso Incipiente	4
Progreso Avanzado	13
Excelencia	9

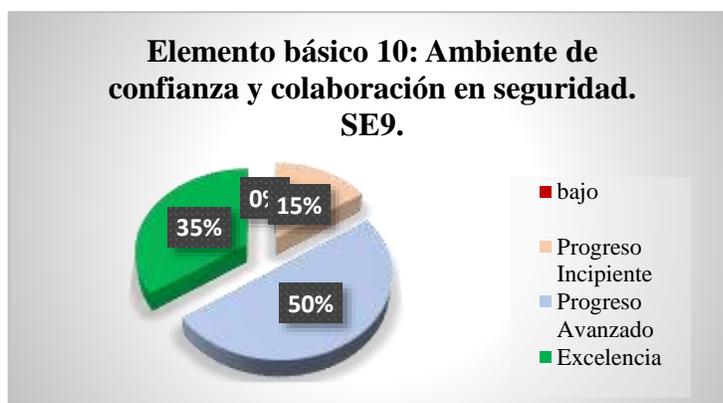


Grafico 50: pregt.24. Encuesta TOEs Elemento básico 10: Ambiente de confianza y colaboración en seguridad. SE9.

13.9. Resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los pacientes.

Prgt. 1. Cómo considera la Gestión de la Seguridad radiológica del departamento de radiología?

Bajo	8
Progreso Incipiente	29
Progreso Avanzado	9
Excelencia	4



Grafico 51: preg.1 encuesta pacientes Elemento Básico 1: prioridad de la seguridad. SE9

preg.2. Como considera la Asignación de recursos para la seguridad radiológica?

Bajo	1
Progreso Incipiente	12
Progreso Avanzado	33
Excelencia	4

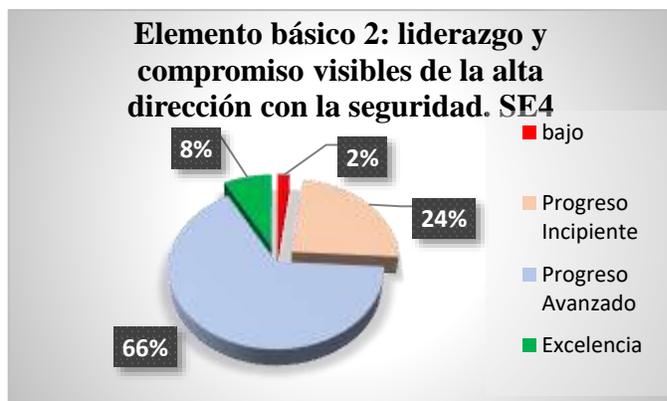


Grafico 52: preg.2 encuesta pacientes Elemento Básico 2: liderazgo y compromiso visibles de la alta dirección con la seguridad. SE4

preg.3. Cómo considera la Alerta y vigilancia en la Organización con respecto a la seguridad radiológica?

Bajo	13
Progreso Incipiente	28
Progreso Avanzado	6
Excelencia	3

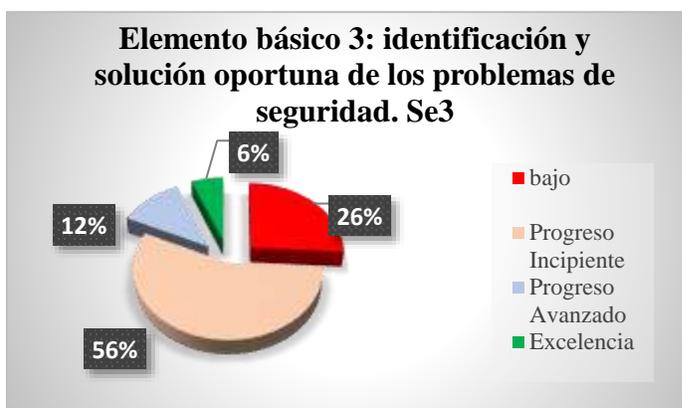


Grafico 53: preg.3 encuesta pacientes Elemento Básico 3: identificación y solución oportuna de los problemas de seguridad. SE3

preg.4. Cómo es la Visión de la Organización sobre el carácter de la seguridad?

Bajo	6
Progreso Incipiente	10
Progreso Avanzado	30
Excelencia	4



Grafico 54: preg.4 encuesta pacientes Elemento Básico 4: enfoque permanente en la seguridad. SE2

preg.5. Cómo considera la Visión individual de los TOEs sobre la responsabilidad por la seguridad radiológica?

bajo	8
Progreso Incipiente	34
Progreso Avanzado	3
Excelencia	5



Grafico 55: preg.5 encuesta pacientes Elemento Básico.5: responsabilidad, involucramiento y comportamiento individual con respecto a la seguridad. SE1

pregt.6. Cómo es el Interés del personal por la comunicación sobre seguridad radiológica?

Bajo	33
Progreso Incipiente	10
Progreso Avanzado	3
Excelencia	4



Grafico 56: preg.6 encuesta pacientes Elemento Básico 6: comunicación efectiva sobre seguridad. SE4

pregt.7. Cómo es la Motivación del personal de la Organización por reportar sobre asuntos de seguridad radiológica?

Bajo	5
Progreso Incipiente	35
Progreso Avanzado	8
Excelencia	2



Grafico 57: pregt.7 encuesta pacientes Elemento Básico 7: reporte libre sobre seguridad. SE6

pregt.8. Cómo considera la visión de los errores en la organización?

Bajo	7
Progreso Incipiente	7
Progreso Avanzado	30
Excelencia	6



Grafico 58: pregt.8 encuesta pacientes Elemento Básico.8: tratamiento justo de los comportamientos individuales sobre seguridad. SE1

pregt.9. Considera que hay efectividad de las mejoras por lecciones aprendidas?

Bajo	6
Progreso Incipiente	7
Progreso Avanzado	27
Excelencia	5



Grafico 59: pregt.9 encuesta pacientes Elemento Básico 9: aprendizaje organizacional continuo. SE8

preg.10. Cuál es el Sentido de pertenencia y apego del personal a la Organización?

Bajo	8
Progreso Incipiente	32
Progreso Avanzado	6
Excelencia	4



Grafico 60: preg.9 encuesta pacientes Elemento Básico 10: ambiente de confianza y colaboración en seguridad. SE6

4. ¿Cómo considera la Evaluación del estado de la seguridad Radiológica en las reuniones de la Alta Dirección de la Organización Hospitalaria?

5. ¿Existe comunicación por parte de la Organización Hospitalaria sobre asuntos de seguridad derivados de sus actividades a entidades superiores?

6. ¿Cómo es el nivel de aprendizaje continuo sobre seguridad física de los equipos generadores de Rayos X y sus instalaciones?