

**Universidad Nacional  
Federico Villarreal**

**Vicerrectorado de  
INVESTIGACIÓN**

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSTGRADO**

**“SISTEMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES PARA EL CONTROL  
DE RADIACIONES IONIZANTES EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE  
RADIOISÓTOPOS DEL INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR,  
PROPUESTA ACTUAL”**

**MODALIDAD PARA OPTAR EL GRADO:**

**DOCTOR EN ADMINISTRACIÓN**

**AUTOR:**

**KOGA FUKUHARA ROBERTO CARLOS SHINICHI**

**ASESOR:**

**DR. HERNÁNDEZ CELIS DOMINGO**

**JURADO:**

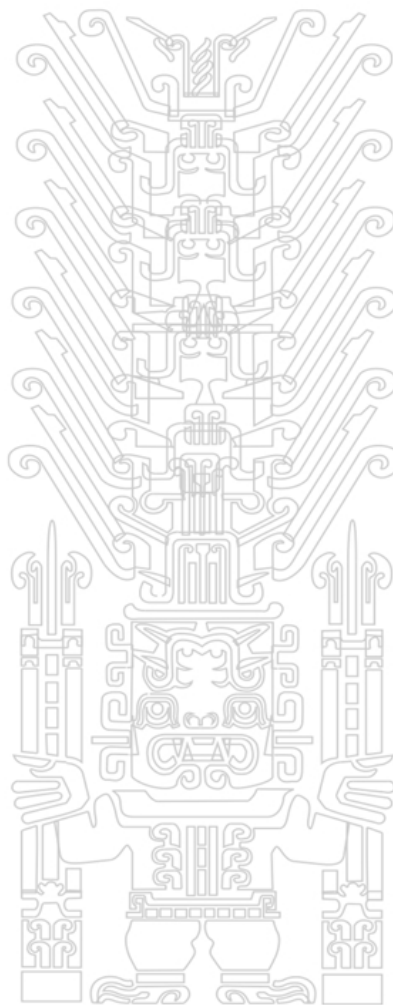
**DR. CUMPÉN VIDAURRE ROBERTO**

**DRA. BERRUETO PÉREZ MARÍA TERESA**

**DR. PAJUELO CAMONES CARLOS**

**LIMA – PERÚ**

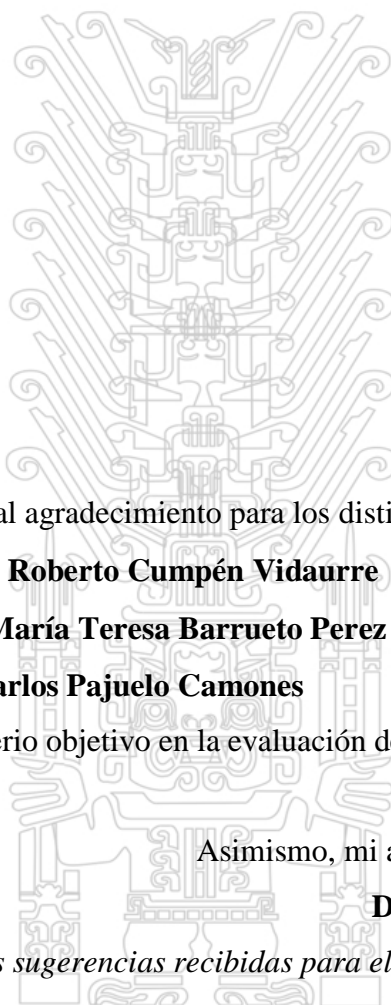
**2018**



**DEDICATORIA:**

PARA MI OTOSAN CARLOS Y OKASAN MITSUE,  
OBACHAN SIYEKO, OTOSAN CARLOS  
QUE JUNTO CON KAMISAMA  
VELAN Y CUIDAN A TODA LA FAMILIA  
SON MIS ANGELES DE LA GUARDA





**AGRADECIMIENTO:**

Mi especial agradecimiento para los distinguidos Miembros del Jurado:

- **Ph. D. Roberto Cumpén Vidaurre**
- **Dra. María Teresa Barrueto Perez**
- **Dr. Carlos Pajuelo Camones**

Por su criterio objetivo en la evaluación de este trabajo de investigación.

Asimismo, mi agradecimiento para mi asesor:

**Dr. Domingo Hernández Celis**

*Por las sugerencias recibidas para el mejoramiento de este trabajo.*

*Gracias, mi cumpa Pedro, su esposa Marce, su Familia,*

*Mi amorcito Noelia, Mi hermano Danny y mi cuñada Akemi;*

*Que los momentos más difíciles estuvieron ahí conmigo.*

*Muchas gracias para todos.*

## RESUMEN:

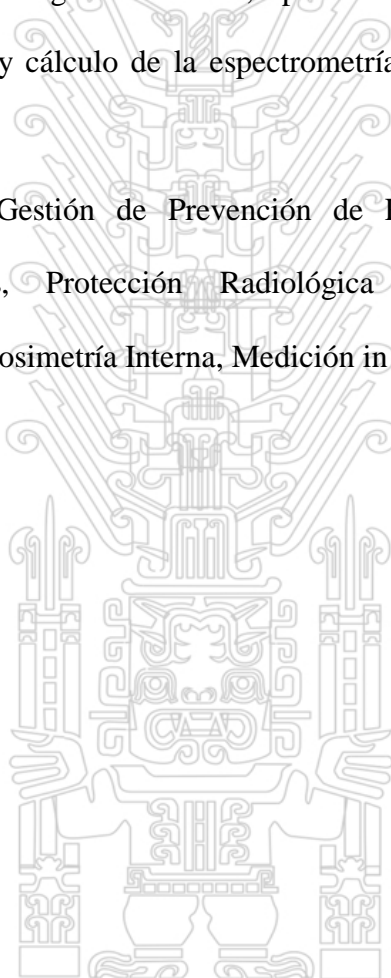
La tesis denominada: “Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales (SGPRL) para el control de radiaciones ionizantes dentro de la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) del Instituto Peruano de Energía Nuclear, propuesta actual”; cuyo problema se ha identificado en la falta de un adecuado Sistema de Gestión de prevención de Riesgos Laborales acordes con la ley N°29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”, promulgada el 20 de agosto del 2011 y en concordancia con las Normas de Seguridad Protección Radiológica ocupacional del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Esta problemática se expresa en la siguiente pregunta: ¿De qué manera el sistema de prevención de riesgos laborales podrá facilitar el control de radiaciones ionizantes en la Planta de producción de radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear?

Ante la problemática se propone la solución a través de la formulación de la hipótesis: El sistema de prevención de riesgos laborales facilita el control de radiaciones ionizantes en la Planta de producción de radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN)

Este trabajo se ha orientado al siguiente objetivo: Determinar la manera como el sistema de prevención de riesgos laborales podrá facilitar el control de radiaciones ionizantes en la Planta de producción de radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear, alineando este SGPRL con la política de Seguridad y Salud en el Trabajo del IPEN con el planteamiento de estrategias y procedimiento que facilitan el control de dosis de radiaciones ionizantes incorporadas por los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE) y la prevención de enfermedades ocupacionales a cauda de esta actividad laboral. La investigación es de tipo descriptiva; del nivel descriptivo-explicativo-correlacional; se utilizó los métodos descriptivo, explicativo e inductivo. El diseño es el no experimental. La

es el muestreo probabilístico. Las técnicas utilizadas para la recopilación de datos fueron a través de las mediciones realizadas por el Laboratorio de Contaminación Interna de la división de Protección Radiológica Ocupacional y Ambiental (PROA). El instrumento utilizado fue la medición in vivo de los TOE. Se aplicaron las siguientes técnicas de análisis de información: análisis documental, indagación, conciliación de datos, tabulación, comprensión de gráficos. Se aplicó las siguientes técnicas de procesamiento de datos: ordenamiento y clasificación, registro manual, proceso computarizado con Excel, Adquisición de datos, Análisis y cálculo de la espectrometría Gama a través del Software GENIE 2000.

**Palabras clave:** Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos laborales, Planta de Producción de radioisótopos, Protección Radiológica Ocupacional, Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos, Dosimetría Interna, Medición in vivo.



## ABSTRACT

The thesis denominated: "System of Management of Prevention of Labor Risks (SGPRL) for the control of ionizing radiations inside the Plant of Production of Radioisotopes (PPR) of the Peruvian Institute of Nuclear Energy, Current proposal"; whose problem has been identified in the lack of an adequate Occupational Risk Prevention Management System in accordance with Law N ° 29783 "Occupational Safety and Health Law", promulgated on August 20, 2011 and in accordance with the Standards of Security Occupational Radiological Protection of the International Atomic Energy Agency (IAEA). This problem is expressed in the following question: How can the occupational risk prevention system facilitate the control of ionizing radiation in the radioisotope production plant of the Peruvian Institute of Nuclear Energy?.

Given the problem, the solution is proposed through the formulation of the hypothesis: The occupational risk prevention system facilitates the control of ionizing radiation in the Radioisotope Production Plant of the Peruvian Institute of Nuclear Energy (IPEN).

This work has been oriented to the following objective: Determine how the occupational risk prevention system can facilitate the control of ionizing radiation in the Radioisotope Production Plant of the Peruvian Institute of Nuclear Energy, aligning this SGPRL with the Safety and Health Policy. Health in the Work of the IPEN with the approach of strategies and procedure that facilitate the control of doses of ionizing radiations incorporated by the Occupationally Exposed Workers (TOE) and the prevention of occupational diseases as a result of this labor activity. The investigation is descriptive; from the descriptive-explanatory-correlational level; the descriptive, explanatory and inductive methods were used. The design is non-experimental. The population and sample consisted of the TOE of the PPRR. The type of sampling applied is probabilistic sampling. The techniques used for

Tesi the data collection were through the measurements made by the Internal Pollution  
No olvide citar esta tesis

UNTPV

Laboratory of the Occupational and Environmental Radiation Protection Division (PROA). The instrument used was the in vivo measurement of the TOE. The following techniques of information analysis were applied: documentary analysis, inquiry, data reconciliation, tabulation, graphic comprehension. The following data processing techniques were applied: ordering and classification, manual registration, computerized process with Excel, Data acquisition, Analysis and calculation of the gamma spectrometry through the GENIE 2000 Software.

**Key words:** Occupational Risk Prevention Management System, Radioisotope Production Plant, Occupational Radiological Protection, Occupationally Exposed Workers, Internal Dosimetry, In vivo measurement.

## RESUMO

A tese denominada: "Sistema de Gestão de Prevenção de Riscos Trabalhistas (SGPRL) pra controle de radiações ionizantes dentro da Planta de Produção de Radioisótopos (PPR) do Instituto Peruano de Energia Nuclear, proposta atual"; cujo problema foi identificado na falta de um Sistema adequado de Gestão da Prevenção de Riscos Profissionais de acordo com a Lei N ° 29783 "Direito de Segurança e Saúde do Trabalho", promulgada em 20 de agosto de 2011 e de acordo com os Padrões de Segurança Proteção Radiológica Ocupacional da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Este problema é expresso na seguinte questão: como o sistema de prevenção de risco ocupacional pode facilitar o controle de radiação ionizante na planta de produção de radioisótopos do Instituto Peruano de Energia Nuclear? Dado o problema, a solução é proposta através da formulação da hipótese: O sistema de prevenção de risco ocupacional facilita o controle de radiação ionizante na planta de produção de radioisótopos do Instituto Peruano de Energia Nuclear (IPEN).

Este trabalho tem sido orientado para o seguinte objetivo: Determinar como o sistema de prevenção de risco ocupacional pode facilitar o controle de radiação ionizante na Planta de Produção de Radioisótopos do Instituto Peruano de Energia Nuclear, alinhando este SGPRL com a Política de Segurança e Saúde. Saúde no Trabalho do IPEN com a abordagem de estratégias e procedimentos que facilitam o controle de doses de radiações ionizantes incorporadas pelos Trabalhadores Expostos Ocupacionais (TOE) e prevenção de doenças ocupacionais como resultado desta atividade trabalhista. A investigação é descritiva; do nível descritivo-explicativo-correlacional; foram utilizados os métodos descritivo, explicativo e indutivo. O design não é experimental. A população e a amostra consistiam na TOE do PPRR. O tipo de amostragem aplicada é a amostragem probabilística. As técnicas utilizadas

Tesi para a coleta de dados foram realizadas através das medições feitas pelo Laboratório de  
No CUIDE citar esta tesis



Poluição Interna da Divisão de Proteção de Radiação no Trabalho e Meio Ambiente (PROA). O instrumento utilizado foi a medição in vivo do TOE. Foram aplicadas as seguintes técnicas de análise de informação: análise documental, inquérito, reconciliação de dados, tabulação, compreensão gráfica. Foram aplicadas as seguintes técnicas de processamento de dados: ordenação e classificação, registro manual, processo informatizado com Excel, aquisição de dados, análise e cálculo da espectrometria gama através do software GENIE 2000.

**Palavras-chave:** Sistema de Gestão da Prevenção de Riscos Profissionais, Instalação de Produção de Radioisótopos, Proteção Radiológica do Trabalho, Trabalhadores Expostos Ocupacionais, Dosimetria Interna, Medição In vivo.



## INTRODUCCIÓN:

La investigación titulada: “Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales (SGPRL) para el control de radiaciones ionizantes dentro de la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) del Instituto Peruano de Energía Nuclear, propuesta actual”, se ha desarrollado en el marco del Reglamento de Grados de la Escuela Universitaria de Postgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal y el proceso científico generalmente aceptado y cuyo objeto es optar el grado de Doctor en Administración; así como contribuir a la solución de la problemática de la prevención de riesgos laborales y desarrollo de enfermedades profesionales a causa a la exposición excesiva y sin control de las radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del IPEN-. Para una razonable presentación del trabajo se tienen la siguiente capitulación:

El **Capítulo I**, se refiere al **planteamiento del problema** y dentro del mismo se considera los antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, justificación, alcances y limitaciones y la definición precisa de las variables.

El **Capítulo II**, contiene el **marco teórico de la investigación**. Específicamente se refiere a las teorías generales y específicas sobre el tema Producción de RADIOFÁRMACOS, Radioprotección y Seguridad de Salud en el Trabajo (SST). Dentro de las teorías específicas está el tratamiento de las teorías sobre SST, Sistema de Gestión SST, marco legal vigente-. También en este capítulo presenta el marco conceptual de la investigación y la hipótesis.

El **Capítulo III**, está referido al **método** y dentro del mismo se trata el tipo de investigación, diseño de investigación, estrategia de la prueba de hipótesis, variables de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos; procesamiento; y, análisis de datos.

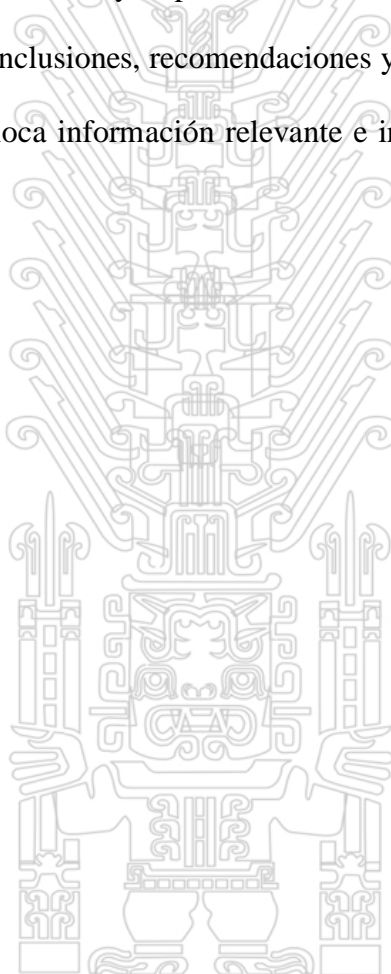
El **Capítulo IV**, está referido a la presentación de resultados se presenta el diagnóstico



situacional de la Planta de Producción de Radioisótopos, procedimientos mínimos requeridos para implementar el Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales, Presentación del análisis de Identificación de Peligros, Evaluación de sus Riesgos y Control, Presentación de los mapas de riesgos de los ambientes que intervienen en la producción u control de los radiofármacos, validación del proceso de control y dentro de ello se presenta la contratación de hipótesis y el análisis e interpretación de dichos resultados,

El **Capítulo V**, presenta la discusión y específicamente se realiza la discusión de los resultados, la presentación de conclusiones, recomendaciones y las referencias bibliográficas, se adiciona anexos donde se coloca información relevante e importante para este trabajo de investigación.

**Roberto Koga F.**



**“Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales y el Control radiaciones ionizantes dentro de la planta de producción de radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), situación actual”**

Tabla de contenido

Dedicatoria	1
Agradecimiento	2
Resumen	3
Abstract	5
Resumo	7
Introducción	9
Capítulo I: Planteamiento del problema	
1.1 Antecedentes de la investigación	20
1.1.1. Antecedentes contextuales	20
1.1.2. Antecedentes bibliográficos	21
1.1.3. Sistema de Gestión y Salud en el trabajo	27
1.1.4. OHSAS 180012007	28
1.1.5. Marco legal vigente	31
1.2 Planteamiento del problema	37
1.2.1. Descripción del problema	37
1.2.2. Problema principal	40
1.2.3. Problemas secundarios	40
1.3 Objetivos de la investigación	41

1.3.2.	Objetivos específicos	41
1.4	Justificación e importancia de la investigación	41
1.4.1.	Justificación de la investigación	41
1.4.2.	Importancia de la investigación	43
1.5	Alcances y limitaciones de la investigación	43
1.5.1.	Alcances de la investigación	43
1.5.2.	Limitaciones de la investigación	44
1.6	Definición de las variables	44
1.6.1.	Definición conceptual	44
1.6.2.	Definición operacional	44
Capítulo II: Marco Teórico		
2.1.	Teorías generales relacionadas con el tema	45
2.1.1.	Sistema de prevención de riesgos laborales	45
2.1.2.	Situación actual de la seguridad y salud en el trabajo en Perú	61
2.1.3.	Evaluación de radiaciones ionizantes en TOE	66
2.1.4.	Efectos de la radiaciones ionizantes en la salud humana	69
2.1.5.	Principios de protección radiológica	77
2.2.	Bases teóricas especializadas sobre el tema	78
2.2.1.	Situación geográfica: Lugar de ejecución del trabajo	77
2.2.2.	Descripción de la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR)	80
2.2.3.	Productos elaborados por la PPR	82
2.2.4.	Preparación de materia prima en el reactor RP-10	85
2.2.5.	Producción de Perctenectato de Sodio <sup>99m</sup> Tc	86
2.2.6.	Producción de DOLOSAM	87
2.2.7.	Producción de YODO-131 (Na <sup>131</sup> I)	88

2.2.8. Contaminación interna por yodo radiactivo	89
2.3. Marco conceptual (Glosario de términos)	91
2.4. Marco Filosófico, ético y sociológico de la investigación	112
2.4.1. Marco filosófico de la investigación	112
2.4.2. Marco ético de la investigación	114
2.4.3. Marco Sociológico de la investigación	117
2.5. Hipótesis de la investigación	118
2.5.1. Hipótesis principal	118
2.5.2. Hipótesis secundaria	118
Capitulo III: Método De La Investigación	
3.1. Tipo de investigación	120
3.2. Nivel de la investigación	121
3.3. Métodos de la investigación	121
3.4. Diseño de investigación	122
3.5. Estrategia de prueba de hipótesis	123
3.6. Variables de la investigación	124
3.7. Población de la investigación	125
3.8. Muestra de la investigación	125
3.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	125
3.9.1. Diagnostico situacional de la Planta de Producción	126
3.9.2. Metodología para la identificación de Peligros y evaluación de Riesgos	126
3.9.3. Elaboración de mapas de riesgo	129

3.9.4.	Técnica de recolección de datos	131
3.10.	Técnicas de procesamiento de datos	132
3.11.	Técnicas de análisis de datos	133

#### Capítulo IV: Presentación De Resultados

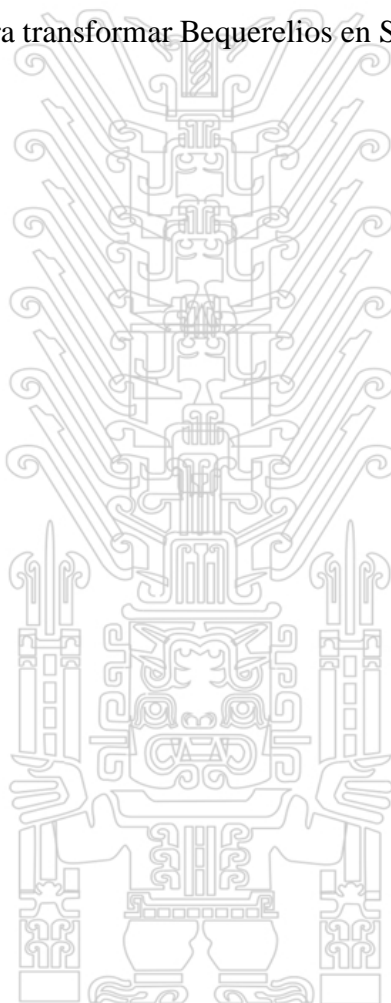
4.1.	Organización administrativa de la PPR	135
4.2.	Mapa de procesos de la PPR	136
4.3.	Diagnostico situacional de la PPR y propuestas, implementación y mejoras	138
4.4.	Procedimientos a seguir en caso de primeros auxilios	145
4.5.	Procedimiento a seguir según el tipo de accidente	146
4.6.	Procedimiento para investigación de incidentes y accidentes	155
4.7.	Procedimiento para el manejo de documentos en temas SST	161
4.8.	Procedimiento de comunicación externa e interna	165
4.9.	Programa y estrategia de capacitación en tema SST	167
4.10.	IPERC en las secciones de Procesos y Control de Calidad	171
4.11.	Mapa de riesgos de las instalaciones de la PPR	182
4.12.	Implementación de un nuevo de sistema de medición y evaluación de la incorporación de 131I en tiroides in vivo de TOE de la PPRR	192
4.13.	Estudio y análisis de la situación actual de la dosis recibida por loe TOE, que interviene en la producción de Radiofármacos	205
4.14.	Análisis de las causas por la diferencia de dosis	209

#### Capítulo V: Discusión

5.1.	Discusión de los resultados obtenidos	212
5.2.	Conclusiones	218
5.3.	Recomendaciones	219

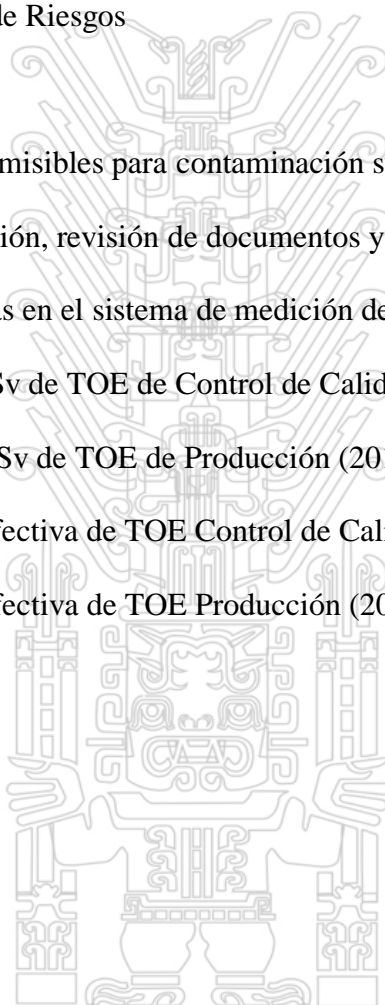
Anexos:

Anexo N°. 1: Matriz de Consistencia	229
Anexo N°. 2: Registros de accidentes, incidentes y enfermedad procesional	230
Anexo N°. 3: Registro de entrega de EPP	235
Anexo N° 4: Clasificación de los radionúclidos de acuerdo a su toxicidad	236
Anexo N° 5: Monitoreo especial promedio predictivo	237
Anexo N°.6: Coeficiente para transformar Bequerelios en Svierts	237



## Listas de Tablas

Tabla N°1. Severidad de las manifestaciones clínicas dependiente de la dosis	72
Tabla N°2. Límites de dosis de exposición de Trabajador Ocupacionalmente expuesto	73
Tabla N°3. Límites de dosis de exposición ocupacional para estudiantes y pasantes	73
Tabla N°4. Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos	128
Tabla N°5 Tabla de Valoración de Riesgos	129
Tabla N°6. Niveles de Riesgo	129
Tabla N°7. Límites máximos permisibles para contaminación superficial	151
Tabla N°8. Periodo de conservación, revisión de documentos y registros	163
Tabla N°9. Variaciones realizadas en el sistema de medición de TOE	205
Tabla N°10 Dosis efectiva de mSv de TOE de Control de Calidad (2015-2017)	207
Tabla N°11. Dosis efectiva de mSv de TOE de Producción (2015-2017)	207
Tabla N°12. ANOVA de dosis efectiva de TOE Control de Calidad (2015-2017)	208
Tabla N°13. ANOVA de dosis efectiva de TOE Producción (2015-2017)	208





## Listas de Figuras

Figura N°1. Modelo de Sistema de Gestión de SST, estándar OHSAS	30
Figura N°2. Jerarquía a considerar control de reducción de riesgos	30
Figura N°3. Resumen del Capítulo IV OHSAS 18001	31
Figura N°4. Notificación de accidentes de trabajo Sep- 2010 – Sep. 2011.	66
Figura N°5. Notificación de accidentes de trabajo según la forma de accidente Sep. 2010 – Sep. 2011	66
Figura N°6. Longitud de onda de las radiaciones no ionizantes y ionizantes.	67
Figura N°7. Capacidad de penetración en la materia de los distintos tipos de radiación	70
Figura N°8. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes	71
Figura N°9. Lesiones causadas por la sobreexposición con la fuente $^{192}\text{Ir}$	76
Figura N°10. Localización del Centro Nuclear “RACSO” en el distrito de Carabayllo	79
Figura N°11. Centro Nuclear “RACSO”, Av. San Juan 12Km s/n	79
Figura N°12. Vista panorámica del Centro Nuclear “RACSO”	79
Figura N°13. Operador en pleno proceso de producción	80
Figura N°14. Plano de la Planta de Producción de Radioisótopos	82
Figura. N°15: Esquema de utilización de los radiofármacos en medicina nuclear	84
Figura. N°16: Principales usuarios Nacionales e Internacionales	84
Figura. N°17: Reactor RP-10 y el proceso de irradiación de las muestras.	85
Figura N°18: Traslado de muestras irradiadas e ingreso a los recintos de producción	86
Figura. N°19: Producción del precursor Pertectato de Sodio $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$	87
Figura. N°20: Producción del radiofármaco DOLOSAM	88
Figura. N°21: Diagrama de producción del $^{131}\text{I}$ yoduro de Sodio ( $\text{Na}^{131}\text{I}$ )	89



Figura. N°23: Organigrama funcional actual de la Planta de Producción de Radioisótopos	136
Figura N°24: Mapa de proceso productivo de la PPR	137
Figura N°25: Propuesta de un nuevo organigrama funcional en la PPR.	143
Figura. N°26: Como actuar durante una emergencia	146
Figura. N°27: Parte de los extintores	148
Figura. N°28: Flujograma de procedimiento a seguir en caso de accidentes	153
Figura N°29: Flujograma Procedimiento para investigación de incidentes y/o accidentes	154
Figura N°30: Diagrama de Causa – Efecto, Ishikawa o Espina de pescado	161
Figura N°31: Flujograma de elaboración, revisión y aprobación de documentos	164
Figura N°32 Flujograma de comunicación externa e interna	167
Figura N°33: Niveles necesarios dentro de un programa de capacitación	168
Figura N°34: Estrategia de capacitación según norma ISO 9001:2008	171
Figura 35. a). Calibración del equipo, se observa el espectro del patrón de $^{133}\text{Ba}$ , con el programa de adquisición de espectro Genie-2000. b). Espectro de la solución de $^{131}\text{I}$ , con el programa de adquisición de espectro Genie-2000.	194
Figura N°36: Medición “In Vivo”, de incorporación de $^{131}\text{I}$ en tiroides	195
Figura N°37: Fase 1 (coordinación) y 2 (acondicionamiento) del Proceso análisis de Incorporación de $^{131}\text{I}$ en TOE’s de la PPRR.	195
Figura N°38: Fase 1 (coordinación) y 2 (acondicionamiento) del Proceso análisis de Incorporación de $^{131}\text{I}$ en TOE’s de la PPRR.	196
Figura N°39: Medición “In Vitro”, muestra biológica de $^{131}\text{I}$ en tiroides	199
Figura N°40: Distribución del reporte de resultados para $^{137}\text{Cs}$	199
Figura N°41: Espectrometría Gamma del $^{131}\text{I}$ , adquirido con el software AccuSpect, bajo sistema MS-DOS y el reporte de medición	201

Figura N°42: Espectrometría Gamma del $^{131}\text{I}$ , adquirido con el software Genie 2000 3,0 y nuevo informe incorporación de $^{131}\text{I}$ a TOE.	203
Figura N°43: Limite mensual de dosis $\leq 0.64$ mSv, jornada de 8 horas/sem., Jul. 2017	203
Figura N°44: Dosis interna efectiva acumulada (Ago. 2016 a Jul. 2017).	204
Figura N°45: Historial electrónico y físico de los TOE's.	204
Figura N°46: Grafica de causa – efecto de diferencia de dosis.	211
Figura N°47: Componentes del control de Pureza Radioquímica	238
Figura N°48: Componentes del control de Pureza Radionucleida	238
Figura N°49: Componente de Control de Esterilidad	239
Figura N°50: Componentes del control de endotoxinas bacterianas	239
Figura N°51: Componentes del control biológico	240



## CAPÍTULO I:

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 1.1.1. ANTECEDENTES CONTEXTUALES

- a. Ley No. 29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”, promulgada el 20 de agosto del 2011 en el Diario Oficial “El Peruano”
- b. DS No. 005-2012-TR “Reglamento de la Ley No. 29783”, promulgado 25 de abril del 2012 en el diario oficial “El Peruano”.
- c. Normas OHSAS 18001:2007, Implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- d. Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), “Protección radiológica y seguridad de fuentes de radiación” Norma Seguridad OIEA N°.GSR (parte) 2011.
- e. Decreto Ley N° 21875, Ley orgánica del Instituto Peruano de Energía Nuclear- IPEN
- f. Resolución Jefatural N° 095-95-INAP/DNR del 10-07-95, aprueba la Directiva 001-95- INAP/DNR “Normas para la Formulación del Manual de Organización y Funciones”;
- g. Decreto Supremo N° 062-2005-EM, aprobó el Reglamento de Organización y Funciones – ROF del IPEN;
- h. Resolución Suprema N° 037-2006-EM, que aprueba el Cuadro para Asignación de Personal- CAP- IPEN;
- i. Resolución de Presidencia N° 133-07-IPEN/PRES, que aprueba el Reordenamiento

de Cargos del Cuadro para Asignación de Personal-CAP-IPEN;

- j. Ley N° 28028, Ley de regulación de uso de fuentes de radiación ionizante, promulgada 18 de julio del 2003 en el Diario Oficial “El Peruano”
- k. Resolución de Presidencia N°-09-IPEN/PRES que aprueba la Actualización del Clasificador de Cargos.

### 1.1.2. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Desde épocas milenarias dentro de la evolución humana el instinto de conservación fue probablemente en un principio de carácter individual (netamente defensivo). Así nació de manera arcaica el concepto de la seguridad, reflejada en un inicio en un simple esfuerzo personal por conservar la vida, más que en un sistema organizado.

Luego el humano evoluciona y en la era bronce el humano deja de ser nómada viviendo en comunidad, comenzando a desarrollar otras habilidades a como la colecta y la caza como sus principales fuentes de sustento, y posteriormente desarrollo otras habilidades como la artesanía y la domesticación de plantas salvajes para dar inicio a la agricultura. Junto con el desarrollo de estas habilidades en paralelo se iniciaron los pleitos tribales y debido a estas actividades sufrían mayores lesiones y muerte; por afanes territoriales y el deseo de poseer riquezas conquistando de nuevas tierras, las que traían como consecuencias riesgos para la salud.

Pero también de manera general podemos mencionar que debido a estas acciones es que el hombre adquirió una mayor conciencia colectiva de protección dejando el individualismo.

Gracias cambio de comportamiento adquirido por necesidad es que muchas civilizaciones antiguas tuvieron unos avances a nivel cultural y tecnológico importante trascendiendo en la historia.

Como ejemplo tenemos los habitantes de la Mesopotamia que trabajaban con la manufactura artesanal muy incipiente de producción de cerveza, el pan, hilados, metales, etc. Pero no solo sus avances fueron a nivel técnico sino también a nivel de seguridad. (Arias, 2012, p. 46).

Así mismo menciona Arias (2012) En su publicación de la revisión de la salud y seguridad industrial, menciona como la civilización Egipcia tuvo destacables innovaciones como el uso de sandalias, arneses y andamios como implementos de Seguridad. (Arias, 2012, p. 46).

El mismo autor señala que en Grecia y Roma, las culturas del mundo antiguos que tuvieron mayor trascendencia en lo que respecta a la salud ocupacional, Y el mayor aporte sobre medicina ocupacional lo hizo **Hipócrates** (400 a.c.), escribiendo un tratado de enfermedades en los mineros a quienes recomendaba a los mineros el uso de baños higiénicos a fin de evitar la acumulación del plomo en el cuerpo que luego es absorbida por vía cutánea por el organismo, desencadenando una intoxicación causado por este metal pesado, asimismo describió los síntomas por la intoxicación de mercurio y enseñó a sus discípulos la relación de desarrollo algunas enfermedades causadas por ciertas actividades laborales. En su tratado “Aires, Aguas y Lugares” estableció una metodología para visitar centros de trabajo e identificar las causas de las enfermedades, siendo el pionero de la medicina ocupacional y la fisioterapia; **Aristóteles** (384 – 322 a.c), filósofo naturalista griego, realizó estudios en salud ocupacional de su época, la relación de algunas deformaciones físicas a causas de ciertas actividades laborales, planteando la necesidad de su prevención; y en la antigua Roma, **Plinio** (62 – 113 d.c.) fue el primero en describir las “enfermedades de los esclavos”, haciendo referencia a los peligros y enunciando varias normas preventivas para el trabajo en la minas de

plomo y mercurio, recomendando la utilización de respiradores fabricados con la vejiga de los animales. (Arias, 2012, p. 47).

Roma es la cuna del derecho y jurisprudencia, además de a legislación de leyes de conducta y protección de los bienes privados, también tomaron medidas legales sobre la salubridad como la instalación de los baños públicos, y de protección a los trabajadores.

En el trabajo de tesis de ingeniería de Lopez J y Meriño E, menciona que, en la época del renacimiento, en Francia en el Siglo X se crea las primeras ordenanzas y donde surgen las primeras leyes que protegen a los trabajadores, siendo los principales pilares para la formalización de la seguridad laboral entre los años 1413 y 1417 (Lopez J. y Meriño E., 2013, p. 35).

En la recopilación bibliográfica Recinos (2015) en 1450 se crea la imprenta y el 1473 en Alemania, **Ulrich Ellenbaf**, elabora el primer documento de salud ocupacional, un documento que señala algunas enfermedades profesionales, también menciona a George Agrícola (1492 – 1555), publica De re metallica, trata enfermedades relacionadas con la explotación minera mencionando afecciones en los ojos, pulmones y articulaciones en los mineros, Y de Animatti bus subterrani, donde menciona que la falta de ventilación es una de las causantes de las enfermedades ocupacionales y que Aureolus Tophrasus Bombatus von Hohenheim, mejor conocido como **Paracelso** (1493 – 1541), describe “De morbis metallicci”, las múltiples tipos de intoxicaciones causadas por metales padecidas por los mineros, haciendo énfasis en los problemas pulmonares más frecuentes. (Recinos, 2015, p.5).

Pero Francia e Inglaterra, no fueron los únicos que implementaron tales medidas, en 1868 en Alemania aparecen las leyes de compensación del trabajador y en 1875 **Max von Pettenkefer** funda el primer instituto de higiene en Munich. En Gran Bretaña,

**Dellfuls** en 1876 funda la Asociación de Higiene y prevención. **Robert Owen** (1828),



pone en marcha un programa para el mejoramiento ambiental, educacional y moral de los trabajadores. Dos años después **Robert Backer** propuso que un médico debería realizar una visita diaria a las fábricas. (Arias, 2013, p.48).

Y en 1833 se realizaron las primeras inspecciones gubernamentales; pero hasta 1850 se verificaron ciertas mejoras como resultado de las recomendaciones hechas entonces. La legislación acortó la jornada, estableció un mínimo de edad para los niños trabajadores e hizo algunas mejoras en las condiciones de seguridad. Aunque se tardó en legislar éstas mejoras ya que los legisladores no le daban el valor que se merecía a las vidas humanas.

Durante el final del Siglo XIX se renovaron muchas teorías de la administración, en ese sentido **Taylor**, fue el primero en reconocer la importancia del factor humano sin mermar la producción, logrando aumentar la producción diarios de 12,5 TN a 47 TN, dejando que los obreros descanses la cuarta parte del tiempo de trabajo y para ello utilizó indicadores de producción precisas, mejorando los ambientes de trabajo y normalizando las actividades. (Arias, 2013, p. 49).

**Fayol** (1841 – 1925), trabajo en sentido opuesto a Taylor, Mientras que Fayol trabajo con los obreros, Fayol trabajo con los directivos, partiendo 5 funciones de los directivos: Planificar, Organizar, Mandar, Coordinar y Controlar; basándose en la organización y jerarquización de diversas instancias. (Arias, 2013, p.49).

“En 1918 la Universidad de Harvard fue la primera casa de estudios que otorgó el título de Licenciado en Seguridad e Higiene en el Trabajo y en la actualidad más veinte universidades disponen de programas para la licenciatura y doctorados en prevención de higiene y Seguridad Profesional” (Arias, 2013, p.49).

“La presente nota informativa tiene como objeto informar sobre el numero de trabajadores afectados por la exposición a la radiación, las actividades que conlleva tal

exposición y los instrumentos de la OIT sobre la protección de los trabajadores en esa materia” (Shengli N., 2011, p.1).

En 1999 un grupo especialistas BSI que es la organización de estándares del Reino Unido, desarrolla un documento en respuestas a la fragmentación y falta de homogeneidad en los distintos estándares ofrecidos a las distintas organizaciones y que no eran reconocidas a nivel mundial. Y es así como nace la OHSAS 18000, que es un anagrama del inglés “Occupational Health and Safety Management System” o en español “Sistema de Gestión de Salud y seguridad Ocupacional”. (Lombardi O. 2016, p. 14).

Que en su primera versión de la norma está compuesta por dos normas:

- a) OHSAS 18001, que se refiero a promover los requerimientos para el correcto manejo de la implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional. (Lombardi O., 2016, p.14).
- b) OHSAS 18002, brinda los lineamientos para la correcta implementación del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional. (Lombardi O., 2016, p.15)

En el 2007 estas especificaciones fueron actualizadas de acuerdo con la evolución de los distintos sistemas de gestión y distintos cambios tecnológicos, (Lombardi O. 2016, p.15.), trayendo como principal beneficio que esta norma es compatible e integrable con las normas ISO 9001:2000 e ISO 14001:2004, además de ser una norma reconocida y certificable a nivel mundial.

En nuestro país no está ajena a esta realidad sin embargo recién el 20 de agosto del 2011 se promulga la ley n°29783 “Ley de seguridad y Salud en el Trabajo”, siendo el último país de la región contar con una legislación con rango legal en el cual se asegura la Protección y Seguridad de la Salud de los Trabajadores cuando desempeñen una



prevención de riesgos laborales en nuestro país y de esta manera erradicar, mitigar y/o controlar La frecuencia o siniestralidad, accidentes o muerte por las actividades laborales es uno de los grandes problemas en el mercado laboral que por lo general está muy asociada a la precariedad, poco interés y a la temporalidad laboral.

Para tener un mejor entendimiento y la importancia de la seguridad y salud ocupacional es necesario conocer los conceptos y las diferentes terminologías con respecto al tema de seguridad, riesgos, peligros laborales y enfermedades profesionales, definición de un sistema de gestión y la aplicación de los mismos. Al mismo tiempo se revisa la normatividad y reglamento legal vigente con respecto al tema de seguridad y salud en el trabajo (SST).

Dentro de la UNFV y nuestro país no existen tesis de pre o post grado relacionados con radiaciones ionizantes desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo, los más cercanos a este tema son las tesis desarrolladas por el Ing. Mario Carrasco G. con la tesis titulada “Propuesta de implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en el área de inyección de una empresa fabricante de productos plásticos. No se ha podido encontrar más trabajos con respecto a este tema debido a que la Ley N°29783 “Ley de Seguridad y Salud Ocupacional” fue promulgada en 20 agosto del 2011 y el reglamento de esta ley (DS 005-2012-TR) publicada en el Diario peruano el 25 de abril del 2012, y en la actualidad muchas instituciones están trabajando en su implementación.

Trabajos a nivel internacional, Loganovsky K (2009), investigador del departamento de Radiopsiconeurocirugía del Centro de Investigaciones en Medicina de Radiaciones de la Academia de Ciencias de Ucrania, realiza una publicación de estudios de los efectos de la baja dosis de radiación ionizante afectan al cerebro humano , teniendo

cerebrovasculares en persona que han adsorbido dosis entre  $> 0,15 - 0,25$  SV, males psiquiátricos con personas que adsorben  $>0,3$ Sv, por lo que recomienda realizar estudios neuropsiquiátricos por efectos de las radiaciones.

Según Preston R. J. (2012), Publica en la Revista Elsevier, Efectos de la Radiación, Donde el Comité Internacional de Protección Radiológica (ICRP) considera el riesgo de generar cáncer y enfermedades hereditarias tiene relación con la acción de las radiaciones. Como ejemplo tenemos a las personas que han tenido exposiciones al Radón han podido desarrollar cáncer a los pulmones. Donde las estimaciones de riesgo y de los coeficientes nominales son utilizadas para calcular el riesgo de desarrollar una enfermedad.

Wakeford R. (2009), **Investigador** de la Universidad de Manchester, realiza una publicación de estudios epidemiológicos sólidos con estadísticas de los efectos de las radiaciones en la población médica expuestas a los rayos X, demostrando que la excesiva exposición el riesgo de desarrollar leucemia es elevado, en los mineros la inhalación de radón, desencadena el desarrollo de cáncer a los pulmones y huesos. Por lo que la presencia de fuentes radiactivas dentro del lugar d trabajo, al personal ocupacionalmente pueden desarrollar de algún tipo enfermedades oncológicas específico.

### 1.1.3. SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

La seguridad y la salud ocupacional (SSO) es una disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo, y de la protección de la salud de los trabajadores. Tiene como objeto mejorar las condiciones y el ambiente laboral. La salud en el trabajo conlleva la promoción y el mantenimiento de más alto

actividades de trabajo. En este punto, la anticipación, la identificación, evaluación y el control de los peligros que surgen en el ambiente de trabajo.

En todos los ámbitos de la actividad humana, es primordial hallar un equilibrio entre los beneficios y los costos que se supone la asunción de riesgos. En el caso de la seguridad y salud ocupacional, este complejo equilibrio está influenciado por diversos factores, como el rápido progreso científico tecnológico, la gran diversidad de actividades laborales y su continua evolución de los mismos.

El concepto de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, es utilizado con frecuencia en los procesos de toma de decisiones en las empresas y, sin saberlo, también la vida diaria, ya sean en la adquisición de equipos, en la ampliación de la actividad comercial o, simplemente en la selección de un nuevo mobiliario.

La aplicación de los sistemas de gestión de SST se basa en criterios, normas y resultados en la prevención de los incidentes y accidentes en el lugar de trabajo por medio de una gestión eficaz de los riesgos y peligros en el lugar de trabajo.

Es un método lógico y por pasos para decidir que lo que se debe hacer, y el mejor modo de hacerlo, supervisar los progresos realizados con respecto al logro de las metas establecidas, evaluar la eficacia de las medidas adoptadas e identificar los puntos que deben mejorarse.

#### **1.1.4. OHSAS 18001:2007**

El estándar OHSAS 18001:2007 ha sido desarrollado para ser compatible con las normas de gestión de calidad ISO 9001(calidad) e ISO 14001 (medio ambiente), con la final de facilitar la integración de los sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo en las organizaciones que desean hacerlo.

Esta serie de Especificaciones de Evaluación de la Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Health and Safety OHSAS) entrega los requisitos para un sistema de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SSO), de forma de habilitar a una organización para controlar sus riesgos de SSO y mejorar su desempeño.

No establece criterios específicos de desempeño SSO, ni da las especificaciones detalladas para el diseño de un sistema de gestión.

Esta especificación de OHSAS es aplicable a cualquier organización que desea:

- a) Establecer un sistema de gestión SSO para eliminar o minimizar el riesgo a los empleados y otras partes interesadas, que puedan estar expuestas a los riesgos de SSO asociados con sus actividades;
- b) Implementar, mantener y mejorar continuamente su sistema de gestión SSO
- c) Asegurarse de la conformidad con su política de SSO que haya declarado;
- d) Demostrar tal conformidad a otros;
- e) Buscar la certificación/registro de su sistema de gestión SSO ante una organización externa; o
- f) Hacer su propia determinación y declaración de conformidad con estas especificaciones de OHSAS.

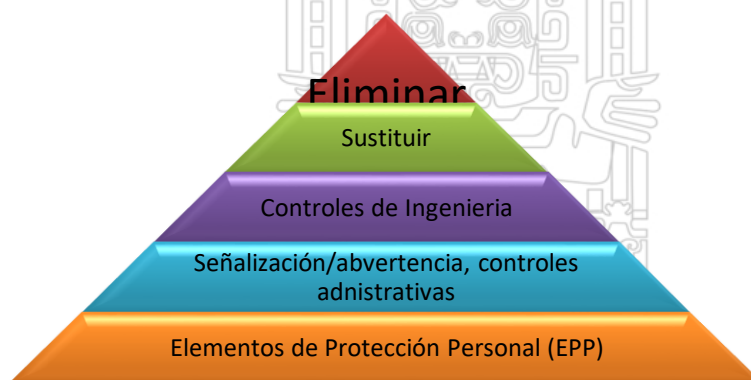
Todos los requisitos en esta especificación de OHSAS, se intenta que estén considerados en cualquier sistema de gestión SSO. La magnitud o alcance de la aplicación dependerá de los factores contenidos en la política de SSO de la organización, de la naturaleza de sus actividades, de los riesgos y de la complejidad de sus operaciones.

Es la intención o propósito de que esta especificación de OHSAS, se oriente a la seguridad y salud ocupacional, en lugar de la seguridad de los productos y servicios.

**Figura N°1:** Modelo de sistema de Gestión de SST para este estándar OHSAS, (Fuente OHSAS 18001:2007.)



**Figura 2:** Jerarquía a considerar control de reducción de riesgo



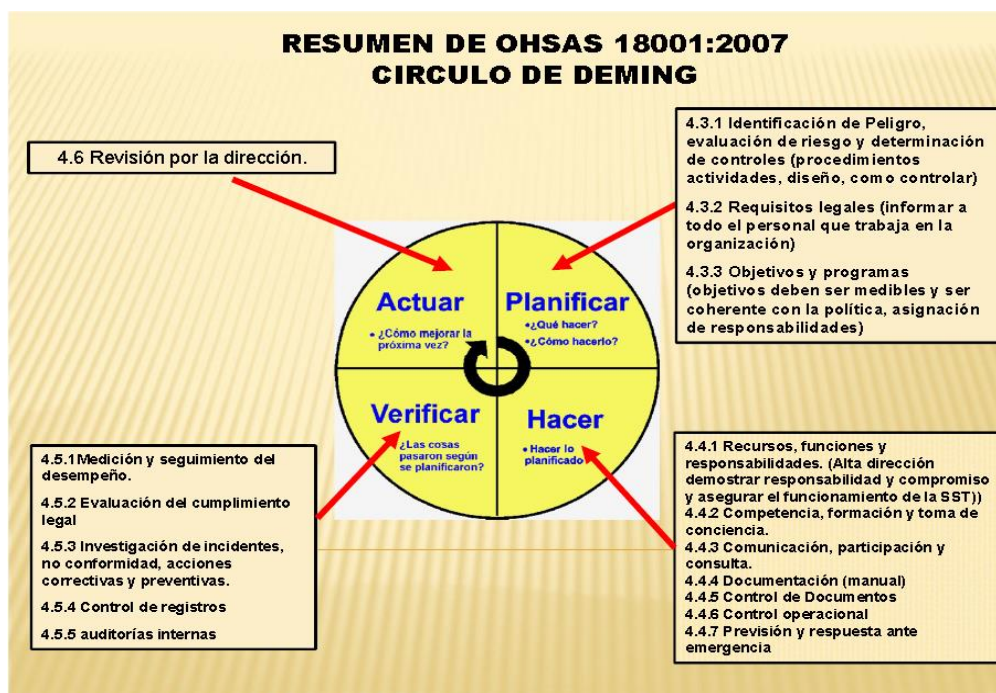
**Nota:**

La organización debe documentar y mantener actualizados los resultados de la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y los controles determinados.

La organización debe asegurarse de que los riesgos para la SST y los controles determinados se tengan en cuenta al establecer, implementar y mantener su sistema de gestión de SST



Figura N°3: Resumen del Capítulo IV OHSAS 18001 (fuente: creado por el autor)



## 1.1.5. MARCO NACIONAL LEGAL VIGENTE

### 1.1.5.1. Ley N°29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”

La Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo fue promulgada el 20 de agosto del 2011, teniendo como objetivo principal promover una cultura de prevención de riesgos laborales en todo el país.

Para lograr esa meta, esta ley cuenta con el deber de prevención de los empleadores, así como el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes, a través del diálogo social continuo, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia. Cabe destacar que el ente fiscalizador es el Ministerio de Trabajo y promoción del empleo.

### **Alcance de la Ley:**

Esta Ley es aplicable a todos los sectores económicos y de servicios; comprende a todos los empleadores y los trabajadores bajo el régimen laboral de la actividad privada dentro del territorio nacional, así como trabajadores y funcionarios del sector estatal o público, incluyendo trabajadores de las Fuerzas Armadas y de la Policía Nacional del Perú, y trabajadores por cuenta propia, freelance.

### **Normas mínimas**

Esta Ley establece dentro sus exigencias las normas mínimas para la prevención de todo tipo de riesgos laborales, pudiendo los empleadores y los trabajadores establecer libremente los niveles de protección a establecerse, de modo que mejoren lo previsto en la presente norma.

### **Principios del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo**

El Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo se rige por los siguientes principios:

1. Se debe asegurar un compromiso visible del empleador con la salud y seguridad de los trabajadores.
2. Así mismo se debe lograr coherencia entre lo que se planifica y lo que se realiza.
3. Incentivar de modo preciso y efectivo al mejoramiento continuo, a través de una metodología que lo garantice.
4. Mejorar de modo significativo la autoestima y fomentar el trabajo en equipo a fin de incentivar la cooperación de los trabajadores.

5. Se debe promover y fomentar mediante campañas de sensibilización la cultura de la prevención de los riesgos laborales para que toda la organización interiorice los conceptos de prevención y pro actividad, promoviendo comportamientos seguros en el personal.
6. Promover las circunstancias para alentar una empatía del empleador hacia los trabajadores y viceversa.
7. Asegurar la existencia de medios de retroalimentación desde los trabajadores al empleador en seguridad y salud en el trabajo.
8. Establecer mecanismos efectivos de reconocimiento al personal proactivo interesado en el mejoramiento continuo de la seguridad y salud laboral.
9. Evaluar los principales riesgos que puedan ocasionar los mayores perjuicios a la salud y seguridad de los trabajadores, al empleador y otros.

Fomentar y respetar la participación de las organizaciones sindicales -o, en defecto de estas, la de los representantes de los trabajadores- en las decisiones sobre la seguridad y salud en el trabajo.

### **Sobre los comites de seguridad**

La ley señala que los empleadores con veinte o más trabajadores a su cargo deben constituyen un comité de seguridad y salud en el trabajo, cuyas funciones son definidas en el reglamento, dicho comité está conformado en forma paritaria por igual número de representantes de la parte empleadora y de la parte trabajadora. Los empleadores que cuenten con sindicatos mayoritarios incorporan un miembro del respectivo sindicato en calidad de observador.



Se establece que en los centros laborales con menos de veinte trabajadores son directamente los mismos trabajadores quienes nombran al supervisor de seguridad y salud en el trabajo.

### **Elección de los representantes y supervisores**

Aquí se considera que son los trabajadores quienes tienen la labor de elegir a sus representantes ante el comité de seguridad y salud en el trabajo o sus supervisores de seguridad y salud en el trabajo. Así mismo en los centros de trabajo en donde existen organizaciones sindicales, la organización más representativa convoca a las elecciones del comité paritario, que por defecto es la empresa u organización la responsable de dicha convocatoria.

### **Documentos y registros obligatorios**

Los registros considerados obligatorios dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo son:

1. Registro de accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales, incidentes peligrosos y otros incidentes, en el que deben constar la investigación sobre dichos accidentes y las medidas correctivas adoptadas.
2. Registro de exámenes médicos ocupacionales de todo el personal.
3. Registro del monitoreo de agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales y factores de riesgo disergonómicos.
4. Registro de inspecciones internas de seguridad y salud en el trabajo realizadas en el centro laboral.
5. Registro de estadísticas en seguridad y salud laboral.
6. Registro de equipos de seguridad o emergencia en el centro laboral.

7. Registro de inducción, capacitación, entrenamiento y simulacros de emergencia del personal.
8. Registro de auditorías internas y externas.

#### **1.1.5.2.D.S. N°005-2012-TR, Reglamento de la Ley N°29783**

El Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo fue aprobado mediante Decreto Supremo N° 005-2012-TR, publicado el día miércoles 25 de abril de 2012, donde el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) ha aprobado este Reglamento de la Ley N° 29783 denominada Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Algunos aspectos que el mencionado decreto señala se refiere a:

- La política, organización, planificación y aplicación del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo;
- El reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo de cada organización;
- Los derechos y obligaciones tanto de los empleadores como de los trabajadores;
- La notificación de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales en un centro laboral;
- La investigación de accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales e incidentes peligrosos;

Del mismo modo esta norma contiene un glosario de términos y la disposición derogatoria del Decreto Supremo N° 009-2005-TR, sus normas modificatorias, y la Resolución Ministerial N° 148-2007-TR. También su enfoque al tema de Seguridad y Salud en el Trabajo lo hace tomando en cuenta algunas consideraciones como:

Este Reglamento desarrolla la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, y

sobre la base de la observancia del deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales.

Respecto al reexamen periódico, total o parcial, de la Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, a que hace referencia el artículo 4° de la Ley, hace mención que es prioridad del Estado, y debe realizarse por lo menos una (1) vez al año con la participación consultiva del Consejo Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

El reglamento considera que el Consejo Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo es la instancia máxima de diálogo y concertación social en materia de seguridad y salud en el trabajo, de composición tripartita, e instancia consultiva del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, así mismo señala que tiene su sede en Lima y sus sesiones de trabajo se celebran en dicha ciudad. No obstante, puede reunirse en cualquier otro lugar, previo acuerdo del Pleno.

#### **1.1.5.3. Resolución Ministerial N°050-2013-TR**

Esta resolución promulgada el 14 de marzo del 2013, aprueba los formatos referenciales que contempla la información mínima que se debe considerar en los registros obligatorios que establece el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

De acuerdo a la conformidad con el artículo 33° del Reglamento de la Ley N° 29783 denominada Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, la cual fue aprobada mediante Decreto Supremo N° 005-2012-TR. De este modo el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo aprueba la información mínima requerida y que debe contener los registros obligatorios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, contemplados en la legislación peruana.

#### **1.1.5.4. Resolución Ministerial N°375-2008-TR**

La Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico tiene por objetivo principal establecer los parámetros que permitan la adaptación de las condiciones de trabajo a las características físicas y mentales de los trabajadores con el fin de proporcionarles bienestar, seguridad y mayor eficiencia en su desempeño, tomando en cuenta que la mejora de las condiciones de trabajo contribuye a una mayor eficacia y productividad empresarial.

#### **1.1.5.5.D.S. N°009-97-EM**

Reglamento de seguridad radiológica, que tiene como objetivo establecer los requisitos fundamentales para la protección contra la exposición a la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes que causan dichas exposiciones, garantizando de esta manera la protección del trabajador laboralmente expuesto, público en general y el medio ambiente, contra los riesgos indebidos originados por la exposición a las radiaciones ionizantes.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Hasta la fecha en nuestro país exceptuando a la empresas mineras y petroleras, el estado se viene trabajando impulsando fuertemente en que todas las empresas implementen el Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos laborales, a través de la Ley N°29783 “Seguridad y Salud en el Trabajo” fue promulgada fue promulgada en el 2011 y su reglamento en abril del 2012, es por ello que muchas empresas recién están iniciando la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y

El Perú es el último país de la región contar con una legislación con rango legal en el cual se asegura la Protección y Seguridad de la Salud de los Trabajadores cuando desempeñen una actividad laboral, el cual tiene como principal objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en nuestro país y de esta manera erradicar, mitigar y/o controlar La frecuencia o siniestralidad, accidentes o muerte por las actividades laborales es uno de los grandes problemas en el mercado laboral que por lo general está muy asociada a la precariedad, poco interés y a la temporalidad laboral.

Para el cumplimiento de esta meta, el estado peruano en consulta con las organizaciones respectivas formula conjuntamente una Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo y de esta manera poder los accidentes y los daños para la salud que sean a consecuencia con la actividad laboral realizada, teniendo en cuenta los aspectos físicos. Químicos, biológicos, ergonómicos y psicosocial.

Para ellos el estado peruano exige a las diferentes organizaciones de nuestro país debe implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo y el cual debe estar regido a los siguientes principios:

- 1) Asegurar un compromiso visible del empleador con la salud y seguridad de los trabajadores (SST).
- 2) Lograr coherencia entre lo que se planifica y lo que se realiza.
- 3) Proponer mejoramiento continuo del sistema.
- 4) Mejorar la autoestima y fomentar el trabajo en equipo a fin de incentivar la cooperación de los trabajadores.
- 5) Fomentar la cultura de la prevención de riesgos laborales para que toda la

- 6) Tener una retroalimentación de información desde los trabajadores al empleador en temas de SST.
- 7) Evaluación de los principales riesgos que pueden ocasionar mayores perjuicios a la SST.
- 8) Fomentar y respetar la participación de los representantes de los trabajadores en decisiones de SST.

En el presente trabajo lo que se desea no es solamente implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo dentro la Planta de Producción de Radioisótopos (PPRR) del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) como dice la Ley N°29783 y el Reglamento DS 005-2012-TR; sino además poder también armonizar las diferentes normas internacionales de seguridad radiológicas y manipulación de material radiactivo, para la protección contra la radiación ionizantes y para el manejo seguro de las fuentes de la radiactivas, aplicando las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA); prevención de riesgos laborales y el desarrollo de enfermedades en virtud de su estatuto establece normas de Seguridad para proteger la Salud y Reducir al mínimo el Peligro para la vida de los colaboradores profesionales y para esta implementación se toma como base la Norma OHSAS 18001:2007, en la implementación sistema de gestión de prevención de riesgos laborales y el mejoramiento continuo basados en el Ciclo de Deming (P-H-V-A), teniendo como premisa que “Todo se puede mejorar”.

Por otra parte, el IPEN tiene compromisos y convenio de cooperación técnica con el OIEA, teniendo como misión: Normar, promover, supervisar y desarrollar la investigación y las aplicaciones nucleares y afines de forma segura para mejorar la competitividad del país y la calidad de vida de la nación.



El IPEN es una Institución de investigación y desarrollo reconocida internacionalmente por generar y transferir conocimiento científico y tecnológico que mejora la competitividad del país y el bienestar de la población, promueve el uso pacífico e intensivo de las aplicaciones nucleares y afines en los sectores productivos y de servicios. Regula y controla eficazmente el uso seguro de las radiaciones ionizantes.

### **1.2.2. PROBLEMA PRINCIPAL**

¿De qué manera el sistema de prevención de riesgos laborales podrá facilitar el control de radiaciones ionizantes en los TOE's de la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear?

### **1.2.3. PROBLEMAS SECUNDARIOS**

- a) ¿De qué forma las políticas de prevención de riesgos laborales podrán proporcionar lineamientos para el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear?
- b) ¿De qué modo las estrategias de prevención de riesgos podrán facilitar el control de radiaciones ionizantes en los TOE's de la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear?
- c) ¿De qué manera los procedimientos de prevención de riesgos podrán suministrar técnicas e información para el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear?

### **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer e implementar un sistema de prevención de riesgos laborales podrá facilitar el control de radiaciones ionizantes en los TOE's de la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- a) Establecer la forma como las políticas de prevención de riesgos laborales podrán proporcionar lineamientos para el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.
- b) Determinar el modo como las estrategias de prevención de riesgos podrán facilitar el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.
- c) Establecer la manera como los procedimientos de prevención de riesgos podrán suministrar técnicas para el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En este trabajo en primer lugar se realizará una identificación de riesgos y evaluación de riesgos (IPER) de las diferentes actividades que realiza el personal de producción de radiofármacos y del personal de control de calidad, debido a que son los dos personales que están mayormente expuestos a trabajar con material

Químicas, Biológicas, Ergonómicas y Psicosocial), para el proceso de identificación de peligros, análisis de nivel de riesgos y la matriz IPER, nos basaremos como fuente Guía IPER del Ministerio de Trabajo (MINTRA) y desarrollo de sus respectivos indicadores de control.

Terminado el proceso IPER, se procede a realizar la elaboración de los mapas de riesgos, herramienta para el control y seguimiento, representada gráficamente, de los diferentes ambientes de la PPRR donde se realiza la producción de los Radiofármacos y Controles de Calidad, evaluando e informando las posibles acciones preventivas o correctivas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).

Se procederá a desarrollar y elaborar los documentos principales (procedimientos, instructivos y registros) necesarios para la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, acorde con las ley y reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo vigente en nuestro país.

Al final se realizara el mejoramiento de la metodología de control de la dosimetría interna y análisis estadístico de las dosis de radiación absorbida por el personal de producción de radiofármacos entre los fines de 2015 hasta el 2017, evaluando el promedio de dosis, si supera o no las dosis permitidas por el reglamento de Protección Radiológica del Organismos Internacional de Energía Atómica (OIEA), y realizar propuestas de mejoras continuas utilizando las diferentes estrategias y herramientas de calidad con la finalidad de poder evitar y/o mitigar los efectos estocásticos en el desarrollo de enfermedades profesionales causadas por la radiación principalmente.

## **1.4.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La importancia de este trabajo es proponer e implementación un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) en la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) y este trabajo de investigación sirve como un modelo a otras instituciones u organizaciones que manipulan elementos radiactivos teniendo como objetivo principal la disminución de los peligro ,riesgos y probabilidad de desarrollar enfermedades profesionales causados por los elementos radiactivos a niveles tan bajos como humana y tecnológicamente sea posible, de esta manera se evitando el corte de la productividad y elevando el prestigio de la organización en los temas de Seguridad, Salud en el trabajo y Responsabilidad Social de la institución; y de esta manera podremos lograr tener una armonía entre los empleadores y colaboradores, cuidando la seguridad y salud laboral y no tener interrupción de la cadena productiva, favoreciendo a ambas partes.

## **1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

Este trabajo inicialmente fue de carácter exploratorio y descriptivo, debido a que la problemática de la implementación de un sistema de gestión de prevención de riesgos con la manipulación de elementos radiactivo ionizantes no ha sido estudiado en nuestro país, esta fase de la investigación es de mucha ayuda para familiarizar y conocer la realidad de este escenario muy poco conocido; luego correlacionaremos la relación que existe entre la actividad laboral al trabajar con materiales radiactivos ionizantes con la absorción de dosis recibida internamente (contaminación interna) por los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) debido a esta actividad

poder mejorar el control la adsorción de dosis con la implementación de un sistema de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (Prevención de riesgo laborales) adecuado en pro de la salud de los trabajadores.

### **1.5.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Este sistema de Gestión de Prevención de Riesgo, solo es aplicable para aquellas instituciones que dentro de sus actividades laborales y/o ambientes de trabajo utilicen fuente generadoras de radiación ionizantes.

## **1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES**

### **1.6.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL**

La implementación de un Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales (SGPRL) enfocados principalmente en el proceso productivo y control de calidad de los materiales radiactivos (radiofármacos), facilitaría control de la contaminación interna de los TOE de la PPR y el mejoramiento continuo del sistema, disminuyendo la probabilidad del desarrollo de enfermedades ocupacionales a causa de esta actividad.

### **1.6.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL**

Es la utilización de todas las herramientas y estrategias de Gestión de Calidad, Seguridad y Salud en el Trabajo, análisis cualitativos y cuantitativos de espectrometría gamma y de las actividades alternas que necesitan estos procesos de gestión y fomentar una cultura de prevención de riesgos dentro de la PPR.

## **CAPÍTULO II:**

### **MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. TEORÍAS GENERALES RELACIONADAS CON EL TEMA**

##### **2.1.1. SISTEMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Un sistema de prevención de riesgos laborales tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales por ejemplo en la Planta de Producción de Radioisótopos del IPEN, dicho sistema debe contar con el deber de prevención de los administradores de la Planta, el rol de fiscalización y control del IPEN y la participación de los trabajadores, quienes, a través del diálogo social, deben velar por la promoción, difusión y cumplimiento de los procesos y procedimientos para prevenir los riesgos laborales. En el marco del sistema de prevención de riesgos laborales, la entidad tiene la obligación de formular, poner en práctica y reexaminar periódicamente una Política institucional de seguridad y salud en el trabajo que tenga por objeto prevenir los accidentes y los daños para la salud que sean consecuencia del trabajo, guarden relación con la actividad laboral o sobrevengan durante el trabajo, reduciendo al mínimo, en la medida en que sea razonable y factible, las causas de los riesgos inherentes al medio ambiente de trabajo. Dicha Política institucional de seguridad y salud en el trabajo debe tener en cuenta las grandes esferas de acción siguientes, en la medida en que afecten la seguridad y la salud de los trabajadores:

- a) Medidas para combatir los riesgos laborales desde el origen, diseño, ensayo, elección, reemplazo, instalación, disposición, utilización y mantenimiento de los



de trabajo, herramientas, maquinaria y equipo, sustancias y agentes químicos, biológicos y físicos, operaciones y procesos);

- b) Medidas para controlar y evaluar los riesgos y peligros de trabajo en las relaciones existentes entre los componentes materiales del trabajo y las personas que lo ejecutan o supervisan, y en la adaptación de la maquinaria, del equipo, del tiempo de trabajo, de la organización del trabajo y de las operaciones y procesos a las capacidades físicas y mentales de los trabajadores;
- c) Medidas para la formación, incluida la formación complementaria necesaria, calificaciones y motivación de las personas que intervienen para que se alcancen niveles adecuados de seguridad e higiene;
- d) Medidas de comunicación y cooperación a niveles de grupo de trabajo y de empresa y en todos los niveles apropiados, hasta el nivel nacional inclusive;
- e) Medidas para garantizar la compensación o reparación de los daños sufridos por el trabajador en casos de accidentes de trabajo o enfermedades ocupacionales, y establecer los procedimientos para la rehabilitación integral, readaptación, reinserción y reubicación laboral por discapacidad temporal o permanente.

La formulación de la Política institucional de Seguridad y Salud en el Trabajo del Sistema de prevención de riesgos laborales de la institución debe precisar las funciones y responsabilidades respectivas, en materia de seguridad y salud en el trabajo de los administradores de la entidad, de los trabajadores y de otros organismos intervinientes, teniendo en cuenta el carácter complementario de tales responsabilidades.

Para que el sistema cumpla su rol de prevención se debe examinar la situación en materia de seguridad y salud de los trabajadores, a intervalos adecuados, con

identificar los problemas principales, elaborar medios eficaces para resolverlos, definir el orden de prelación de las medidas que haya que tomar y evaluar los resultados.

Shengli N. (2011) menciona que las organizaciones deben contar con un sistema de prevención de riesgos laborales, en dicho marco, el empleador debería establecer un plan para emergencias en el lugar de trabajo derivadas de condiciones anormales, como parte del plan general previsto para afrontar emergencias que podrían producirse en la instalación, tomando debidamente en cuenta los análisis de accidentes que se presentan en los informes de evaluación de la seguridad. El empleador debería establecer las líneas de comunicación y los acuerdos de cooperación apropiados con todos los órganos llamados a intervenir en tales casos, es decir, autoridades locales (policía, cuerpo de bomberos, hospitales) y autoridades nacionales. El plan de emergencia debería proporcionar medios para demostrar que el empleador y el personal jerárquico, en particular el encargado de la protección radiológica, están preparados para afrontar toda situación accidental que pudiese ocurrir en la instalación, que están disponibles los recursos necesarios de equipo y mano de obra, al menos los indispensables para aplicar medidas inmediatas, y que se sabe a dónde y cómo recurrir para obtener ayuda adicional. El empleador debería notificar toda situación accidental o de emergencia a las autoridades especificadas para el caso, con arreglo a un sistema previamente acordado.

En lo referido a los procedimientos en situaciones de emergencia, el empleador, el personal de vigilancia de la radiación y el de vigilancia de la salud y demás encargados de la seguridad deberían preparar por anticipado, teniendo en cuenta los posibles riesgos radiológicos, un conjunto de procedimientos aplicables a situaciones

- a) procedimientos para identificar la existencia de un accidente, evaluar la situación y tomar las medidas necesarias sobre la base de la información y los datos relativos a la vigilancia y el control especiales; la previsión de las consecuencias de las exposiciones y la evaluación de las contramedidas disponibles;
- b) la notificación a los servicios de ambulancia, al cuerpo de bomberos y a los equipos de rescate y descontaminación para organizar el transporte de personas lesionadas, la emisión de señales de advertencia apropiadas en el momento oportuno, etc.;
- c) la provisión y verificación periódica de un sistema eficaz de comunicación, así como procedimientos para notificar a todas las personas, servicios y organizaciones, en la medida correspondiente a las circunstancias, que existe una situación de emergencia;
- d) procedimientos para verificar que todo el personal se ha trasladado del lugar del accidente a los puntos de reunión preestablecidos;
- e) procedimientos para iniciar los trabajos de rescate y proceder al control del reingreso en la zona afectada de personas encargadas de prevenir los daños y tomar medidas para limitar el alcance del incidente en los lugares de trabajo;
- f) procedimientos para efectuar investigaciones radiológicas que permitan determinar con rapidez las condiciones de radiación y las zonas de riesgo del lugar;
- g) procedimientos para establecer un centro de control de emergencias que supervise y coordine todos los aspectos de la situación.

Además de las obligaciones habituales respectivas, debería asignarse la ejecución de un cometido en caso de emergencia al empleador, al personal de vigilancia de la radiación y de vigilancia de la salud, así como a todos los trabajadores. Esos cometidos deberán asignarse según la aptitud y experiencia de cada persona en

descontaminación, y vigilancia radiológica.

El empleador debería probar la eficacia de la organización y planificación de los procedimientos de emergencia, así como el adiestramiento que éstos suponen, mediante la realización de ejercicios periódicos bien planeados que se centren en el problema potencial de una instalación determinada. El empleador debería incluir en el plan de emergencia disposiciones para obtener la correspondiente asistencia médica, en caso de lesiones graves provocadas por irradiaciones externas o internas. Para la aplicación del plan de emergencia; el empleador debería efectuar los acuerdos necesarios e identificar a la persona o a las personas de la dirección, que son los responsables de llevar a cabo las actividades para recuperar el control de la situación anormal y aplicar las contramedidas indicadas. Estas contramedidas tienen como fin limitar la exposición de las personas al valor mínimo que pueda razonablemente alcanzarse, restringiendo al mínimo factible las consecuencias de las exposiciones inevitables, prestando asistencia médica inmediata a los trabajadores y tomando las primeras medidas conducentes al restablecimiento de las condiciones normales.

Los niveles de intervención prefijados y definidos en el plan de emergencia deberían aplicarse con flexibilidad a esos efectos, para favorecer su adaptación a la situación de emergencia real, ya que ésta, en general, diferirá de las situaciones accidentales presentadas en el informe de evaluación de seguridad. La asistencia internacional consiste en la que proporcionan el OIEA, por intermedio de su plan de asistencia en caso de accidente radiológico (emergencia); la OMS, por conducto del sistema de centros de colaboración en radiopatología humana, y varios Estados, en el marco de acuerdos de asistencia mutua, regionales o entre países, para las situaciones de accidente radiológico. Los niveles de intervención se prefiguran de modo tal que si el

fuera a sobrepasarlo, es sumamente improbable que se requiera la intervención especificada.

Se da el nombre de «niveles de referencia de emergencia» a los niveles de intervención expresados en función de dosis equivalente o incorporación y aprobados por la autoridad competente. En general, esos niveles se expresan en función de una escala de valores, y no de un único valor, para favorecer la flexibilidad de aplicación antes mencionada. Una vez logrado el control del incidente inicial, las medidas correctoras restantes deberían aplicarse con sujeción a los límites de dosis equivalente. Pueden producirse excepcionalmente situaciones en que se juzgue conveniente autorizar la exposición especial planificada de un pequeño número de personas para llevar a cabo diversas actividades esenciales, mientras que las restantes se ejecutan con arreglo a los límites de dosis equivalente. En caso de que las actividades de emergencia obliguen a que algunos trabajadores se sometan a exposiciones que exceden los límites aplicables a las exposiciones especiales planificadas, tales exposiciones de emergencia sólo se considerarán justificadas cuando, por ejemplo, sea urgente rescatar a personas lesionadas o atrapadas, prevenir lesiones o evitar un incremento sustancial de la magnitud del accidente; este último objetivo incluye el rescate de bienes de elevado valor material. En todos los casos, esos trabajadores deberían ofrecerse en forma voluntaria a realizar el cometido y haber recibido información sobre los riesgos que entrañan las exposiciones que exceden considerablemente los límites establecidos y sobre los procedimientos adecuados de rescate. Los empleadores deberían establecer medidas para facilitar lo siguiente:

a) instalaciones ubicadas en el lugar para la descontaminación del personal, el equipo y las zonas;

b) dosímetros individuales, ropa protectora adecuada y, cuando la situación así lo



- exila, equipo protector respiratorio para todas las personas que desempeñen tareas de protección;
- c) cantidades suficientes de los diversos equipos protectores y acceso expedito a los mismos para satisfacer los requisitos mínimos previstos en el plan de emergencia;
  - d) instrumentos de medida de amplio espectro de las radiaciones, incluidos instrumentos de medida de tasa de dosis – con señal de alarma audible o sin ella –y aparatos de muestreo de aire accionados por baterías; además, el servicio de vigilancia de la radiación debería instalar previamente, en puntos seleccionados, instrumentos fijos de vigilancia dotados de alto poder de detección que permitan la rápida evaluación de una situación de emergencia y el seguimiento de su evolución.

El empleador, en consulta con el Oficial de Protección Radiológica, debería establecer disposiciones para:

- a) el mantenimiento de un eficaz muestreo y análisis de los aerosoles y de las fugas de líquidos, que pudiesen originar condiciones accidentales;
- b) la prueba y la inspección periódicas de todo el equipo preparado para las situaciones de emergencia, con objeto de garantizar su disponibilidad y correcto funcionamiento cuando así se requiera.

El médico encargado de la vigilancia de la salud debería tener a su disposición, en caso de producirse un accidente radiológico, los medios y el personal fijar niveles derivados de intervención que puedan aplicarse a los resultados de las mediciones efectuadas en el marco del programa de vigilancia radiológica especial apropiados para administrar los primeros auxilios y efectuar descontaminaciones externas, según proceda. Las medidas destinadas a salvar vidas humanas deberían tener prioridad.



suficiente. El empleador, en consulta con el profesional encargado de la vigilancia de la salud y demás servicios interesados, debería asegurar, mediante acuerdos administrativos apropiados con hospitales adecuadamente ubicados y especializados en el tratamiento de lesiones producidas por irradiaciones, que éstos admitieran a los trabajadores lesionados con la menor dilación posible, en caso de necesidad.

Según Ollero (2014); un sistema de prevención de riesgos laborales tiene que tener identificadas correctamente las funciones que va a realizar. Son funciones de dicho sistema las siguientes:

- a) Formular y aprobar la Política Institucional de Seguridad y Salud en el Trabajo, y efectuar el seguimiento de su aplicación;
- b) Articular la responsabilidad y las funciones respectivas, en materia de seguridad y salud en el trabajo, de los representantes de los trabajadores, de los administradores de la entidad, de los trabajadores y de otros organismos intervinientes para la ejecución de la Política institucional de Seguridad y Salud en el Trabajo, teniendo en cuenta el carácter complementario de tales responsabilidades;
- c) Plantear modificaciones o propuestas de normativa en seguridad y salud en el trabajo, así como de aplicación o ratificación de instrumentos internacionales sobre la materia;
- d) Implementar una cultura de prevención de riesgos laborales, aumentando el grado de sensibilización, conocimiento y compromiso de la población en general en materia de seguridad y salud en el trabajo, especialmente de parte de los administradores de las dependencias y trabajadores;
- e) Articular y coordinar acciones de cooperación técnica con las dependencias en materia de seguridad y salud en el trabajo; f) Coordinar acciones de capacitación,

- el trabajo;
- g) Fortalecer el registro y notificación de información de accidentes y enfermedades profesionales, garantizar su mantenimiento y reporte, y facilitar el intercambio de estadísticas y datos sobre seguridad y salud en el trabajo entre los administradores, los trabajadores y sus representantes;
  - h) Garantizar el desarrollo de servicios de salud en el trabajo, de conformidad con la legislación y las posibilidades de los actores del sistema;
  - i) Fomentar la ampliación y universalización del seguro de trabajo de riesgos para todos los trabajadores;
  - j) Coordinar el desarrollo de acciones de difusión e información en seguridad y salud en el trabajo;
  - k) Velar por el cumplimiento de la normativa sobre prevención de riesgos laborales, articulando las actuaciones de fiscalización y control de parte de los actores del sistema;
  - l) Fiscalizar el cumplimiento de la Política Institucional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Según Khun (2014), el Sistema de prevención de riesgos laborales es la herramienta a través de la cual se integra la actividad preventiva de la empresa en su sistema general de gestión tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de la misma. El Sistema de prevención de riesgos laborales permite establecer y mantener la información del Sistema de gestión de la Seguridad y salud en el trabajo describiendo los elementos principales del sistema de gestión y su interacción; y, proporcionando orientación sobre la documentación relacionada. El Sistema de prevención de riesgos laborales constituye la base del Sistema de Gestión

estructura y funcionamiento con el propósito de establecer las pautas para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores en todos los aspectos relacionados con el trabajo; desarrollar las acciones y criterios de actuación para la integración de la actividad preventiva en la empresa y la adopción de cuantas medidas sean necesarias; prevenir, eliminar o minimizar los riesgos a los que está expuesto el personal de la empresa y otras partes interesadas; implementar, mantener y mejorar continuamente su Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SST); asegurar la conformidad con la Política de SST establecida; demostrar dicha conformidad a otros y facilitar la certificación del SST por parte de una organización externa

El Sistema de prevención de riesgos laborales debe ser aprobado por la Dirección de la empresa, asumido por toda su estructura organizativa, en particular por todos sus niveles jerárquicos, y conocido por todos los trabajadores de la misma. El plan de prevención incluye la estructura organizativa de la empresa, identificando las funciones y responsabilidades que asume cada uno de los niveles jerárquicos de la misma y los respectivos cauces de comunicación entre ellos, en relación con la prevención de riesgos laborales; la organización de la producción en cuanto a la identificación de los distintos procesos técnicos y las prácticas y los procedimientos organizativos existentes en la empresa, en relación con la prevención de riesgos laborales; la organización de la prevención en la empresa, indicando la modalidad preventiva elegida y los órganos de representación existentes; la política, los objetivos y metas que en materia preventiva pretende alcanzar la empresa, así como los recursos humanos, técnicos, materiales y económicos de que va a disponer al efecto.

La organización con objeto de desarrollar una gestión eficaz de la seguridad y salud de sus trabajadores, debe determinar los principios rectores de su política que se

desarrollarán de forma integrada con el resto de los procesos. La Dirección de la organización define esta “Política de Seguridad y Salud en el Trabajo” partiendo del principio fundamental de proteger la vida, integridad y salud de todos los trabajadores, tanto propios como de empresas colaboradoras. Dicha Política se sustenta en los siguientes principios:

- 1) Es apropiada a la naturaleza y magnitud de los riesgos para la SST de la organización;
- 2) Incluye un compromiso de prevención de los daños y el deterioro de la salud, y de mejora continua de la gestión de la SST y del desempeño de la SST;
- 3) Incluye un compromiso de cumplir al menos con los requisitos legales aplicables y con otros requisitos que la organización suscriba relacionados con sus peligros para la SST;
- 4) Proporciona el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de SST;
- 5) Se documenta, implementa, mantiene y se comunica a todas las personas que trabajan para la organización, con el propósito de hacerles conscientes de sus obligaciones individuales en materia de SST;
- 7) Está a disposición de las partes interesadas; y, se revisa periódicamente para asegurar que sigue siendo pertinente y apropiada para la organización.

Para la puesta en práctica y desarrollo de los principios de la política de prevención la organización cuenta con la participación y colaboración tanto de sus trabajadores, como de sus órganos de representación, como de su Servicio de Prevención Ajeno, al objeto de que el nivel de Seguridad y Salud de todos los que trabajamos para la empresa mejore día a día. Las reuniones de formación /información con los trabajadores y su exposición en los tableros de anuncios son los medios utilizados

todas las partes interesadas queda asegurada mediante su publicación en la página web de la organización. Para asegurar su continua adecuación y efectividad, la Política de SST será revisada anualmente por la Dirección de la organización, en el momento en que realice la revisión del sistema tal y como se describe en el apartado correspondiente del Plan de Prevención.

El procedimiento para la identificación continua de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles describe los pasos seguidos en la organización para la identificación continua de peligros, la evaluación de riesgos, y la implementación de las medidas de control necesarias. Este proceso se aplica a las actividades rutinarias y no rutinarias; actividades de todo el personal que tenga acceso al lugar de trabajo (incluyendo subcontratistas y visitantes). El procedimiento debe incluir la evaluación de las instalaciones en el lugar de trabajo, ya sean proporcionadas por la organización o por terceros. Los resultados de estas evaluaciones se considerarán en el momento de establecer los objetivos de SST.

La metodología de la organización para la identificación de peligros y para la evaluación de riesgos debe estar definida con respecto a su alcance, naturaleza y momento en el tiempo, para asegurarse de que es más proactiva que reactiva; prever la identificación, priorización y documentación de los riesgos, y la aplicación de controles, según sea apropiado. En referencia a las revisiones de la evaluación de riesgos, el Servicio de prevención ajeno será responsable de la actualización de la evaluación inicial de riesgos conforme se vayan produciendo cambios o modificaciones sustanciales en el proceso o en la organización y en concreto siempre que los puestos de trabajo puedan verse afectados por la elección de equipos de trabajo, sustancias o preparados químicos, la introducción de nuevas tecnologías, o la modificación en el acondicionamiento de los lugares de trabajo, el



cambio en las condiciones de trabajo; la incorporación de un trabajador cuyas características personales o estado biológico conocido lo hagan especialmente sensible a las condiciones del puesto; Incidentes ocurridos; los resultados de la vigilancia de la salud; la incorporación de empresas subcontratadas para la realización de alguna obra/servicio cuya actividad implique riesgos graves o muy graves. Para ello, el Servicio de prevención ajeno será avisado tan pronto como concurra alguna de las anteriores circunstancias. En cualquier caso, la evaluación deberá ser revisada completamente al menos cada 3 años. Las medidas de acción correctivas o preventivas que hayan de ser aplicadas para el control de los riesgos identificados se planificarán al objeto de asegurar y supervisar su ejecución, actividad que puede requerir de una identificación y evaluación de riesgos adicional para constatar su realización y la minimización o eliminación del riesgo. Con el fin de establecer un contenido acorde con el artículo 9 del Reglamento de los Servicios de Prevención, la Planificación de la Prevención se desarrolla conforme a la siguiente estructura, documento de planificación de la prevención, en la que se incluye el global de las medidas técnicas, procedimientos a desarrollar, necesidades en materia de información, formación, controles periódicos, etc., indicándose para cada una de las mismas el ámbito de aplicación y la prioridad establecida en la evaluación.

La implantación y desarrollo de la actividad preventiva en la empresa requiere la definición de las responsabilidades y funciones en el ámbito de los distintos niveles jerárquicos de la organización. La autoridad y responsabilidad relativas a la SST en la organización se desprende del organigrama de la organización adjunto; la delegación de autoridad de la dirección de la organización al representante de la



preventiva; la relación de atribuciones y responsabilidades genéricas que figuran en cada sección de este manual (detallada en los correspondientes procedimientos derivados); las descripción de responsabilidades que se detallan a continuación.

En este marco el procedimiento sobre competencia, formación y toma de conciencia debe describir la sistemática aplicada en la organización para garantizar que sus empleados reciban una formación teórica y práctica suficiente y adecuada en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñan o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo. La formación se centrará en los riesgos detectados en los puestos de trabajo y las medidas preventivas aplicables, debiéndose actualizar cuando surjan nuevos riesgos, repitiéndose periódicamente cuando sea necesario; en las medidas a adoptar en caso de emergencia; en las responsabilidades y funciones en materia preventiva asignadas según el puesto que ocupe el trabajador en la organización; en la importancia de actuar conforme a la política y procedimientos establecidos en el SST, y las consecuencias potenciales de posibles desviaciones en procedimientos operativos; en las necesidades de formación específicas de los delegados de prevención, miembros del comité de seguridad y salud, recursos preventivos, trabajadores encargados de emergencias, y cualquier trabajador con funciones específicas en el SST. Quedan incluidos en el alcance de este procedimiento la formación y programas de concienciación para contratistas, trabajadores temporales y visitantes de acuerdo al nivel de riesgos al que estén expuestos.

Asimismo, el procedimiento sobre comunicación, participación y consulta debe describir el proceso que aplica la organización para asegurar que los empleados y

que los empleados están representados en asuntos de la seguridad y salud y que los empleados son informados sobre quién o quiénes son sus representantes sobre SST y sobre la persona designada por la dirección. Con este procedimiento se pretende además garantizar la comunicación de las condiciones peligrosas para la seguridad y salud, a partir de la identificación de las mismas por los empleados de la organización. De esta manera se pretende facilitar la participación de los trabajadores en los procesos de identificación y control de dichas condiciones.

El procedimiento de control de documentos y control de registros debe describir la sistemática aplicada en la organización para controlar todos los documentos y los datos del SST para asegurar de que puedan ser localizados. Asegurar que los documentos y los datos se examinan periódicamente, se revisan cuando es necesario y que se aprueban por personal autorizado; asegurar que las versiones actualizadas de los documentos y datos pertinentes están disponibles en todos los lugares donde se desarrollan operaciones esenciales para el funcionamiento eficaz del sistema de gestión de la SST; asegurar que se retiran con prontitud los documentos y datos obsoletos de todos los puntos de emisión y puntos de utilización o, en caso contrario, asegurar que no se haga un uso inadecuado; asegurar la identificación, mantenimiento y disposición de registros de la SST, así como para los resultados de las auditorías y revisiones; identificar, controlar, archivar, mantener al día y dar un destino final a la documentación y registros del SST, con el fin de demostrar la adecuación de dichos sistemas.

En el control del sistema, se recogen las diferentes disposiciones establecidas por la organización donde quiera que sean requeridas, para controlar los riesgos de la operación, el cumplimiento de los objetivos y de la política de SST, y para cumplir

documentos de trabajo (procedimientos, instrucciones,) que definen la forma de desarrollar la actividad por el personal de la organización o por otros que actúen en su nombre (subcontratas, personal temporal,). Las actividades que deben ser cubiertas por el control operacional son las siguientes: Adquisición o transferencia de bienes y servicios; Uso de recursos externos, contrata, subcontratas y ETTs; Diseño de lugares de trabajo; Mantenimiento de instalaciones y equipo seguro; Vigilancia de la salud de los trabajadores y Mantenimiento preventivo y control periódico

Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona del trabajador y la confidencialidad de toda la información relacionada con su estado de salud. El acceso a la información médica de carácter personal se limitará al personal médico y a las autoridades sanitarias que lleven a cabo la Vigilancia de la Salud de los trabajadores, sin que pueda facilitarse al empresario o a otras personas sin consentimiento expreso del trabajador. No obstante, lo anterior, el empresario y las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se deriven de los reconocimientos efectuados en relación con la aptitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de protección y prevención, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materia preventiva. Los resultados de la vigilancia de la salud serán comunicados a los trabajadores afectados. Estos datos no podrán ser usados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador. En los supuestos en que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo haga necesario, el derecho de los trabajadores a la vigilancia

la relación laboral, en los términos que reglamentariamente se determinen. La actividad sanitaria se llevará a cabo mediante: Una evaluación inicial de la salud de los trabajadores después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas que comporten nuevos riesgos; exámenes de salud periódicos en función del riesgo específico al que está expuesto el trabajador; Una nueva evaluación de la salud de los trabajadores que reanuden el trabajo tras prolongadas ausencias del mismo por motivos de salud, para poder detectar el eventual origen profesional de tales ausencias y recomendar una acción apropiada para proteger al trabajador. En lo relativo a la protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos, el empresario garantizará de forma específica la protección de los trabajadores que, por sus propias características o estado biológico conocidos, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean especialmente sensibles a los riesgos derivados del trabajo. A tal fin deberá tener en cuenta dichos aspectos en las evaluaciones de los mismos y en función de éstas el empresario adoptará las medidas preventivas y de protección necesarias. De aquí, por tanto, que si la ausencia prolongada de un trabajador de su puesto de trabajo por motivos de salud ha limitado sus aptitudes físicas, psíquicas o sensoriales contrastadas tras una nueva evaluación médica, a su ingreso al trabajo, el empresario deberá garantizarle un nuevo puesto acorde con dichas limitaciones.

### **2.1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN PERÚ**

En nuestro país la salud y seguridad tiene un costo anual (entre accidentes y

efectos en las familias; sin embargo, los accidentes y enfermedades profesionales con PREVISIBLES.

En el Perú, la Privatización de los servicios de salud, la poca fiscalización de MINTRA y el poco interés de las empresas por invertir en la salud de sus trabajadores dan el siguiente panorama:

Según ESSASLUD, en el 2009 se registraron 19,148 accidentes de trabajo, contra los 17,677 registrados en el 2008, cabe señalar que estos son los que están registrados, habiendo aún un alto porcentaje sin ser notificados, debido a muchos trabajadores laboran de manera informal.

Así mismos, de los 19,148 accidentes de trabajo registrados en el 2009, el 73% de los trabajadores no se encontraban afiliados al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR).

Y hasta ese entonces el Perú era el único país de la región que no contaba con una legislación con rango legal que asegure la protección de la Salud o la Seguridad de los trabajadores.

Es por ello que el 20 sábado de agosto del 2011, es publicado en el diario oficial el peruano la ley N° 29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”, teniendo objetivo principal de esta ley promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país; y además esta ley es aplicable a todos los sectores productivos económicos y de servicios, Política Nacional en lo que respecta a la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), La implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, deberes y derecho de trabajadores y empleadores.

Sin embargo no fue sino hasta el 25 de abril del 2012, aparece promulgado en el diario oficial el peruano el DS 005-2012-TR “Reglamento de la Ley N°29783. Ley



deben implementar mecanismos adecuados que permitan hacer efectivas la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales (comités paritarios) en todos los aspectos referentes a SST.

Además, el empleado está obligado a implementar un Sistema de Gestión Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), regulados bajo la ley N°29783 y el presente reglamento DS 005-2012-TR. Las empresas que ya tuviesen implementados Sistemas Integrado de gestión o cuentan con certificaciones internacionales en seguridad y salud en el trabajo (OHSAS 18001) deben verificar que cumplan, como mínimo con lo señalado en la ley, el reglamento y demás normas aplicables.

Tanto la ley N°29783 como la norma internacional OHSAS 18001 (Sistema de Gestión de SST), tiene como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un Sistema de Gestión SST eficaz que pueda ser integrados con otros sistemas de gestión y al mismo tiempo ayudar a las organizaciones a conseguir los objetivos de SST y económicos.

Los estándares de la norma internacional OHSAS especifica(s) los requisitos para que un sistema de gestión de SST que permita a una organización desarrollar e implementar una(s) política(s) y objetivos que tengas en cuenta los requisitos legales y la información sobre los riesgos para la SST.

Esta norma OHSAS al igual que la ley N°29783, es aplicable a todos los tipos y tamaños de organizaciones y ajustarse a diversas condiciones geográficas, culturales y sociales. El éxito del sistema se basa en el nivel de compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y en especial de la alta dirección.

Un sistema de este tipo permite a una organización desarrollar una adecuada política de SST, establecer objetivos y procesos para alcanzar los compromisos de la



política, tomar las decisiones necesarias para el mejoramiento del desempeño de la misma y demostrar el desempeño del sistema con los requisitos de las OHSAS.

El espíritu de las OHSAS es apoyar y promover las buenas prácticas de SST en equilibrio con las necesidades socioeconómicas y la protección de los trabajadores o colaboradores contra dolencias, enfermedades y/o accidentes relacionados con las actividades laborales forma parte de los pilares de la Organización del Trabajo (OIT).

Uno de los puntos principales que fomenta la OIT es promover oportunidades para que los hombres y mujeres puedan conseguir trabajos decentes y productivos en condiciones de libertad, equidad y dignidad humana, resumiendo todos estos conceptos “Trabajo Decente”.

Muchas organizaciones de diversos tipos están interesadas en alcanzar y demostrar un sólido desempeño que sus sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo son eficaces y efectivos, mediante el control de sus riesgos y peligros de sus diferentes actividades laborales, acorde con su política de SST de cada organización.

Muchas organizaciones han emprendido revisiones o auditorias de SST para evaluar su desempeño de SST; sin embargo, esas revisiones y auditorias por sí mismas no son suficiente para proporcionar una información adecuada a la organización del desempeño de su sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Entonces para que sean eficaces estos sistemas necesitan estar desarrollados dentro de un sistema de gestión estructurado e integrado en la organización.

“Pese a ser considerada un pilar fundamental para el desarrollo de todo país, la salud ocupacional en el Perú es un tema que no se ha consolidado de modo adecuado”

(APERHU, [http://www.solar.com.pe/nwsite/S\\_Clientes/APERHU/informe\\_10.html](http://www.solar.com.pe/nwsite/S_Clientes/APERHU/informe_10.html))

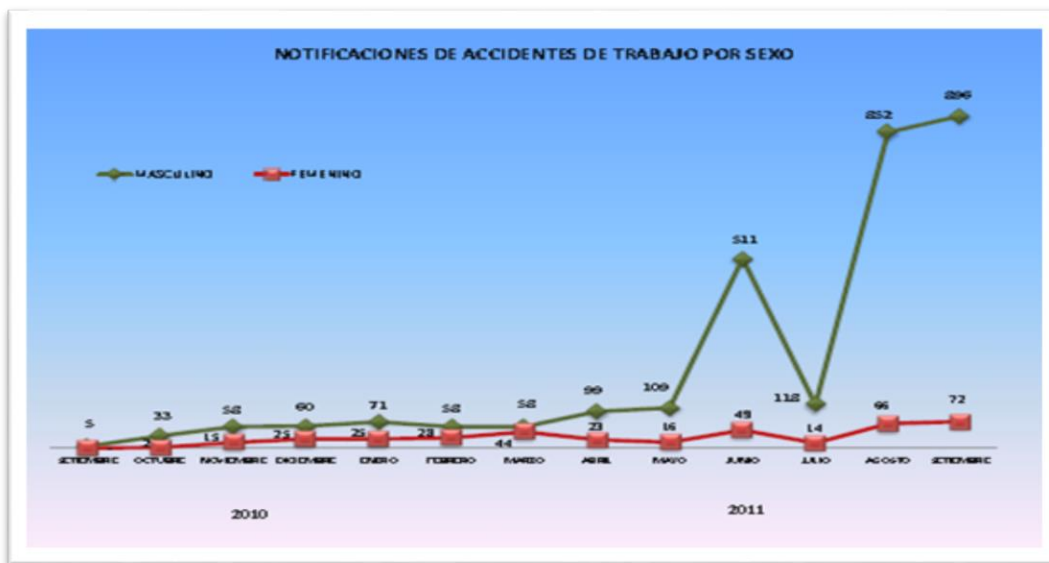
En el Boletín de estadístico de notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales setiembre 2010 – setiembre 2011, documento elaborado por el MINTRA. a nivel nacional de los 3,109 accidentes de trabajos notificados hasta setiembre del 2011, el 89,16% corresponden al género masculino, observando un fuerte incremento considerable a accidentes en ambos sexos. (Figura. N°4)

Esto no significa que han aumentado los incidentes, sino se debe a que gracias a las campañas de sensibilización realizada por el sector del MINTRA ante los empleadores y/o centros médicos de la obligación de notificar ante la autoridad los accidentes producidos en los centros laborales dispuestos en la Ley N°29783, es lo que ha ayudado a tener una valoración más real de la cantidad de accidentes en el centro de trabajo.

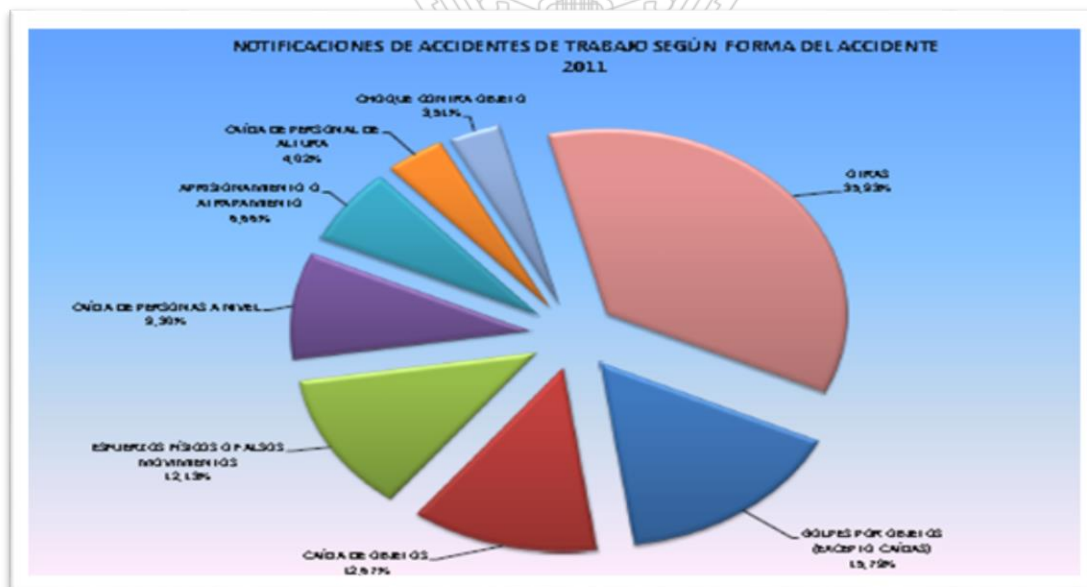
El mayor porcentaje de accidentes de trabajo se encuentra en el rubro manufacturero, seguido por la explotación minera y actividad inmobiliaria, de las formas de accidentes correspondió del total de 3,109 de accidentes notificados, el 15,79% se debe a golpes por objetos, 12,67 a caída de objetos, esfuerzo físicos o falsos movimiento, caídas de personal a nivel en 9,30% entre otros. (Figura. N°5).

Sin embargo, en nuestro país existe un rubro laboral el que está poco difundido o desconocido por la mayoría de la población, como son personal que trabajan con y/o directa o indirectamente están relacionados con trabajo con fuentes radiactivas (medicina, minas, industrias, investigación etc.). La utilización y/o manipulación de fuentes radiactivas conllevan a un riesgo, y estos están relacionados con la exposición a las radiaciones ionizantes.

**Figura. N°4:** “Notificación de accidentes de trabajo de setiembre 2010 – setiembre 2011,  
Fuente: Oficina general de estadística de MINTRA”



**Figura. N°5:** “Notificación de accidentes de trabajo según la forma del accidente de setiembre 2010 – setiembre 2011, Fuente: Oficina general de estadística de MINTRA”



### 2.1.3. EVALUACIÓN DE RADIACIONES IONIZANTES EN TOE

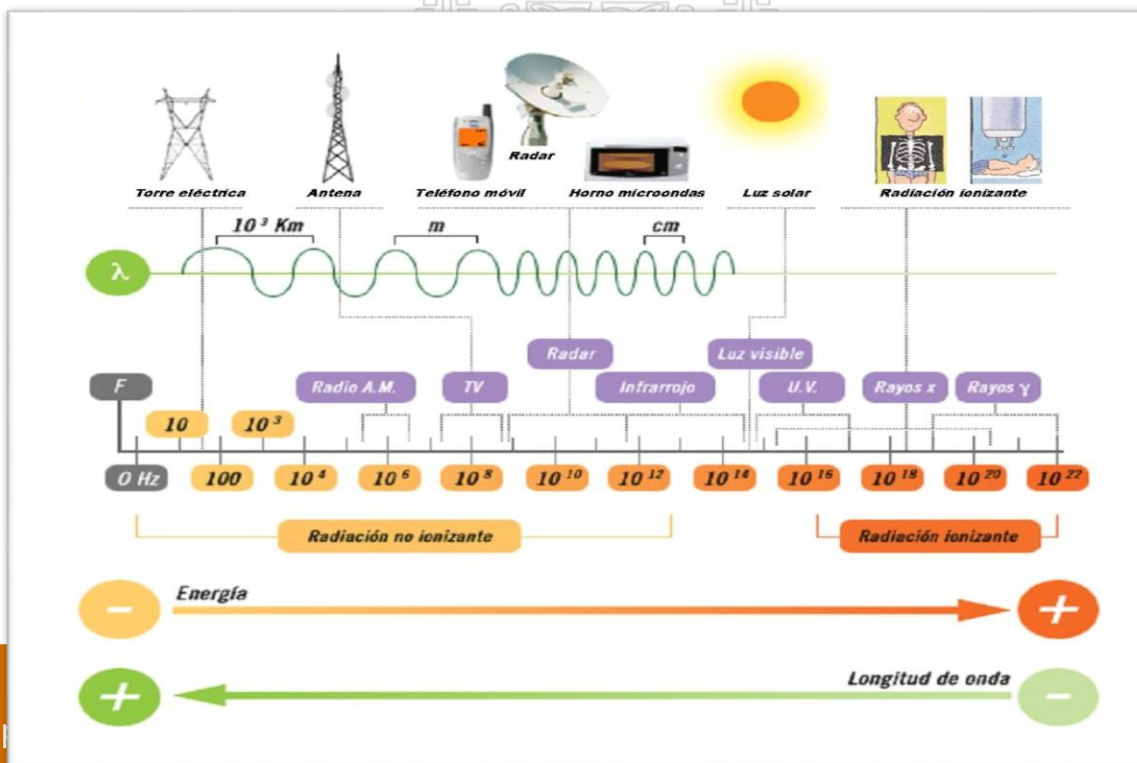
En esta sección hablaremos que son las radiaciones ionizantes, los tipos de

biológicos y como actúa sobre ello (efectos moleculares en el ADN), exposiciones ocupacionales (efectos estocásticos y determinísticos), fundamentos de la protección radiológica, riesgos ocupacional al personal laboralmente expuestos, análisis de dosis recibidas por el personal laboralmente expuestos en la PPR (Sección de PROC y CCAL) y un modelo estadísticos para el control y reducción de dosis recibida.

### Radiaciones no ionizantes

Son ondas electromagnéticas cuya frecuencia se extiende desde lo 0Hz hasta  $3 \times 10^{15}$ Hz y no tiene la capacidad de arrancar un electrón de la materia que incide, produciendo a lo mucho una excitación electrónica. Cruz V. realizó estudios de Riesgos para la salud de las radiaciones no ionizante de las redes de energía eléctrica den el Perú entre los años 2002 al 2008 en el ámbito nacional a través de muestras representativas que incluyeron más de 1,400 puntos, demuestra que riesgos para la salud de las redes de energía eléctrica no es significativo ( Cruz M., 2009).

**Figura. N°6:** Longitud de onda de las radiaciones no ionizantes y ionizantes



## **Radiaciones ionizantes**

La Radiación ionizante es la radiación se compone de partículas que individualmente portan suficiente energía para liberar un electrón de un átomo o de una molécula sin elevar a temperatura de ionización el material a granel, se genera a través de reacciones nucleares, ya sea artificiales o naturales, por la temperatura muy elevada, o a través de la producción de partículas de alta energía en aceleradores de partículas, o debido a la aceleración de las partículas cargadas por los campos electromagnéticos a través de reactores nucleares.

La radiación ionizante forma parte de nuestra vida cotidiana, ya que es un agente natural con el que convivimos. Es más, "La vida en la tierra se ha desarrollado en presencia de radiación. No es nada nuevo, inventado por el hombre. La radiación siempre ha estado aquí". (Dr.Eric J.Hall, Profesor de la Universidad de Columbia Nueva York). La radiación ionizante natural (o de fondo) puede tener orígenes muy diversos: los rayos cósmicos, la tierra, el cuerpo humano o el aire que respiramos.

### **Clasificación de las radiaciones ionizantes**

En los años 1899 y 1900, los físicos Ernest Rutherford y Paul Villard separaron la radiación en tres tipos, finalmente nombradas por Rutherford, radiación alfa, radiación beta y radiación gamma, basándose en la penetración de objetos y en la deflexión por un campo magnético.<sup>11</sup>. Los rayos alfa fueron definidos por Rutherford como los que tienen la menor penetración de objetos ordinarios. (Figura. N°7)

### **Radiación tipo alfa:**

Es un tipo de radiación de poca energía de penetración, y puede ser detenida por una hoja de papel, formada **por iones** provenientes del átomo del Helio ( $\text{He}^{+2}$ ). Este tipo



de radiación emite núcleos de elementos pesados situados al final de la tabla periódica.

### **Radiación tipo beta:**

Está constituida por electrones, lo que significa que es también de naturaleza corpuscular, en la que cada corpúsculo tiene una masa atómica de 1/1800, aproximadamente, y una carga de 1 unidad negativa y es detenida por una hoja de papel de aluminio. A diferencia del caso anterior, el electrón emergente no existía anteriormente en el núcleo sino que **procede de la transformación de un neutrón** en un protón, que queda dentro del núcleo, y el electrón, que es eyectado. Posteriormente se descubrió la radiación beta positiva, semejante a la beta, pero con carga positiva. Está formada por positrones procedentes de la transformación de un protón en un neutrón.

### **Radiación de tipo gamma**

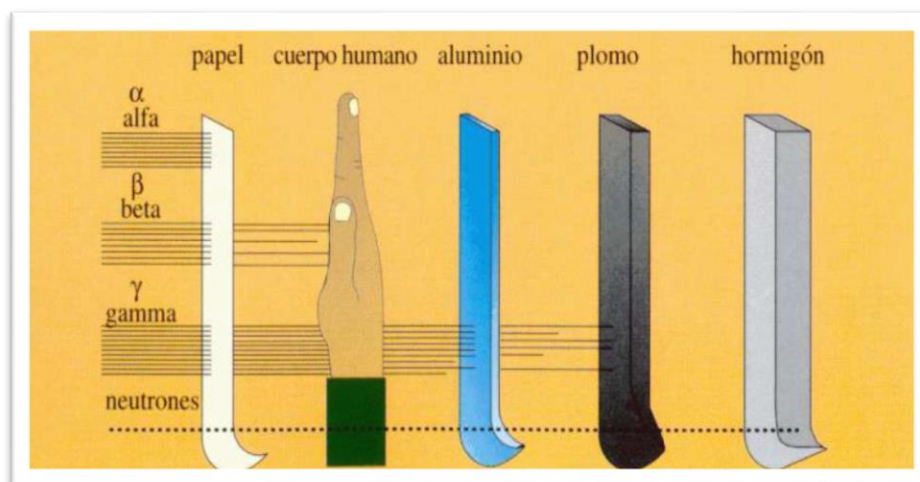
Es de naturaleza **electromagnética**, semejante a la luz ordinaria o a los rayos X, pero con mucha menor longitud de onda. Es, por lo tanto, de naturaleza ondulatoria, carente de masa en reposo y de carga y es absorbida cuando penetra en un material denso (Plomo o concreto). Esta radiación tampoco existía antes en el núcleo, sino que es energía que se emite como consecuencia de un reajuste energético del núcleo.

## **2.1.4. EFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES EN LA SALUD HUMANA**

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)**, mientras que el **sievert (Sv)** es la unidad del daño biológico que producen las radiaciones. El daño que puede producir una dosis absorbida depende del tipo de radiación y de la



**Figura. N°7:** Capacidad de penetración en la materia de los distintos tipos de radiación (Fuente: Sollet, 1997)



Se cumple la equivalencia  $1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy}$  para las radiaciones electromagnéticas (rayos X y gamma) y los electrones, pero para otras radiaciones debe utilizarse un factor corrector: 20 para la radiación alfa, de 1 a 20 para neutrones libres.

El sievert es utilizado para medir diferentes magnitudes y es utilizada en protección radiológica y tener lecturas y cálculos de la dosis equivalente, dosis ambiental y/o la dosis efectiva recibida por una persona.

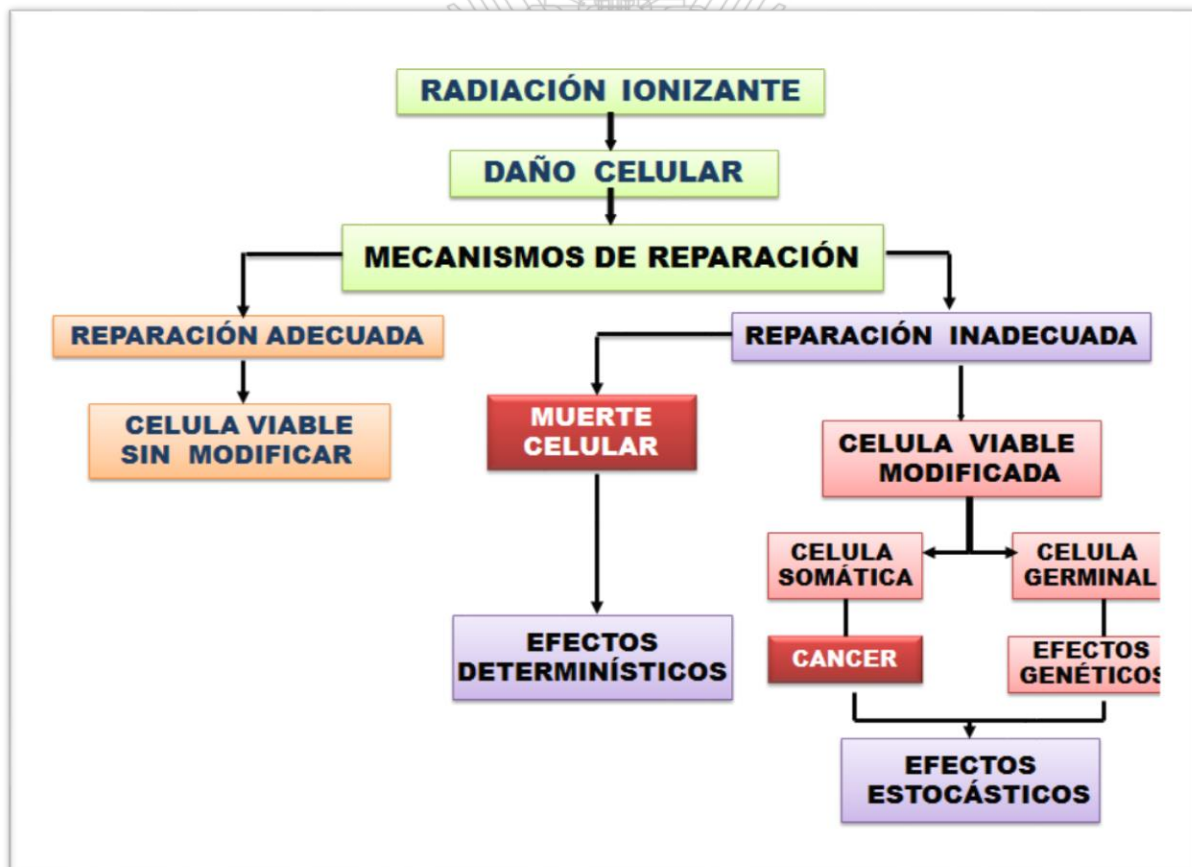
En el proceso de ionización dentro de la biología de un ser vivo causa cambios en átomos y moléculas, de forma transitoria o permanente causando mutaciones o daños a nivel celular. Si se producen daños a nivel celular y el organismo no logra o pueda repararlo adecuadamente, puede ocurrir que estas células mueran o se vean impedidas en reproducirse, o pueda reproducirse, pero de manera modificada (mutación). Pero en ambos casos tiene implicancias inesperadas en el organismo.

Si la cantidad de células afectadas por la radiación es elevada lo que pasará es que el tejido u órgano afectado pierda sus funciones vitales a la que llamamos **efectos determinísticos** y son clínicamente detectables en una persona expuesta a ella, siendo

tan severas que puede llevar hasta la muerte.

Si la dosis es baja o se recibe a lo largo de un periodo amplio (tasa de dosis baja) hay más probabilidades de que las células dañadas se reparen con éxito. Aun así, pueden producirse efectos a largo plazo si el daño celular es reparado, pero incorpora errores, transformando una célula irradiada que todavía conserva su capacidad de división. Esa transformación puede producir cáncer pasados años o incluso decenios. No siempre se producen efectos de este tipo, pero la probabilidad de que ocurran es proporcional a la dosis de radiación. El riesgo es mayor para los niños y adolescentes, ya que son mucho más sensibles que los adultos a la exposición a la radiación a estos los llamamos **efectos estocásticos**. (Figura. N°8)

**Figura. N°8:** Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes (Fuente: OIEA)



### Efectos determinísticos

Los efectos determinísticos son la consecuencia de la sobre exposición externa o interna de forma prolongada sobre todo o una parte del cuerpo, provocando la muerte celular de tal forma que no puedan o perder su viabilidad, teniendo como resultado que estas células causen los deterioros severos del funcionamiento de órganos o tejidos, clínicamente detectables.

Los efectos letales de la radiación expresan la insuficiencia de determinados órganos para continuar con sus funciones vitales, estas insuficiencias se evidencian luego de distintos períodos de tiempo de acuerdo a la cinética celular de los tejidos afectados. La secuencia de eventos se caracteriza por una combinación de signos observados y síntomas manifestados, es decir síndromes.

**Tabla N°1:** La severidad de las manifestaciones clínicas depende de la dosis

Dosis de radiación (Sv)	Síntomas comunes	Mortalidad relativa
0,05 - 0,2 Sv	Sin síntomas a corto plazo, aunque, según diversas estimaciones, existe riesgo potencial de <b>cáncer</b> .	Sin mortalidad aparente.
0,2 - 0,5 Sv	Sin síntomas a corto plazo visibles. Descenso temporal en el número de <b>glóbulos rojos</b> .	Sin mortalidad aparente.
0,5 - 1 Sv	Intoxicación leve por radiación: Dolor de cabeza y esterilidad masculina temporal.	Sin mortalidad aparente.
1 - 2 Sv	Intoxicación leve por radiación: Náuseas débiles, vómitos ocasionales, anorexia, fatiga. Depresión del sistema inmune y riesgo de infección.	10 % en 30 días.
2 a 3 Sv	Intoxicación grave por radiación: náuseas , vómitos frecuentes, pérdida de pelo y fatiga. Pérdida masiva de <b>leucocitos</b> y por tanto, aumento del riesgo de infección. Esterilidad femenina permanente.	35 % en 30 días.
3 a 4 Sv	Intoxicación grave por radiación: náuseas, vómitos, hemorragias en la boca, piel y riñones.	50 % en 30 días.
4 - 6 sv	Intoxicación grave por radiación: Náuseas, vómitos, hemorragias internas e infecciones. Esterilidad femenina.	60 % en 30 días.
6 - 10 sv	Intoxicación aguda por radiación: Destrucción parcial o total de la <b>médula ósea</b> , daño en el tejido gástrico e intestinal. Posterior infección, hemorragia interna y muerte.	100 % en 14 días.
10 a 50 sv	Intoxicación aguda por radiación: Pérdida total de la médula ósea. Muerte celular gástrica e intestinal, diarrea masiva, hemorragias internas, pérdida de agua, delirio, coma y muerte.	100 % en 7 días.
50 a 80 sv	Intoxicación aguda por radiación: Desorientación, coma y muerte.	100 % en cualquier lapso.

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Envenenamiento\\_por\\_radiaci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Envenenamiento_por_radiaci%C3%B3n)

**Tabla N°2:** Límites de dosis de La exposición ocupacional de todo trabajador ocupacionalmente expuesto

Dosis de Radiación (mSv)	
20	Por año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos
50	Una dosis efectiva en cualquier año.
150	Una dosis equivalente en el cristalino en un año.
500	Dosis equivalente en las extremidades de piel y manos en un año.

**Fuente:** Protección de los trabajadores frente a la radiación, OIT-Abril 2011

En el caso de aprendices y/o estudiantes de 16 a 18 años que reciban una formación para un empleo que implique exposición a la radiación deberá controlarse de forma que no rebasen los siguientes límites (tabla N°3)

**Tabla N°3:** Límites de dosis de La exposición ocupacional para estudiantes y pasantes

Dosis de Radiación (mSv)	
6	Por año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos
50	Una dosis equivalente en el cristalino en un año.
150	Dosis equivalente en las extremidades de piel y manos en un año.

**Fuente:** Protección de los trabajadores frente a la radiación, OIT-Abril 2011

### **Accidente radiológico de Yanango – Perú, con efectos determinístico**

El accidente ocurrió el 20 de febrero de 1999, en la hidroeléctrica de Yanango, San

la empresa BECO S.A para instalar en una tubería de 2 metros de diámetro un equipo de gammagrafía industrial 192-Iridio ( $^{192}\text{Ir}$ ) con una actividad de 1,37TBq (37,03Ci) en horas de la mañana, sin embargo, al momento de realizar el trabajo, el técnico olvida el material radiactivo en una tubería.

A eso de la 16:00 horas un soldador de HAUG encuentra la fuente radiactiva y creyendo que era algo con un valor económico alto, lo guarda en su bolsillo posterior de su pantalón y continúa con su trabajo hasta las 22:00 horas. Se traslada a su domicilio en un mini bus durante 20 minutos con 15 personas, y a las 23:00 horas que llega a su casa con un dolor y cojeando.

Mientras en la Hidroeléctrica a las 23:30 horas, el operador del equipo de gammagrafía industrial, detecto que el equipo de radiación no emite ninguna lectura, asumió que él había fallas con el equipo detector de radiaciones y se va a cenar.

A las 00:00 horas ingresa a la tubería donde se encontraba el equipo de gammagrafía industrial y encuentra sin tornillos el equipo que contenía la fuente radiactiva de  $^{192}\text{Ir}$  y comienza su búsqueda e investigación del caso.

A la 1:00 horas del 21 de febrero encuentran al soldador de HAUG en su casa, el sale con la fuente de iridio en sus manos, El operador golpea fuertemente la mano del soldador y tira la fuente a mitad de la calle y le coloca una piedra para cubrirlo, luego la fuente es recuperada y asegurada en un recipiente con paredes de acero de 2" de espesor.

Durante el tiempo que el soldador llego a casa, este al tener un dolor en la pierna y nalga, se retira el pantalón y lo coloca encima de una silla; el enrojecimiento de la piel lo atribuye a una picadura de algún insecto y se aplica compresa caliente en la zona afectada.



La esposa estaba sentada encima del pantalón por el laxo aproximadamente 10 minutos mientras daba de lactar a su bebé (18 meses), otros 2 niños de 7 y 10 años dormían ceca de la fuente (aproximadamente entre 2 a 3mt) y a eso de la 1:00 am aparece el operador de la fuente radiactiva en casa del soldador.

Al soldador se el traslado inmediatamente al INEN y se pidió ayuda al Organismos Internacional de Energía Atómica (OIEA) y donde el soldador fue remitido fue remitido al Centro de Tratamiento de Quemaduras Graves del Hospital Militar “Percy de Claart”, Francia.

Episodios gráficos de los eventos de la sobre exposición: (Fig. N°6)

Irregularidades que se observó en este caso:

- Personal sin licencia individual.
- Equipo no autorizado (ingreso ilegal por Ecuador).
- No se utilizó detector de radiaciones.
- Seguridad física inapropiada.
- No se utilizó dosimetría personal, señales de advertencia ni supervisión adecuada.



**Figura N°9:** Lesiones causadas por la sobreexposición con la fuente de  $^{192}\text{Ir}$   
(Fuente: OIEA)



### Efectos estocásticos

Este efecto ocurre cuando la célula sufre una modificación en su ADN a causa de la radiación ionizante con bajas tasas de dosis, pero esta permanece viable y eventualmente el daño se expresa cuando estas células proliferan. La mayor preocupación es el riesgo de desarrollo de cáncer y de enfermedades hereditarias severas.

El potencial cancerígeno de la radiación ionizante fue conocido en 1902, que se descubrió el primer cáncer radioinducido, el cual se caracterizó por un área ulcerada en la piel. En pocos años, se observaron un elevado número de tumores de piel, y la primera Leucemia se describió en 1911 en 5 trabajadores expuestos a radiación; hasta

la actualidad no se ha podido demostrar la inducción por causa de las radiaciones

que las radiaciones ionizantes es un múnatenos universal y en estudios realizados en plantas y animales demuestran claramente que la radiación puede inducir efectos genéticos, por lo que es poco probable que los humanos sean una excepción.

### 2.1.5. PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Existe un organismo internacional independiente que estudia los temas de los efectos de la ración en TOE's y el medio ambiente, esta organización se llama la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), la cual establece una serie de criterios y recomendaciones teniendo como principales principios:

#### **Justificación:**

Solo se debe realizar actividades a exposición a las radiaciones siempre y cuando el beneficio que se va dar por la manipulación de este material supere al riesgo ocasiona por el mismo.

#### **Criterio ALARA:**

Viene de su significado en ingles "As Low As Reasonably Achievable", que dice "tan bajo como razonablemente sea posible". Todas las exposiciones a las radiaciones deben mantenerse a niveles bajo como razonablemente sea posible para reducir los riesgos que pueden ocasionar este tipo de actividades.

#### **Límite de Dosis:**

La dosis de radiación recibidas por las personal ocupacionalmente expuestas y no expuestas, no deben superar los límites recomendados por la ICRP para cada circunstancia y donde las personas no deben ser expuestas a riesgos inaceptables y estos deben ser respetados siempre sin tener en cuenta consideraciones económicas.

## 2.2. BASES TEÓRICAS ESPECIALIZADAS SOBRE EL TEMA

### 2.2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA: LUGAR DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO

El Centro Nuclear OSCAR MIROQUESADA DE LA GUERRA (RACSO), fue inaugurado en 1989 y comprende las siguientes instalaciones:

- ✓ Reactor RP-10
- ✓ Laboratorios de Ciencias
- ✓ Planta de Producción de Radioisótopos (PPR)
- ✓ Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas (LSCD)
- ✓ Planta de Gestión de Residuos Radiactivos (PGRR)

El principal objetivo de estas instalaciones es la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías; para ello cuenta con laboratorios modernos que pueden ser modificados y ampliados rápidamente para abarcar los diversos campos de la ciencia. Asimismo, estos laboratorios están disponibles para actividades de investigación a nivel internacional, y realizar trabajos conjuntos con centros de investigación de otros países.

El Centro Nuclear se encuentra localizado en el Departamento y Provincia de Lima, Distrito de Carabayllo a 42 Km de la Ciudad de Lima, a una altura de 400 m sobre el nivel del mar y cuenta con un área de 125 hectáreas. (Fig. n°7, 8 y 9).

El Centro Nuclear cuenta con una moderna Planta de Producción de Radioisótopos, diseñada y construida con facilidades necesarias para producir radioisótopos primarios, radiofármacos, compuestos marcados y otras sustancias radiactivas a escala industrial y, asimismo, efectuar trabajos de investigación y desarrollo. (Figura. N°10).

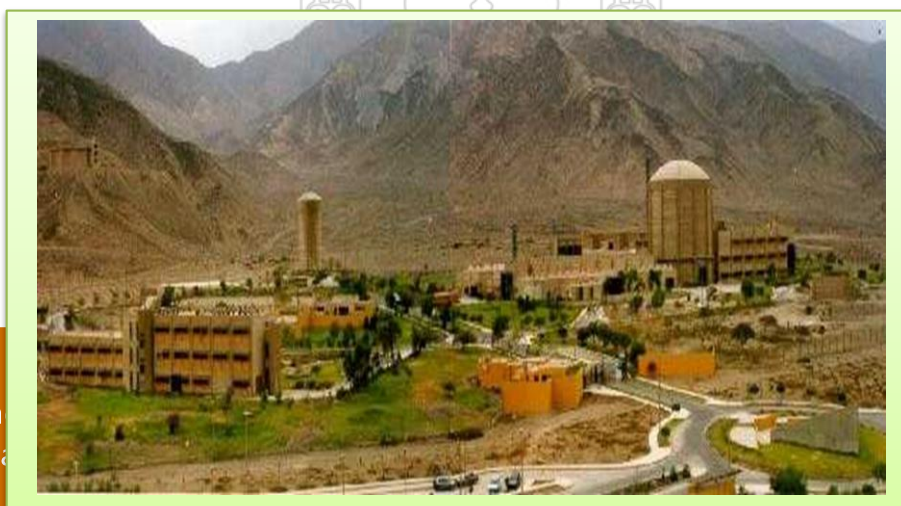
**Figura. N°10:** Localización Centro Nuclear “RACSO” en el distrito de Carabayllo. Fuente: Google earth



**Figura. N°11:** Centro Nuclear “RACSO”, Av. San Juan 12Km s/n Carabayllo Fuente: Google earth



**Figura. N°12:** Vista panorámica del Centro Nuclear “RACSO”, Ubicado en el distrito de Carabayllo  
Fuente: Pagina Web. IPEN





**Figura. N°13:** Operador en pleno proceso de producción

Fuente: Pagina Web. IPEN



## 2.2.2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS (PPR)

La Planta de Producción de Radioisótopos (PPR), Tiene un área construida de 3,500 m<sup>2</sup> y está conformada por un conjunto de recintos de producción para el manejo y producción de Radiofármacos (RF), áreas limpias producción de Componentes para Radiodiagnóstico (CPR), un promedio de 30 laboratorios (Figura. N°14), entre los cuales, los dedicados a la producción tienen unas celdas construidas con ladrillos de plomo de 50 y 100 mm de espesor, garantizando la seguridad de los operadores que realizan los procesos químicos.

En estos recintos especiales dotados de pinzas o telemanipuladores y también visores de vidrio plomado se realiza la producción de radioisótopos emisores de radiación gamma utilizados principalmente en las aplicaciones médicas como:

- ✓ Yodo 131 (<sup>131</sup>I)
- ✓ Tecnecio 99m (<sup>99m</sup>Tc)

Para producir radioisótopos se deben irradiar en el reactor, durante varias horas, determinadas sustancias químicas que después de activarse regresan a la Planta por el corredor caliente y son colocados en las celdas blindadas para su purificación.

Los radioisótopos producidos pasan a otros laboratorios de la planta donde se les practica diversos controles físicos, químicos y biológicos para asegurar que el producto convertido en un radiofármaco tenga toda la calidad necesaria para que sea aplicado a un paciente.

La PPPR dispone también de diversos laboratorios con modernos equipamientos para efectuar diversas investigaciones que conducen a la producción de nuevos radioisótopos y radiofármacos. En los últimos años se han obtenido importantes logros, entre los cuales destaca la exportación de productos a diversos países del mundo.

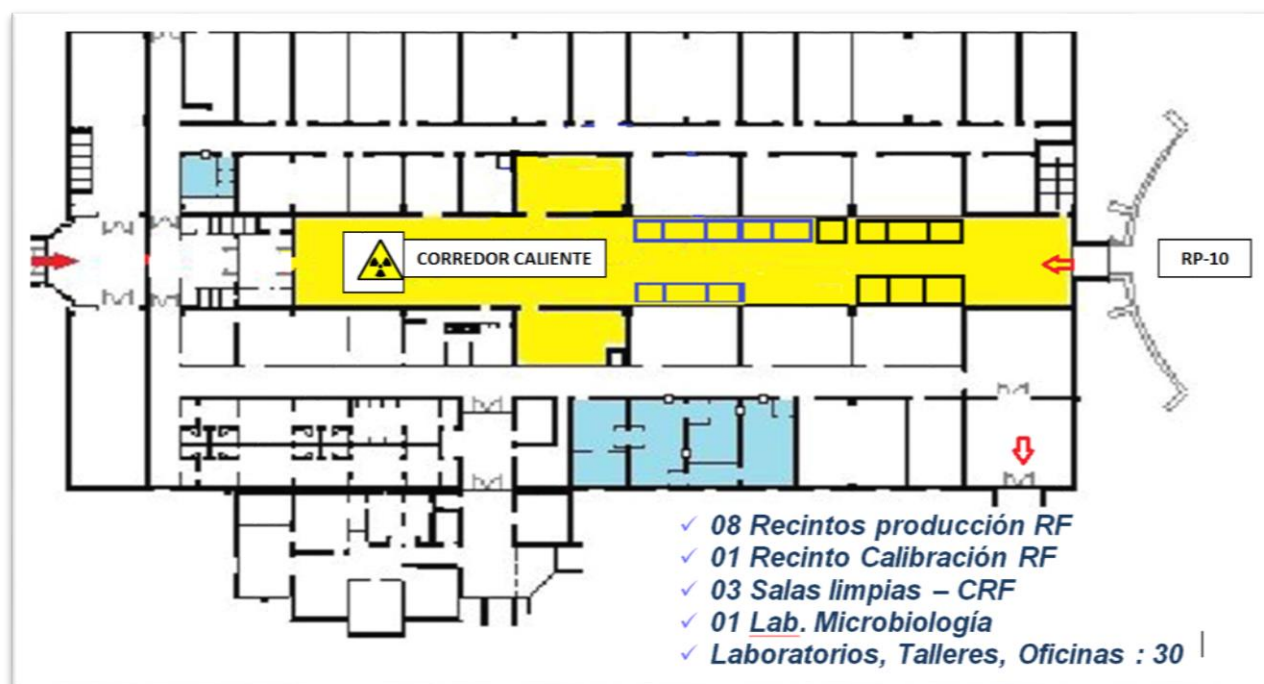
Así mismo la PPR, tiene otra línea de producción, la producción de Componente Para Radiodiagnóstico (CPR); la cual se rige por los principios, normas, criterios de calidad establecidas en el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de Productos Farmacéuticos.

Dichos CPR, son utilizados en los diferentes servicios de medicina nuclear existentes a nivel nacional y en algunos laboratorios de medicina nuclear del extranjero, estos elementos son unidos al Pertecnetato de Sodio  $Tc\ 99m$  ( $Na^{99m}TcO_4$ ) y son administrados a los pacientes, localizándose en el órgano que se desea estudiar.

Así, por ejemplo, si se administra un CPR con afinidad al tejido neuronal, éste se alojará en el cerebro, desde donde emitirá señales, las cuales serán captadas por una cámara gamma o SPECT proporcionando imágenes que finalmente servirán para un acertado diagnóstico. Lo mismo ocurrirá con otros órganos como los riñones, hígado,



**Figura. N°14:** Plano la Planta de Producción de Radioisótopos (Fuente: IPEN)



### 2.2.3. PRODUCTOS ELABORADOS POR LA PPR.

#### Definición de un Radiofármaco

En general, un radiofármaco consta de dos partes bien diferenciadas: la molécula soporte a la que se une el radionucleído y que condiciona la ruta metabólica del radiofármaco dentro del organismo y el radionucleído propiamente dicho que emite radiación permitiendo la detección externa del radiofármaco y la valoración del proceso estudiado cualitativa y/o cuantitativamente

#### Clasificación los Radiofármacos

1. Precursor de radiofármaco: Cualquier radioisótopo o radionucleído producido para el marcado radiactivo de otras sustancias antes de su administración.
2. Radiofármaco listo para usar: Cualquier medicamento que contiene un radioisótopo o radionucleído incorporado con algún objetivo médico.

3. Componente para radiofármaco: Cualquier preparado que deba reconstituirse o

Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis combinarse con radioisótopos o radionucleídos.

4. Generador de radionucleídos: Cualquier sistema que incorpore un radioisótopo o radionucleído padre fijo, a partir del cual se produzca un radioisótopo o radionucleído hijo, obtenido por elución o por cualquier otro método y utilizado en un radiofármaco.

#### **Utilización de los Radiofarmacos en la medicina nuclear:**

El radiofármaco resulta de la combinación de especies orgánicas o inorgánicas y un radionucleído. No tienen acción farmacológica, pero están sujetos a estrictas regulaciones establecidas por las autoridades sanitarias. Se ha propuesto la denominación de agentes de radiodiagnóstico, admitiendo su semejanza a los fármacos convencionales en lo que respecta a los controles de calidad.

La medicina nuclear diagnóstica se basa en el uso de los radiofármacos, donde un isótopo radiactivo se incorpora a una molécula orgánica o inorgánica que se dirige selectivamente a un órgano de interés o que se incorpora a un proceso metabólico o fisiológico del organismo.

Dado que el isótopo es un emisor gamma, se pueden obtener por medio de sistemas de detección llamados gamma cámaras y equipos de tomografía de emisión de positrones, externamente imágenes in vivo del funcionamiento de los diversos órganos o sistemas, las cuales se procesan en sistemas de cómputo y se imprimen en placas radiográficas o fotográficas. Estas imágenes pueden ser analizadas y correlacionadas con experiencias clínicas. Lo más importante de los radiofármacos para diagnóstico es que pueden obtenerse estudios "dinámicos" lo que no puede lograrse con el ultrasonido o la tomografía convencional. (Figura. N°15)

La PPRR atiende a un promedio de 18 usuarios entre hospitales y clínicas a nivel nacional y exportando a 11 países nuestros productos (Guatemala, Costa Rica,

Venezuela, Ecuador, Chile, Bolivia, Honduras, Cuba, EEUU, Argentina, Trinidad y Tobago, Paraguay Colombia, Nueva Zelandia y Santo Domingo.

**Figura. N°15:** Esquema de utilización de los radiofármacos en medicina nuclear

Fuente: (compilado por el autor)



**Figura. N°16:** Principales usuarios Nacionales e Internacionales

Fuente: (compilado por el autor)

En promedio atendemos 18 usuarios, entre Hospitales y Clínicas a nivel de Lima, provincia y 15 en el extranjero

- ✓ Hospitales de la Seguridad Social
- ✓ Hospitales del Sector Salud
- ✓ Clínicas de Lima
- ✓ Provincia – Arequipa
- ✓ Extranjero: (Guatemala, Costa Rica, Venezuela, Ecuador, Chile, Bolivia, Honduras, Cuba, EEUU, Argentina, Trinidad y Tobago, Paraguay Colombia, Nueva Zelandia y Santo Domingo)

#### 2.2.4. Preparación de materia prima en el Reactor RP-10 -IPEN

En la PPRR, se prepara cápsulas de aluminio que contiene contienen diferentes compuestos químicos, dependiendo que radiofármacos se va elaborar.

Para la producción de Pertecnato de Sodio  $^{99m}\text{Tc}$  ( $\text{Na}^{99m}\text{TcO}_4$ ), se lleva al Reactor nuclear RP-10 cápsulas de aluminio que contienen Molibdato de Sodio Mo-99, que pasan por 2 procesos de irradiación (cada procedo de 8 horas) para activar el blanco y volverlo radiactivo. (Figura. N°17)

En el caso de producción del  $\text{Na}^{131}\text{I}$ , se lleva a irradiar muestras de  $\text{TeO}_2$ , el cual pasa por 4 procesos de irradiación (unas 35 horas aprox).

Y para la producción del DOLOSAM ( $^{153}\text{SmCl-EDTMP}$ ), se envía a irradiar al reactor la muestra de  $\text{SmCl}_2$ , por solamente un periodo de irradiación (8horas).

Luego todas estas muestras irradiadas son traslada a la PPRR a través del corredor caliente (ambiente restringido) y son colocados en los recintos de producción para su posterior procesamiento. (Figura. N°18)

**Figura. N°17:** Reactor RP-10 y el proceso de irradiación de las muestras.

Fuente: (complilado por el autor)





**Figura. N°18:** Traslado de muestras irradiadas e ingreso a los recintos de producción.

Fuente: (compilado por el autor)



### 2.2.5. PRODUCCIÓN DE PERTECNETATO DE SODIO $^{99m}\text{Tc}$

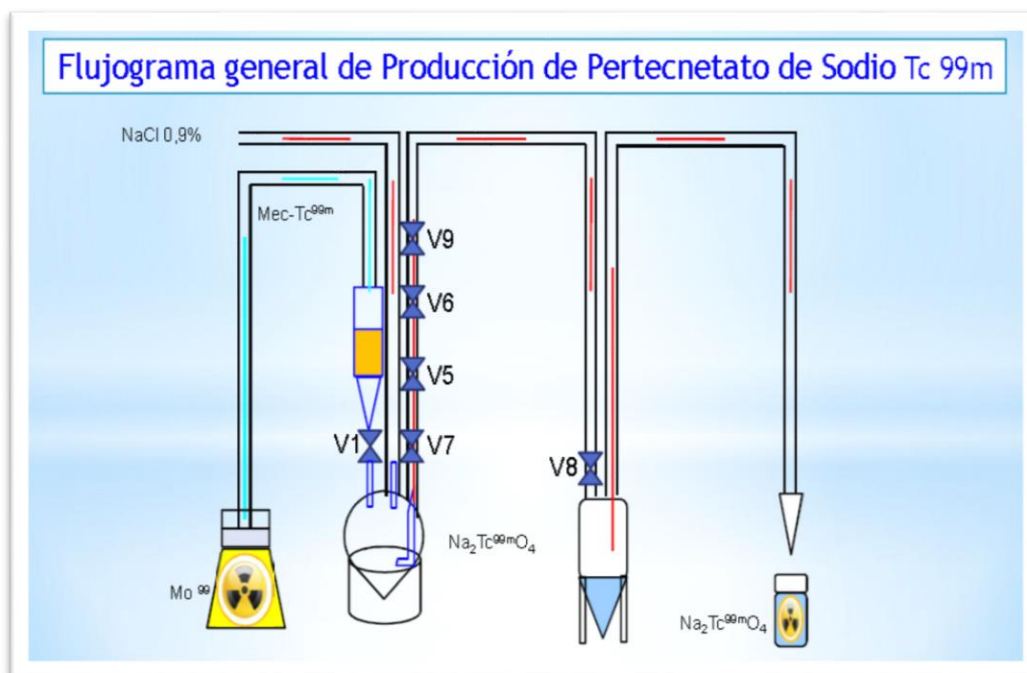
Dentro de un Erlenmeyer que ya contiene una solución de Hidróxido de Sodio 0,5N ( $\text{NaOH}$  0,5N), se le agrega las muestras de Molibdato de Sodio Mo-99 y se homogeniza con la ayuda de un homogeneizador de paletas, posteriormente se le agrega una solución de 0,1 a 4mL Peróxido de Hidrógeno 30% ( $\text{H}_2\text{O}_2$  30%) iniciando de esta manera una reacción de oxidación por un tiempo de 2 a 5 minutos.

Luego se le agrega unos 50mL de MEK y se homogeniza por unos 3 a 5 minutos, se apaga el homogenizado y aparecen dos fases: una fase orgánica que está en la parte superior conteniendo  $^{99m}\text{TcO}_4$  y la fase acuosa que contiene Mo-99m.

Se extrae el  $^{99m}\text{TcO}_4$  y solución es colocado en un desecador para eliminar el exceso de MEK; una vez eliminado todo el líquido, se agrega una solución de NaCl 0,9% para poder extraer el  $^{99m}\text{TcO}_4$  de las paredes del desecador y de esta manera obtenemos el  $\text{Na}^{99m}\text{TcO}_4$ . (Figura. N°19) Posteriormente este producto es envaso y llevado a esterilizar por calor húmedo a  $121^\circ\text{C}$  x 15 minutos.

**Figura. N°19:** Producción del precursor Pertecnato de Sodio  $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$

(Fuente: Ing. Miranda J. - PPR)



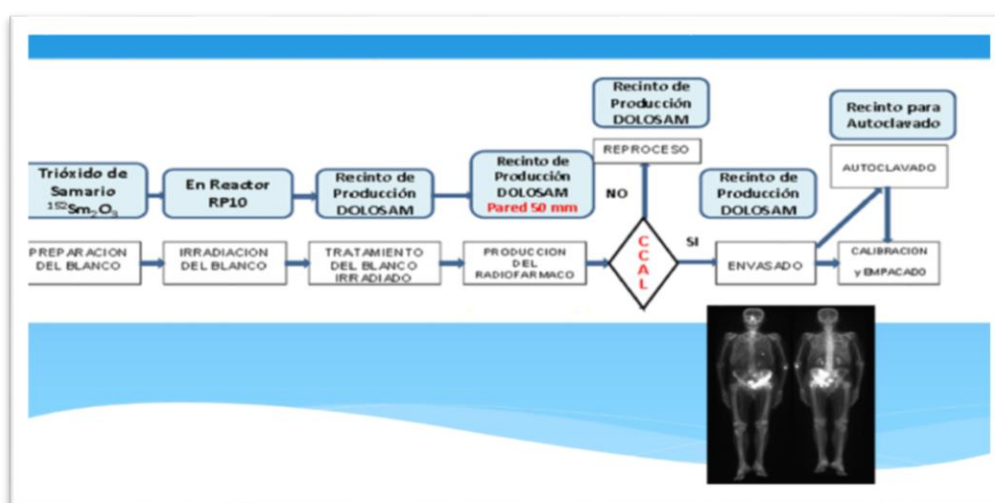
### 2.2.6. PRODUCCIÓN DEL DOLOSAM

Radiofármaco utilizado en pacientes con dolor debido a metástasis óseas, alternativa terapéutica del dolor está el uso de isótopos radioactivos, que irradian al órgano blanco mediante emisión de partículas beta. Entre estos isótopos se encuentra el  $^{153}\text{Sm-EDTMP}$  que está disponible en nuestro país y que tiene una biodistribución favorable y características fisicoquímicas y de toxicidad aceptables para ser utilizado en metástasis principalmente osteoblásticas con alivio progresivo del dolor desde las primeras 48 horas y con una duración entre 4 a 35 semanas. (Figura. N°20)



**Figura. N°20:** Producción del radiofármaco DOLOSAM

(Fuente: creado por el autor)



### 2.2.7. PRODUCCIÓN DEL YODO-131 ( $\text{Na}^{131}\text{I}$ )

La terapia de yodo radioactivo I-131, es un tratamiento para la actividad excesiva de la glándula tiroides, una afección denominada hipertiroidismo.

El hipertiroidismo puede ser causado por la enfermedad de Graves, en la cual toda la glándula tiroides trabaja en exceso, o por nódulos dentro de la glándula que producen localmente una cantidad excesiva de la hormona tiroidea.

El yodo radioactivo (I-131), emite radiación, se usa con fines médicos. Cuando se traga una pequeña dosis de I-131, el mismo es absorbido hacia el torrente sanguíneo en el tracto gastrointestinal (GI) y es concentrado desde la sangre por la glándula tiroides, donde comienza a destruir las células de la glándula.

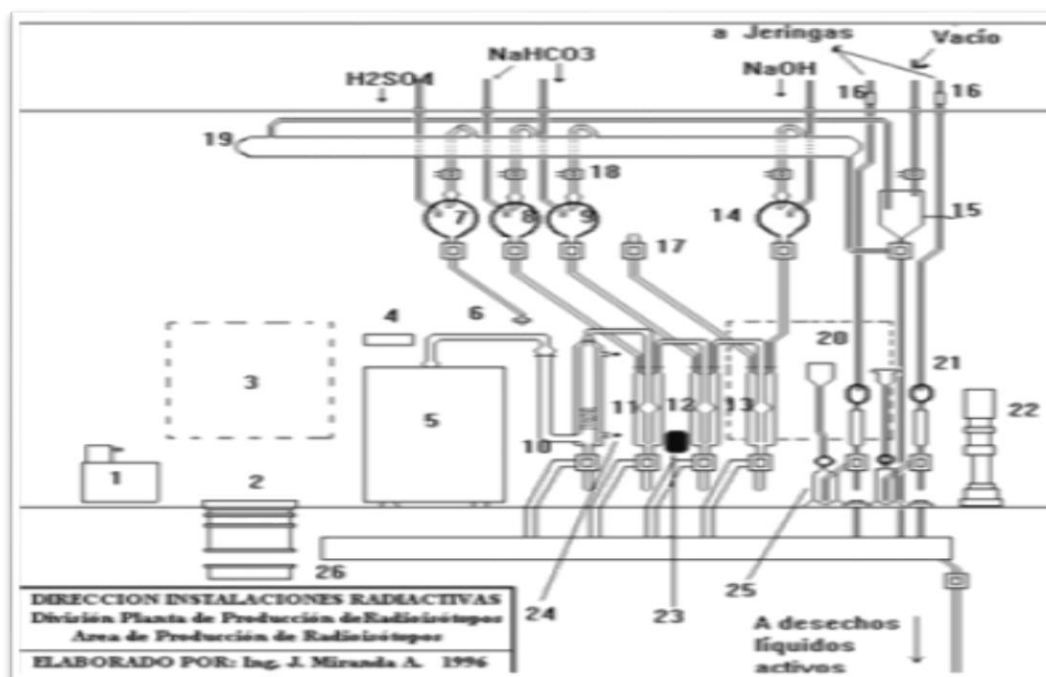
El yodo radioactivo I-131 puede ser utilizado también para tratar el cáncer de tiroides.

El I-131, es obtenido por un proceso de sublimación, siendo atrapado en solución de Ácido Sulfúrico al 90% ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  90%) y en una solución de Bicarbonato de Sodio al

5% ( $\text{NaHCO}_3$  al 5%) y Tiosulfato de Sodio 0,2%. (Figura. N°21)

**Fig. N°21:** Diagrama de producción del  $^{131}\text{I}$  Ioduro de Sodio ( $\text{Na}^{131}\text{I}$ )

(Fuente: Ing. Miranda J. - PPR)



### 2.2.8. CONTAMINACIÓN INTERNA POR YODO RADIOACTIVO ( $^{131}\text{I}$ )

La tiroides es una glándula que está situada en la zona de la garganta y es encargada de producir una serie de hormonas y para poder producir estas moléculas necesita del Yodo. Por lo que esta glándula tiene una gran afinidad por este elemento.

El Yodo 131 ( $^{131}\text{I}$ ) con el Yodo natural, son químicamente muy similares con la única diferencia de emitir radiación, y es esta característica que es utilizada para el tratamiento de ciertas enfermedades que afectan a la glándula tiroides.

Este radiofármaco puede ser administrado por vía oral al paciente en la que se sospecha que afecciones como crecimiento anormal y/o crecimiento de nódulos con formación de tumores en la tiroides, y es utilizado para los estudios (través de imágenes) o tratamiento de cáncer tiroideo utilizando dosis más altas de este elemento

(20 a 30mCi).

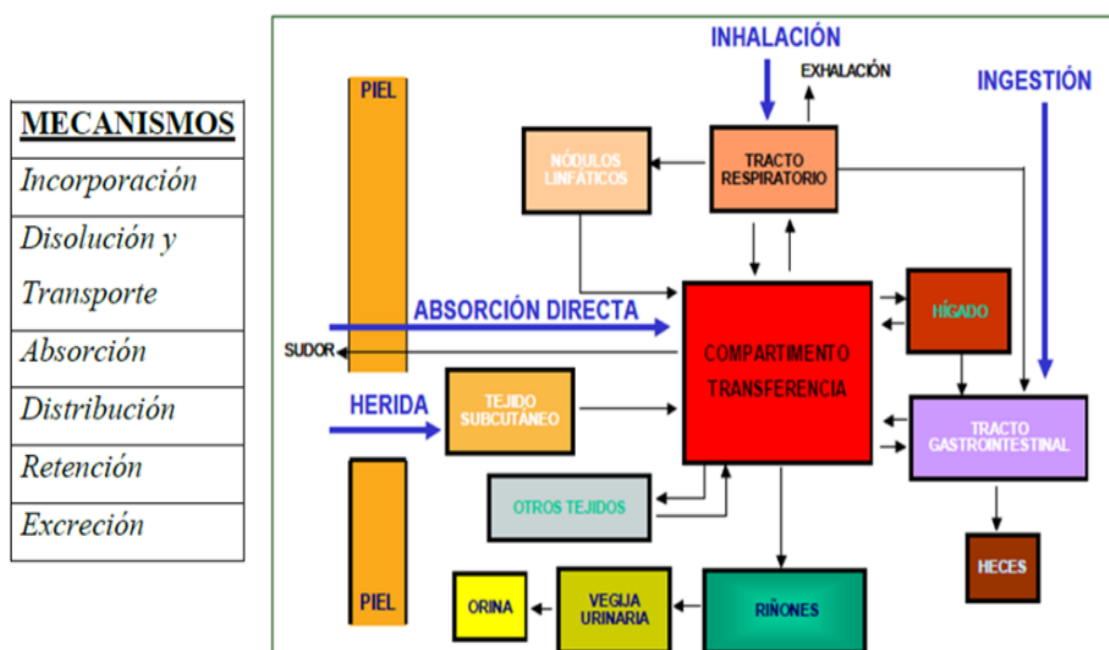
El paciente al recibir este tipo de tratamiento es recomendable que se mantenga aislado en una habitación por unas 24 horas como mínimo, para evitar exponer a otras personas a la radiación, especialmente si hay niños viviendo en la misma casa.

En caso de los trabajadores Ocupacionalmente Expuesto, es necesario realizar un control dosimétrico interno para verificar ha incorporado y la cantidad de este material en su organismo debido a las actividades que realiza al momento de manipular este material.

Biocinética del <sup>131</sup>I, incorporación y excreción

Mediante el conocimiento de estos mecanismos es importante para entender como este elemento químico puede ingresar a nuestro organismo, diferentes vías de ingreso (por piel, respiración o ingesta), una vez que ingresa este elemento como se va distribuyendo y/o alojando en las diferentes partes del organismos y sus vías de excreción. (Figura. N°22)

**Fig. N°22:** Incorporación y excreción del <sup>131</sup>I  
(Fuente: Basado ICRP, Safety Guide No RS-G-1.2 )



### 2.3. MARCO CONCEPTUAL (GLOSARIO DE TERMINOS)

**ACCIDENTE:** Suceso no planificado, anormal, extraordinario, no deseado que ocasiona una ruptura en la evolución de un sistema interrumpiendo su continuidad de forma brusca e inesperada, susceptible de generar daños a personas y bienes.

**ACCIDENTE DE TRABAJO:** Se considera accidente de trabajo a todo acontecimiento súbito y violento ocurrido por el hecho o en ocasión del trabajo. Lo de súbito y violento se refiere al hecho que provoca el accidente, para distinguirlo de lo que se conoce como "enfermedad profesional. El hecho se refiere a la tarea que está realizando el trabajador en el momento de producirse el acontecimiento y en ocasión a que tales tareas permitieron o facilitaron que el acontecimiento tuviera lugar.

**ACCIDENTE BLANCO:** Accidente en el que no ha habido lesiones, aunque hayan existido pérdidas materiales.

**ACCIDENTE CON OCASIÓN:** Hace referencia al que ocurre cuando se está haciendo algo relacionado con las tareas.

**ACCIDENTE DE TRABAJO:** Toda lesión corporal que sufra el trabajador con ocasión o como consecuencia del trabajo que realiza el trabajador por cuenta ajena, así como aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, aún fuera del lugar y horas de trabajo, o durante el traslado de los trabajadores desde su residencia a los lugares de trabajo o viceversa, cuando el transporte se suministre por el empleador.

**ACCIDENTE IN ITINERE:** Accidente sufrido por el trabajador durante el desplazamiento desde su domicilio al lugar de trabajo o viceversa.

**ACCIDENTES SIN BAJA:** Accidente en el que las lesiones sufridas no impide al trabajador el desarrollo normal de su actividad, necesitando tan sólo una leve

**ACCIDENTE SIN INCAPACIDAD:** Es aquel que no produce lesiones o que, si lo hace, son tan leves que el accidentado continúa trabajando inmediatamente después de lo ocurrido.

**ACCIÓN CORRECTIVA:** Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable, pudiendo ser más de una causa para una no conformidad. La acción correctiva se toma para prevenir que algo vuelva a ocurrir. La acción preventiva se toma para prevenir que algo suceda.

**ACCIÓN PREVENTIVA** Acción tomada para eliminar la causa de la no conformidad potencial, o cualquier otra situación potencial indeseable.

**ACLIMATACIÓN:** Aumento de la tolerancia al calor o al frío, por adaptaciones fisiológicas, adquirido en el transcurso del trabajo realizado en ambientes calurosos o fríos.

**ACTOS INSEGUROS O SUBESTANDARES:** Son las acciones u omisiones cometidas por las personas que, al violar normas o procedimientos de seguridad previamente establecidos, posibilitan que se produzcan accidentes de trabajo.

**AEROSOLES:** Suspensiones de partículas en aire (polvos < 0,5 micrones y humos > 0,5 micrones) o líquidos en aire (neblinas < 0,5 micrones y rocíos > 0,5 micrones).

**AGENTES FISICOS:** Ruido, vibración, radiaciones ionizantes, radiaciones no ionizantes (Láser, Infrarrojo, Ultravioleta), iluminación.

**AGENTES QUIMICOS:** Aerosoles, gases y vapores que pueden causar enfermedad profesional.

**AGOTAMIENTO POR CALOR:** Debilidad muscular y fatiga producidas como consecuencia de una prolongada exposición al calor.



**ARNÉS:** Conjunto de correas o accesorio mecánico que suprime o disminuye los movimientos del cuerpo provocados por vibración, aceleración o choque.

**ASBESTO:** Es una fibra compuesta principalmente por sílice y oxígeno, además de calcio, magnesio, hierro y sodio. Sus efectos pueden dividirse en no malignos y malignos. Entre las formas no malignas, la más notable es una neumoconiosis fibrogénica denominada asbestosis, que parece ser irreversible aún detenida la exposición. Entre las malignas, un tipo de cáncer propio de las serosas pleurales y peritoneales, denominado mesotelioma: cáncer de rápida evolución y alta mortalidad (meses a un año) asociado al asbesto, a las distintas variedades de fibra indistintamente (anfíboles o serpentines).

**ASFIXIANTE:** Agentes que actúan desplazando al oxígeno en el aire inspirado (asfixiantes simples) o bloqueando el mecanismo de la respiración celular (asfixiantes químicos).

**ASMA OCUPACIONAL:** Es una enfermedad caracterizada por una obstrucción reversible y variable de la vía aérea, desencadenada por un agente presente en el sitio de trabajo.

**AUDITORIAS:** Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener “evidencias de la auditoria” y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los “criterios de auditoria”. La independencia del Auditor, no significa necesariamente externo a la organización. En muchos casos la independencia puede demostrarse al estar el auditor libre de responsabilidades en la actividad que se audita.

**BIOMECANICA:** Análisis del comportamiento físico mecánico de los sistemas biológicos, como huesos, articulaciones, tendones, ligamentos, músculos, aplicando conceptos como torques, stress, compresión, fatiga, deformación, viscoelasticidad.



**BISINOSIS:** Enfermedad respiratoria causada por sensibilización alérgica a endotoxinas que contaminan el algodón crudo y que cursa como crisis obstructivas frente al algodón.

**BIOAEROSOL:** Contaminantes biológicos en el aire, es decir, microorganismos, como virus, bacterias, hongos, protozoos, algas, así como sus metabolitos, unidades reproductoras y materia particulado, asociadas con los microorganismos

**CALAMBRES DE CALOR:** Espasmos dolorosos en los músculos estriados producidos por un prolongado estrés térmico.

**CALOR DE CONVECCIÓN:** Es la transferencia de calor entre el cuerpo y el aire ambiente. Se produce por dos mecanismos simultáneos: Convección cutánea (entre la piel y el aire ambiente). Convección respiratoria (vías respiratorias y aire inhalado) (Superficie total del cuerpo).

**CANCER OCUPACIONAL:** En el ámbito ocupacional se han detectado 22 sustancias probadamente cancerígenas. Sin embargo, la cifra de sustancias sospechosas bordea las 200. Las más importantes son los alquitranes del carbón de hulla, arsénico, asbesto, benceno, cadmio, cromo, níquel y cloruro de vinilo. Se estima que entre el 2% y el 8 % de los cánceres son profesionales. Esta cifra proviene de países desarrollados y es muy probable que en países con menor regulación la magnitud sea mayor.

**CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO:** Capacidad máxima de oxígeno que una persona puede procesar. Potencia máxima aeróbica.

**CARGA DE TRABAJO:** Nivel de actividad o esfuerzo que el trabajador debe realizar para cumplir con los requisitos estipulados del trabajo.

**CARGA DINÁMICA:** Nivel de carga que tiene un trabajo debido a los desplazamientos, esfuerzos musculares y manutención de carga que se realizan en el trabajo.

**CARGA ESTÁTICA:** Nivel de carga que tiene un trabajo debido a las posturas que debe adoptar la persona y el tiempo que se mantienen.

**CARGA TÉRMICA:** Cantidad de calor que se desprendería en la combustión total de una determinada cantidad de material.

**CIRCUITO DE PROTECCIÓN:** Conjunto de elementos conductores utilizados como protección contra las consecuencias de los defectos a tierra.

**CLIMATIZACIÓN:** Acción y efecto de climatizar, es decir, de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, pureza del aire y a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y /o la conservación de las cosas.

**CONATO DE EMERGENCIA:** Emergencia que puede ser controlada de forma sencilla y rápida por el personal y medios de protección del local, dependencia o sector.

**CONDICIONES IDEALES DE MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS:** Las que incluyen una postura ideal para el manejo (carga cerca del cuerpo, espalda derecha, sin giros ni inclinaciones), una sujeción firme del objeto con una posición neutral de la muñeca, levantamientos suaves y espaciados y condiciones ambientales favorables.

**CONTAMINANTE:** Cualquier sustancia en el ambiente que a determinadas concentraciones puede ser perjudicial para el hombre, los animales y las plantas.

**CONTROL DE RIESGOS:** Proceso de toma de decisiones para tratar y / o reducir los riesgos, para implantar las medidas correctoras, exigir su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia

**COMPORTAMIENTO SEGURO:** Un trabajador demuestra un comportamiento seguro, cuando realiza su tarea respetando las reglas propias de esa actividad. Esas reglas pueden ser: normas, instrucciones de trabajo, permisos para trabajos especiales, etc. Por lo tanto, resulta indispensable analizar los riesgos propios de cada tarea y emitir las respectivas normas de seguridad.

**CONDICIONES PELIGROSAS - Acciones Inseguras:** Las condiciones peligrosas son las provocadas por defectos en la infraestructura, en las instalaciones, en las condiciones del puesto de trabajo o en los métodos de trabajo. Por ejemplo: resguardos inexistentes, Instalaciones defectuosas, estiaje inadecuado, ventilación insuficiente, etc. Cuando estas condiciones son provocadas por el trabajador, por no respetar las normas de seguridad en el trabajo, se transforman en acciones inseguras. Como ejemplos se pueden citar el trabajar en estado de fatiga física; la adopción de posiciones defectuosas; la falta de atención; etc.

**CONTAMINANTES AMBIENTALES:** Los contaminantes ambientales están constituidos por agentes de riesgo específicos tales como: a) Riesgo Físico: ruido, vibraciones, calor, humedad y presión, etc.; b) Riesgo Químico: Gases, polvillo, humos, vapores, etc.; c) Riesgo Biológico: Virus, bacterias, parásitos, hongos, etc.; d) Riesgo Ergonómico: Esfuerzo físico intenso, posturas inadecuadas, estrés psicofísico, etc. La evaluación correcta de estos contaminantes permite determinar patologías y prevenir las enfermedades que se consideran profesionales.

**DECLARACIÓN DE RUIDO:** Información cuantitativa de la emisión de ruido de una máquina que ha de suministrar el fabricante.

**DERMATOSIS OCUPACIONAL:** Toda enfermedad de la piel causada por el trabajo. La forma más frecuente es la dermatitis de contacto, seguida de la dermatitis alérgica. También se deben considerar el cáncer de piel, las infecciones de la piel ocupacionales y otras asociadas a agentes específicos como asbesto, arsénico o dioxinas.

**DETERIORO DE LA SALUD:** Condición física o mental identificable y adversas que surge y/o empeora por la actividad laboral y/o por situaciones relacionadas con el trabajo.

**DESEMPEÑO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO:** Resultados medibles de la gestión a través de indicadores apropiados que hace una organización para medir de sus riesgos y la eficacia del desempeño.

**DISPOSITIVO DE ENCLAVAMIENTO:** Dispositivo de protección destinado a impedir el funcionamiento de ciertos elementos de la máquina bajo determinadas condiciones.

**DOSIS ADSORBIDA (D):** Es la cantidad dosimétrica fundamental de la radiación ionizante. Es la energía que la radiación ionizante imparte a la materia por unidad de masa. La unidad de medida es el Sistema Internacional es el Gray (Gy) que equivale a 100 rads.

**DOSIS EFECTIVA (E):** Es la suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos. Al igual que la dosis equivalente, su empleo no es adecuado para medir grandes dosis adsorbidas suministradas en un periodo de tiempo relativamente corto.

**DOSIS EQUIVALENTE (H):** Es la unidad adsorbida promediada para un tejido u órgano y ponderada de la cualidad de la radiación de la radiación que interese.

**DOCUMENTO:** Información y su medio de soporte, el cual puede ser papel, disco magnético, óptico o electrónico, fotografía o muestra patrón, o una combinación de estos.

**EFECTO DEL TRABAJADOR SANO:** Es un fenómeno observado en los estudios de las enfermedades profesionales: los trabajadores suelen presentar unas tasas globales de mortalidad inferiores a las de la población general, debido al hecho de que los afectados por enfermedades importantes o incapacitantes son habitualmente excluidos del empleo.

**ELECTRIZACIÓN:** Circulación de la corriente eléctrica por el cuerpo de una persona, formando parte ésta del circuito, pudiendo, al menos distinguir dos puntos de contacto: uno de entrada y otro de salida de la corriente. Paso de corriente eléctrica a través del cuerpo de una persona (electrización) provocándole la muerte

**ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP):** Equipo destinado a oponer una barrera física entre un agente y el trabajador. La protección puede ser auditiva, respiratoria, de ojos y cara, de la cabeza, de pies y piernas, de manos y ropa protectora.

**EMERGENCIA GENERAL:** Emergencia para cuyo control será necesaria la actuación de todos los equipos y medios de protección propios y externos. Comportará generalmente evacuaciones totales o parciales.

**EMERGENCIA PARCIAL:** Emergencia que requiere para su control la actuación de equipos especiales del sector. No afectará normalmente a sectores colindantes.

**ENFERMEDADES PROFESIONALES:** La noción de enfermedad profesional se origina en la necesidad de distinguir las enfermedades que afectan al conjunto de la población de aquellas que son el resultado directo del trabajo que realiza una persona



los factores que determinan las enfermedades profesionales tenemos: Variabilidad biológica; con relación a un mismo riesgo o condición patógena laboral, no todos enferman y los que enferman no lo hacen todos al mismo tiempo y con la misma intensidad; Multicausalidad; una misma enfermedad puede tener distintas causas o factores laborales y extralaborales que actúan al mismo tiempo y que contribuye a su desencadenamiento; Inespecificidad clínica; la mayoría de las enfermedades profesionales no tiene un cuadro clínico específico que permita relacionar la sintomatología con un trabajo determinado; Condiciones de exposición; un mismo agente puede presentar efectos nocivos diferentes según las condiciones de exposición y vía de ingresos al organismo.

**EQUIPO DE EMERGENCIA:** Conjunto de personas especialmente entrenadas y organizadas para la prevención y actuación en accidentes dentro del ámbito del establecimiento

**EQUIPO DE PRIMERA INTERVENCIÓN (EPI):** Equipo cuyos componentes con la formación adecuada acudirán al lugar donde se ha producido la emergencia con objeto de intentar su control en los momentos iniciales con extintores portátiles.

**EQUIPO DE PRIMEROS AUXILIOS (EPA):** Equipo cuyos componentes prestarán los primeros auxilios a los lesionados por la emergencia.

**EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI):** Es aquel dispositivo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos en su puesto de trabajo.

**ERGÓMETRO:** Instrumento que calcula el trabajo efectuado por uno o varios músculos en un período dado

**ERGONOMIA:** Ciencia multidisciplinaria que tiene por objetivo adaptar la realización de un trabajo a las condiciones fisiológicas y psicológicas del individuo, a



través de la investigación y la adecuación del puesto de trabajo y su entorno. Sus funciones son: atender y analizar la organización y las condiciones del trabajo, los horarios, los turnos, los ritmos de producción, los descansos y las pausas, el diseño del puesto de trabajo, la comunicación interna, así como las limitaciones físicas y psíquicas de los empleados. Adecuación entre las distintas capacidades de las personas y las exigencias de las tareas. Relación entre la persona y su trabajo, equipamiento y entorno; aplicación de conocimientos anatómicos, fisiológicos y psicológicos a los problemas que resultan de esta relación.

**ESFUERZO DINÁMICO:** Actividad muscular que conlleva movimiento muscular

**ESFUERZO ESTÁTICO:** Es aquel esfuerzo en el cual el músculo mantiene una contracción constante. La prolongación en el tiempo de este tipo de esfuerzos da lugar a la fatiga muscular local. Afectan al rendimiento y la productividad y a largo plazo, al bienestar y la salud.

**ESTRÉS:** Cambios reversibles o irreversibles en el organismo, provocados por un desequilibrio entre las demandas de factores externos (tanto ambientales como psicológicos o sociales) y los recursos que provocan una disminución del rendimiento.

**ESTRÉS LABORAL:** Es un desequilibrio importante entre la demanda y la capacidad de respuesta del individuo bajo condiciones en las que el fracaso ante esta demanda posee importantes consecuencias. Según esta definición, se produciría estrés cuando el individuo percibe que las demandas del entorno superan a sus capacidades para afrontarlas y, además, valora esta situación como amenazante para su estabilidad

**ESTRÉS TÉRMICO:** Agresiones intensas por calor al organismo humano

**EVALUACIÓN DE RIESGOS:** Proceso para evaluar el riesgo o riesgos que surge de uno o varios peligros, teniendo en cuenta lo adecuado de los controles existentes, y

decidir si el riesgo o riesgos son o no aceptables.

**FALSO NEGATIVO:** Pasar desapercibida una señal en una tarea de vigilancia; por ejemplo, cuando no detectamos una señal que ha aparecido.

**FALSO POSITIVO:** Identificar una señal como presente cuando está ausente.

Opuesto a falso negativo

**FATIGA:** Disminución de la productividad, del rendimiento o de la capacidad a proseguir una tarea debida a un gasto energético físico o psicológico previo; conjunto de factores que afectan el rendimiento humano.

**FATIGA PROVOCADA POR EL TRABAJO:** Manifestación general o local, no patológica, de la tensión provocada por el trabajo, que puede ser eliminada completamente mediante el descanso adecuado.

**FENÓMENO DE RAYNAUD:** También conocido como dedo blanco inducido por vibraciones. Ataques de dedos blancos o pálidos debido a una insuficiente circulación de la sangre como resultado de la vasoconstricción en los dedos causada por exposición a vibraciones. Ataques de dedos blancos debido a una insuficiente circulación de la sangre como resultado de una Vasoconstricción\* digital, generalmente, producida por calor o emoción. (Enfermedad primaria de Raynaud, cuando los síntomas de dedo blanco no pueden atribuirse a una causa específica).

**FILTRO HEPA (HIGH EFFICIENCY PARTICULATE AIRBONE):** Filtros de alta eficiencia, capaces de retener el 99,99% de partículas de 0,3 microm de diámetro

**GAFAS PROTECTORAS:** De material plástico o de vidrio coloreado, protegen los ojos de encandilamientos, polvo, partículas, etc.

**GOLPE DE CALOR:** Estado provocado por un aumento excesivo de la temperatura corporal.

**HIGIENE:** Se puede definir como la ciencia que tiene como objeto el reconocimiento, la evaluación y el control de los agentes ambientales generados en el

lugar de trabajo y que puede causar enfermedades ocupacionales que afectan la salud y el bienestar del trabajador.

**HIGIENE INDUSTRIAL:** Disciplina que tiene por objeto el reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones que se originan en el lugar de trabajo y que pueden causar enfermedades, perjuicios a la salud o al bienestar, incomodidades e ineficiencia entre los trabajadores o entre los ciudadanos de la comunidad.

**HUMOS METALICOS:** Suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas generadas en un proceso de condensación del estado gaseoso, partiendo de la sublimación o volatilización de un metal. A menudo va acompañado de una reacción química generalmente de oxidación. Su tamaño es similar al del humo.

**INCIDENTE:** Cualquier suceso no esperado ni deseado que, no dando lugar a pérdidas de salud o lesiones a las personas, pueda ocasionar daños a la propiedad, equipos, productos o al medio ambiente, pérdidas de la producción o aumento de las responsabilidades legales.

**INCIDENTE CRÍTICO:** Acontecimiento importante cuya causa y consecuencias aparentes son detectables.

**IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS:** Proceso mediante el cual se reconoce que existe un peligro y se definen sus características.

**ÍNDICE DE INCIDENCIA:** En año, representa el número de accidentes anuales por cada mil personas expuestas.

**IPEN:** Instituto Peruano de Energía Nuclear.

**INVALIDEZ:** Es el estado en que se encuentra un trabajador derivado de un accidente de trabajo o enfermedad profesional, que produzca una incapacidad,

presumiblemente de naturaleza irreversible, aun cuando deje en el trabajador una capacidad residual de trabajo que le permita continuar en actividad.

**LÍMITE TOLERABLE:** Nivel de exposición a un estímulo o toxina suficientemente corto para no provocar sintomatologías en el sujeto.

**LUGAR DE TRABAJO:** Cualquier lugar físico en que se desempeña actividades relacionadas con el trabajo bajo el control de la organización. Cuando se tiene en consideración lo que constituye el lugar de trabajo, la organización debería tener en cuenta los efectos para la SST del personal que está, por ejemplo, de viaje o de tránsito, trabajando en instalaciones del cliente o trabajando en casa.

**LUMBAGO:** Dolor lumbar, es experimentado alguna vez en la vida por tres de cada cuatro personas. Existen factores individuales (pese a las apariencias, el sobrepeso no parece ser un factor individual en lumbago) y de envejecimiento asociados al lumbago y lumbociática. Por lo demás, enfermedades no ocupacionales de tipo infecciosas, visceral, metabólicas, neoplásicas y tumoral pueden causar un lumbago. Sin embargo, factores laborales como manipulación de carga, posturas anómalas (flexión de tronco o rotación) y vibración, son una causa demostrada de lumbago, por lo cual la consideración del lumbago como una enfermedad ocupacional y no un mero accidente del trabajo, resulta un hecho a tener en cuenta en el diagnóstico.

**MEDICINA DEL TRABAJO:** Es una disciplina que, partiendo del conocimiento del funcionamiento del cuerpo humano y del medio en que éste desarrolla su actividad, en este caso el laboral, tiene como objetivos la promoción de la salud (o prevención de la pérdida de salud), la curación de las enfermedades y la rehabilitación

**MEJORA CONTINUA:** Proceso recurrente de optimización del sistema de gestión de Seguridad e Higiene Industrial para lograr mejoras en el desempeño de la SST

global de forma coherente con la política SST de la organización. No es necesario que dicho proceso se lleve a cabo de forma simultánea en todas las áreas de actividad.

**NEUMOCONIOSIS:** Enfermedad crónica de los pulmones como consecuencia de la inhalación de diversos tipos de polvo. Es posible separarlas en dos tipos: Colagenosas: alteración permanente o destrucción de la arquitectura. Reacción estromal colagenosa de grado moderado a máximo, cicatrización permanente del pulmón. Las formas colagenosas pueden ser a causa de polvos fibrogénicos (silice, asbesto, talco) o polvos no fibrogénicos (carbón). No Colagenosas: la arquitectura tisular permanece íntegra. La reacción estroma es mínima y consta principalmente de fibras reticulina. La reacción al polvo es potencialmente reversible (estañosis baritosis).

**NEUROTOXICIDAD:** El sistema nervioso puede ser afectado por diversos agentes neurotóxicos: gases como el monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico, cianuro y óxido nitroso son asfixiantes de efecto agudo. Los metales pesados como plomo, mercurio, manganeso y aluminio producen un deterioro de funciones cognitivas. Otros agentes a considerar son: monómeros como la acrilamida, acrilovinilo, disulfuro de carbono, estireno y viniltolueno; solventes como hidrocarburos clorados, cloruro de metileno, tolueno, xileno; y pesticidas. Estos agentes poseen efectos de variado tipo: pueden provocar alteraciones comportamentales como sicosis aguda o depresión; trastornos de la conciencia, encefalopatía convulsiva, coma; trastornos cerebelosos como ataxia, rigidez, anomalías posturales; o neuropatía periférica motora, sensorial o mixta, por daño de los axones neuronales o de las vainas de mielina

**NIVEL DIARIO EQUIVALENTE:** Es aquel nivel de ruido equivalente normalizado para 8 horas de jornada de trabajo.



**NO CONFORMIDAD:** Incumplimiento de un requisito, también puede ser la desviación de las normas de trabajo, prácticas, procedimiento, requisitos, etc. pertinentes o incumplimiento de los requisitos de sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST).

**NORMA DE SEGURIDAD:** Directriz, orden, instrucción o consigna que instruye al personal sobre los riesgos que pueden presentarse en el desarrollo de una actividad y la forma de prevenirlos

**OBSERVACIONES PLANIFICADAS DEL TRABAJO (OPT):** Técnica que permite controlar con mayor énfasis las actuaciones de los trabajadores en el desempeño de sus funciones en relación a la seguridad para asegurar que el trabajo se realiza de forma segura y de acuerdo a lo establecido.

OMS: Organización Mundial de la Salud

**OBJETIVOS DE SST:** Fin de la Objetivos de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), una organización se fija alcanzar. Los objetivos deberían ser cuantificables cuanto sea posible. Los objetivos de serán coherentes con la política de SST de la Institución u Organización.

**OPERADOR FICTICIO O FANTASMA:** Operador que observa o controla un dispositivo equivalente al del operador activo, pero no conectado al órgano de mando.

**ORGANIZACIÓN:** Compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución o parte o combinación de ellas, sean o no sociedad pública o privadas, que tienen sus propias funciones o administración.

**PARTE INTERESADA:** Persona o grupo, dentro o fuera del lugar de trabajo que tiene interés o está afectado por el desempeño de la SST de una organización.

**PELIGRO:** Fuente, situación o acto potencial para causar daño en términos de daño humano o deterioro de la salud o una combinación de estos.



**PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES:** Es la disciplina que busca promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos asociados a un proceso productivo, además de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos derivados del trabajo.

**PRL:** Siglas con que se conoce la Prevención de Riesgo Laboral

**PPR:** Planta de Producción de Radioisótopos

**POLÍTICA DE SST:** Intención y direcciones generales de una organización relacionada con el desempeño de su SST como las ha expresado formalmente la Alta Dirección.

**PROCEDIMIENTO:** Forma específica para llevar a cabo una actividad o un proceso.

**PROTECCION RESPIRATORIA:** Acción de impedir la penetración de contaminantes químicos por vía respiratoria al organismo, mediante una serie de elementos de filtraje y/o retención. Los equipos de protección respiratoria se clasifican en Equipos Dependiente e Independientes del medio ambiente. Los Dependientes son aquellos en que el usuario respira el propio aire que le envuelve, previa purificación de éste. Los Independientes son aquellos en que el aire que respira el usuario no procede del medio donde se encuentra éste, sino que es preciso una fuente de aportación del aire en condiciones de ser inhalado.

**PRODUCTO NOCIVO:** Aquel que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puede entrañar riesgos de gravedad limitada.

**PRODUCTO TÓXICO:** Aquel que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puede producir riesgos graves, agudos o crónicos, o incluso la muerte

**PROTECTOR AUDITIVO:** Son equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación del sonido, reducen los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído.

**PSICOSOCIOLOGÍA DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES:** Estudia los factores de naturaleza psicosocial y organizativa existentes en el trabajo, que pueden repercutir en la salud del trabajador.

**RADIACIÓN IONIZANTE:** Radiación que ioniza los átomos de la materia con la cual interacciona (produce partículas con carga). Las más frecuentes son: radiación alfa, beta, gamma y rayos X. Producen alteraciones en las células y tejidos del organismo.

**REGISTROS:** Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de las actividades desempeñadas.

**RIESGO:** Combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o exposición.

**RIESGO ACEPTABLE:** Riesgo que se ha reducido a un nivel que puede ser tolerado por la organización teniendo en consideración sus obligaciones legales y propias de su política de SST.

**RIESGO BIOLÓGICO:** Se considera a los riesgos generados por agentes orgánicos viables o no viables (bacterias, virus, mohos, levaduras, parásitos, pelos, polen, etc.) presentes en los ambientes de trabajo, que pueden ocasionar o factor de desarrollo de enfermedades infectos contagiosas, reacciones alérgicas o intoxicaciones a momento de tener contacto o ingresar al organismo del individuo.

**RIESGOS ERGONÓMICOS:** Considerados a aquellos que afectan las posturas normales del funcionamiento de algunas partes del cuerpo humano, por lo que

propone que las herramientas, maquinas, equipos de trabajo y la infraestructura física del ambiente de trabajo deben ser diseñadas y construidas considerando a las personas y la actividad que desempeñan.

**RIESGO FÍSICO:** Se considera dentro de este rubro a los riesgos que representan intercambio brusco de energía entre el individuo y el ambiente, en una proporción mayor a la que el organismo es capaz de soportar, entre los más importantes se puede considerar ruido, temperatura, humedad, ventilación, presión, iluminación, radiaciones no ionizantes (infrarrojas, ultravioletas, baja frecuencia) y la radiaciones ionizantes (alfa, beta y gamma).

**RIESGO LABORAL:** Todo aquel aspecto del trabajo que tiene la potencialidad de causar un daño.

**RIESGOS PSICOSOCIAL:** Este tipo se puede manifestar por condiciones presentes en una situación laboral; está directamente relacionado con la organización, el contenido del trabajo y la realización de las tareas, que afectan el bienestar o la salud (física, psíquica y social) del trabajador, así como el normal y adecuado desarrollo del trabajo.

**RIESGO QUÍMICO:** Se considera como tal al originado principalmente por factores como: sustancias orgánicas, inorgánicas, naturales o sintéticas que pueden presentarse en diversos estados físicos en el ambiente de trabajo, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan la probabilidad de causar lesiones en la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

**RESIDUO CITOTÓXICO:** Residuo compuesto por restos de medicamentos citotóxicos y todo material que haya estado en contacto con ellos, que presenten riesgos carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos.

**RESIDUO MUTAGÉNICO:** Se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.

**RESIDUO SANITARIO:** Todo residuo cualquiera que sea su estado, generado en un centro sanitario, incluidos los envases, y residuos de envases, que los contengan o los hayan contenido.

**RESIDUOS PELIGROSOS:** Recipientes y envases que los hayan contenido, los que hayan sido calificados como peligrosos por la normativa comunitaria y los que pueda aprobar el Gobierno.

**RIESGO LABORAL:** La posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.

**RIESGO LABORAL GRAVE E INMINENTE:** Aquel que resulte probable racionalmente que se materialice en futuro inmediato y pueda suponer un daño grave para la salud de los trabajadores.

**RIESGO NO TOLERABLE:** Probabilidad alta y de consecuencias extremadamente dañinas, de que un trabajador sufra una determinada lesión derivada del trabajo.

**RIESGO TOLERABLE:** Probabilidad baja y de consecuencias dañinas; o probabilidad media y de consecuencias ligeramente dañinas, de que un trabajador sufra una determinada lesión derivada del trabajo.

**SALUD OCUPACIONAL:** Disciplina que tiene por finalidad promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones; evitar el desmejoramiento de la salud causado por las condiciones de

trabajo; protegerlos en sus ocupaciones de los riesgos resultantes de los agentes

nocivos; ubicar y mantener a los trabajadores de manera adecuada a sus aptitudes fisiológicas y psicológicas; y en suma, adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su trabajo.

**SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SST):** Condiciones y factores que afectan, o podrían afectar la salud y la seguridad de los trabajadores (incluyendo a los trabajadores temporales y personal contratado), visitantes o cualquier otra persona que se encuentren en el lugar de trabajo.

**SEGURIDAD OCUPACIONAL:** Estudio específico de los factores de seguridad en sectores profesionales específicos: minería, submarinismo, etc.

**SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO:** Señalización que, referida a un objeto, actividad o situación determinadas, proporcione una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual, según proceda.

**SIEVERT (Sv):** Refleja la respuesta biológica a las radiaciones ionizantes, por lo que se puede ser utilizada para comparar efectos de diferentes radiaciones. El Sievert es una unidad muy grande para su utilización en protección radiológica y por esto se utilizan sus submúltiplos, el milisievert (mSv,  $10^{-3}$ Sv) y el microsievert (uSv,  $10^{-6}$ Sv).

**SILICOSIS:** Variedad de neumoconiosis fibrinogénica muy frecuente en trabajadores expuestos a polvos de roca (minería), que provoca incapacidad por fibrosis pulmonar e insuficiencia respiratoria.

**SÍNCOPE POR CALOR:** Colapso con pérdida de conciencia durante una exposición al calor



**SÍNDROME DE ADAPTACIÓN GENERAL:** Descripción de las tres fases de la reacción defensiva que establece una persona al percibir estrés. Estas fases se denominan: alarma, resistencia y agotamiento.

**SINDROME DEL TUNEL CARPIANO:** Es una lesión por compresión o edema local o sustracción vascular al nervio mediano en el canal del carpo por una actividad de los tendones flexores superficiales y profundos de los dedos. El síndrome del Túnel Carpiano produce un cuadro de hormigueo, quemadura, dolor en la zona del pulgar, índice y dedo medio. Son de utilidad diagnóstica los signos de Phalen, en que se realiza una maniobra para tratar de reproducir las molestias durante un minuto y de túnel, en que se busca producir una irritación mediante una percusión en la zona del túnel carpiano.

**SÍNDROME DE LA VIBRACIÓN MANO-BRAZO:** El conjunto de signos y síntomas (neurológicos, vasculares y musculoesqueléticos) asociados con trastornos producidos por la vibración transmitida a la mano.

**SINIESTRALIDAD EFECTIVA:** La constituyen las incapacidades (días perdidos e invalidez) y muertes provocadas por accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.

**SOBRECARGA CUALITATIVA:** Situación en la que una persona siente que carece de la capacidad o destreza necesaria.

**SOBRECARGA CUANTITATIVA:** Situación en la que una persona siente que tiene demasiadas cosas que hacer o que no cuenta con suficiente tiempo para terminar un trabajo.

**TENDINITIS:** El compromiso de la estructura tendinosa de los conglomerados musculares se asocia a posturas sostenidas y a repetición de movimientos,

irrigan a través de estructuras adyacentes. La denominación corriente de tendinitis para estas enfermedades es un nombre equívoco, porque la lesión anatómica no es un proceso inflamatorio, sino de cambios degenerativos y proliferativos en la estructura anatómicas y porque una gran parte de las lesiones no se reducen al tendón.

**TENOSINOVITIS:** Inflamación aguda o crónica de la vaina de los tendones de la muñeca.

**TRASTORNOS MUSCULO:** Un conjunto de enfermedades reconocidas desde hace mucho tiempo como ocupacionales, que afectan a los músculos y estructuras anexas como tendones y vainas. Además, usualmente se incluyen lesiones de la estructura articular como sinovial, cartílago y hueso. Asimismo, se incluyen lesiones de las arterias asociados a la vibración (Síndrome por vibración mano brazo, trombosis de arteria radial) y las compresiones de nervios de la extremidad superior producto de movimientos repetitivos (mediano, cubital y radial). Este conjunto de enfermedades se asocia a vibración, movimientos repetidos, fuerzas sostenidas, posturas anómalas y frío. El uso de guantes que no ajustan, de herramientas mal diseñadas, los requerimientos de extrema precisión, y pequeñas superficies de las piezas son factores también relacionados con estos trastornos. Son los denominados factores ergonómicos que constituyen una causa incuestionable de TMES.

## **2.4. MARCO FILOSÓFICO, ÉTICO Y SOCIOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. MARCO FILOSÓFICO DE LA INVESTIGACION**

Según Bunge (2013), la filosofía se distingue de otras maneras de abordar los problemas, por su método crítico y generalmente sistemático, así como por su énfasis en los argumentos racionales. Una primera aproximación al método filosófico nos hace

ver que en realidad comparte con otras investigaciones una misma actitud racional, lo que se denomina la actitud científica.

Para efectos del trabajo debe entenderse que el marco filosófico está relacionado con la razón de ser de la investigación. Frente al problema del control de las radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de radioisótopos del IPEN se presenta la solución a través del diseño de un sistema de prevención de riesgos laborales.

La filosofía de la ciencia investiga la naturaleza del conocimiento científico y la práctica científica. Se ocupa de saber, entre otras cosas, cómo se desarrollan, evalúan y cambian las teorías científicas, y de saber si la ciencia es capaz de revelar la verdad de las "entidades ocultas" (o sea, no observables) y los procesos de la naturaleza.

En pocas palabras, lo que intenta la filosofía de la ciencia es explicar problemas tales como: la naturaleza y la obtención de las ideas científicas (conceptos, hipótesis, modelos, teorías, etc.); la relación de cada una de ellas con la realidad; cómo la ciencia describe, explica, predice y contribuye al control de la naturaleza (esto último en conjunto con la filosofía de la tecnología); la formulación y uso del método científico; los tipos de razonamiento utilizados para llegar a conclusiones; las implicaciones de los diferentes métodos y modelos de ciencia.

En el marco filosófico el trabajo tiene una estructura que comprende el aspecto metodológico y teórico y dentro de ambos están de una u otra forma elementos como la problemática, la solución a dicha problemática, los propósitos de la investigación, la recopilación de los puntos de vista de varios autores y los resultados del trabajo de campo. Con todo este arsenal se verifica la existencia de una investigación real, de naturaleza propia y que además de presentar conclusiones valederas, puede ser tomada para aplicarlo para solucionar los problemas institucionales.

El marco filosófico de la investigación está referido también al desarrollo metódico y riguroso, mediante la observación y la razón aplicadas. La observación en el sentido que la situación problemática ha sido ubicada, identificada, evidenciada, es real. En cuanto a la razón, sobre los hechos evidenciados, se presenta una solución razonable, que contiene todos los ingredientes del proceso científico. La razón también se expresa en la lógica seguida para formular el trabajo y llegar a conclusiones válidas para solucionar la problemática.

Los aportes de los estudios epistemológicos están produciendo transformaciones en diferentes escenarios del mundo intelectual y pueden despejar las incógnitas que se tejen a su alrededor. El término epistemología, proviene del verbo griego epistémē (conocimiento, teoría, doctrina) que significa imponerse en algo porque se está seguro, el sustantivo epistémē alude el conocimiento inquebrantable y científico.

La epistemología se relaciona con la manera cómo se aprenden el conocimiento, cómo se organiza el conocimiento, y cuáles son las bases para la organización del conocimiento. En las bases epistemológicas en investigaciones con enfoque hipotético deductivo, el conocimiento debe estar organizado alrededor de conceptos, temas o principios fundamentales y es a partir de la comprensión de estos conceptos, cuando el investigador desarrolla su capacidad de deducir hechos y de hacer aplicaciones particulares. Este enfoque, está basado en el supuesto que todo el conocimiento se puede obtener en forma deductiva a partir de un conjunto pequeño de ideas generales abstractas; considerándolas verdades básicas.

#### **2.4.2. MARCO ÉTICO DE LA INVESTIGACIÓN**

En este marco, todo lo que se expresa en este trabajo es verdad, por lo demás de aplica

M., 2013) pero no se da toma en cuenta algunos aspectos característicos de cada organización como la confidenciales y reserva en que se maneja la Planta de Producción de radioisótopos del IPEN.

También se ha establecido una cadena de interrelaciones con personal de la entidad; todo con el propósito de obtener un producto y/o procesos cumpla sus objetivos. En otro contexto, el contenido de la investigación ha sido planeado desde el punto de vista de la gente que se piensa utilizará los resultados. Sin embargo, es posible que el trabajo cause consecuencias también a otras personas además de las previstas. Considerar estos efectos secundarios fortuitos es el tema en una subdivisión especial de la metodología - la ética de la investigación; mediante la cual debe realizarse una suerte de puntería para que disminuya las inconveniencias si las hubiere. Los ajenos a que el trabajo de investigación pueda afectar pertenecen a cualquiera de uno de los dos mundos donde la investigación tiene relaciones: o a la comunidad científica de investigadores, o al mundo práctico de empírica y profanos. El trabajo de investigación se conecta con ambas esferas en sus bordes de la "entrada" y de la "salida", que hacen en conjunto cuatro clases de relaciones con la gente exterior, cada uno de los cuales puede potencialmente traer problemas éticos. Cada una de estas cuatro clases de relaciones entre el trabajo de investigación y su contexto son las siguientes: Ética de la recolección de datos; Ética de la publicación; Ética de la aplicación.

**Ética de la recolección de datos:** Debe ser innecesario precisar que en ciencia uno de los comportamientos incorrectos más dañinos es la falsificación de datos o resultados. El daño más grave que se causa no es que el infractor alcance indebidamente un grado académico; lo peor es que la información inventada tal vez vaya a ser usada de buena



fe por otros, lo que puede conducir a muchos trabajos infructuosos. Eso no ocurrirá en este caso.

**Ética de la publicación:** El progreso en la ciencia significa acumulación del conocimiento: las generaciones sucesivas de investigadores construyen su trabajo sobre la base de los resultados alcanzados por científicos anteriores. El conocimiento resultante es de este modo de uso colectivo, lo que exige unas ciertas normas internas de las comunidades científicas. Un tratado clásico sobre estas normas es *The Normative Structure of Science* de Merton R. (1942). En él se enumeran las cuatro características imprescindibles que se supone responden los científicos en sus relaciones mutuas: universalismo, comunismo, desinterés, escepticismo organizado. En este contexto, el "comunismo" significa que los resultados de científicos anteriores se pueden utilizar libremente por investigadores más tarde. El procedimiento correcto entonces es que el inventor original es reconocido en el informe final. Fallando esto, el escritor da la impresión de ser en sí mismo el autor de las ideas. Esta clase de infracción se llama plagio. Los procedimientos para indicar a los escritores originales se explican bajo títulos que presentan los resultados del estudio y de la lista bibliográfica de fuentes. "Las citas sirven para muchos propósitos en un trabajo científico. Reconocen el trabajo de otros científicos, dirigen al lector hacia fuentes adicionales de información, reconocen conflictos con otros resultados, y proporcionan apoyo para las opiniones expresadas en el documento. Más ampliamente, las citas sitúan a un trabajo dentro de su contexto científico, relacionándolo con el estado presente del conocimiento científico. Omitir la cita de la obra de otros puede suscitar algo más que sentimientos desagradables. Las citas son parte del sistema de gratificación de la ciencia. Están conectadas con decisiones sobre financiación y con

las carreras futuras de los investigadores. De manera más general, la incorrecta atribución del crédito intelectual socava el sistema de incentivos para la publicación".

**Ética de la aplicación.** Hace algunas décadas, algunos investigadores querían desechar todo escrúpulo (respeto) ético basándose en que la búsqueda de la verdad es un fin excelso al que deben ceder el paso todas las demás actividades. Sobre un fondo como el de este pensamiento fue tal vez como la tradición de la Edad Media subordinó toda la investigación a la teología. Tal apoteosis de la ciencia ya no es factible. El ciudadano moderno no está dispuesto a aceptar imperativos éticos absolutos. Hoy, cuando se trata de valores en torno a la ciencia y la investigación, de lo que estamos hablando realmente es de preferencias, y cada cual acepta el hecho de que las preferencias varían de una persona a otra. Habitualmente la aplicación de los hallazgos de una investigación produce simultáneamente ventajas para algunas personas y desventajas para otras partes implicadas.

### 2.4.3. MARCO SOCIOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

En el contexto del marco sociológico se refiere a las interrelaciones que tendrá el investigador con los trabajadores de la Planta de Producción de Radioisótopos del IPEN.

La aplicación del marco sociológico no es una cuestión inventada por el investigador. El marco sociológico, aparece naturalmente como parte del proceso de interactuar para llevar a cabo la investigación. Técnicamente el marco sociológico se concreta mediante la aplicación de métodos como el cualitativo y cuantitativo.

El marco sociológico está referido a la relación que lleva a cabo el investigador, con los autores de investigaciones similares, con los autores de teorías que se tienen en

entidad a la cual debe presentarse la investigación. Es decir, se refiere al conjunto de interrelaciones a todo nivel y sobre diversos aspectos. Sin este marco, simplemente, no puede haber investigación, porque se habla de la gente que rodea al investigador, la gente que de una u otra forma colabora con el trabajo. Esta relación es valorada por el investigador, por eso de entre tantas instituciones selecciona una que le sirve de muestra, de entre tantos autores selecciona solo los que a le interesan presentar, de entre tantos que puede encuestar solo selecciona a los que la estima conveniente hacerlo; todo en el marco de una interrelación sociológica que permite este tipo de comportamiento.

Incluso se puede decir que el marco sociológico es la base para el marco ético y filosófico porque estos marcos no pueden darse, si no se tiene en cuenta la interrelación. En el marco ético la relación es evidente con otros investigadores, tener en cuenta las normas de instituciones que agrupan profesionales, tener en cuenta la razón del trabajo porque hay teorías de filósofos que así lo determinan. Es decir, el marco sociológico marca la pauta en todo el trabajo de investigación.

## **2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.5.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL**

El sistema de prevención de riesgos laborales facilita el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

### **2.5.2. HIPÓTESIS SECUNDARIAS**

1) Las políticas de prevención de riesgos laborales proporcionan lineamientos para

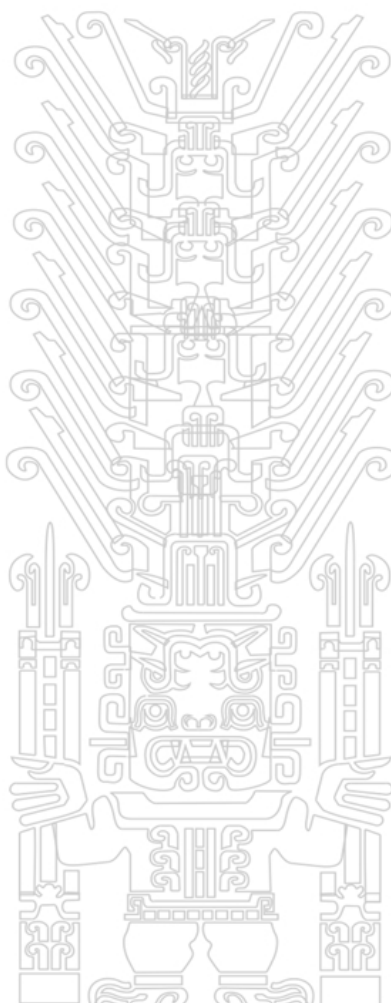
el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos

Tesis publicada con autorización del autor

No olvide citar en los textos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

**UNFV**

- 2) Las estrategias de prevención de riesgos facilitan el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.
- 3) Los procedimientos de prevención de riesgos suministran las técnicas para el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.



## CAPITULO III:

### MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de tipo explicativa, descriptiva y correlacional.

Será explicativa porque tendrá relación causal; no sólo perseguirá describir o acercarse a un problema, sino que intentará encontrar las causas del mismo. Este tipo de investigación además de describir el fenómeno, tratará de buscar la explicación del comportamiento de las variables. Su metodología es básicamente cuantitativa, y su fin último es el descubrimiento de las causas. Se pueden considerar varios grupos: Estudio de casos, Métodos comparativos causales, Estudios correlacionales, Estudios causales, Estudios longitudinales. En este caso se tomará una mistura de estos grupos. La investigación será descriptiva porque describirá en forma exacta de las actividades, objetos, procesos y personas que participan en el sistema de prevención de riesgos laborales para el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. No se realizará una mera tabulación de datos, sino que se recogerá los datos sobre la base de una hipótesis, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento. Todo esto se dará del siguiente modo: Se examinan las características del problema escogido; Se definen y formulan sus hipótesis, Enuncian los supuestos en que se basan las hipótesis y los procesos adoptados; Eligen los temas y las fuentes apropiados; Seleccionan o



categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas; Verifican la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos; Realizan observaciones objetivas y exactas; Describen, analizan e interpretan los datos obtenidos, en términos claros y precisos.

La Investigación correlacional tendrá como propósito medir el grado de relación que existe entre el sistema de prevención de riesgos laborales para el control de radiaciones ionizantes en la planta de Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear, en un momento determinado. Se persigue determinar el grado y el sentido – positivo o negativo – en el cual las variaciones en una o varias variables (independientes) determinan la variación en otras (dependientes). La utilidad y propósito principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otra u otras variables relacionadas.

### **3.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación a realizar será del nivel descriptivo-explicativo-correlacional, por cuanto se describirá el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear. Asimismo, explicará la forma como el sistema de prevención de riesgos laborales facilita el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano De Energía Nuclear.

### **3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

Tesis publicada con autorización del autor  
En esta investigación se ha utilizado los siguientes métodos:  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

**Descriptivo:** Para describir todos los aspectos relacionados con las actividades laborales de los TOE dentro el sistema de prevención de riesgos laborales para el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear, Identificando de Peligros y Evaluación de Riesgo (IPER) y elaboración de mapas de riesgos laborales.

**Inductivo:** Para inferir que el sistema de prevención de riesgos laborales para el control de radiaciones ionizantes principalmente de forma puntual la contaminación interna (dosimetría interna) de los TOE en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

**Deductivo:** Mediante el análisis de los dos puntos anteriores se puede conocer de forma clara como el sistema de prevención de riesgos laborales es una herramienta de apoyo para establecer el origen y las causas de contaminación interna radiaciones ionizantes de los TOE en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

### 3.4.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño es el plan o estrategia que se desarrollará para obtener la información que se requiere en la investigación. El diseño que se aplicará será el no experimental.

El diseño no experimental se define como la investigación que se realizará sin manipular deliberadamente el sistema de prevención de riesgos laborales para el control de radiaciones ionizantes mediante la dosimetría/contaminación interna de la

glándula tiroides de los TOE de la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

### 3.5. ESTRATEGIA DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

La estrategia que se ha seguido es la siguiente:

- 1) Se realiza un análisis situacional del cómo se encuentra la Planta de Producción de Radioisótopos en el tema de Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos laborales y el planteamiento de estrategias con la finalidad de cumplir con todos los requisitos legales, como elaboración de IPER, su control, Mapa de riesgos laborales por ambiente, elaboración de los diferentes procedimientos y registros que necesitan para la implementación, mantenimiento y mejora continua del Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales.
- 2) En segundo lugar, se definió a todos los TOE como número de personas a ser monitoreadas.
- 3) En tercer lugar, se estableció como parámetro el margen de error del trabajo: 5%
- 4) En cuarto lugar, se definió la hipótesis alternativa y la hipótesis nula de la investigación

**H<sub>0</sub>:** No existe significativa de adsorción de dosis de radiación ionizante en los trabajadores ocupacionalmente expuestos que realizan la misma actividad laboral.

**H<sub>a</sub>:** Existe diferencia significativa de adsorción de dosis de radiación ionizante en los trabajadores ocupacionalmente expuestos que realizan la misma actividad laboral.

- 5) Dichos resultados de las mediciones fueron ingresados a una hoja de cálculo de

Tesis publicada con autorización del autor

No olvide citar esta tesis

Excel calculamos. El sistema está diseñado para trabajar con la información

**UNFV**

ingresada, al respecto puede facilitar la información a nivel de tablas, en gráficos y otras formas.

- 6) De esta forma el sistema ha proporcionado la tabla de estadísticos, correlación, regresión, ANOVA de un factor y coeficiente dentro del periodo 2015, 2016 y primer semestre del 2017.
- 7) En estas tablas hay varios elementos que se pueden analizar, sin embargo el más importante es el grado de significancia que se compara con el margen de error propuesto por la investigadora. Si el grado de significancia es menor que el margen de error, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa o hipótesis principal del trabajo.
- 8) En este trabajo la tabla de correlación, anova y coeficientes ha permitido obtener un grado de significancia menor que el margen de error propuesto inicialmente; con lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis principal del trabajo, de acuerdo a procedimientos estadísticos generalmente aceptados.
- 9) Se realiza el análisis de causas si la  $H_a$  se acepta, determinando la causalidad a través de una representación del diagrama de Ishikawa, analizando los 4 aspectos principales: MÉTODO, PERSONA, MATERIAL Y MAQUINARIA / ESQUIPO / INSTALACIÓN.

### **3.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACION**

#### **TABLA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES DE LA INVESTIGACION**

##### **VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Tesis publicada con autorización del autor  
X SISTEMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

**Indicadores:**

- X.1. Políticas de prevención
- X.2. Estrategias de prevención
- X.3. Procedimientos de prevención

**VARIABLE DEPENDIENTE:**

**Y. CONTROL DE RADIACIONES IONIZANTES**

**Indicadores:**

- Y.1. Control preventivo de las radiaciones ionizantes
- Y.2. Control simultáneo de las radiaciones ionizantes
- Y.3. Control posterior de las radiaciones ionizantes.

**DIMENSIÓN ESPACIAL**

**Z. PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS DEL IPEN.**

Fuente: Diseño propio.

**3.7. POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Todos los trabajadores de la Planta de Producción de Radioisótopos.

**3.8. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

Todos los TOE de la Planta de Producción de Radioisótopos.

**3.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**



### **3.9.1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS DEL IPEN.**

Inicialmente se realiza la situación actual de la Planta de producción de Radioisótopos (PPRR) en lo que se refiere al estado de seguridad y salud en las Secciones de Procesos y Control de Calidad, personal laboralmente expuesto por radiaciones ionizantes.

Para la realización de este diagnóstico se recopila la mayor cantidad de datos disponibles de la dosimetría interna con la nueva metodología de análisis implementada a partir del segundo semestre del 2015, análisis de cada ambiente de trabajo que involucra a los TOE (dosis efectiva en mSv del personal laboralmente expuesto, Identificación de riesgos y elaboración de mapas de riesgos), de los últimos años.

Con los resultados de estos análisis se podrá conocer los principales peligros, riesgos y oportunidades de mejora que se encuentran actualmente en la PPRR en lo referido a temas de SST, sirviendo este diagnóstico como una línea base el cual se realice una planificación para la posterior implementación de mejora del sistema de gestión en seguridad.

### **3.9.2. LA METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO Y EVALUACIÓN DE RIESGOS TENDRÁ EN CUENTA:**

- a) Las actividades rutinarias y no rutinarias.
- b) Las actividades de las personas que tengan acceso al lugar de trabajo, incluyendo personal eventual, practicantes, contratista y visitantes.
- c) El comportamiento del personal, las actividades, las capacidades y otros factores

- d) Los peligros identificados originados fuera del lugar de trabajo, capaces de afectar adversamente a la salud y seguridad de las personas bajo el control de la PPRR en el lugar de trabajo.
- e) Los peligros originados en las inmediaciones del lugar de trabajo por actividades relacionadas con el trabajo bajo el control de la PPRR.
- f) La infraestructura, equipamiento y los materiales en el lugar de trabajo, tanto los proporcionados por la PPRR como otros.
- g) Los cambios o propuestas de cambio en las instalaciones, sus actividades o materiales de la PPRR.
- h) Las modificaciones en el Sistema de Gestión de la Seguridad e Higiene Industrial en el trabajo, incluyendo los cambios temporales y su impacto en las operaciones, procesos y actividades.
- i) Cualquier obligación legal aplicable relativa a la evaluación de riesgos y a la implementación de los controles necesarios.
- j) El diseño y/o modificaciones en las áreas de trabajo, los procesos, modificaciones de estos, las instalaciones, la maquinaria/equipamiento, los procesos operativos y la organización del trabajo, incluyendo su adaptación a las capacidades humanas.

### **3.9.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS / PELIGROS**

Los Riesgos / Peligros se clasifica en:

- a) Físicos
- b) Químicos
- c) Biológicos
- d) Ergonómicos
- e) Psicosocial

### 3.9.2.2.PROCESO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO

La metodología y criterios para la identificación de peligros y evaluación de riesgos con el objeto de facilitar las decisiones para el control de sus consecuencias, utilizada en la PPRR, se basa en:

- a) Disposiciones legales vigentes.
- b) Normativas internas de la institución relacionadas con Seguridad y Salud en el Trabajo.
- c) Definirlos con respecto a su alcance, naturaleza y momento en el tiempo, asegurando que es más proactiva que reactiva.
- d) Prever la identificación, priorización y documentación de los riesgos y la aplicación de controles según sea apropiado.
- e) Historial de pérdidas y en el análisis de las causas potenciales de incidentes.

**Tabla N°4:** Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER)

**Razón Social o Denominación Social:** \_\_\_\_\_

**Área:** \_\_\_\_\_ **Proceso:** \_\_\_\_\_

N°	ACTIVIDAD	PELIGRO	CONSECUENCIA RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL EXISTENTES	EVALUACIÓN DE RIESGO / IMPACTO			MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	RESPONSABLE
					SEGURIDAD Y SALUD				
					PROBABILIDAD (P)	SEVERIDAD (S)	Mr PX		
1	Regado y desatado	Roca suelta	Desprendimiento de rocas / daño a la salud	Cumplimiento de procedimiento de desatado de rocas desde un lugar seguro	4	50	200	Capacitación, actualización de procedimientos	Residente

**Tabla N°5:** Tabla de Valoración de Riesgos

VALORACIÓN DE RIESGOS		
RIESGO CRITICO	ROJO	$50 < X \leq 250$
RIESGO ALTO	NARANJA	$10 < X \leq 50$
RIESGO MEDIO	AMARILLO	$3 < X \leq 10$
RIESGO BAJO	VERDE	$X \leq 3$

Fuente: Guía IPER MINTRA

**Tabla N°6:** Niveles de Riesgo

SEVERIDAD	Catastróficos	50	100	150	200	250
	Mayor (20)	20	40	60	80	100
	Moderado alto (10)	10	20	30	40	50
	Moderado (5)	5	10	15	20	25
	Moderado Leve (2)	2	4	6	8	10
	Mínima (1)	1	2	3	4	5
		Escasa (1)	Baja probabilidad (2)	Puede suceder (3)	Probable (4)	Muy probable (5)
<b>PROBABILIDAD</b>						

*El nivel de riesgo se determina = Riesgos X Probabilidad. Fuente Guía IPER MINTRA1*

### 3.9.3. ELABORACIÓN DE MAPA DE RIESGO

Los Mapas de Riesgos es una representación gráfica de los factores de riesgos, sobre un plano o croquis, abarca todas las áreas de la infraestructura. Este mapa es indispensable para identificar los factores de riesgo de manera más sencilla, el mismo debe ser colocado en zonas estratégicas dentro de la empresa, debe ser visible para los

### **3.9.3.1. PRIMER PASO (RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN)**

Con el fin de prevenir, primero hay que conocer. Y para ello, debe buscarse información en todas aquellas fuentes relevantes. Los propios trabajadores expuestos al riesgo aportan una visión muy valiosa que no debe ser ignorada. Además, la visión técnica debe complementar esa visión, por medio de datos sobre las características de las instalaciones, productos químicos, maquinaria, etc. Por su parte, los informes estadísticos pueden ser también muy útiles, así como datos históricos sobre siniestralidad y enfermedades profesionales.

### **3.9.3.2. SEGUNDO PASO (TRADUCIRLO GRÁFICAMENTE)**

Por medio de una simbología consensuada, se identifica sobre un plano o mapa cada riesgo existente. Así, por ejemplo, el ruido, la iluminación, el calor, las radiaciones, las sustancias químicas o las vibraciones deben contar con sus propios símbolos identificativos. Para ello, es habitual utilizar las señales habituales de cada riesgo que vienen definidas en la normativa. Para más información al respecto, puede consultarse la Nota Técnica de Prevención 511, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (Insht.es).

Esta identificación debe incluir una valoración del riesgo: magnitud, número de trabajadores afectados, consecuencias, etc. Sea cual sea el método de valoración, este debe ser fiable y garantizar resultados válidos.

### **2.3.2.3. TERCER PASO (SACAR CONCLUSIONES)**

El mapa se elabora, nunca debe olvidarse, para combatir los riesgos. Por lo tanto, debe concluir con un análisis que permita extraer conclusiones sobre cómo mejorar



la situación, proponiendo medidas concretas de prevención. Sin ellas, el mapa carece de sentido.

Y aunque no siempre se considera un elemento propiamente dicho del mapa de riesgos, es también habitual establecer medidas de seguimiento que comprueben la eficacia de las medidas preventivas establecidas, o en su caso permitan adoptar medidas alternativas.

#### 3.9.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos que se utilizaron en la investigación fueron las siguientes:

- 1) **Registros de dosis interna.**- La colección de datos se realizará tomando de la base de datos a través mediciones in vivo realizadas a los trabajadores que han intervenido directa e indirectamente en la producción de los radiofármacos en la Planta de Producción de Radioisótopos del IPEN, del cual obtendremos el nivel de dosis adsorbida por cada personal directamente involucrado en los procesos; obteniendo los resultados de dosis efectiva adsorbida en el proceso productivo (semanal) por cada trabajador.
- 2) **Toma de información.** - Se aplicará para tomar información de libros, textos, normas y demás fuentes de información relacionadas con el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.
- 3) **Análisis documental.** - Se utilizará para evaluar la relevancia de la información que se considerará para el trabajo de investigación, relacionada con el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

### 3.10. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Se aplicarán las siguientes técnicas de procesamiento de datos:

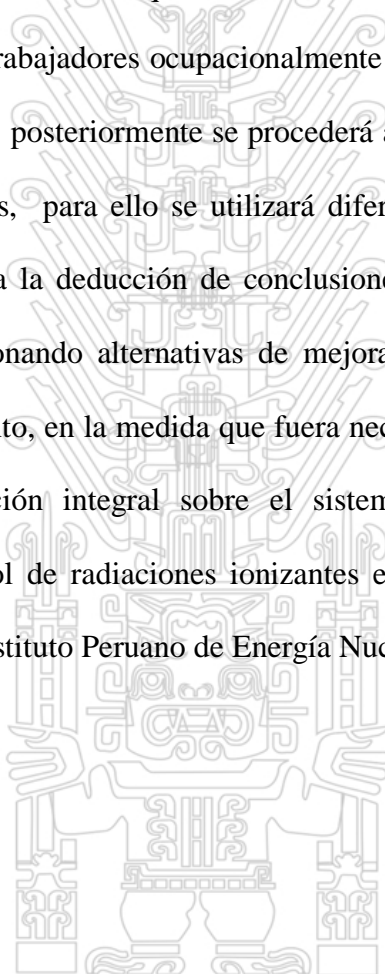
- 1) **Ordenamiento y clasificación.** - Se aplicará para tratar la información cualitativa y cuantitativa, clasificando a los TOE por el tipo de actividad laboral que realiza dentro de la cadena de producción de los radiofármacos/radioisótopos.
- 2) **Registro manual.** - Se aplicará para digitar la información de las diferentes fuentes sobre el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.
- 3) **Proceso computarizado con Excel.** - *Obtenido los datos se aplica estadística no paramétrica cuantitativa donde: **Primero** observamos cómo están distribuidos los valores individuales de cada población y calculamos los estimadores puntuales (media ( $\bar{x}$ ), Desviación estándar ( $\delta$ ), Varianza ( $\delta^2$ )). **Segundo** se calcula los intervalos de confianza y con un nivel de confianza de  $\alpha = 95\%$ , calculando los límites inferiores y superiores. **Tercero** colocamos los datos de cada muestra dentro de sus intervalos de confianza y obtendremos gráficamente si los procesos de Producción se encuentran dentro o fuera de control. **Cuarto** utilizando Excel, proporcionando análisis propios estadísticos más exigentes del ANOVA para los bloques de comparación de varianzas entre personal laboralmente expuesto, donde se puede contrastar las siguientes hipótesis:*  
  
***H<sub>0</sub>**: No existe significativa de adsorción de dosis de radiación ionizante en los trabajadores ocupacionalmente expuestos.*  
  
***H<sub>a</sub>**: Existe diferencia significativa de adsorción de dosis de radiación ionizante en los trabajadores ocupacionalmente expuestos.*

### 3.11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se aplicarán las siguientes técnicas:

- 1) **Análisis documental.** - Esta técnica permitirá conocer, comprender, analizar e interpretar cada una de las normas, revistas, textos, libros, artículos de Internet y otras fuentes documentales sobre el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.
- 2) **Indagación.** - Esta técnica facilitará disponer de datos cualitativos y cuantitativos de cierto nivel de razonabilidad sobre el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.
- 3) **Conciliación de datos.** - Se aplicará para enlazar los datos sobre el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear de algunos autores para que sean tomados en cuenta.
- 4) **Tabulación de cuadros con cantidades y porcentajes.** - Se aplicará para presentar la información en cuadros con columnas de cantidades y porcentajes sobre el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.
- 5) **Comprensión de gráficos.** - Se utilizarán para presentar la información en forma de gráficos en cualquier de sus formas, sobre el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

- 6) **Otras.** - El uso de instrumentos estadísticos donde: Si el estadístico prueba cae en la región de aceptación (Causas comunes), entonces se da por aceptado la  $H_0$ , por lo que se puede concluir que no existe diferencia significativa de la dosis adsorbida entre los trabajadores ocupacionalmente expuestos de una misma área de trabajo, con un intervalo de confianza del 95%. Si el estadístico de prueba cae en la región crítica (causas asignables), entonces se rechaza la  $H_0$ , aceptando la  $H_a$ , por lo que se debe concluir que existe diferencia significativa de la dosis que adsorbida entre los trabajadores ocupacionalmente expuestos con un intervalo de confianza del 95% y posteriormente se procederá a realizar analizar la causa raíz de estas desviaciones, para ello se utilizará diferentes herramientas de calidad que debe dar lugar a la deducción de conclusiones y a la toma de decisiones racionales, proporcionando alternativas de mejoras en el sistema de seguridad ocupacional. Por tanto, en la medida que fuera necesario se utilizarán otros tipos para tener información integral sobre el sistema de prevención de riesgos laborales y el control de radiaciones ionizantes en la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear.



## CAPITULO IV:

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1.ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA PANTA DE PRODUCCIÓN:

La Planta de Producción de Radioisótopos (PPRR) del IPEN está conformada por un conjunto de laboratorios que se dedica a la investigación, desarrollo y producción de radioisótopos y radiofármacos, dentro del marco de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear al servicio del país.

Por tal razón la PPRR está sometida a las normas y regulaciones de la Autoridad Nacional de Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios (ANM), entidad dependiente de la Autoridad Nacional de Salud (ANS) y la Autoridad Nacional (OTAN), autoridad competente que regula el uso de fuentes de radiaciones ionizante, ejercida por la Autoridad Nacional del Instituto Peruano de Energía Nuclear, Ley N°28028. Igualmente, a la normativa relacionadas con la Salud y Seguridad en el Trabajo, LeyN°29783.

La PPRR cuenta con un Manual de Organización Funcional (MOF) en la que establece funciones generales (Figura. N°23); en este MOF de la PPRR está constituido por:

- 01 jefatura de planta
- 01 Dirección Técnica.
- 01 Comité de Calidad.
- 04 Departamentos (Producción, Control de Calidad, Aseguramiento de calidad y Mantenimiento).

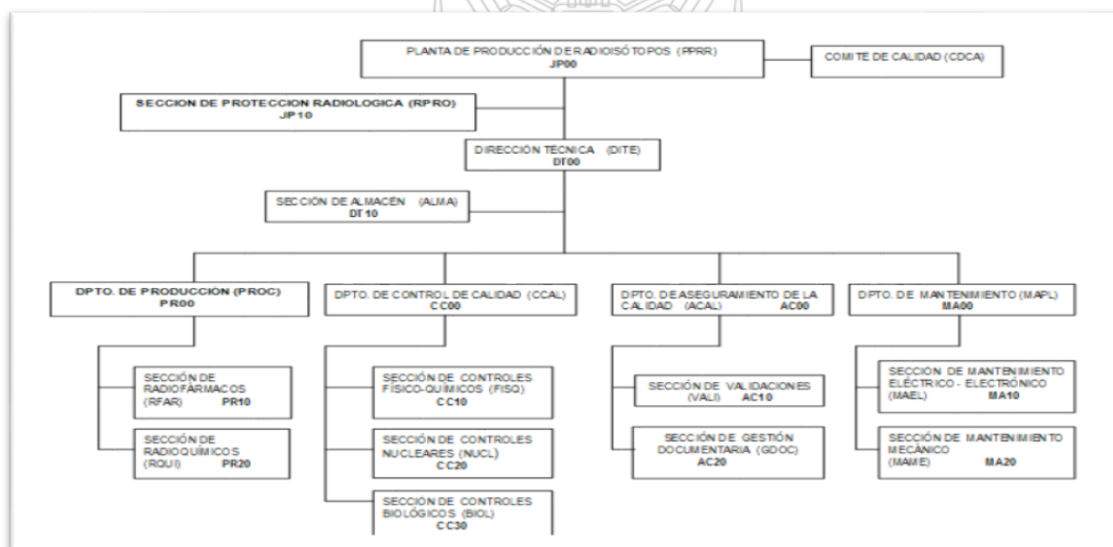


- 10 Secciones (Radioprotección, Radiofármacos, Radioquímico, físico-químicos, Nucleares, Biológicos, Validaciones, Documentarios, Eléctrico-electrónico y Mecánico).

#### 4.2. MAPA DE PROCESOS DE LA PPR

Se realiza una descripción gráfica de los procesos productivo de que se realiza en la Planta de Producción de Radioisótopos, incluyendo sus procesos estratégicos, principal y de apoyo, para la elaboración de este mapa de procesos se toma como premisa la gestión de procesos descrita en la ISO 9001:2008 [20], el cual tiene como premisa aumentar la satisfacción del cliente, satisfaciendo sus requisitos. (Figura N°24).

**Figura. N°23:** Organigrama funcional actual de la Planta de Producción de Radioisótopos



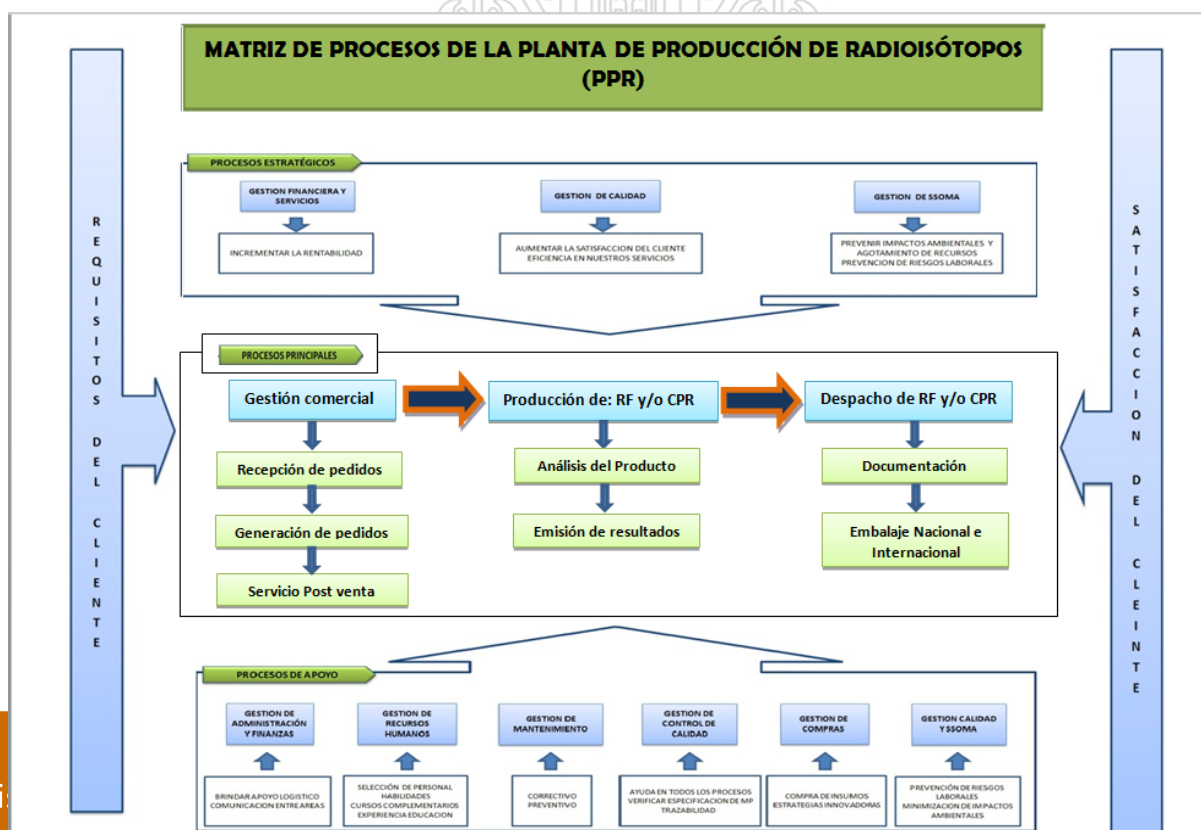
El gran beneficio de ver el sistema productivo de la PPRR, enfocado en un mapa de procesos es que integra y alinea los diferentes procesos para permitir el logro de los resultados deseados, centralizando los esfuerzos en la eficacia y eficiencia de los

partes interesadas, desempeñando un sistema coherente de la organización tanto en temas de producción como en temas de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Por otro lado este tipo de enfoque ayuda a la organización a reducir costos, reducción de mermas y creación de ciclos más cortos, a través de la utilización eficaz de los recursos de la organización, podrá mejorar su sistema de producción y mantener la calidad de los diferentes productos elaborados en la Planta de Producción de Radioisótopos.

Durante el procesos de producción del RF o CPR, intervienen los procesos de apoyo directos los cuales son: Control de Calidad (CCAL) y Mantenimiento (MAME), si el producto se encuentra dentro de las especificaciones técnicas es despachado al cliente adjuntando la documentación necesarias que el producto está conforme y listo para utilizar, adjuntando la forma de embalaje y su transporte de forma adecuada.

**Figura. N°24:** Mapa de proceso productivo de la PPRR.(Fuente: creado por el autor)



#### **4.3. DIAGNOSTICO SITUACIONAL DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS Y PROPUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN TEMAS DE SST**

En el presente diagnóstico situacional de la Planta de Producción de Radioisótopos (PPRR) en lo que respecta a temas de seguridad y prevención de riesgos, dentro de su organigrama funcional la PPRR (Figura. N°23) no cuenta con una sección responsable en seguridad e higiene industrial y muchos menos con sistema gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo.

La sección de Radioprotección (RPRO) que esté bajo el mando de la jefatura de la PPRR es la que asume y tiene la responsabilidad de garantizar la protección de los colaboradores ocupacionalmente expuestos, la seguridad de las instalaciones y el medio ambiente frente a los potenciales riesgos que deriven de los trabajos con sustancias que emitan radiaciones ionizantes. Al mismo esta sección tiene elaborado un manual de implementar las acciones de supervisión, manejo de desechos y capacitaciones necesarias en temas de radioprotección y emergencias radiológicas; pero esto solo es una parte de un sistema de gestión de seguridad.

Sin embargo, un sistema de gestión de seguridad de prevención de riesgos laborales o seguridad en salud en el trabajo, tiene un campo de acción más amplio, el cual tiene como finalidad eliminar o minimizar los riesgos de toda índole (físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales) a los trabajadores y otras partes interesadas.

La implementación este sistema de gestión dentro de la PPRR, implícitamente es el compromiso de la PPRR con sus colaboradores, garantizando y establecimiento y condiciones que proteja la vida, salud y bienestar de todos sus colaboradores, un

ambiente y clima laboral favorable en lo que respecta a la seguridad y salud en el

En la PPRR el 10 de mayo del 2010, se aprobó la primera versión de Manual de Seguridad e Higiene industrial, en dicho manual tuvo que ser cambiado por que se elaboró una segunda versión debido a muchas observaciones; unas de las principales observaciones fue la falta de una política de seguridad, el manual solo era informativo más no contemplaba la instalación como un sistema de gestión como tal.

Es por ello que nace la versión n°2 del manual de Seguridad e Higiene Industrial de la PPRR, que fue aprobado el 10-02-2014, este documento contenía una política de seguridad salud en el trabajo, que el IPEN ya había instaurado unos meses antes.

Al mismo tiempo este manual se alineo con la nueva legislación peruana vigente (Ley N° 29783, "ley de Seguridad y Salud en el Trabajo") y se toma como documento base la norma OHSAS 18001:2007, para Implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En este manual lo se coloca como principal objetivo: "La implementación del Sistema de Gestión de Seguridad e Higiene Industrial en la Planta de Producción de Radioisótopos, alineado con la Política institucional del IPEN en el tema de Seguridad y Salud en el Trabajo y la Ley N° 29783 en lo establecido en las políticas y/o disposiciones institucionales y nacionales en Seguridad y Salud en el Trabajo. Lo que permitirá promover una cultura de prevención de riesgos laborales y/o enfermedades ocupacionales a través de la participación activa del personal que labora en la instalación".

Así mismo el alcance de esta manual: "Es de cumplimiento obligatorio por los trabajadores que desarrollen labores en las instalaciones de la Planta de Producción de Radioisótopos, incluyendo a los visitantes, proveedores, contratista o cualquier persona que se encuentre dentro de las instalaciones de la PPRR".

La implementación del sistema de gestión de seguridad e higiene industrial, paralelo a la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) que pretende implementar el IPEN; esto se debe a las características muy particulares que tiene la PPRR a comparación con las otras direcciones que conforman el IPEN.

La PPRR a diferencia de las otras instalaciones del IPEN, se comporta como una planta industrial, siendo un ente productor, mientras que las otras áreas del IPEN se dedican a la investigación, desarrollo, asesorías, cursos, prestación de servicios de análisis. Por lo que las necesidades y el modo de implementación son completamente distintos, pero sin embargo con un mismo fin, el cual es la prevención de los riesgos laborales dentro de la institución.

El manual de seguridad e higiene industrial de la PPRR, se ha elaborado según las necesidades de la Planta, pero sin alejarse de la política Institucional del IPEN en lo concerniente a la SST, delinea de manera general la metodología de análisis de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y sus Controles (IPERC); para fijar los objetivos de la PPRR en el tema de Seguridad e Higiene Industrial, se debe seguir la metodología "SMART".

Concretos (Specific) : Los objetivos deben estar claramente definidos.

Medibles (Measurable) : El o los objetivos tienen que ser cuantificables.

Alcanzables (Attainable) : El o los objetivos tienen que o deben tener metas alcanzables.

Realista (Realistic) : Los objetivos planteados acorde a la realidad.

Tiempo (Timely) : Los objetivos se deben trabajar con plazos determinados.

En este manual se propone que dentro de la PPRR debería haber un supervisor de seguridad y salud en el trabajo el que debe trabajar de manera directa con el comité



paritario de SST del IPEN y que los diferentes jefes de cada sección son los responsables directos de la implementación y cumplimientos de las normativas y leyes en lo que respecta a la SST.

Para ello se propone el siguiente organigrama interno de la PPRR (figura. N°25).

La jefatura de la PPRR, según su manual de seguridad e higiene industrial, tiene la potestad de designar al supervisor de seguridad e higiene industrial (SHI) o la puede realizar el comité paritario de seguridad y salud en el trabajo del IPEN, cuando lo establezca conveniente; donde este supervisor cumple sus funciones como 1 año como mínimo y un máximo 2, y pudiendo ser reelegido y/o renovado la confianza de la jefatura por otro periodo más.

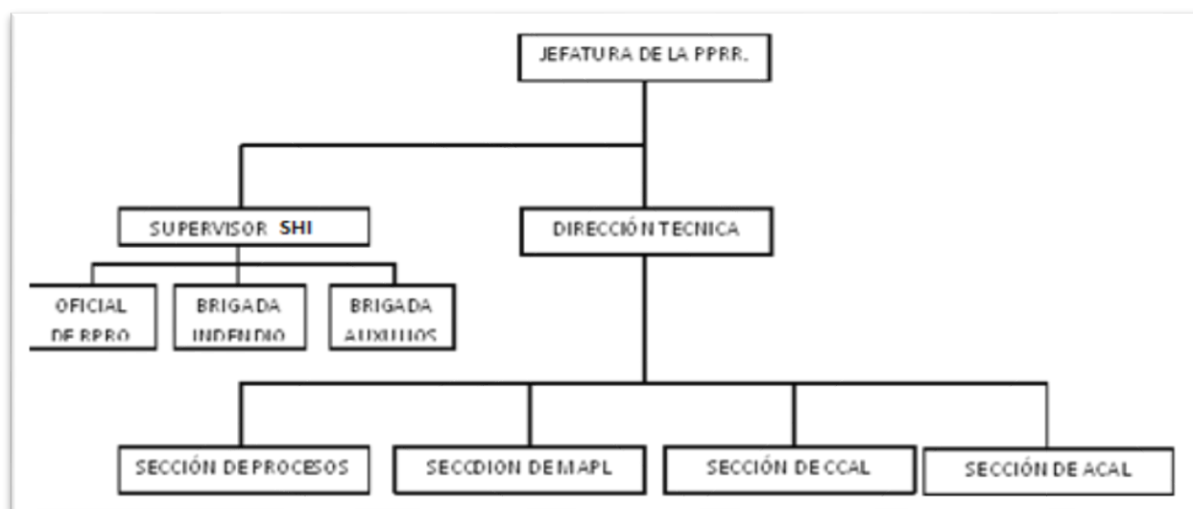
En donde el supervisor tiene que tener estos requisitos mínimos:

- El deber de establecer, implementar, mantener y mejora continua del sistema de gestión de seguridad de prevención de riesgos en la PPRR.
- Conocer y resguarda los documentos e informes relativos a las condiciones de trabajo, así como los tener en buen recaudo los documentos y registros, pudiendo ser llevados en medios físicos o digitales, estos registros deben mantenerse actualizados y al alcance de los trabajadores y/o autoridad competente, pero siempre respetando el derecho de confiabilidad del colaborador.
- Por reglamento los registros obligatorios a cargo del empleador en lo referentes a enfermedades ocupacionales deben estar archivados por unos 20 años.
- Debe Realizar inspecciones periódicas en las áreas administrativas, operativas, instalaciones, maquinarias y equipos fin de reforzar el Sistema de Seguridad Industrial

- Verificar el cumplimiento y eficacia de las medidas preventivas y/o correctivas; con la finalidad de evitar la ocurrencia y minimizar la aparición de incidentes y/o accidentes en la PPRR.
- Realizar recomendaciones apropiadas para el mejoramiento continuo del Sistema Gestión de Prevención de Riesgos Laborales.
- Analizar y emitir informes mensuales de las estadísticas de los incidentes, accidentes y enfermedades ocupacionales en el lugar de trabajo, cuyo registro y evaluación debe ser constantemente actualizados.
- Realizar seguimiento a los trabajadores afectados por accidente y/o enfermedad para verificar si han recibido el tratamiento médico-asistencial adecuado para su total recuperación.
- Suspender, interrumpir o detener algún proceso o actividad que considere que ponga en peligro al personal o infraestructura de la PPRR.

Para ser un supervisor de Seguridad y Salud en el Trabajo o en este caso Supervisor de Seguridad e Higiene Industrial requiere: a) Ser trabajador del Empleador, b) Tener 18 años de edad como mínimo, c) de preferencia, tener capacitación en temas de seguridad y salud en el trabajo o laborar en puestos que permitan tener conocimientos o información sobre los riesgos laborales. (Art. 47, DS N°005-2012-TR), además de estos requisitos que exige la ley, el supervisor debe tener una licencia individual vigente de operaciones o control de calidad en producción de radioisótopos emitidos por la Autoridad Nacional (OTAN).

**Figura N°25:** Propuesta de un nuevo organigrama funcional en la PPRR.



También se está proponiendo la formación de brigadas contra incendios y de primeros auxilios dentro de las instalaciones de la PPRR.

Las funciones principales de la **brigada contra incendios** son:

- Proceder en manera segura, correcta, técnica y ordenada a realizar la sofocación o extinción de un incendio o conato de incendio.
- Asegurarse de haber sofocado todo el fuego, y una vez controlado se deberá realizar las labores de remoción de escombros y limpieza de todas las áreas afectadas.
- Apoyar de ser necesario a la brigada de evacuación y rescate en la evacuación de personas afectadas, así mismo deben apoyar en el salvamento de bienes, equipos y maquinarias de la empresa, ubicándolos en lugares seguros.
- Monitorear e inspeccionar el estado operativo y la correcta ubicación de los equipos de protección contra incendios tales como extintores, hidrantes, mangueras, etc, así mismo deberán contar con un plan para realizar el mantenimiento periódico.
- Participar activamente en actividades de capacitación y entrenamiento en temas de prevención de incendios.

- Realizar investigaciones sobre los incendios o conatos producidos a fin de adoptar las medidas de prevención respectivas.

Las funciones principales de la **brigada de primeros auxilios** son:

a) Antes de una intervención:

- Identificar posibles situaciones de emergencia médica que se pueden presentar en el lugar (padecimientos de los trabajadores y que se podrían complicar durante la emergencia, lesiones por accidentes de trabajo, etc)
- Tener disponible el equipo de primeros auxilios y ubicado en los lugares estratégicos previamente elegidos
- Coordinar la capacitación necesaria para los miembros de la brigada.

b) Durante la intervención:

- Evaluar la condición del paciente.
- Brindar la asistencia básica en primeros auxilios
- Determinar la necesidad de traslado y cuidados médicos para el paciente.
- Mantener informado al mando del Comité de Emergencias sobre las acciones que realiza y los requerimientos necesarios para la ejecución de sus tareas

c) Después de la intervención:

- Evaluar la aplicación de los planes de respuesta
- Elaborar el informe correspondiente
- Adoptar las medidas correctivas necesarias para mejorar la capacidad de respuesta, teniendo como base la evaluación realizada.

#### 4.4. PROCEDIMIENTOS A SEGUIR EN CASO DE PRIMEROS AUXILIOS.

Establece unos procedimientos para propiciar una eventual prestación en el ámbito de dar primeros auxilios, evitando el agravamiento de la lesión o muerte del accidentado, con la finalidad de Proteger, avisar y socorrer al accidentado.

##### 4.4.1. PRIMEROS AUXILIOS:

Se denomina primeros auxilios a aquellas actuaciones o medidas que se adoptan inicialmente con un accidentado o enfermo repentino, en el mismo lugar de los hechos hasta la llegada de la asistencia especializada.

Para prestar primeros auxilios no es necesario contar con equipos especializados, es importante que la prestación de los mismos sea la correcta y eficaz ya que de ello puede depender la evolución favorable del paciente.

##### 4.4.1.1. Pautas generales de actuación; conducta “PAS”

- **P**rotege al accidentado como a ti mismo.
- **A**visa al servicio de socorro.
- **S**ocorre aplicando tus conocimientos de primeros auxilios

##### 4.4.2. EVALUACIÓN DEL ACCIDENTADO

Se denomina así al reconocimiento del accidentado, en el lugar de los hechos, enfocada a detectar las lesiones o situaciones potencialmente peligrosas para su vida.

Es necesario que la actuación sea sistemática y secuencial. Se debe seguir escrupulosamente el procedimiento descrito a continuación, sin pasar al siguiente escalón antes de haber completado el anterior.

##### 4.4.2.1. PRIMERA FASE: “Evaluación primaria”.

- **1ro. Valorar la conciencia:** Si la persona responde a estímulos, podemos suponer que respira y que el sistema circulatorio funciona en otras palabras:



- **2do. Valorar la respiración:** Si respira podemos suponer que su corazón late: SI FALTA, INTENTAR RESTABLECER, REANIMACIÓN CADIOPULMONAR (R.C.P).

#### 4.4.2.2. SEGUNDA FASE: “Evaluación secundaria”

Tras asegurar las funciones vitales, debemos tratar de detectar otras posibles lesiones, para ello se realizará exploración detallada y sistemática desde la cabeza hasta las extremidades, buscando heridas, fracturas, hemorragias, quemaduras, movimientos torácicos anormales, etc. para poder aplicar los cuidados necesarios.

*Figura. N°26: Como actuar durante una emergencia*



## 4.5. PROCEDIMIENTOS A SEGUIR SEGÚN EL TIPO DE ACCIDENTE

### 4.5.1. ACCIDENTES POR AGENTES QUÍMICOS

#### 4.5.1.1. CONTACTO

Se debe lavar la parte afectada con abundante agua y jabón, siempre y cuando la sustancia química utilizada no tenga una reacción higroscópica. Para ese tipo

información se debe obtener de las fichas de seguridad que debe estar colocada en todos los ambientes donde se manipulen este tipo de materiales. Y comunicar este incidente al supervisor de seguridad para realizar el informe e investigación del caso.

#### **4.5.1.2. DERRAME**

Cuando ocurre este tipo de accidente, lo primero que se debe realizar es, delimitar la zona contaminada, si es una sustancia líquida, colocar abundante papel toalla, si fuese necesario utilizar sustancias para neutralizar la reacción química que pueda aparecer.

Lavar con abundante agua, no olvide utilizar sus elementos de protección personal.

Y comunicar este incidente al supervisor de seguridad para realizar el informe e investigación del caso.

#### **4.2.1.3. INGESTIÓN**

No inducir al vómito, ir rápidamente o buscar ayuda médica e informar de este incidente al supervisor de seguridad para realizar el informe e investigación del caso.

#### **4.5.2. ACCIDENTE POR FUEGO**

##### **4.5.2.1.FORMAS DE ESTINCIÓN DE FUEGO**

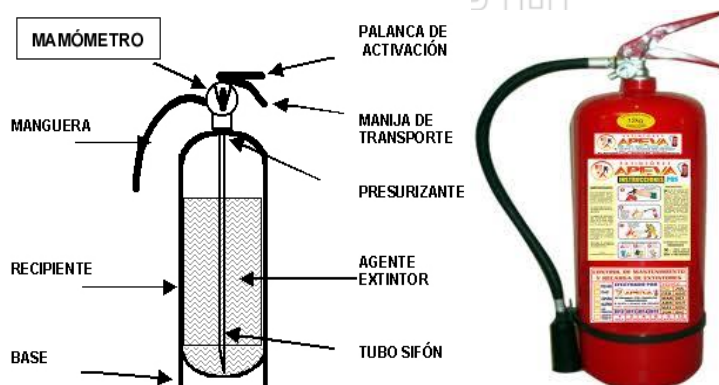
Para extinguir (eliminar) el fuego, bastará con separar uno de los tres elementos que constituyen el triángulo; podemos decir que así como un triángulo deja de existir cuando se remueve uno de sus lados, el fuego dejará de existir cuando se llega a remover o anular a uno de sus elementos que lo constituyen.

#### **CLASES DE EXTINTORES**

- **Fuego Clase A:** Es aquel que se origina en combustibles sólidos más comunes, tales como: madera, papel, desperdicios sólidos, telas, etc

- **Fuego de Clase B:** Se producen de mezcla de vapores y aire sobre la superficie de líquidos inflamables, por ejemplo: gasolina, petróleo, alcohol, kerosén, pinturas, solventes, etc
- **Fuego de Clase C:** Es aquel que se produce en o cerca de máquinas o instalaciones eléctricas, por ejemplo: alternadores transformadores, televisiones, radios, computadoras, microondas, circuitos eléctricos, interruptores, etc. Dada la gran importancia y aceptación que han logrado los equipos electrónicos tanto en el uso industrial como en el comercial y el doméstico en todo el mundo, los fuegos de clase c son muy frecuentes.
- **Fuego de Clase D:** Es aquel que se produce en metales combustibles, tales como el magnesio, titanio, circonio, litios y sodio.
- **Fuego de Clase K:** Es el fuego que produce y se desarrolla en extractores y filtros de campanas de cocinas, donde se acumula la grasa y otros componentes combustibles que al alcanzar altas temperaturas producen combustión espontánea.

**Figura. N°27:** Parte de los extintores (fuente google)



#### 4.5.3. ACCIDENTES POR LESIÓN

Se debe solicitar apoyo y proceder de la siguiente manera cuando:

4.5.3.1. Pérdida de conciencia  
Tesis 53.1. Pérdida de conciencia del autor  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

- Observar si la persona respira o no respira, si a persona respira se le debe colocar en posición lateral de seguridad o P.L.S.
- Si no respira hay que ventilar y paso seguido verificar el pulso y realizar Respiración Cardio Pulmonar (RCP) si fuese necesario.
- Pedir ayuda e informar al supervisor de seguridad para realizar el informe e investigación del caso

#### **4.5.3.2. Heridas no sangrantes**

- Limpiar y desinfectar la herida utilizando un antiséptico.
- E informar al supervisor de seguridad para realizar el informe e investigación del caso

#### **4.5.3.3. Heridas sangrantes**

- Se debe realizar compresión directa, si deja de sangrar hay que mantener la compresión, vendar y evacuar al accidentado del lugar.
- Si no funciona, realizar una compresión arterial, si funciona vendar y evacuar al accidentado del lugar,
- si no funciona la compresión arterial, realizar un torniquete, se debe tener mucho cuidado y debemos desajustar el torniquete cada dos a tres minutos un poco para que drene la sangre y no causar una gangrena.

#### **4.5.4. Contaminación radiológica**

##### **4.5.4.1. Medidas de higiene personal**

- No se debe tocar con las manos desnudas las fuentes radiactivas abiertas.
- No pipetear ninguna solución con la boca

- No introducir ni usar los siguientes artículos: prendas que no sean las del trabajo, alimentos, bebidas, tabaco, lápices de labio y otros cosméticos.
- No utilizar recipientes, materiales de vidrio, entre otros bordes cortantes.
- Tomar las precauciones para evitar mordeduras o arañazos de animales que han inyectados.
- En caso de contaminadas internas o heridas abiertas el oficial de radioprotección o el propio afectado debe solicitar al servicio personal médico si lo juzga conveniente.
- Emplear la mínima cantidad posible de radionucleido necesario para el resultado que se quiera conseguir.
- Utilizar sistemas de confinamiento y retención: bandejas o similares cubiertas con papel absorbente.
- Utilización de los Elementos de Protección Personal (EPP) adecuadamente.
- Cumplir las normas de trabajo.

#### **4.5.4.2.Descontaminación personal**

##### **Descontaminación personal externa:**

No se debe utilizar procedimientos muy abrasivos que puedan dañar la piel, causando una contaminación interna debido a las erosiones. También es necesario conocer que el calor dilata los poros, favoreciendo la entrada de las sustancias radiactivas al organismo, por ello es recomendable utilizar agua fría en vez de caliente en el tratamiento de descontaminación de piel. No utilizar disolventes orgánicos, realizar la monitorización externa (tabla N°4)

El procedimiento a seguir es el siguiente:



1. Abandonar el área contaminada inmediatamente, comunicarse con el oficial de radioprotección
2. Retirarse la ropa contaminada por que esto reduce considerablemente la dosis recibida y el riesgo de incorporación de la sustancia radiactiva, depositar la ropa contaminada dentro de una bolsa plástico e identificarla y llevarlo a los ambientes del oficial de radioprotección para su tratamiento respectivo.
3. Lavarse inmediatamente la(s) zona(s) afectadas con abundante agua y jabón líquido, evitando extender la contaminación a otras partes limpias del cuerpo.
4. Si se han producido heridas en la piel, el lavado se realiza por arrastre con abundante agua.

**Tabla N°7: Límites máximos permisibles para la contaminación superficial**

<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>	<b>EMISORES BETA Y GAMMA</b>	
	<b>Bq./cm<sup>2</sup></b>	<b>uCi./cm<sup>2</sup></b>
<i>Manos, ropa personales y otras partes del cuerpo</i>	<b>4</b>	<b>10<sup>-4</sup></b>

Se distinguen dos tipos de contaminación: Externa (piel, ojos, pelo, etc.) e interna (interior del organismo). En cualquiera de los casos hay que informar a los supervisores inmediatamente

**Descontaminación interna:**

Puede existir tres vías de contaminación interna: absorción a través de heridas abiertas, inhalación o ingestión. Es importante con precisión la vía de contaminación y en qué momento, el tipo de radioisótopo contaminante y cuanta actividad estaba trabajando el operario.

La acción en cualquier caso siempre es guiada por el supervisor, dependerá del tipo de vía de ingreso al organismo del radioisótopo

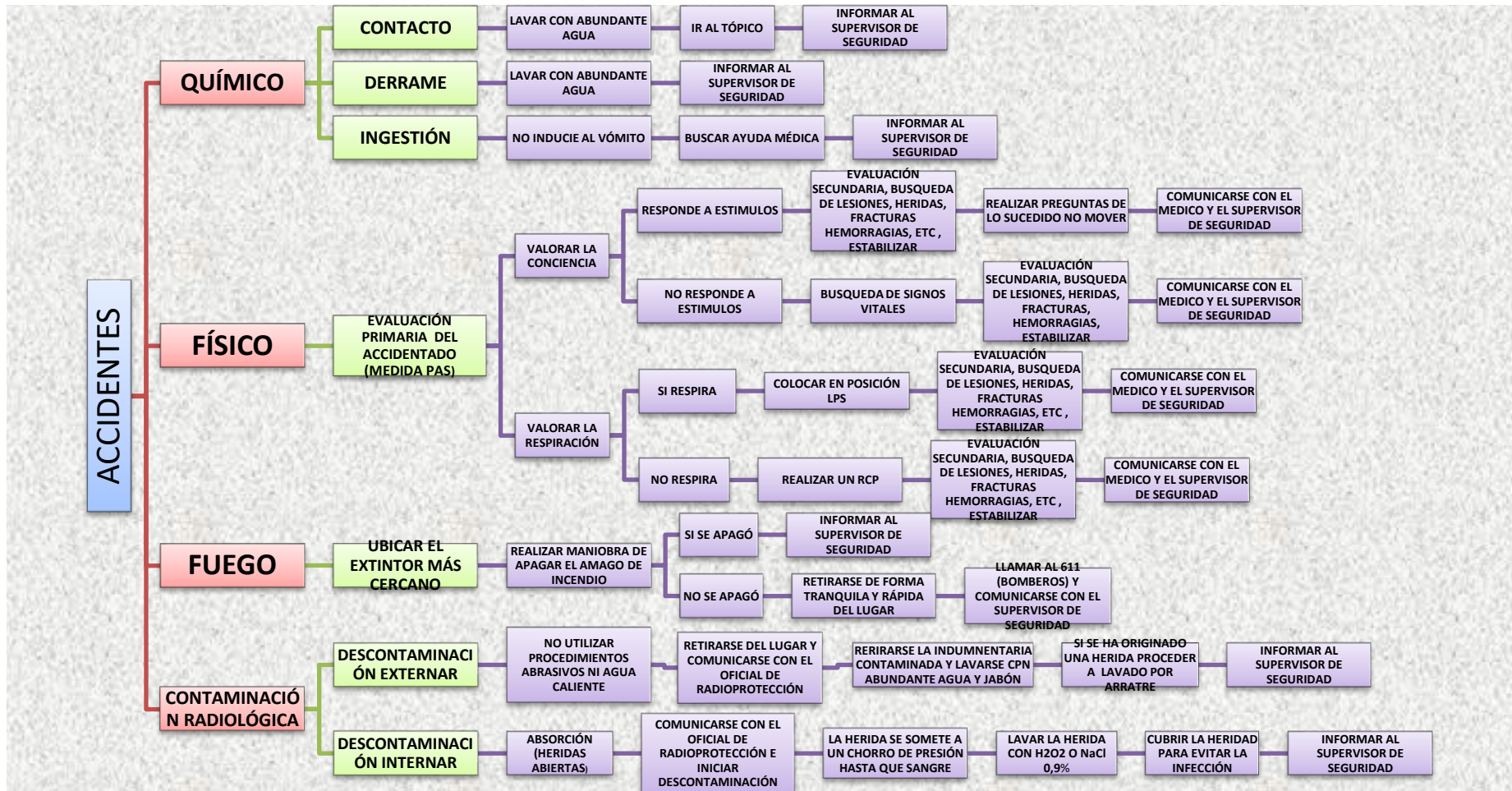
1. Por absorción (heridas abiertas), la contaminación se realizará a través de los vasos sanguíneos o linfáticos y se debe actuar lo más rápidamente posible:

- Se someterá la herida aun chorro de agua a presión hasta que sangre.
- Se monitorizará la contaminación.
- Se lavará la herida con Peróxido agua oxigenada ( $H_2O_2$  al 3%) o Suero Fisiológico (NaCl 0,9%).
- Se cubrirá la herida para evitar la infección y posible dispersión del resto de contaminación.

2. Por inhalación o ingestión, se favorecerá la eliminación del contaminante aumentando la diuresis o provocando vómitos o expectoración, para intentar evitar o reducir la incorporación del contaminante al interior del organismo.



**Figura. N°28:** Flujoograma de procedimiento a seguir en caso de accidentes  
(Fuente: creado por el autor)



**Figura. N°29:** Flujograma de procedimiento para investigación de incidentes y/o accidentes  
(Fuente: creado por el autor)



#### **4.6. PROCEDIMIENTO PARA LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES Y DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES**

Toda investigación de accidentes e incidentes laborales deben efectuarse siguiendo los siguientes pasos, en la medida de lo posible. (Figura. N°29).

##### **4.6.1. Recopilación de datos.**

- 1) El supervisor de seguridad de la PPRR, debe notificar el accidente al Presidente y/o encargado del comité paritario de SST y jefe de la PPRR y con copia al centro médico del IPEN, y si es un estudio preventivo se notifica accidente al Presidente y/o encargado del comité paritario de SST y jefe de la PPRR.
- 2) Esta información preliminar, así como lo que se obtenga en el momento de la inspección (fotos, videos, audios, etc.) debe ser utilizada por el inspector como punto de partida de la investigación.
- 3) Después de haber recabado estas informaciones, se inicia el proceso de investigación, en el cual se debe verificar el día, hora y el lugar del ocurrido. Luego es necesario recopilar toda la información posible relacionado con el evento y el accidentado:
  - Puesto de trabajo y sus condiciones
  - Circunstancias en la que se produjo.
  - Formación y experiencia del operador de la actividad.
  - Se contaba con IPERC de la actividad realizada o a realizar.
  - Se implementó las medidas de control establecidos.
  - Existen directivas o estándares de seguridad y salud en el trabajo relacionado con el acto o condición que originó el accidente.
  - El estado psicosomático del accidentado al momento del accidente (en caso de accidentes no en caso de estudio de prevención).



- Datos completos que se juzguen necesario para describir la secuencia del accidente o posible accidente y explicar cómo se desencadenó o desencadenará.
- 4) En el proceso de recopilación de datos y evidencias el proceso de investigación o estudio preventivo, se puede incluir entrevistas y reconstrucción o simulación de los hechos y para ello se debe tener en cuentas lo siguiente:
- Evitar buscar de responsables o responsabilidades, la finalidad es **identificar la “causa”** para prevenir la repetición y/o aparición del evento.
  - Para la investigación de accidentes se debe tomar en cuenta solo hechos comprobados y concretos, mientras para los estudios de prevención se puede realizar suposiciones y o simulaciones.
  - Evitar juicios de valor.
  - En caso de investigación de accidentes las entrevistas y recopilación de datos se debe realizar lo más inmediatamente posible después de ocurrido el evento, para evitar contaminación de las muestras y entrevistas.
  - En el proceso de recopilación de evidencias tanto para la investigación de accidentes como para estudios preventivos se debe efectuar las siguientes preguntas: ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde? y ¿Cómo?; para ello se debe considerar la premisa de las “4Ps”:
    - ✓ **PERSONAS**, que participan en la labor u operación que origino u originará y las que presenciaron.
    - ✓ **POSICIONES** de la persona, máquinas, herramientas, instalaciones, equipos y vehículos involucrados.
    - ✓ **PARTES** de máquinas, herramientas, instalaciones, equipos y vehículos que originaron u originarían el accidente.

- ✓ **PAPELES** (Actas de capacitación e instrucción, análisis de la seguridad del trabajo, procedimientos e instructivos de trabajo, reportes y listas de inspección, hojas de seguridad de sustancias peligrosas, exámenes médicos pre-ocupacionales y ocupacionales, etc.)
- Se recomienda que la toma de datos se efectúe, en lo posible en el mismo lugar de ocurrido en accidentes y/o estudios preventivos, tratando de verificar que no se haya modificado las condiciones del lugar, instalaciones o equipos.
- En medida de lo posible entrevistar al accidentado, y en caso de los estudios preventivos, a los involucrados de o los proceso(s).
- Es conveniente realizar y evaluar las entrevistas de forma individual, en la medida que sea posible como primera parte y luego si es necesario realizar reunir cuando las versiones no coinciden.
- Cuando se realice la entrevista, es necesario explicar al entrevistado el propósito, luego pedir que relate lo sucedido (en caso de accidentes) y relate como realiza el o los procesos para estudios de prevención de accidentes, siendo recomendable que durante la entrevista:
  - ✓ Destacar los beneficios de la investigación y/o estudio de prevención.
  - ✓ Enfatizar el enfoque preventivo del estudio.
  - ✓ Entrevistarse en un lugar adecuado.
  - ✓ Lograr que el entrevistado se sienta lo más tranquilo y cómodo posible.
  - ✓ Reaccionar de forma positiva.
  - ✓ Obtener la versión personal del entrevistado.
  - ✓ Formular preguntas abiertas y resumir lo que dice el entrevistado.
  - ✓ Tomar notas y repasarla con el entrevistado.
  - ✓ Dejar la comunicación abiertas para otras entrevistas.

- ✓ Agradecer la colaboración y despedirse amablemente.
- Al finalizar la etapa de recopilación de datos, se debe obtener un relato cronológico confiable y plausible de los acontecimientos ocurridos o los posibles acontecimientos.
- En algunas ocasiones se podría requerir la colección de muestras o solicitar el peritaje de un especialista.

#### **4.6.2. Análisis de la información y determinación de la causalidad**

Para efectuar el análisis de la información y evidencias obtenidas en el proceso de investigación y prevención de riesgos a fin de determinar las causas o posibles causas, existen varias técnicas como la técnica del análisis sistemático de causas (TASC), técnica del árbol de causas y técnica del diagrama de causa efecto.

Para nuestro trabajo se utilizará la técnica del diagrama de causa efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa o la espina de pescado. Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha, siendo una herramienta muy utilizada en calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943.

Este método también puede ser utilizado para análisis de accidentes de trabajo, sobre todo en caso de accidentes graves o incidentes de alto potencial de peligro o daño y no se sabe cuáles son las causas principales del problema.

Para empezar, se decide qué característica de calidad, salida o efecto se quiere examinar y continuar con los siguientes pasos:

1. Hacer un diagrama en blanco.
2. Escribir de forma concisa el problema o efecto.

3. Escribir las categorías que se consideren apropiadas al problema: **máquina, mano de obra, materiales, métodos**, son las más comunes y se aplican en muchos procesos.
4. Realizar una lluvia de ideas (brainstorming) de posibles causas y relacionarlas con cada categoría.
5. Preguntarse ¿por qué? a cada causa, no más de dos o tres veces. ¿Por qué no se dispone de tiempo necesario? ¿Por qué no se dispone de tiempo para estudiar las características de cada producto?
6. Empezar por enfocar las variaciones en las causas seleccionadas como fácil de implementar y de alto impacto.

Para el desarrollo del diagrama de Ishikawa o espina de pescado, se agrupan las causas en los 4 aspectos principales que intervienen en el desarrollo dentro de una actividad laboral:

- **MÉTODO**: Se debe determinar que método de trabajo utilizó y si existía instructivos o procedimientos de trabajo que especifica cómo se debe desarrollar el trabajo de forma segura.
- **PERSONA**: Se debe determinar los aspectos humanos (capacitación, aptitud para el puesto, experiencia, actitud, supervisión, estado físico, emocional, régimen laboral que pueden haber contribuido a que ocurra el accidente.
- **MATERIAL**: Se debe determinar que equipos de protección individual y/o colectiva utilizaba o que se utilizará, eran o son los adecuados, si era es necesario disponer de equipos de protección adicionales para ejecutar la actividad de forma segura. También es necesario verificar si existía o existe productos, sustancias, atmosferas o energías peligrosas involucradas en el accidente, así como los factores ergonómicos involucrados.

- **MAQUINA/EQUIPOS/INSTALACIÓN:** Se debe evaluar todas las condiciones, factores y situaciones relacionadas con la maquinaria, los equipos, instalaciones, las herramientas y los vehículos usados en la actividad o tarea que originó o pudiera originar el accidente, o que se encontraban ubicados en la proximidad del lugar donde ocurrió u ocurriera el mismo, a fin de determinar si existe relación causal con la ocurrencia del evento.

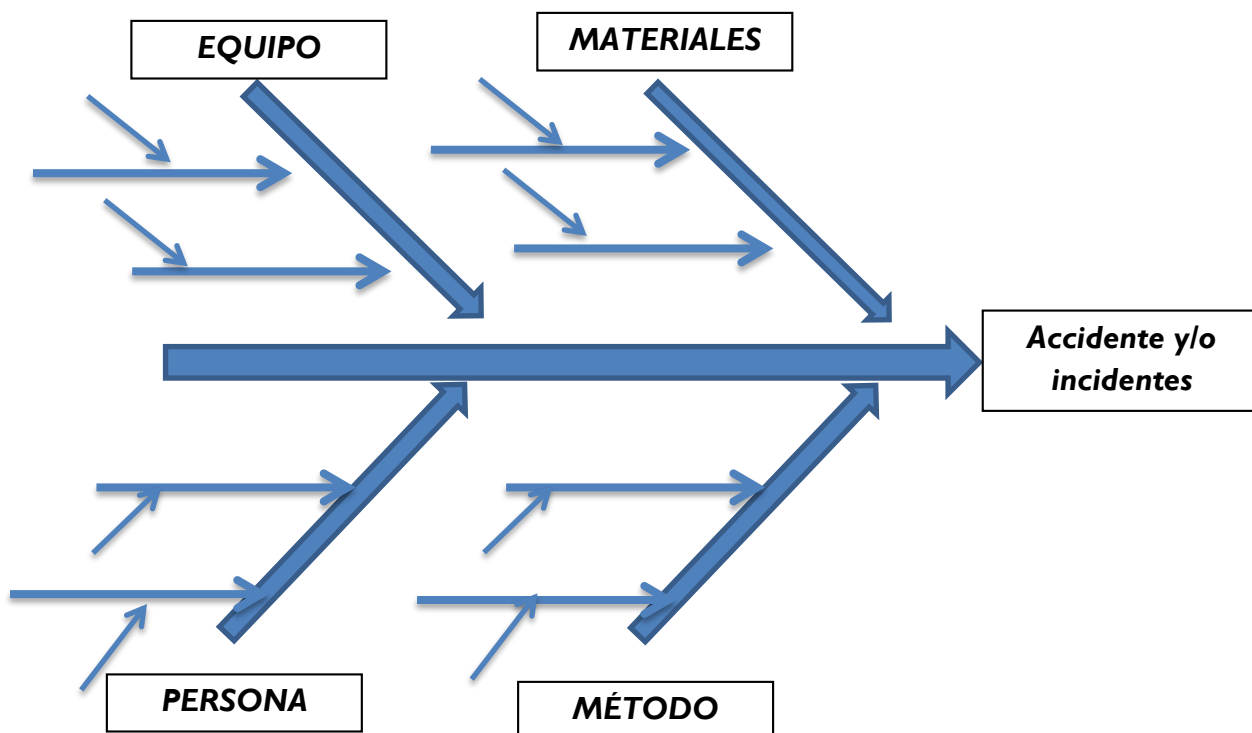
Para elaborar el diagrama de causa – efecto (diagrama de Ishikawa), se ubica al lado derecho el suceso que ha ocasionado u ocasionaría el accidente o incidente, y desde la izquierda se traza una flecha que divide el área donde se va efectuará la gráfica por la mitad.

Hacia la línea central se dirigen 4 flechas que representan cada una a los aspectos referidos anteriormente (método, persona, material y maquina). Las causas tienen que ver con cada uno de estos aspectos se agrupa en torno a cada flecha.

Para completar dichas causas se debe utilizar el sistema de los reiterados “porqués”, al preguntar por qué para un aspecto dado, se coloca en una flecha dirigida hacia la flecha principal del aspecto. Según avanza el nivel del “porqué” que responde, la flecha se va situando de forma paralela a la central cada vez más alejada de ésta. A su vez, se utiliza el sistema de los reiterados “porqués” para cada uno de los reiterados referentes y los hechos encontrados se sitúan junto a las flechas paralelas que apuntan hacia el antecedente y se aleja de la flecha de aspecto, según el nivel de “porqués” que corresponde, y así sucesivamente hasta llegar a la causa raíz. (Figura. N°30).



**Figura. N°30:** Diagrama de Causa – Efecto, Ishikawa o Espina de pescado



#### **4.7. PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO Y CONTROL DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PROVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS**

La finalidad de este procedimiento es asegurar:

- El manejo adecuado de los documentos internos y externos que son manejado por el supervisor de seguridad de la PPRR, así como los registros necesarios y la debida identificación y prevención de documentos obsoletos, dentro del sistema de gestión de seguridad e higiene industrial de la PPRR.

##### **4.7.1. Documentación mínima obligatoria (art. 32 D.S. N°005-2012-TR)**

- a) Política y objetivos en materia de seguridad y salud en el trabajo
- b) Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- c) Identificación de Peligro, evaluación de riesgos y sus medidas de control.

- d) Mapa de riesgos.
- e) La planificación de la actividad preventiva.
- f) Programa anual de seguridad y salud en el trabajo.

#### **4.7.2. Registros obligatorios del Sistema de Gestión SST (art.33 D.S. N°005-2012-TR)**

- a) Registro de accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales, incidentes peligrosos y otro accidente.
- b) Registro de inspecciones internas de seguridad y salud.
- c) Registro de estadísticas de seguridad y salud.
- d) Registros de equipos de seguridad o emergencia.
- e) Registros de inducción, capacitación, entrenamiento y simulacros de emergencia.
- f) Registros de auditorías.

**Nota:** Los registros del art. 33 DSN°005-2012-TR, b) exámenes médicos ocupacionales, c) Registro del monitoreo de los agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales y otros factores disergonómicos; son manejado por el Comité de Seguridad y Salud de trabajo y del departamento médico del IPEN.

#### **4.7.3. Periodo de conservación de documentos y registros del Sistema de Gestión**

El registro de enfermedades ocupacionales debe conservarse por un periodo de veinte (20) años, los registros de accidentes de trabajo e incidentes peligrosos por un periodo de diez (10) años posteriores al suceso y los demás registros por un periodo de cinco (5) años posteriores al suceso. (art. N°35 DSN°005-2012-TR).

Para la exhibición de los registros, Deben consignarse los eventos ocurridos en los últimos doce meses y mantenerlo archivado por un espacio de 5 años posteriores al

suceso, adjunto a los registros de la empresa, deben mantenerse copias de las notificaciones de accidentes de trabajo (art. 88 Ley N°29783)

En nuestra esta información es elaborado por el supervisor de seguridad de la PPRR el cual custodiará y lo remitirá una copia al comité de SST del IPEN de forma mensual o cada vez que aparezca un incidente y/o accidente dentro de la PPRR.

La revisión de la documentación del sistema de gestión de seguridad e higiene industrial de la PPRR se debe realizar por lo menos una vez (1) al año, el alcance de esta revisión debe definirse según las necesidades del sistema y de la organización. (tabla n°5)

**Tabla N°8:** Periodo de conservación, revisión de documentos y registros.

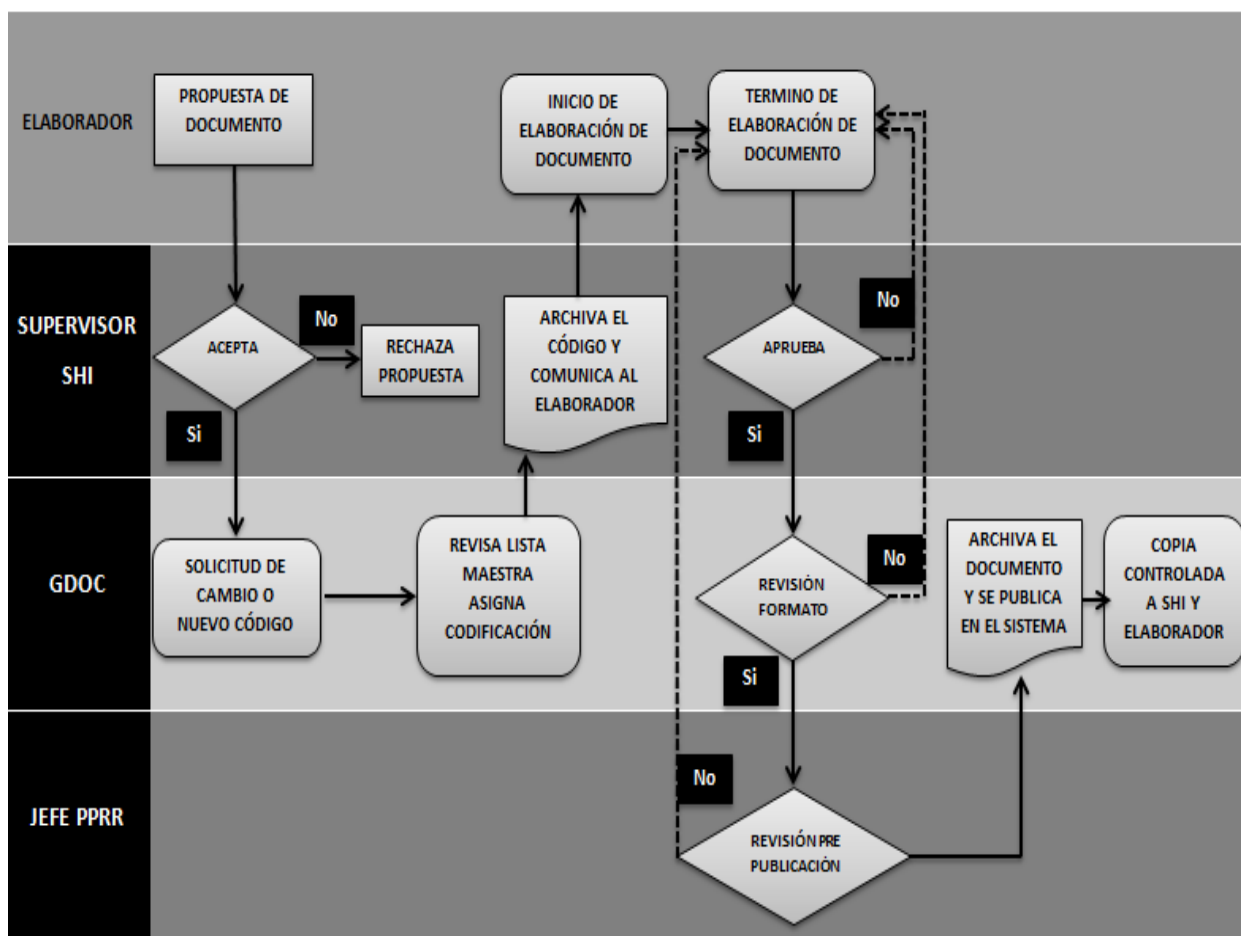
<i>Documentos/ Registros</i>	<i>Periodo conservación</i>	<i>Periodo de revisión</i>
<i>Registro de enfermedades ocupacionales</i>	<i>20 años</i>	<i>Una vez al año</i>
<i>Registros de accidentes e incidentes de trabajo.</i>	<i>10 años posterior al accidente/incidente</i>	<i>Una vez al año</i>
<i>Otros documentos (procedimientos, registros)</i>	<i>05 años posterior a la elaboración</i>	<i>Una vez al año</i>

#### **4.7.4. Elaboración, revisión y aprobación de documentos**

1. La elaboración de cualquier documento y/o registro con respecto a la seguridad e higiene industrial (SHI) de la PPRR, lo puede realizar cualquier persona que trabaje o preste servicios a la planta, previa coordinación con el supervisor de seguridad e higiene industrial de la PPRR.
2. El supervisor de seguridad e higiene industrial solicita al Sección de Gestión Documentaria (GDOC) le asigne un código al nuevo documento.
3. Una vez asignado el código, este se le notifica al elaborador del documento para el inicio el proceso de elaborar el documento.
4. Una vez concluido, el elaborador del documento lo envía a su revisor, que de preferencia debe ser el jefe inmediato superior y/o el jefe de área o sección.

5. Y otra copia de documento al supervisor de Seguridad e higiene Industrial de la PPRR, participando como un segundo revisor del documento es el supervisor de seguridad de la PPRR.
6. Y una vez que ambos revisores le han dado la conformidad del caso, este documento es envía a la sección de gestión documentaria que realizara la revisión del formato está acorde con las especificaciones documentarias. La Sección de GDOC remitirá el documento a la jefatura de planta de la PPRR para su aprobación final y colocar y publicar la versión electrónica en el sistema, copia controlada electrónica del documento al supervisor de SHI de la PPRR y otra copia controlada a la(s) persona interesadas.

**Figura. N°31:** Flujograma de elaboración, revisión y aprobación de documentos  
(fuente: creado por el autor)



## **4.8. PROCEDIMIENTO DE COMUNICACIÓN EXTERNA E INTERNA**

La finalidad de este procedimiento es establecer la responsabilidad, autoridad y metodología que debe utilizarse para regular las comunicaciones internas y externas dentro de la Planta de Producción de Radioisótopos (PPRR) en temas relacionados con el sistema de gestión de seguridad e higiene industrial acorde con el principio de información de la ley N°29783 “Ley de seguridad y salud en el trabajo” y el punto 4.4.3 de la norma internacional OHSAS 18001:2007. Teniendo como responsable de este documento al Jefe de Planta de la PPRR y la implementación, mantenimiento y mejora continua de este procedimiento al supervisor de SHI de la PPRR.

### **4.8.1. Comunicación Interna**

Toda la comunicación que circule dentro la PPRR en temas de seguridad debe ser entendible, sólida y apoya con datos verificables en caso de ser necesario respaldarlos.

Toda información que sea relevante para la PPRR en temas de seguridad, salud en los ambientes de trabajo serán respaldados en sus registros existentes dentro del sistema de gestión de prevención de riesgo laborales de la PPRR y otros medios pertinentes.

El intercambio de la información de forma escrita, digital u otros medios entre las partes interesadas. Cualquier colaborador (sea estable, contratado o terceros) puede dar sugerencias de mejora del sistema a través de una comunicación directa a su jefatura o personal encargado.

Los medios de comunicación que pueden utilizarse son:

- Charlas informativas y/o de capacitación.
- Reuniones de trabajos.
- Circulares o memos.
- Mural, fichas informativas, trípticos, boletines.

- Medios informáticos.
- Otros.

El jefe de planta o en su defecto puede delegar esta actividad al supervisor de seguridad, comunican a todo el personal de la PPRR, la política, los objetivos y el rol que tiene cada uno de los colaboradores dentro del sistema de gestión de prevención de riesgos laborales; las metas que se quieren alcanzar, los procedimientos e instructivos y los cambios que ocurran, así como los resultados de las auditorías y simulacros entre otros.

Para motivar, sensibilizar, estimular la comprensión, aceptación y difusión adecuada de la cultura de prevención desea inculcar a los colaboradores y partes interesadas para el mejor desempeño del sistema de gestión es necesario realizar la divulgación de:

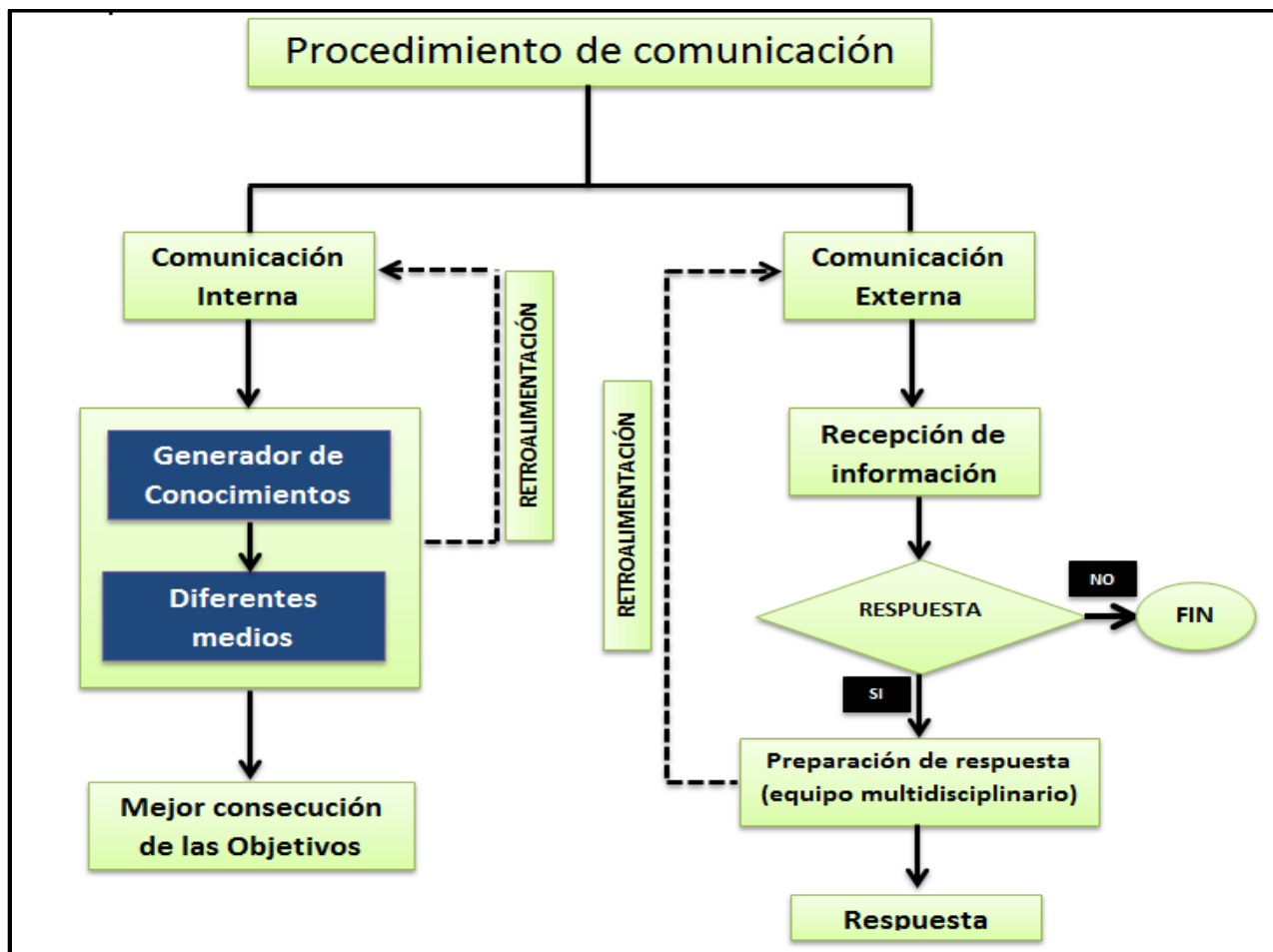
- Política de SST del IPEN y objetivos del Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales de la PPRR.
- El desempeño, metas y los indicadores.
- Medidas de control, planes y simulacros de emergencia y su desempeño.
- Estadísticas de los accidentes, incidentes, acciones correctivas y preventivas.
- Legislación y reglamentaciones vigentes.
- Y otros documentos pertinentes.

#### **4.8.2. Comunicación Externa**

Cuando se reciba información documentada externa, esta será debidamente recibida por el jefe de la PPRR y deriva al supervisor de SHI para que lo registre y documente. Si la información es recibida digitalmente, se responsabiliza a cada receptor registral y respaldar la información y guardar las reservas del caso.



**Figura N°32:** Flujograma de comunicación externa e interna  
(fuente: creado por el autor)



## 4.9. PROGRAMA Y ESTRATEGIA DE CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

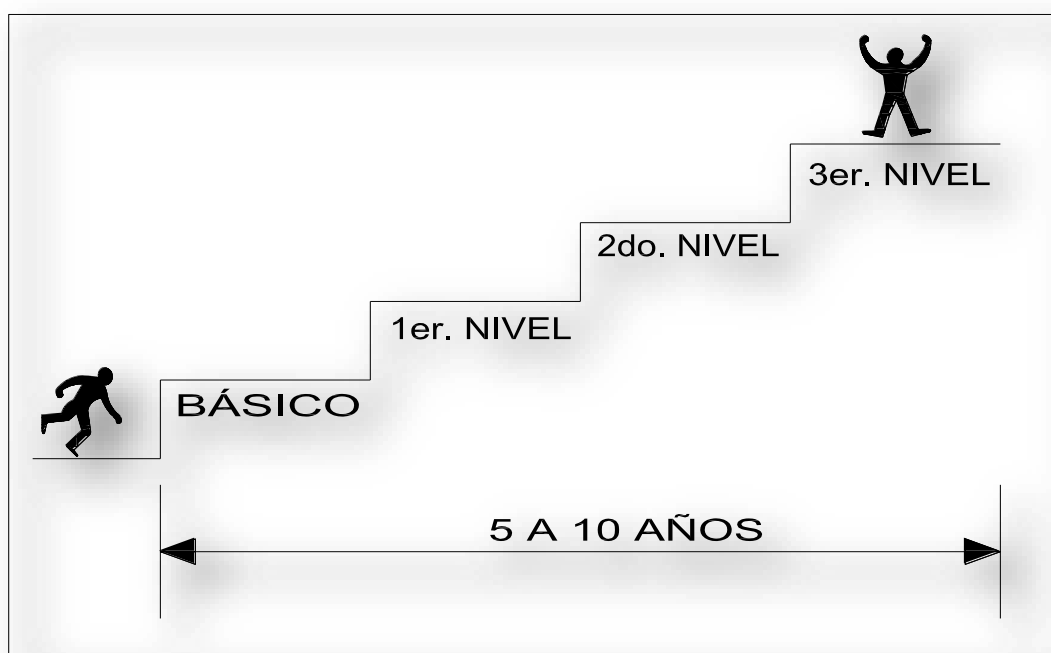
### 4.9.1. Programa de capacitación

La capacitación continua es un elemento fundamental para la implementación de todo programa orientado al fortalecimiento, sensibilizando, toma de conciencia y compromiso del personal con la finalidad de cambiar actitudes y construir un lenguaje común, lo cual se tiene como finalidad el cambio de cultura en seguridad y salud ocupacional.

Sin embargo, para lograr un cambio de cultura mediante un programa de capacitación es necesario comprender los niveles que se requieren para el desarrollo y éxito es a mediano y largo plazo (durante un lapso de **5 a 10 años** aproximadamente).

Por ello se requiere de planificación e implementación de programas de capacitación anuales, así como de controles diarios del cumplimiento de dichos programas.

**Figura. N°33:** Niveles necesarios dentro de un programa de capacitación  
(fuente: Ing. María V. Motero)



#### 4.9.2. Niveles de capacitación

- i. **Básico**: Este nivel implica la Inducción brindada al ingresar a la empresa, así como la explicación de las Normas de Seguridad Generales y Específicas, Políticas de la Empresa, Conceptos Básicos de Seguridad y Salud Ocupacional.
- ii. **1er. Nivel**: Se debe enseñar y explicar los 9 tipos de riesgos (Físico, Químico, Biológico, Incendio, Mecánico, Eléctrico, Ergonómico, Psicosocial y Ambiental) y adicional a esto charlas de seguridad en radioprotección y sus efectos biológicos en el organismo, con la finalidad que aprendan a identificar los

riesgos existentes en su entorno laboral y puedan comunicarlos para su posterior medida correctiva.

- iii. **2do Nivel:** La capacitación en este nivel es especializada, es decir depende de los riesgos existentes por área y/o actividad laboral en la organización, con la finalidad de que pueda desempeñar sus actividades de forma segura y basadas en normas de seguridad que ameriten.
- iv. **3er. Nivel:** En este nivel los colaboradores de la organización están involucrados en los temas de seguridad y salud ocupacional, tiene la capacidad de identificar riesgos, trabajar de forma segura cumpliendo con las normas de seguridad sin previa supervisión de un experto y comunicando los riesgos existentes en cada área para que se realicen las medidas correctivas.

Por otra parte la Ley N°29783, en su art. 35 dice: “Para mejorar el conocimiento sobre seguridad y salud en el trabajo debe: b) Realizar no menos de 4 capacitaciones al año en materia de seguridad y salud en el trabajo”.

Art. 28 de la Ley N°29783 dice:” La capacitación cualquiera que sea su modalidad, debe realizarse dentro de las jornadas de trabajo, la capacitación puede ser impartida por el empleador directa o a través de terceros. En ningún caso el costo de la formación recae sobre los trabajadores, debiendo ser asumido íntegramente por el empleador”.

Art. 29 dice: “Los programas de capacitación deben:

- a) Hacerse extensivo a todos los trabajadores, atendiendo de manera especial a los riesgos existentes en el trabajo.
- b) Ser impartidos por profesionales competentes y con experiencia en la materia.
- c) Ofrecer, cuando proceda, una formación inicial y cursos de actualización a intervalos adecuados.

- d) Ser evaluados por parte de los participantes en función al grado de comprensión y su utilidad en la labor de prevención de riesgos.
- e) Ser revisados periódicamente con la participación del comité de seguridad y salud en el trabajo, y ser modificado de ser necesario, para garantizar su pertinencia y eficacia.
- f) Contar con materiales y documentos idóneos.
- g) Adecuarse al tamaño de la organización y a la naturaleza de sus actividades y riesgos.

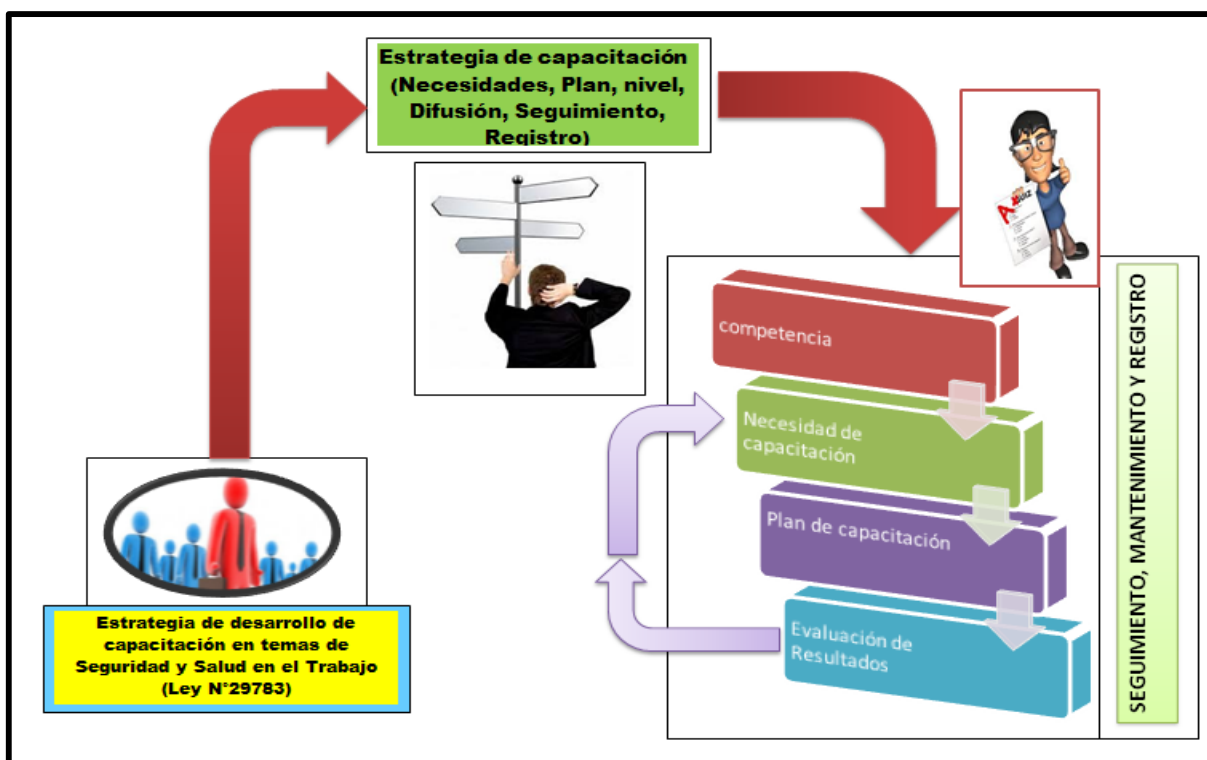
*Nota: Decreto legislativo N°1025, “Decreto Legislativo que aprueba normas de capacitación y rendimiento para el sector público”, La presente norma establece las reglas para la capacitación y la evaluación del personal al servicio del Estado, como parte del Sistema Administrativo de Gestión de Recursos Humanos.*

#### **4.9.3. Estrategia de Capacitación**

Las organizaciones van enfrentar muchos cambios necesarios debido a la vigencia de la ley n°29783, obligándolas a implementar un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo el cual tiene como finalidad, promover una cultura de prevención de riesgos laborales.

Para la implementación y el mejoramiento de las competencias en los temas referidos a la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), se debe realizar en primer lugar un estudio situacional de las verdaderas necesidades que necesita la organización en temas relacionados con SST, con qué recursos contamos y que nivel de capacitación necesitamos, una vez obtenidos todos estos datos pasamos a la elaboración un plan el cual consta de un la cantidad, tipo de capacitación a realizar, el tipo de difusión, los seguimientos a realizar y el registros de los mismos. (Figura N°34)

Figura N°34: Estrategia de capacitación según norma ISO 9001:2008



#### 4.10. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y SUS CONTROLES (IPERC) EN LA SECCIONES DE PROCESOS (PROC) Y CONTROL DE CALIDAD (CCAL)

Se realizó un análisis IPERC en las secciones de procesos y control de calidad de la Planta de Producción de Radioisótopos, debido a que en estas áreas son las que tienen mayor contacto con los materiales radiactivos, siendo esta una de las primeras medidas para la prevención y/o mitigación de riesgos de contaminación externa e interna de este tipo de material. No se puede eliminar este riesgo debido esta tipo de exposición es inherente a la actividad laboral. Se realizó este tipo de análisis contando con la aprobación del jefe de Planta, de los jefes de sección de Procesos (PROC) y Control de Calidad (ACAL) y con el aporte de los especialistas de cada sección.

### 4.10.1. Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y sus controles del área de Radiofármacos, según sus actividades dentro del proceso de producción.

#### 4.10.1.1. Proceso de preparación de encapsulado de materia prima en envases de aluminio antes de ser irradiados en el Reactor Nuclear RP-10

##### PROCESO DE CANES O CÁPSULAS Y TAPAS DE ALUMINIO

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (1 VEZ POR SEMANA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO SEGURIDAD Y SALUD			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Se sumerge las cápsulas y tapas de aluminio en una solución de Hidróxido de Sodio al 10% por aprox. 5 minutos (SE OSCURECE LA CÁPSULA)	Químicos (Gases, derrame de solución) Físicos (Quemaduras)	Utilización de EEP's (Gantes y Caretas), Se trabaja dentro de una campana radioquímica	3	1	3	Colocar señalización de actividad Mejorar la iluminación dentro de la Campana Radioquímica.	Operador de PROD
2	Se retira y se lava co abundante agua potable	Físicos ( resbalo, caída anivel)	Trabaja con pinzas.	1	1	1	Ninguna	
3	Sumergir las cápsulas de alumio en solución de Ac. Nítrico al 10% entre 5 a 10 minutos (PROCESO DE BLANQUEAMIENTOS)	Químicos (Gases) Físicos (Quemaduras)	Utilización de EEP's (Guantes y Caretas), Se trabaja dentro de una campana radioquímica	3	1	3	Colocar señalización de actividad	
4	Se retira y se lava co abundante agua potable	Físicos (Trastado a caño para enjuagar, resbalo, caída anivel)	Trabaja con pinzas.	1	1	1	Ninguna	
5	Se enjuaga con abundante agua destilada	Ninguno	Trabaja con pinzas.	1	1	1	Ninguna	
6	Se lleva a secar a una estufa a 150°C x2 horas	Físicos (Quemaduras)	Solo se utiliza pinzas, la manipulación del material se realiza cuando las cápsulas están a temperatura ambiente.	1	1	1	Ninguna	
7	Rotulado de las tapas de aluminio en el Pantógrafo	Físicos (Riesgo electrico, ) Ergonómico (postura forzada)	Ninguno	5	5	25	Colocar un material aislante entre el equipo y la mesa de acero inoxidable. Utilización de lentes de seguridad para protección de los ojos por esquirtas de aluminio.	
8	Esmerilado de cápsulas y tapas de aluminio.	Físico (Desprendimiento de esquistar de aluminio) Ergonómico (postura forzada agachado con espalda doblada)	Utilización de EPP's (Caretas completa para la cara)	5	5	25	Colocar señalización de actividad y Mejorar la iluminación del ambiente de trabajo. Colocar al equipo esmeril, protector de eskrilto para evitar la dispersión de esquirtas.	
Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F. Colaboradores: Ing. Jesus Miranda, Tec. Quim. Arturo Portilla			VºBº Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla					

#### 4.10.1.2. Proceso de preparación del Dióxido de Teluro para la Producción Na<sup>131</sup>I

##### PREPARACIÓN DEL BLANCO DE TELURO (TeO<sub>2</sub>) PARA LA PRODUCCIÓN DE Na<sup>131</sup>I

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (1 VEZ POR SEMANA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO SEGURIDAD Y SALUD			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Pesar de 200 a 400gr. Del TeO <sub>2</sub> en un crisol cerámico.	Químico (Tóxico, absorción epidérmica, inhalación del particulado). Físicos (Dejar fresco abiertos, dejar de residuos contaminantes en la balanza y mesa de trabajo)	Utilización EPP's (Guantes de látex al momento de pesar la muestras) Se trabaja dentro de una caja de guantes con extracción de aire.	1	1	1	1) Mejorar el orden y la limpieza al momento de trabajar. 2) No dejar la caja de guantes abierta cuando contenga materiales.	Operador de PROD
2	Fundir la muestra de TeO <sub>2</sub> que se encuentra en el crisol a 330°C x 2 horas primer proceso y 30 minutos para el 2º y 3º Proceso	Químico (Inhalación de vapores tóxicos). Físico (Quemaduras)	Trabaja dentro de la Campana Radioquímica. Utiliza Telepinza, mandil con pechera cuero y Careta	4	10	40	1) Una mejor limpieza de la misma. 2) Trabajar con mascarilla contra vapores tóxicos.	
3	Moldeado del TeO <sub>2</sub> (trastado del Teluro hacia unos moldes de acero inoxidable)	Químico (Inhalación de vapores tóxicos). Físico (Quemaduras, Contaminación de la mesa de trabajo por residuos)	Trabaja dentro de la Campana Radioquímica. Utiliza Telepinza, mandil con pechera cuero y Careta	4	5	20	Colocar señalización de actividad	
4	Enfriar, Retirar el sólido y almacenar en frascos a temperatura ambiente	Físico (Dejar residuos en la superficie de la campana radioquímica)	Trabaja dentro de la Campana Radioquímica. Utiliza Telepinza, mandil con pechera cuero y Careta	3	2	6		
5	Pesado del Teluro en los canes de aluminio	Químico (Tóxico, absorción epidérmica, inhalación del particulado). Físicos (Dejar fresco abiertos, dejar de residuos contaminantes en la balanza y mesa de trabajo)	Utilización EPP's (Guantes de polietileno + látex al momento de pesar la muestras) Se trabaja dentro de una caja de guantes con extracción de aire.	1	1	1	Mejorar el orden y la limpieza al momento de trabajar.	
6	Sellado a presión 60 Kg fuerza / cm².	Físico (Aplastamiento de miembros superiores, choque eléctrico)	Ninguno	1	50	50	Utilizar lentes de seguridad o careta, para evitar que esquirtas caigan en cara u ojos. Cuando se realiza esta actividad es recomendable que se realice entre dos personas.	
7	Control de estanqueidad (Nitrógeno Líquido)	Físico (Quemaduras por congelamiento en miembros superiores y/o inferiores)	Utilización e EPP's (Guantes y pinzas)	1	1	1	Utilizar lentes de seguridad o careta, para evitar que esquirtas caigan en cara u ojos. Guantes para manipular materiales frios	
Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F. Colaboradores: Ing. Jesus Miranda, Tec. Quim. Arturo Portilla			VºBº Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla					



### 4.10.1.3. Proceso de preparación del Trióxido de Samario (<sup>153</sup>Sm-EDMTP)

#### PREPARACIÓN DEL BLANCO DE TRIOXIDO DE SAMARIO (SmO<sub>3</sub>) PARA LA PRODUCCIÓN DE DOLOSAM

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (1 VEZ POR SEMANA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Pesar 8 mg. Del SmO <sub>3</sub> , en una cápsula de cuarzo y luego colocarlo dentro del can de aluminio	Químico (Tóxico, absorción epidérmica, inhalación del partículas). Físicos (Dejar de residuos contaminantes en la balanza y mesa)	Utilización EPP's (Guantes de látex al momento de pesar la muestras) Se trabaja dentro de una caja de guantes con extracción de aire.	1	2	2	Mejorar el orden y la limpieza al momento de trabajar. No dejar la caja de guantes abierta cuando contenga materiales.	Colocar señalización de actividad y peligro Operador de PROD
2	Sellado a presión 60 Kg fuerza / cm <sup>2</sup> .	Físico (Aplastamiento de miembros superiores, Esquirra de aluminio, choque eléctrico)	Ninguno	1	50	50	Utilizar lentes de seguridad o careta, para evitar que esquirras caigan en cara u ojos. Cuando se realice esta actividad es recomendable que se realice entre dos personas.	
3	Control de estanqueidad (Nitrógeno Líquido)	Físico (Quemaduras por congelamiento en miembros superiores y/o inferiores)	Utilización e EPP's (Guantes y pinzas)	1	2	2	Utilizar lentes de seguridad o careta, para evitar que esquirras caigan en cara u ojos. Guantes para manipular materiales frío.	

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quim. Arturo Portilla

V<sup>6</sup>B<sup>1</sup> Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla

### 4.10.1.4. Proceso de preparación del Trióxido de Molibdeno

#### PREPARACIÓN DEL BLANCO DE TRIOXIDO DE MOLIBDENO (MoO<sub>3</sub>) PARA LA PRODUCCIÓN DE Na<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub>

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (1 VEZ POR SEMANA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Pesar de 250gr. Del MoO <sub>3</sub> en 5 canes de aluminio	Químico (Tóxico, absorción epidérmica, inhalación del partículas). Físicos (Dejar de residuos contaminantes en la balanza y mesa)	Utilización EPP's (Guantes de polietileno + látex al momento de pesar la muestras) Se trabaja dentro de una caja de guantes con extracción de aire.	1	1	1	Mejorar el orden y la limpieza al momento de trabajar.	Colocar señalización de actividad Operador de PROD
2	Sellado a presión 60 Kg fuerza / cm <sup>2</sup> .	Físico (Aplastamiento de miembros superiores, choque eléctrico)	Ninguno	1	50	50	Utilizar lentes de seguridad o careta, para evitar que esquirras caigan en cara u ojos. Cuando se realice esta actividad es recomendable que se realice entre dos personas.	
3	Control de estanqueidad (Nitrógeno Líquido)	Físico (Quemaduras por congelamiento en miembros superiores y/o inferiores)	Utilización e EPP's (Guantes y pinzas)	1	2	2	Utilizar lentes de seguridad o careta, para evitar que esquirras caigan en cara u ojos. Guantes para manipular materiales frío.	

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quim. Arturo Portilla

V<sup>6</sup>B<sup>1</sup> Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla

### 4.10.1.5. Proceso de producción de Na<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub>

#### PRODUCCIÓN DEL RADIOFÁRMACO PERTENECTATO DE SODIO <sup>99m</sup>Tecnesio (Na<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub>)

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (DIARIO)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Apertura de cápsula o canes de aluminio con MoO <sub>3</sub> dentro de recinto de producción CQ18PR	Radiológico (Absorción de Dosis) Físico (Contaminación residuos de MoO <sub>3</sub> radiactivo en la superficie de trabajo del Recinto de Producción) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización de EPP's (Dosímetro digital de lectura directa)	1	1	1	1) Realizar estudios estadísticos, para monitorear, controlar las variables causales (no se pueden eliminar debido a las características del mismo proceso) y variables asignables, las que si se pueden eliminar o controlar como factor humano, temperatura, etc).	Operador de PROD
2	Verter el MoO <sub>3</sub> en el vaso que contiene una solución de 400ml de NaOH 5.0N y disolver la muestra (Solución transparente)	Radiológico (Absorción de Dosis) Química (Salpicadura de la Sol. ce NaOH 5.0N + MoO <sub>3</sub> ) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)		1	1	1		
3	Después de la solución se agrega aprox. 1ml. de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> al 30% (La solución se torna de color amarillito) y agerger MEK para obtener una separación de fase.			1	1	1		
4	Proceso de purificación: Se extrae la solución de Na <sup>99m</sup> TcO <sub>4</sub> y es purificado a través de una columna que contiene Alumina, el cual atrapa todas las impurezas y deja pasar el Na <sup>99m</sup> TcO <sub>4</sub> + MEK	Radiológico (Absorción de Dosis) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)		1	1	1		
5	Toda esa solución es colectado dentro de un frasco evaporador el cual con la ayuda de una hornilla se calienta a 80°C para evaporar todo el MEK	Radiológico (Absorción de Dosis) Incendio (Evaporación de Producto inflamable) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)		2	50	100		
6	Calentar el evaporador a 95°C para llevar a sequedad			1	1	1		
7	Una vez totalmente seco el frasco colector, se agrega una solución de Cloruro de Sodio 0.3% estéril y burbujear la solución a fin de recuperar todo el Na <sup>99m</sup> TcO <sub>4</sub> que se quedo adherido en las paredes del evaporador.			1	1	1		
8	Extraer del evaporador la solución contenida en el evaporador y pasarlo a un frasco colector y poder fraccionarlo dentro de la Mini Cabina Flujo Laminar	Radiológico (Absorción de Dosis) Físicos (caída de producto a nivel, electrico por traslado en carrito de muestra) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)		2	5	10		
9	Una vez fraccionado y sellados los pedidos es retirado del recinto de producción y llevado al recinto de autoclavado por el personal de MAPL			3	5	15		
10	Al termino de proceso de esterilización por calor húmedo, se pasa al recinto de calibración, calibra y se despacha el producto			2	5	10		

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quim. Arturo Portilla

V<sup>B</sup> Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulia

### 4.10.1.6. Proceso de producción de DOLOSAM

#### PRODUCCIÓN DEL RADIOFÁRMACO DOLOSAM (EDTMP-<sup>153</sup>Sm)

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (DEPENDE DE PEDIDO APRX. C/15 DIAS)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Apertura de cápsula cuarzo con <sup>153</sup> Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dentro de recinto de producción CQ18PR	Radiológico (Absorción de Dosis) Físico (Contaminación residuos de <sup>153</sup> Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> radiactivo en la superficie de trabajo del Recinto de Producción) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización de EPP's (Dosímetro digital de lectura directa)	1	1	1	1) Realizar estudios estadísticos, para monitorear, controlar las variables causales (no se pueden eliminar debido a las características del mismo proceso) y variables asignables, las que si se pueden eliminar o controlar como factor humano, temperatura, etc).	Operador de PROD
2	Verter el <sup>153</sup> Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> se disuelve dentro de un vial con HCl 1,0N (1,5 a 2,0 mL)	Radiológico (Absorción de Dosis) Química (Salpicadura de la Sol. ce NaOH 1,0N + <sup>153</sup> Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)		1	2	2		
3	Disolver el EDTMP con el buffer fosfato pH=7,5 en una cocinilla a 80°C (esta actividad se hace fuera del recinto CQ18PR)	Físico (Queimaduras por la manipulación de solución caliente, electrico por la utilización de cocinilla, caída a nivel por el traslado de solución al CQ18PR)		3	2	6		
4	Homogenizar (Proceso de marcación de molécula) y ajustar el pH a 7 - 7,5 con NaOH 1,0N.			1	1	1		
5	Una vez fraccionado y sellados los pedidos es retirado del recinto de producción y llevado al recinto de autoclavado por el personal de MAPL	Radiológico (Absorción de Dosis) Físicos (caída de producto a nivel, electrico por el uso de coche eléctrico para el traslado de muestras) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)		3	5	15		
6	Al termino de proceso de esterilización por calor húmedo, se pasa al recinto de calibración, calibra y se despacha el producto			2	5	10		

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quim. Arturo Portilla

V<sup>B</sup> Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulia

### 4.10.1.7. Proceso de producción de Na<sup>131</sup>I

#### PRODUCCIÓN DEL RADIOFÁRMACO DE LA SOLUCIÓN NO ESTÉRIL 131-IODURO DE SODIO (Na<sup>131</sup>I)

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (SEMANAL)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO SEGURIDAD Y SALUD			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable	
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)			
1	Apertura de cápsula o canes de aluminio con TeO <sub>2</sub> radiactivo dentro de recinto de producción CQ26PR	Radiológico (Absorción de Dosis) Físico (Contaminación residuos de TeO <sub>2</sub> radiactivo en la superficie de trabajo del Recinto de Producción) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización de EPP's (Dosímetro digital de lectura directa)	1	1	1	1) Realizar estudios estadísticos, para monitorear, controlar las variables causales (no se pueden eliminar debido a las características del mismo proceso) y variables asignables, las que si se pueden eliminar o controlar como factor humano, temperatura, etc).	Operador de PROD	
2	Verter el TeO <sub>2</sub> radiactivo en el crisol cerámico y llevar al horno a 750°C x 1,5 horas	Radiológico (Absorción de Dosis, contaminación interna y externa) Mecánica (Falla del sistema de extracción de aire y vapores) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos) Incendio (falla del horno, corto circuito)		1	10	10			
3	Recuperación del Na <sup>131</sup> I en colectores: primero en NaOH 0,1 N y segundo en el Bicarbonato y muestra madre se envasa en un vial.	Radiológico (Absorción de Dosis, contaminación interna y externa) Físicos (caída de producto a nivel, eléctrico por el uso de coche eléctrico para el traslado de muestras) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)		3	10	30			
5	Muestra madre es trasladada al recinto de calibraciones y luego trasladado al recinto de fraccionamiento CQ20PR			2	20	40			
6	La muestra madre de Na <sup>131</sup> I es diluida con tiosulfato y bicarbonato, la dilución se realiza dependiendo del pedido recibido por los usuarios y se envasa			1	1	1			
10	Luego se traslada al recinto de calibración, calibra y se despacha el producto			3	10	30			Personal de MAPL
6	Al término de proceso de esterilización por calor húmedo, se pasa al recinto de calibración, calibra y se despacha el producto			2	5	10			Personal de CCAL

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quím. Arturo Portilla

V<sup>8</sup> Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla

### 4.10.1.8. Proceso de mantenimiento del recinto de producción de Na<sup>131</sup>I

#### LIMPIEZA, SANITIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RECINTO CQ26PR DESTINADA PARA LA PRODUCCIÓN DE Na<sup>131</sup>I

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (1 VEZ POR SEMANA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO SEGURIDAD Y SALUD			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Retirar material procesado (Crisol C/Teluro fundido y colocarlo dentro de una bolsa plástica)	Radiológico (Absorción de alta Dosis y contaminación externa e interna) Físico (Contaminación residuos de TeO <sub>2</sub> radiactivo en la superficie de trabajo del Recinto de Producción) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza teléscopica, Dosímetro digital de lectura directa)	5	10	50	Mejorar el orden y la limpieza al momento de trabajar.	Operador de PROD
2	Traslado del material procesado al sótano de la PPR, se transporta con una tele piza de 2 a 3 Mts. Y almacenado hasta su decaimiento.	Radiológico (Absorción de alta Dosis y contaminación externa e interna) Físico (Caída de muestras a nivel, caída de personal a nivel y altura) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza teléscopica, Dosímetro digital de lectura directa)	5	20	100	Colocar una especie de resbalatilla y/o poleas para el traslado, para evitar accidentes y/o caída del personal que traslada los desechos al sótano Mejorar el orden y la limpieza de la escalera que va al sótano (botellitas en la escalera)	
3	Limpieza del frasco colector con NaOH 10%, se realiza con abundante agua destilada y toda manipulación se realiza con la telepinza			4	5	20		
4	Limpieza y sanitización de la mesa de trabajo y el recinto CQ26PR (Papel absorbente, Alcohol etílico, Sanitizante: Alcohol isopropílico y/o Peróxido de Hidrogeno al 3%). Toda la manipulación se realiza con Telepinza	Radiológico (Absorción de Dosis y contaminación externa e interna) Físico (Caída de muestras a nivel, la iluminación) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza teléscopica, Dosímetro digital de lectura directa)	4	5	20	Mejorar la iluminación interna del recinto.	

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quím. Arturo Portilla

V<sup>8</sup> Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla

### 4.10.1.9. Proceso de mantenimiento del recinto de fraccionamiento de Na<sup>131</sup>I

#### LIMPIEZA, SANITIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RECINTO CQ20PR DESTINADA PARA EL FRACCIONAMIENTO SOLUCIÓN NO ESTÉRIL DE Na<sup>131</sup>I

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (1 VEZ POR SEMANA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Retirar material utilizado para el fraccionamiento (Pipetas de plástico, viales, percloros, tapones, etc)	Radiológico (Absorción Dosis y contaminación externa e interna) Físico (Contaminación residuos de Na <sup>221</sup> ) radiactivo en la superficie de trabajo del Recinto de Producción Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza telécópica, Dosímetro digital de lectura directa)	2	2	4	Mejorar el orden y la limpieza al momento de trabajar.	Operador de PROD
3	Limpieza de todo el sistema de fraccionamiento con H2O2 3% por triplicado y se deja con la solución sanitizante hasta el día que se necesite fraccionar	Radiológico (Absorción de Dosis y contaminación externa e interna)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza telécópica, Dosímetro digital de lectura directa)	2	2	4	1) Colocar señalización de actividad 2) Mejorar el orden y la limpieza. 3) Realizar estudios estadísticos, para monitorear, controlar las variables causales y variables asignables.	
4	Limpieza y sanitización de la mesa de trabajo y el recinto CQ20PR (Papel absorbente, Alcohol etílico, Sanitizante: Alcohol isopropílico y/o Peroxido de Hidrogeno al 3%). Toda la manipulación se realiza con Telepinza	Físico (Caída de muestras a nivel, la iluminación) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza telécópica, Dosímetro digital de lectura directa)	2	2	4	Mejorar la iluminación interna del recinto.	

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quím. Arturo Portilla

VºBº Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla

### 4.10.1.10. Proceso de mantenimiento del recinto de producción de Na<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub>

#### LIMPIEZA, SANITIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RECINTO CQ19PR DESTINADA PARA LA PRODUCCIÓN DE Na<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub>

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (1 VEZ POR SEMANA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Retirar material procesado (Matraz c/solución madre del Na <sup>99m</sup> TcO <sub>4</sub> , columna de alumina y frasco evaporador)	Radiológico (Absorción de alta Dosis y contaminación externa) Físico (Contaminación residuos de solución Na <sup>99m</sup> TcO <sub>4</sub> , radiactivo en la superficie de trabajo del Recinto de Producción) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza telécópica, Dosímetro digital de lectura directa)	4	5	20	1) Colocar señalización de actividad 2) Mejorar el orden y la limpieza. 2) Realizar estudios estadísticos, para monitorear, controlar las variables causales y variables asignables.	Operador de PROD
3	Limpieza del sistema de destalación utilizado para la producción del Radiofármaco con alcohol etílico y abundante agua destilada, desecho directa al desechos líquidos	Radiológico (Absorción de Dosis y y contaminación externa e interna)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza telécópica, Dosímetro digital de lectura directa)	3	2	6		
4	Limpieza y sanitización de la mesa de trabajo y el recinto CQ19PR (Papel absorbente, Alcohol etílico, Sanitizante: Alcohol isopropílico y/o Peroxido de Hidrogeno al 3%). Toda la manipulación se realiza con Telepinza	Físico (Caída de muestras a nivel, la iluminación) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza telécópica, Dosímetro digital de lectura directa)	3	2	6		

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quím. Arturo Portilla

VºBº Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla

### 4.10.1.11. Proceso de mantenimiento del recinto de producción de DOLOSAM

#### LIMPIEZA, SANITIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RECINTO CQ18PR DESTINADA PARA LA PRODUCCIÓN DE DOLOSAM

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA (1 VEZ POR SEMANA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Retirar material procesado de DOLOSAM (Viales y pipetas)	Radiológico (Absorción de alta Dosis y contaminación externa) Físico (Contaminación residuos de solución DOLOSAM en la superficie de trabajo del Recinto de Producción) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza teléscopica, Dosímetro digital de lectura directa)	1	5	5	1) Colocar señalización de actividad 2) Mejorar el orden y la limpieza. 3) Mejorar la bandeja de acrílico del recinto. 4) Realizar estudios estadísticos, para monitorear, controlar las variables causales y variables asignables.	Operador de PROD
3	Limpieza del sistema de fraccionamiento utilizado para la producción de DOLOSAM con abundante agua destilada, desecho directa al desechos líquidos	Radiológico (Absorción de Dosis y contaminación externa e interna) Físico (Caída de muestras a nivel) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza teléscopica, Dosímetro digital de lectura directa)	1	2	2		
4	Limpieza y sanitización de la mesa de trabajo y el recinto CQ18PR (Papel absorbente, Alcohol etílico, Sanitizante: Alcohol isopropílico y/o Peróxido de Hidrogeno al 3%). Toda la manipulación se realiza con Telepinza	Radiológico (Absorción de Dosis y contaminación externa e interna) Físico (Caída de muestras a nivel) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Utilización EPP's (Guantes de látex, mascarilla, cubre cabello, pinza teléscopica, Dosímetro digital de lectura directa)	1	2	2		

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quím. Arturo Portilla

VºBº Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla

### 4.10.1.12. Proceso de preparación de soluciones para la Producción de radiofármacos

#### PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE LOS DIFERENTES RADIOFÁRMACOS

Numero de personas que realizar esta actividad: 05

actividad: RUTINARIA

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Preparación de H2SO4 al 90%	Químicos (Inhalación y/o ingestión de sustancia tóxica) Físicos (Quemaduras grave por sustancia química)	Utilización de EPP, solo guantes Trabaja dentro de una campana radioquímica	3	5	15	1) Mejorar la iluminación dentro de la Campana Radioquímica. 2) Utilización de lentes de seguridad.	Operador de PROD
2	Preparación de NaOH 1,0N y al 5%	Químicos (Inhalación y/o ingestión de sustancia tóxica) Físicos (Quemaduras leve por sustancia química)	Trabaja dentro de una caja de guantes	2	1	2		
3	Preparación de NaHCO3 al 5%	Químico (Inhalación y/o ingestión de sustancia tóxica)	Trabaja dentro de una caja de guantes	2	1	2		
4	Preparación de buffer fosfato pH=7,5	Químico (Inhalación y/o ingestión de sustancia tóxica)	Trabaja dentro de una caja de guantes	2	1	2		

Elaborado por: MSc. Roberto C. Sh. Koga F.  
Colaboradores: Ing. Jesus Miranda.  
Tec. Quím. Arturo Portilla

VºBº Jefe de PROC.: Q.F. Wilson Paragulla

## 4.10.2. Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y sus controles del área de Radiofármacos, según sus actividades de la sección de control de calidad.

### 4.10.2.1. Preparación de medios de cultivos para control microbiológico de productos

#### PROCESO DE PREPARACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE MEDIOS DE CULTIVO

Numero de personas que realizar esta actividad: 03

actividad: RUTINARIA (CADA 2 MESES)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO SEGURIDAD Y SALUD			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Pesa de medios de cultivos: 1) Agar CASO 2) Agar MAC CONKEY. 3) Agar SABORAUD. 4) Caldo CASO 5) Caldo Tioglicolato	Físicos (Caída a nivel, Choque eléctrico por uso de balanza analítica.) Químico (Afinia por o falta de respiración causado por el polvo del medio de cultivo)	Utilización de mandiles, cubre cabellos	1	1	1	Utilización de mascarilla.	Lentes de seguridad Operador de CCAL.
2	Dilución de medios de cultivos	Físicos (Caída a nivel, Quemaduras de 1 o 2 grado por utilizar la cocinilla eléctrica con agitador magnético, lesiones superficiales por rotura de material de vidrio).	Utilización de mandiles, cubre cabellos	3	5	15	Utilización de guantes aislante de calor.	
3	Medición del pH y fraccionamiento de medio de cultivo	Físicos (Caída a nivel, Quemaduras de 1 o 2 grado por utilizar la cocinilla eléctrica con agitador magnético, lesiones superficiales por rotura de material de vidrio).	Utilización de mandiles, cubre cabellos	3	5	15		
4	Esterilización por calor húmedo a 121°C x 15 minutos	Físicos (Caída a nivel, Quemaduras de 1 o 2 grado causada por el vapor del equipo autoclave, choque eléctrico).	Utilización de mandiles, cubre cabellos	3	5	15		
5	Los medios de cultivos son trasladados al laboratorio de microbiología, a través de una mesita rodante de acero inoxidable	Ninguna	Utilización de mandiles, cubre cabellos	1	1	1	Ninguna	
6	Control de calidad (prueba de promoción de crecimiento: a) Se licua el medio de cultivo (para los agar) y se solidifica en plano inclinado. b) Para los caldos solo se deja templar a temperatura ambiente c) Se toma una asada de las cepas ATCC d) Se incula en los medios de cultivos respectivos. a temperatura de incubación que requiera cada uno de ellos. e) Transcurrido el tiempo de incubación, observar si hay o no crecimiento microbiano en los medios de cultivos. f) Si existe crecimiento, se puede recomendar su uso para los diferentes controles microbiológicos	Físicos (Caída a nivel, Quemaduras de 1 o 2 grado causada por el vapor del equipo autoclave, choque eléctrico).  Físicos (Caída a nivel, Quemaduras de 1 o 2 grado causada por la utilización de mechero de alcohol, choque eléctrico por la utilización de las incubadoras) Incidido (por la utilización de mechero) Biológicos (Utilización de cepas ATCC certificadas)	Utilización de mandiles, cubre cabellos, mascarillas, guantes de látex, soluciones desinfectantes	3	1	3	Ninguna	
				2	20	40	Gel desinfectante de manos y desinfectante en las superficies de trabajo	

### 4.10.2.2. Control de esterilidad de productos

#### CONTROL DE ESTERILIDAD

Numero de personas que realizar esta actividad: 03

actividad: RUTINARIA (A CADA PRODUCTO, INCLUYENDO INSUMOS Y MATERIA PRIMA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO SEGURIDAD Y SALUD			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Encender la lampara UV de cabina se bioseguridad, a través del tablero que habilita el aire filtrado en la parte externa del laboratorio.	Físico (choque eléctrico e través de panel)	Buen funcionamiento del tablero a través de mantenimiento preventivo.	1	20	20	Cartilla externa del buen funcionamiento de los equipos	Operador de CCAL
2	Ingreso de los tubos con medio de cultivo y materiales a analizar en el laboratorio a través de la esclusa de transferencia de materiales.	Físico (caída a nivel de materiales, rotura de tubos de ensayo, corte causada por la esquiras de vidrio). Biológico (Derrame de medios de cultivos).	Utilización de mandiles, cubre cabellos	2	1	2	Ninguna	
3	Ingreso del personal al laboratorio y cambio de indumentaria, colocación de la ropa estéril, en el vestuario antes de ingresar al laboratorio e ingresar al laboratorio.	Físico (caída a nivel, resbalo)	Utilización de banquillo para colocarse la indumentaria	1	3	3	Colocar alguna señalización cuando se realiza alguna actividad dentro del laboratorio	
4	Apagar la Luz UV de la CBS, encender el equipo y levantar el vidrio hasta la altura del punto rojo que se encuentra a un costado de la CBS y dejar que corra el aire para eliminar el ozono acumulado.	Físico (caída a nivel, resbalo, choque eléctrico por encender la CBS)	Mantenimiento preventivo del equipo CBS.	1	20	20		
5	Trasladar los materiales de trabajo hacia la CBS.	Físico (caída a nivel de materiales, rotura de tubos de ensayo, corte causada por la esquiras de vidrio). Biológico (Derrame de medios de cultivos).	Utilización de uniforme estéril con guantes de látex estériles.	2	2	4	Colocar un intercomunicador y alarma visual y/o sonora de emergencia	
6	Rotular los tubos c/medio de cultivo, quitar el precinto, romper la ampollita con la solución NaCl 0,9%, extraer la solución con una jeringa de 10ml y Reconstitución de CPR con NaCl 0,9% y/o radiofármaco. Extraer la reconstitución e inocularlo en los medios de cultivos	Físico (caída de materiales en la mesa de trabajo, rotura de tubos de ensayo, corte causada por la esquiras de vidrio). Radiológico (Contaminación externa y/o interna del operador) Biológico (Pincharse con la hipodérmica).	Utilización de uniforme estéril con guantes de látex estériles.	3	5	15		
7	Trasladar los materiales de trabajo de la CBS a la esclusa de transferencia de materiales	Físico (caída a nivel de materiales, rotura de tubos de ensayo, corte causada por la esquiras de vidrio). Biológico (Derrame de medios de cultivos).	Utilización de uniforme estéril con guantes de látex estériles.	2	2	4		
8	Trasladar los materiales de trabajo de la esclusa de transferencia de materiales al laboratorio n°17, colocar dentro de las incubadoras.	Físico (caída a nivel de materiales, rotura de tubos de ensayo, corte causada por la esquiras de vidrio, choque eléctrico por el uso de la incubadora). Biológico (Derrame de medios de cultivos).	Utilización de mandiles, cubre cabellos	2	2	4	Ninguna	
9	Verificación de la esterilidad de las muestras	Físico (caída a nivel de materiales, rotura de tubos de ensayo, corte causada por la esquiras de vidrio, choque eléctrico por el uso de la incubadora). Biológico (Derrame de medios de cultivos).	Utilización de mandiles, cubre cabellos	1	1	1	Mejorar la iluminación del laboratorio n°17.	



### 4.10.2.3. Control de endotoxinas bacterianas de productos

#### CONTROL DE ENDOTOXINAS BACTERIANAS

Numero de personas que realizar esta actividad: 03

actividad: RUTINARIA (A CADA PRODUCTO, INCLUYENDO INSUMOS Y MATERIA PRIMA)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Encender el equipo baño maria	Físico (Choque eléctrico)	Buen funcionamiento a través de mantenimiento preventivo.	1	20	20	Cartilla externa del buen funcionamiento de los equipos  1) Señalización de la actividad que se esta realizando. 2) Utilización de lentes de seguridad	Operador de CCAL
2	Quitar el precinto del CPR y/o RF, romper la ampolleta con la solución NaCl 0,9%, extraer la solución con una jeringa de 10ml y Reconstitución de CPR con NaCl 0,9% y/o radiofarmaco, homogenizar con la ayuda del vortex, Extraer la cantidad necesaria para preparar la dilución.	Físico (caída de materiales en la mesa de trabajo, rotura de tubos de ensayo, corte causada por la esquirilas de vidrio de los tubos o ampolleta). Radiológico (Contaminación externa y/o interna del operador) Biológico (Pincharse con la hipodermica).	Utilización de mandiles, cubre cabellos	2	5	10		
3	Colocar 0,25 mL en el tubo LAL y 0,25 mL en el tubo control positivo e incubar a 35°Cx2 X 30 minutos	Físico (caída de materiales en la mesa de trabajo). Radiológico (Contaminación externa del operador)	Utilización de mandiles, cubre cabellos	1	20	20		
4	Realizar la lectura y evacuar los materiales utilizados	Físico (caída a nivel de materiales, rotura de tubos de ensayo, corte causada por la esquirilas de vidrio). Biológico (Contaminación por pirogenos).	Utilización de mandiles, cubre cabellos	1	1	1		

### 4.10.2.4. Control de microbiológico de la solución no estéril de Na<sup>131</sup>I

#### CONTROL DE MICROBIOLÓGICO DE LA SOLUCIÓN NO ESTÉRIL DE Na<sup>131</sup>I

Numero de personas que realizar esta actividad: 03

actividad: RUTINARIA (A CADA RADIOFARMACO)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Ingreso de las placas petri estéril con los chupones al recinto de fraccionamiento	Físico (caída a nivel) Radiológico (Efectos estocasticos dependiento de la nivel de dosis.)	Utilización de Dosímetros de lectura directa. Mandil Naranja, guantes de polietileno y látex., cubrezapatos y cobertores de cabello	3	5	15	1) Señalización de la actividad que se esta realizando. 2) Utilización de lentes de seguridad de protección radiológica.	Operador de CCAL
2	Retiro de las placas petri estéril con los chupones al recinto de fraccionamiento	Físico (caída a nivel) Radiológico (Efectos estocasticos dependiento de la nivel de dosis.)	Utilización de Dosímetros de lectura directa. Mandil Naranja, guantes de polietileno y látex., cubrezapatos y cobertores de cabello	5	5	25		
3	Agregar a las placas petri con muestra 131-I, los medios de cultivos y dejar enfriar	Físico (quemaduras de 1° o 2° grado por uso de mechero de alcohol y medios de cultivos calientes). Biológica (Contaminación radiactiva en tiroides y epidermis de miembros superiores) Radiológico (Efectos estocasticos dependiento de la nivel de dosis.)	Utilización de Dosímetros de lectura directa. Mandil Naranja, guantes de polietileno y látex., cubrezapatos y cobertores de cabello. Trabajar todo dentro de la caja de guantes con extracción de aire y blindaje con ladrillo de plomos.	4	10	40		
4	Colocación el parafilm alrededor de las placas petri con medios de cultivo para evitar la fuga de 131I	Físico (caída a nivel) Biológica (Contaminación radiactiva en tiroides y epidermis de miembros superiores) Radiológica (Efectos estocasticos dependiento de la nivel de dosis.)	Utilización de Dosímetros de lectura directa. Mandil Naranja, guantes de polietileno y látex., cubrezapatos y cobertores de cabello. Trabajar todo dentro de la caja de guantes con extracción de aire y blindaje con ladrillo de plomos.	2	2	4		
5	Trasladar a las incubadoras a 32,5°C y 36,0°C	Físico (Caída a nivel, Levantamiento de Peso, golpe en extremidades superiores y/o inferiores) Radiológico (Efectos estocasticos dependiento de la nivel de dosis.)	Utilización de Dosímetros de lectura directa. Mandil Naranja, guantes de polietileno y látex., cubrezapatos y cobertores de cabello. Trabajar todo dentro de la caja de guantes con extracción de aire y blindaje con ladrillo de plomos.	1	2	2		
6	Lecturas de muestras y desecho de materiales	Físico (Caída a nivel, Levantamiento de Peso, golpe en extremidades superiores y/o inferiores) Radiológico (Efectos estocasticos dependiento de la nivel de dosis.)	Utilización de Dosímetros de lectura directa. Mandil Naranja, guantes de polietileno y látex., cubrezapatos y cobertores de cabello. Trabajar todo dentro de la caja de guantes con extracción de aire y blindaje con ladrillo de plomos.	3	2	6		
7	Tratamiento y emisión de resultados de los ensayos.	Ergonómico (moviliario adecuado escritorio y sillas)	Ninguno	1	2	2		

### 4.10.2.5. Control de la pureza radioquímica

#### CONTROL DE PUREZA RAQIOQUIMICA

Numero de personas que realizar esta actividad: 07

actividad: RUTINARIA (A CADA RADIOFARMACO)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Encendido de la estufa para el secado de las tiras iTLC y secado de tiras a 70°C por 30 minutos como mínimo.	Físico (Choque eléctrico, desmayo, incapacitante)	Buen funcionamiento a través de mantenimiento preventivo.	1	20	20	1) Cartilla externa del buen funcionamiento de los equipos. 2) Colocar un material aislante de electricidad entre el equipo y la mesa de acero inoxidable.	Operador CCAL
2	Colocar la solución de Metil etil Cetona (MEK) en tubos de ensayo con tapa de baquelita.	Químico (Inhalación de vapores tóxico, cancerígeno, irritación en epidermis y corneas)	Esta actividad se realiza dentro de la campana radioquímica	2	5	10	1) Mejorar la iluminación dentro de la campana.	
3	Dilución del 99mTc en sol. NaCl 0,9%, Sembrado en tiras, prueba de Alumina, Siembra en pastillero, prueba de MEK, prueba de cromatografía en iTLC.	Físico (Contaminación radiactiva de superficie; caída a nivel) Biológico (Pincharse con jeringa Contaminación radiactiva interna) Radiológico (Efectos estocásticos dependiente de la nivel de dosis.) Ergonómico (movimiento repetitivo de brazos)	Zona delimitada de trabajo. Blindaje con ladrillos de plomo. Utilización de Guantes de Latex o polietileno.	4	2	8		
4	Trasladar las tiras de iTLC a la estufa para su secado, aproximadamente 10 minutos.			2	1	2	1) Colocar señalización de actividad 2) Utilización de lentes de seguridad de protección radiológica 3) Merorar el orden y la limpieza	
5	Trasladarse al laboratorio n°3 para realizar el contaje de las muestras	Físico (Contaminación radiactiva de superficie; caída a nivel) Radiológico (Efectos estocásticos dependiente de la nivel de dosis.)	Utilización de Guantes de Latex o polietileno.	2	1	2		
6	Lecturas de muestras y desecho de las tiras de iTLC después del ensayo.			1	1	1		
7	Limpieza del área de trabajo y descarte del material utilizado en el ensayo			3	1	3		
8	Tratamiento y emisión de resultados de los ensayos.	Ergonómico (movilario adecuado escritorio y sillas)	Ninguno	1	2	2	Adquirir movilario con especificaciones ergonómicas	

### 4.2.7.6. Control de la pureza radionucleida

#### CONTROL DE PUREZA RADIONUCLEIDO

Numero de personas que realizar esta actividad: 09

actividad: RUTINARIA (A CADA RADIOFARMACO)

N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	Encendido del equipo detector junto con el computador, colocar los parámetros a analizar por lo menos 30 minutos antes del inicio del ensayo	Físico (Choque eléctrico, desmayo, incapacitante)	Buen funcionamiento a través de mantenimiento preventivo.	2	2	4	1) Cartilla externa del buen funcionamiento de los equipos. 2) Colocar señalización de actividad	Operador CCAL
2	Trasladar la muestra que se encuentra en el pastillero del lab. N°16 al lab. N°9	Físico (Contaminación radiactiva de superficie, caída a nivel) Radiológico (Efectos estocásticos dependiente de la nivel de dosis.)		2	2	4	Utilización de carrito para el traslado de muestra(s)	
3	Lecturas de muestras y desecho de las tiras de iTLC después del ensayo.	Físico (Caída a nivel, Levantamiento de Peso, golpe en extremidades superiores y/o inferiores) Radiológico (Efectos estocásticos dependiente de la nivel de dosis.)	Utilización de Guantes de Latex o polietileno y blindaje de plomo para el traslado de la muestra.	3	5	15	Colocar señalización de actividad	
4	Limpieza del área de trabajo y descarte del material utilizado en el ensayo			1	2	2		
5	Tratamiento y emisión de resultados de los ensayos.	Ergonómico (movilario adecuado escritorio y sillas)	Ninguno	1	2	2	Adquirir movilario con especificaciones ergonómicas	

### 4.10.2.6. Control radioquímico del Na<sup>131</sup>I

CONTROL DE 131-IODURO DE SODIO								
Numero de personas que realizar esta actividad: 05								
actividad: RUTINARIA (A CADA RADIOFARMACO)								
N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
1	traslado de la muestra de 131-I de dentro de su blindaje de plomo a la esclusa de transferencia de materiales a la campana radioquímica	Físico (Caida a nivel, Carga de peso, dolores muscular por movimiento brusco). Biológico (Acumulación de 131-ioduro en Tiroides) Radiológico (Efectos estocásticos dependiente de la nivel de dosis)	Utilización de Cubre cabello, mascarilla, Guantes de Latex y blindaje de plomo para el traslado de la muestra.	3	10	30	1) Lentes de seguridad de protección radiológica 2) Utilización mascarillas con respirador con filtro de partículas y gases. 3) Visor plomado 4) Utilización de jeringas de insulina de 0,1mL con hipodérmica desechable con aguja incorporada, para evitar contaminación de superficies. 5) Mejorar el orden y la limpieza dentro de la Campana Radioquímica, implementar de cartillas de desalojo de material utilizado.	Operador CCAL
2	Inspección visual: Sacar el vial que contiene el 131-ioduro de Sodio, ver que el líquido sea transparente		4	10	40			
3	1) Tomar 0,5mL de la solución de 131-ioduro de Sodio, colocarlo en los tubos de ensayos con tapa de baquelita, agregar gotas de H2SO4 4M + Na2S 10%, ver si existe presencia de color. Para muestra patrón se reemplaza el 131-ioduro de Sodio por Te 10 ppm. 2) Colocar una gota en tiras de ITLC para el control de PRQ. 3) Medición de pH a través de tiras indicadoras. 4) colocar una gota en un pastillero para control de PRN.		4	20	80			
4	Limpieza del área de trabajo y descarte del material utilizado en el ensayo		3	10	30			
5	Tratamiento y emisión de resultados de los ensayos.		Ergonómico (moviliario adecuado escritorio y sillas)	Ninguno	1	2		

### 4.10.2.7. Control distribución biológica

CONTROL DE DISTRIBUCIÓN BIOLÓGICA								
Numero de personas que realizar esta actividad: 02								
actividad: RUTINARIA (A CADA RADIOFARMACO)								
N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				SEGURIDAD Y SALUD				
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P X S)		
Preparación del animal para el ensayo:								
1	1) Utilización de cocinilla electrica para calentar agua dentro de un vaso, sirve para dilatar la vena que se encuentra en la cola del animal.	Físico (Choque electrico, quemadura con el agua caliente, Cidas a nivel)	Utilización de mandil, cubre cabello, guantes de látex	2	2	4	1) Cartilla externa del buen funcionamiento de los equipos.	Operador CCAL
	2) Inyección de RF en la vena ubicada en la colas del animal de ensayo (Ratón o Rata)	Físico (Caidas a nivel) Biológico (Picadura con la hipodérmica, contaminación interna y/o externa de RF, mordedura causada por el animal de ensayo) Radiológico (Efectos estocásticos dependiente de la nivel de dosis.)		4	5	20	1) Lentes de seguridad de protección radiológica	
2	Disección de animal de ensayo	Físico (Caidas a nivel) Biológico (Contaminación por fluidos corporales)		3	2	6		
3	Lecturas de muestras: Conteo de los diferentes organos disectado en el calibrador	Radiológico (Efectos estocásticos dependiente de la nivel de dosis.)		3	2	6		
4	Tratamiento y emisión de resultados de los ensayos.	Ergonómico (moviliario adecuado escritorio y sillas)	Ninguno	1	2	2	Adquirir moviliario con especificaciones ergonómicas	

### 4.10.2.8. Preparación de los diferentes reactivos para los controles de calidad

**PREPARACIÓN DE REACTIVOS**  
 Numero de personas que realizar esta actividad: 02  
 actividad: RUTINARIA

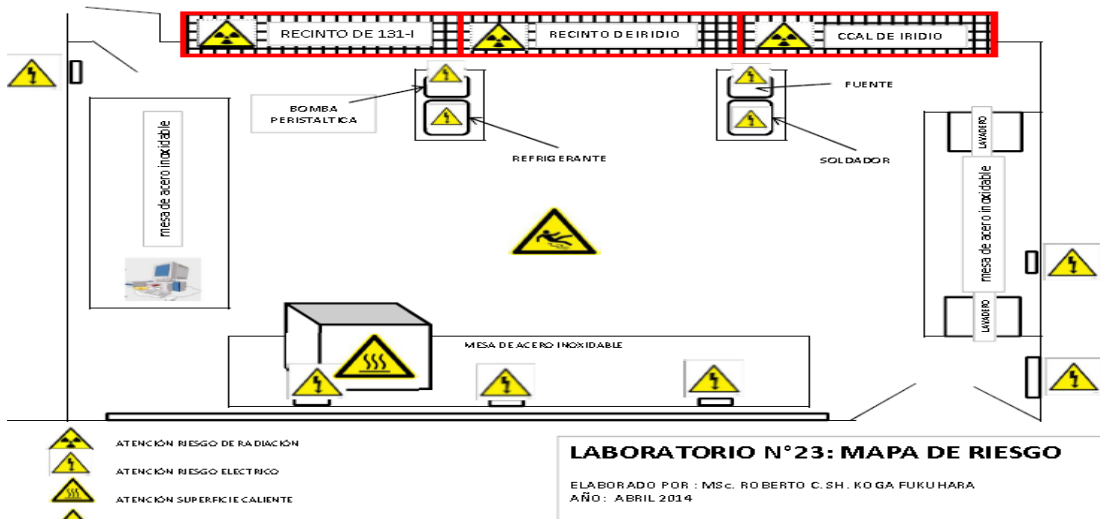
N°	Actividad	Peligro	Medidas de control existente	EVALUACIÓN DEL RIESGO / IMPACTO SEGURIDAD Y SALUD			Medidas de Control a Implementar (Controlar el riesgo)	Responsable
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Valoración de Riesgo (P x S)		
1	Butanona: Metilcelcetona, 2-Butanona, MEK (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> OCC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )	Físico (provocar incendios) Químicos (altamente inflamable, volátil) Biológico (Irritación de los ojos, repetida exposición provoca sequedad y grietas en la piel, provoca somnolencia y vertigo)	Mandil, cubre cabello, guantes de látex. Esta actividad se realiza dentro de la campana radioquímica	4	5	20	1) Utilización mascarillas con respirador con filtro de partículas y gases. 2) Lentes de seguridad.	Operador CCAL
2	Cloruro de sodio: Sal refinada, Halito, Sal de roca (NaCl)	Biológico (exposición aguda con sólidos o en solución puede causar edema conjuntival y destrucción de la cornea por lo que puede causar ceguera)	Mandil, cubre cabello.	1	2	2	Lentes de seguridad.	Operador CCAL
3	hidróxido de sodio: Sosa cáustica, Hidrato de sodio (NaOH)	Físico (Reacción exotérmica al preparara la solución a partir de sólidos, puede provocar fuegom con sustancias combustibles ) Químicos (generador de gases volátiles) Biológico (Irritación en la piel altamente corrosivo, ulceraciones nasales y del tracto digestivo, posible causante de cáncer al esofago )	Mandil, cubre cabello.	2	10	20	1) Utilización mascarillas. 2) Lentes de seguridad.	Operador CCAL
4	solucion de Yodo 0,1 N: yodo en solucion (a)	Químicos (generador de gases volátiles) Biológico (Irritación del tracto respiratorio/irritante en piel y ojos)	Mandil, cubre cabello.	1	1	1	Lentes de seguridad y guantes	Operador CCAL
5	Alizantina: "sodium 9,10-dihydro-3,4-dihydroxy-9,10-dioxoanthracene-2-sulphonate monohydrate, sulphonate monohydrate (C <sub>14</sub> H <sub>8</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>5</sub> S)	Biológico (Irritación al contacto con la piel)	Mandil, cubre cabello.	1	1	1	Lentes de seguridad y guantes	Operador CCAL
6	Acido acético: Acido etanoico; Acido etílico, Acido metanocarboxílico (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> / CH <sub>3</sub> COOH)	Físico (elementos inflamable) Químico (reacciona violentamente con oxidantes, originando explosiones y/o incendios) Biológicos (Sustancias corrosivas en ojo, piel y tracto respiratorio; contacto prolongado o repetitivo en piel puede producir dermatitis)	Mandil, cubre cabello, mascarilla. Esta actividad se realiza dentro de la campana radioquímica	1	5	5	Lentes de seguridad y guantes	Operador CCAL
7	Sulfato de Potasio y Aluminio dodecahidratado: Alumbre del potasio; sal de aluminio del potasio (2: 1: 1), dodecahidratado; Alumbre de la potasa (KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O)	Químico (Hidroliza para formar el ácido sulfúrico diluido, los óxidos tóxicos y corrosivos del sulfuro pueden ser formados cuando están calentados a descomposición) Biológicos (Irritación en zona respiratoria, tracto digestivo, puede causar náuseas, vómitos y diarreas; Irritación y enrojecimiento de la piel.)	Mandil, cubre cabello	1	5	5	Lentes de seguridad y guantes	Operador CCAL
8	Molibdato de sodio dihidratado: Acido Molibdic, Sal de Disodio D (hidratado - Disodio Molibdato 2-Hidratado (Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O)	Biológico (Puede causar irritación en piel, solamente por sobre exposición (muy raro), irritación ocular, malestar estomacal)	Mandil, cubre cabello	1	1	1	Lentes de seguridad.	Operador CCAL
9	Tiocianato de potasio: Potasio Sulfocianuro , Potasio Rodanuro (KSCN)	Químico (en contacto con ácidos libera gases muy tóxicos) Biológico (altamente tóxico en contacto con la piel, inhalación o ingestión)	Mandil, cubre cabello, mascarilla.	2	20	40	Lentes de seguridad y guantes apropiados	Operador CCAL
10	Acido telurico: acido orto telurico; Hexahidroxidotelurum (H <sub>6</sub> TeO <sub>6</sub> )							Operador CCAL
11	Sulfuro de sodio: Monosulfuro del sodio. (H <sub>2</sub> S)	Físico (incompatibilidad con ácidos, oxidantes, aluminio, zinc y carbón) Química (Al quemarse puede producirse Óxido de Sulfuro, compuesto químico muy tóxico) Biológico (En lugares confinados puede producir conjuntivitis muy dolorosas, náuseas, edema pulmonar y muerte; altamente corrosivo y destructivo de la piel)	Mandil, cubre cabello, mascarilla. Esta actividad se realiza dentro de la campana radioquímica	3	20	60	Lentes de seguridad, guantes apropiados y mascarillas apropiadas	Operador CCAL
12	acido sulfurico: Aceite de vitriolo, Tetraoxosulfato (VI) de hidrogeno (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Físico (Líquido aceitoso cuando es concentrado, corrosivo e higroscópico) Químico (Altamente Corrosivo, Diluido y al contacto con metales produce hidrógeno el cual es altamente inflamable y explosivo) Biológicos (Altamente corrosivo en piel, u otros organos, con quemaduras altamente profundas y dolorosas, puede causar la muerte, tiene efectos teratogénico en fetos)	Mandil, cubre cabello, mascarilla. Esta actividad se realiza dentro de la campana radioquímica	3	20	60	Lentes de seguridad, guantes apropiados y mascarillas apropiadas	Operador CCAL
13	Metanol: alcohol metilico; carbinol; Alcohol de madera (CH <sub>3</sub> O)	Físico (Altamente inflamable) Biológico (Su inhalación puede producir tos, vertigo, dolor de cabeza, puede ser absorbido a través de la piel, también puede causar enrojecimiento y secado, su ingestión puede provocar dolor abdominal, convulsiones o pérdida de conocimiento)	Mandil, cubre cabello	2	5	10	Lentes de seguridad.	Operador CCAL
14	Acetonitrilo: Cianuro de metilo; Metanocarboritrilo; Cianometano; etanonitrilo. (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N)	Físico (Altamente inflamable) Químico (Reacciona en contacto con oxidantes fuertes, el calentamiento produce aumento de presión con riesgo de estallido) Biológico (Inhalación e ingestión produce dolor al pecho, náuseas, dificultad respiratoria, convulsiones y hasta pérdida del conocimiento, fácil absorción en piel y enrojecimiento)	Mandil, cubre cabello, mascarilla. Esta actividad se realiza dentro de la campana radioquímica	3	5	15	Lentes de seguridad, guantes apropiados y mascarillas apropiadas	Operador CCAL
15	Cloruro de Estaño (II), Dihidratado: Cloruro estannoso, dihidratado (SnCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	Biológico (Inhalación causa tos, jadeo, enrojecimiento en piel y ojos, la ingestión causa náuseas, vómitos y dolor abdominal)	Mandil, cubre cabello	1	1	1	1) Utilización mascarillas. 2) Lentes de seguridad.	Operador CCAL
16	Bromuro de Potasio: Bromuro de Potasa, Bromuro Potásico (KBr)	Químico (Producto Higroscópico, se licua mediante la humedad del medio ambiente) Biológicos (Su ingestión, puede causar dolor abdominal, náuseas y vómitos, contacto prolongado en piel produce dermatitis)	Mandil, cubre cabello	1	1	1	1) Utilización mascarillas. 2) Lentes de seguridad.	Operador CCAL
17	Almidón soluble: Almidón soluble, Almidón - Malicena - Patata, Almidón Inducador - Amilodextrina. (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 10O <sub>2</sub> n)	Biológico (en contacto con los ojos lavar con abundante agua y los párpados abiertos)	Mandil, cubre cabello	1	1	1	Lentes de seguridad.	Operador CCAL
18	Yoduro de Potasio: Potasio yodato; Acido yodico, sal de potasio (KIO <sub>3</sub> )	Biológico (no inhalar el polvo)	Mandil, cubre cabello	1	1	1	Lentes de seguridad.	Operador CCAL

### 4.11. Mapa de riesgos de los ambientes de producción y control de calidad de la Planta de producción de radioisótopos

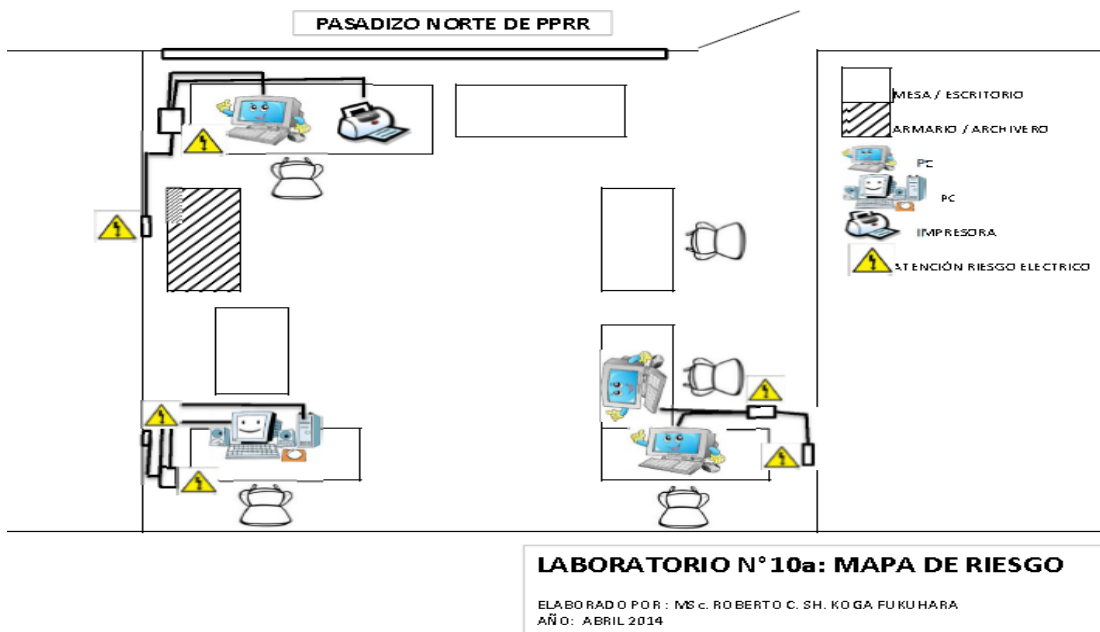
Se elaboró mapas de riesgos de los diversos ambientes que interviene en la producción y control de calidad de los radiofármacos como exige la ley de SST, este mapa es una representación gráfica de los diversos factores de riesgos que se encuentran en los diversos ambientes, siendo una herramienta indispensable para la identificación de riesgos de manera sencilla y práctica.

### 4.11.1. Ambientes de producción

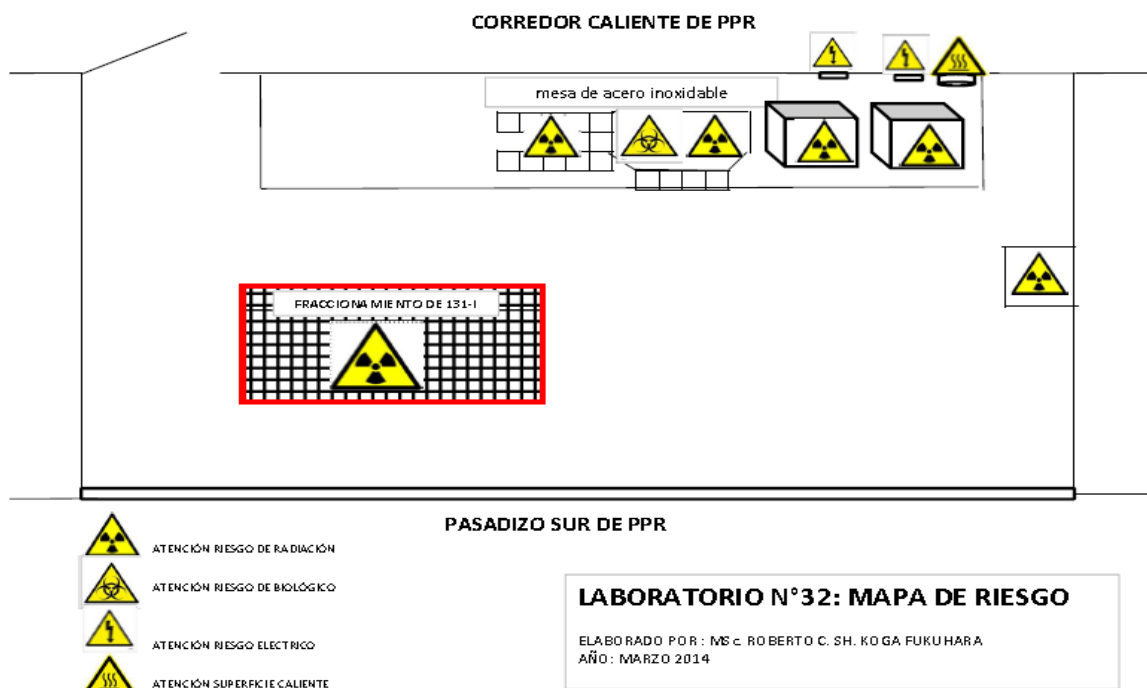
#### 4.11.1.1. Laboratorio de producción de Na<sup>131</sup>I e Iridio



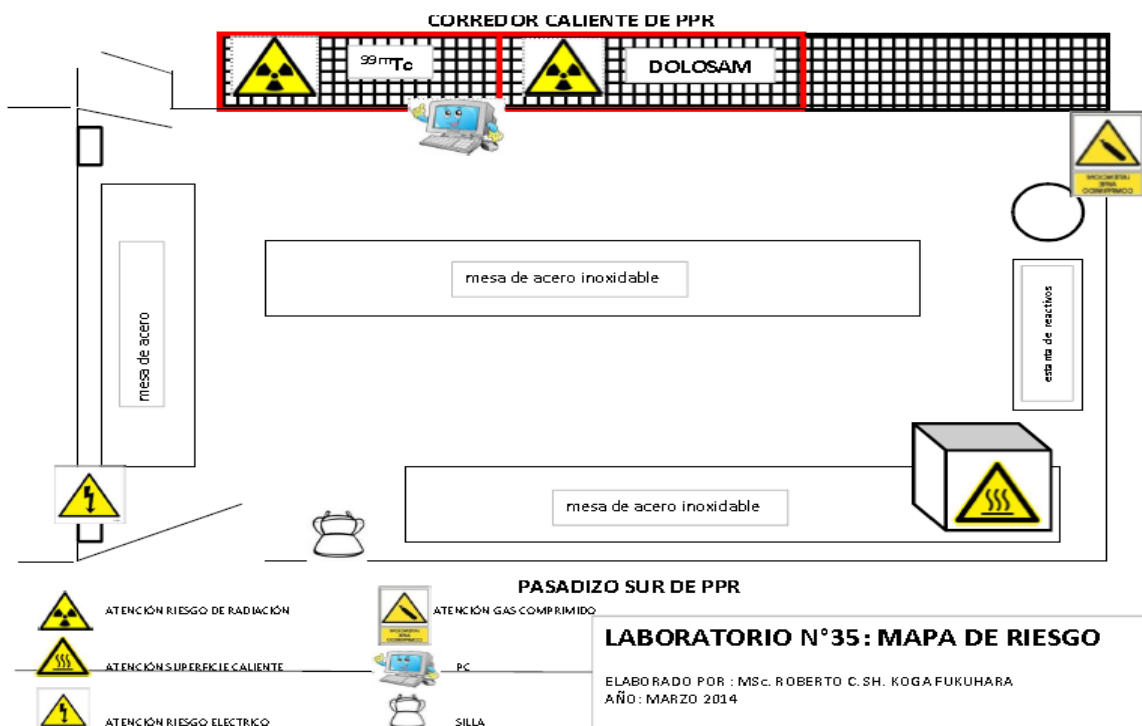
#### 4.11.1.2. Oficina de Producción



### 4.11.1.3. Recinto de fraccionamiento de Na<sup>131</sup>I

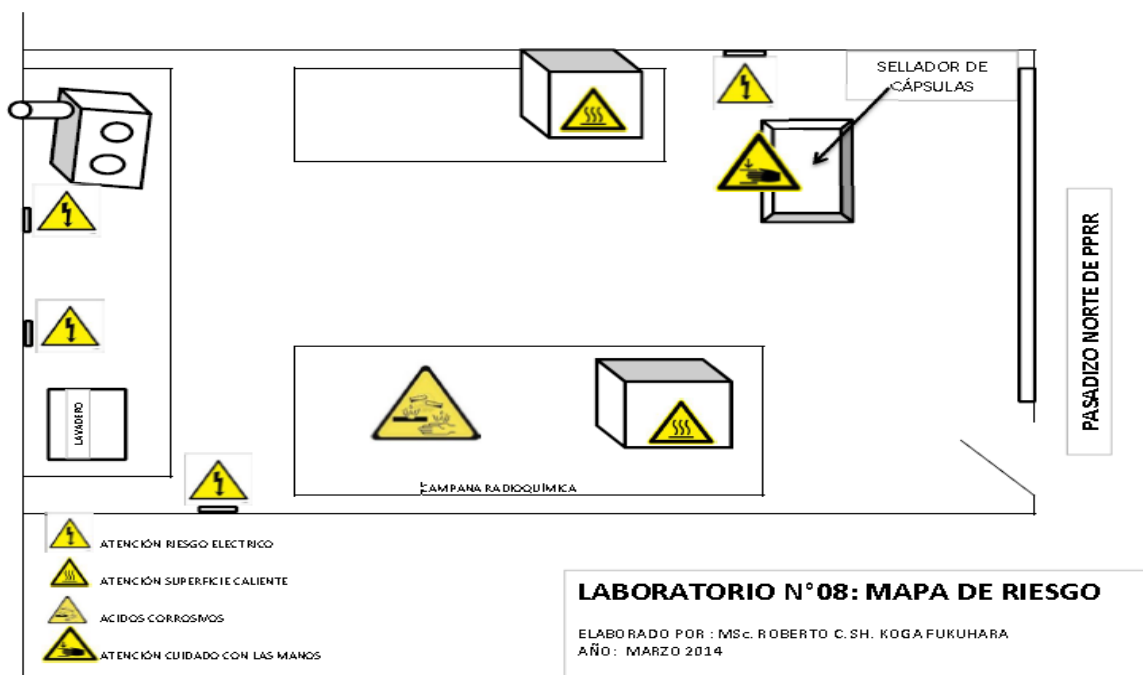


### 4.11.1.4. Laboratorio de producción de Na<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub> y DOLOSAM



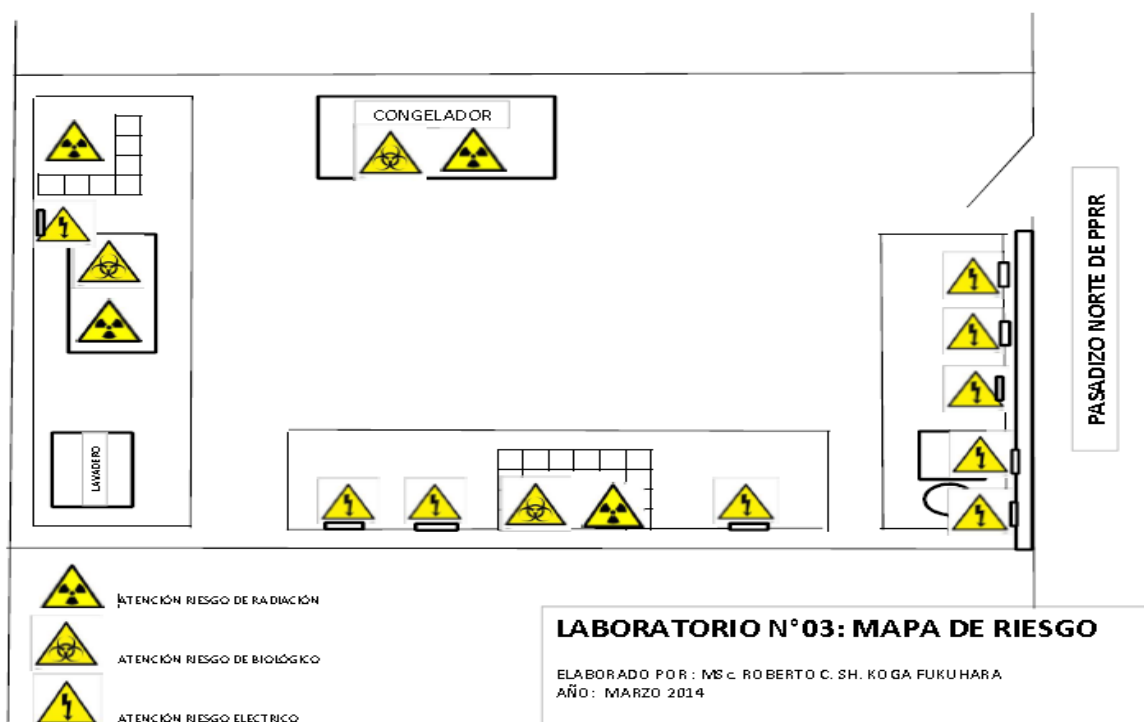


#### 4.11.1.5. Laboratorio de preparación de materia prima para irradiar

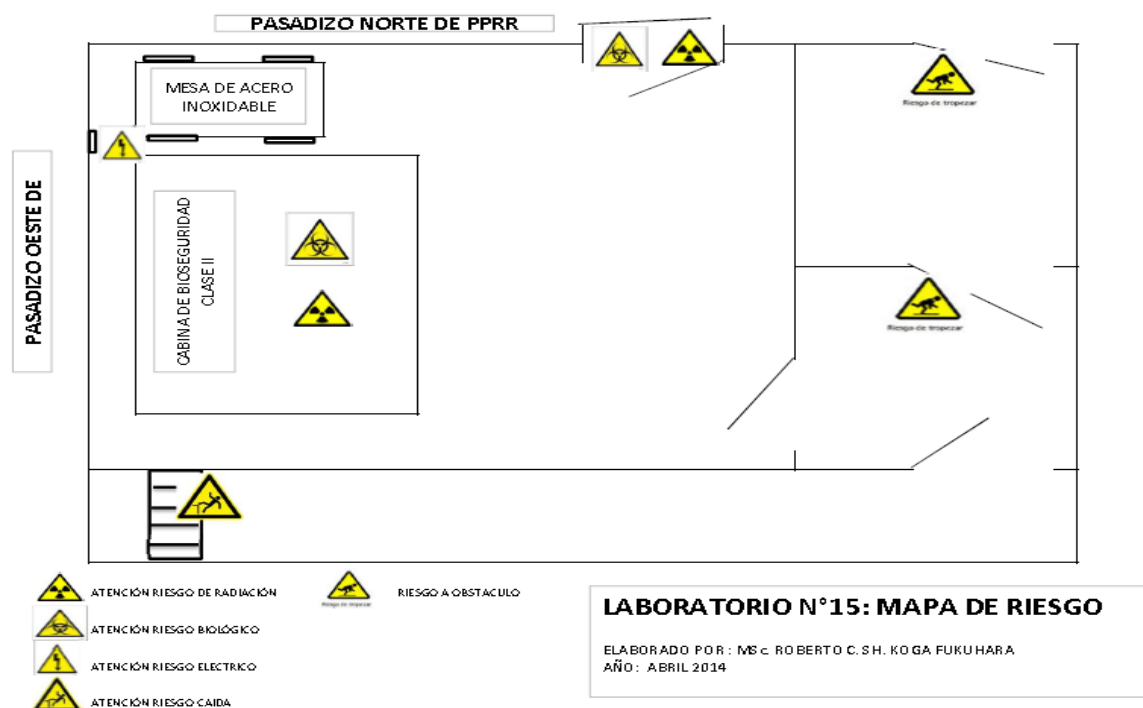


#### 4.11.2. Ambientes de control de calidad

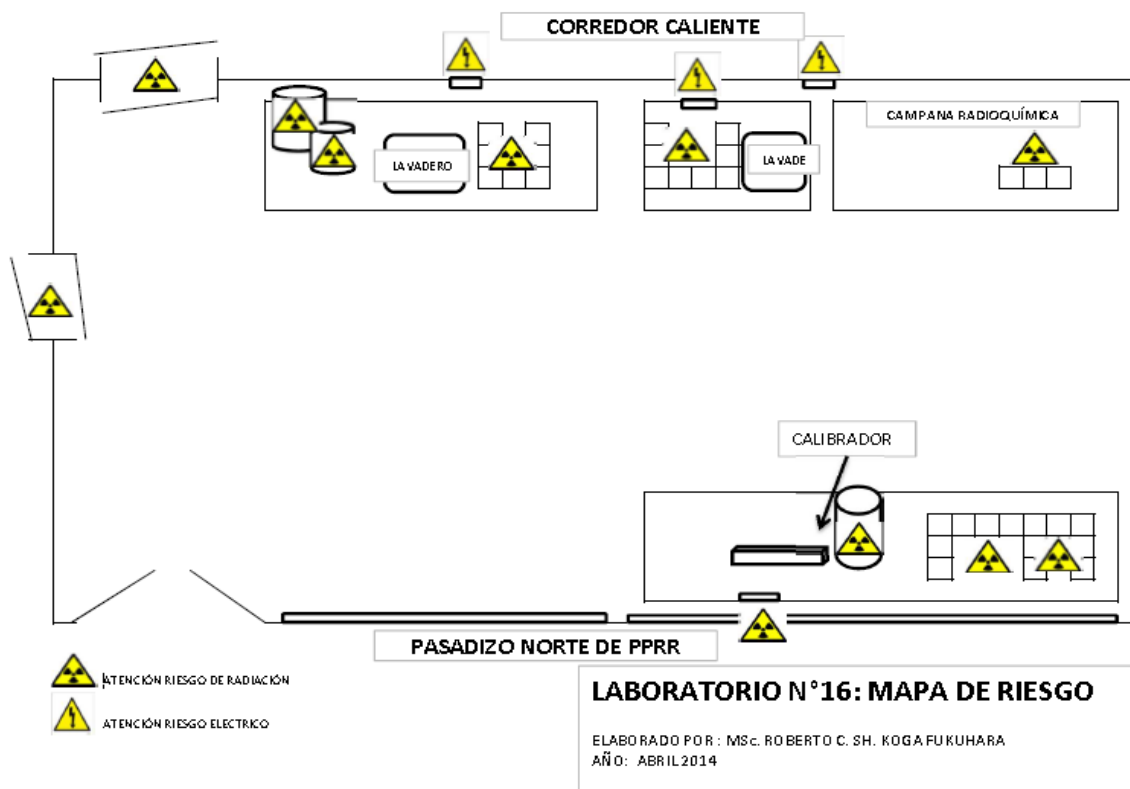
##### 4.11.2.1. Laboratorio de Control Biológico



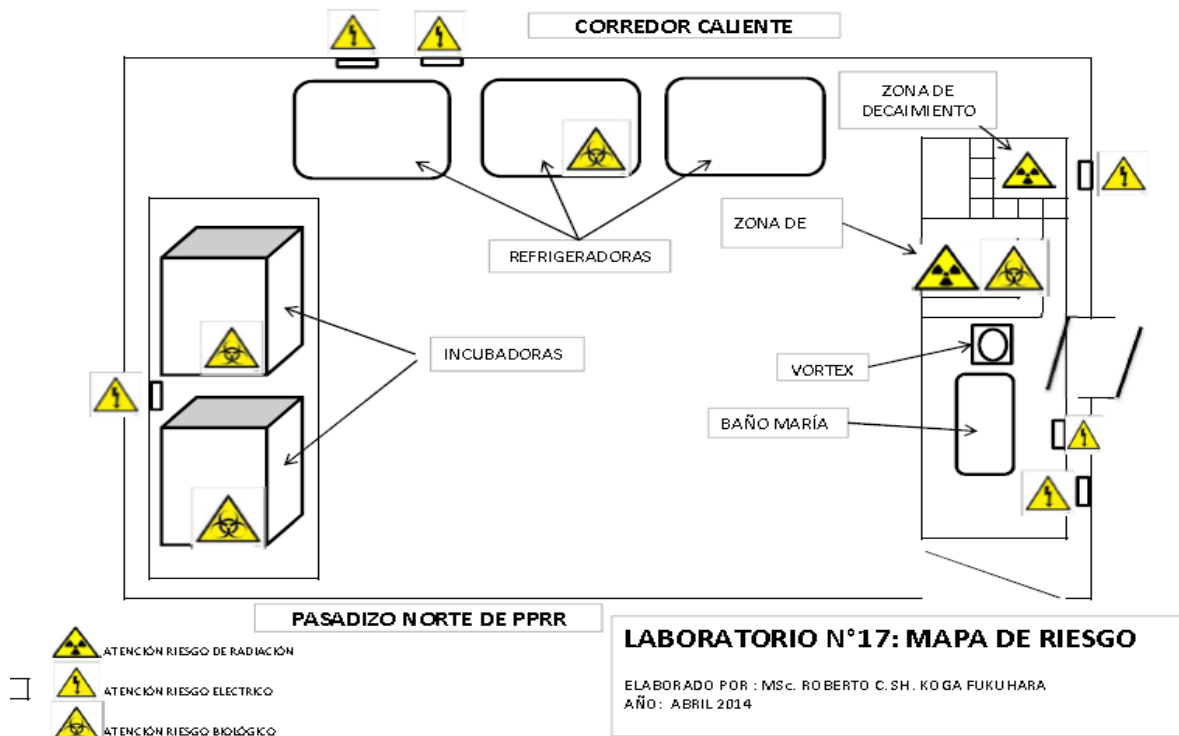
### 4.11.2.2. Laboratorio de Microbiología I



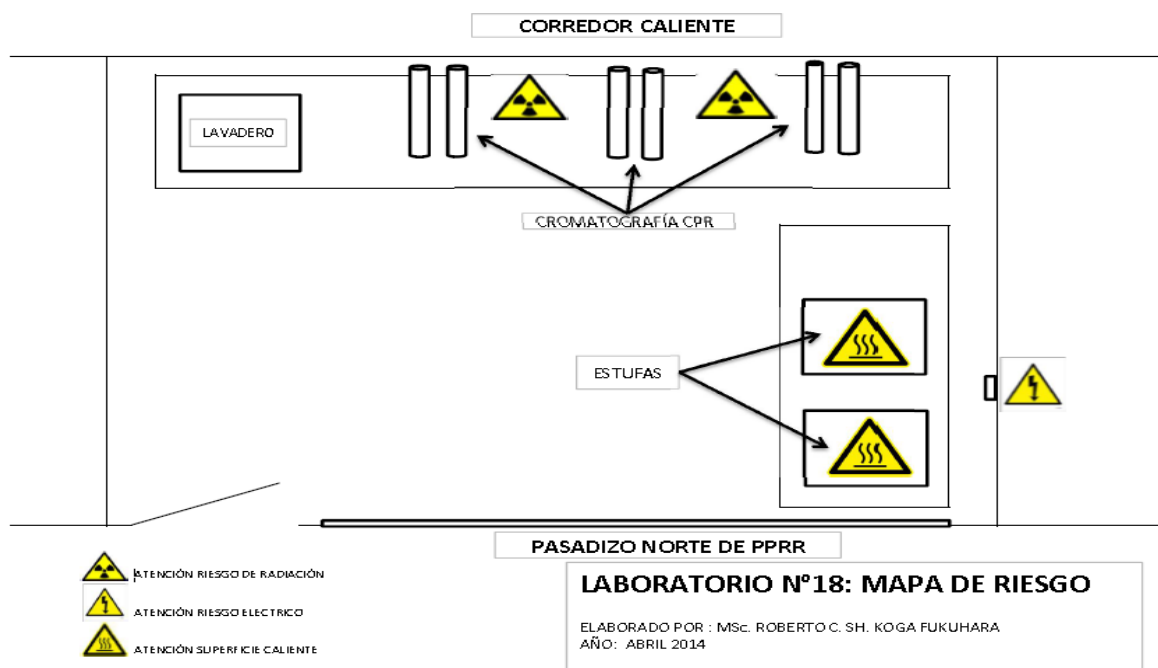
### 4.11.2.3. Laboratorio de Radioquímica I



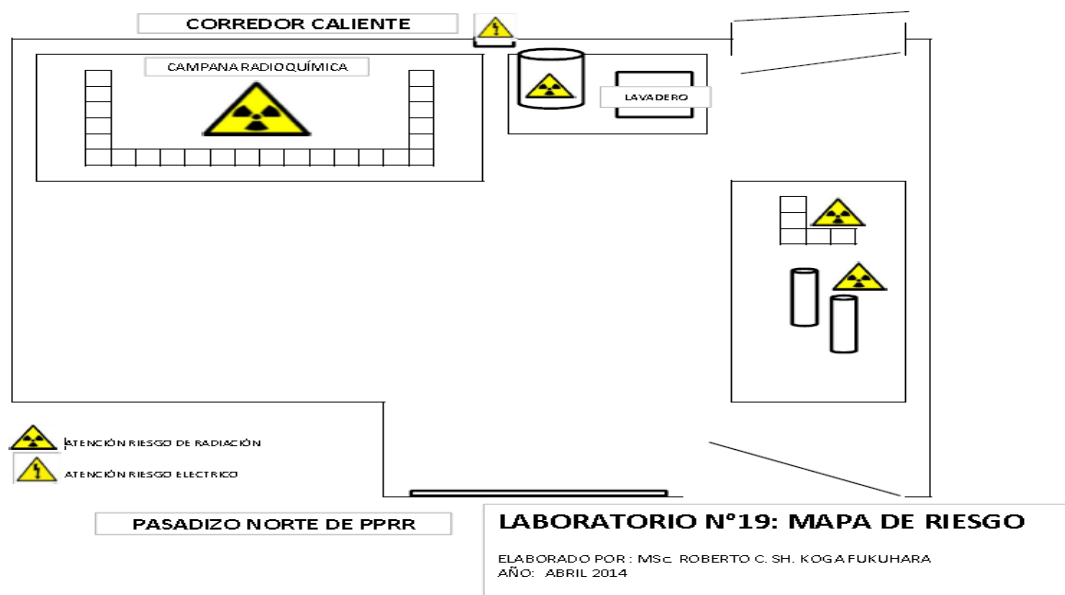
#### 4.11.2.4. Laboratorio de Microbiología II



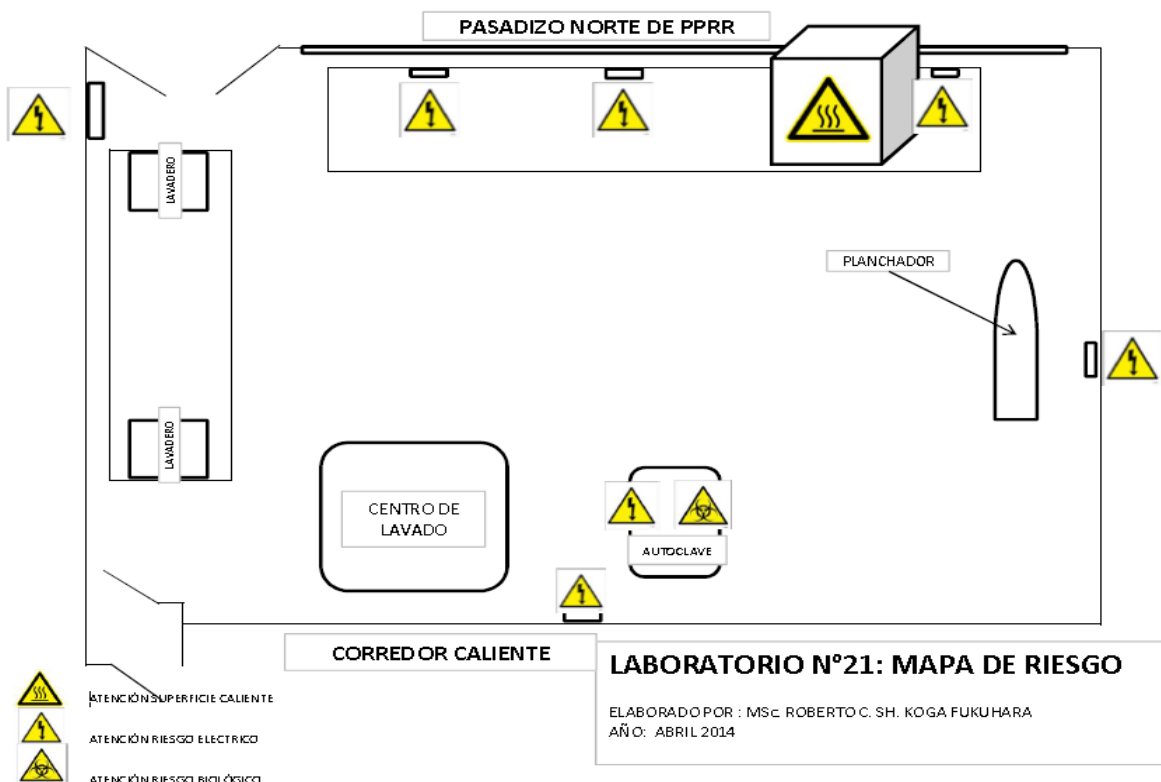
#### 4.11.2.5. Laboratorio de Ensayos Cromatográficos



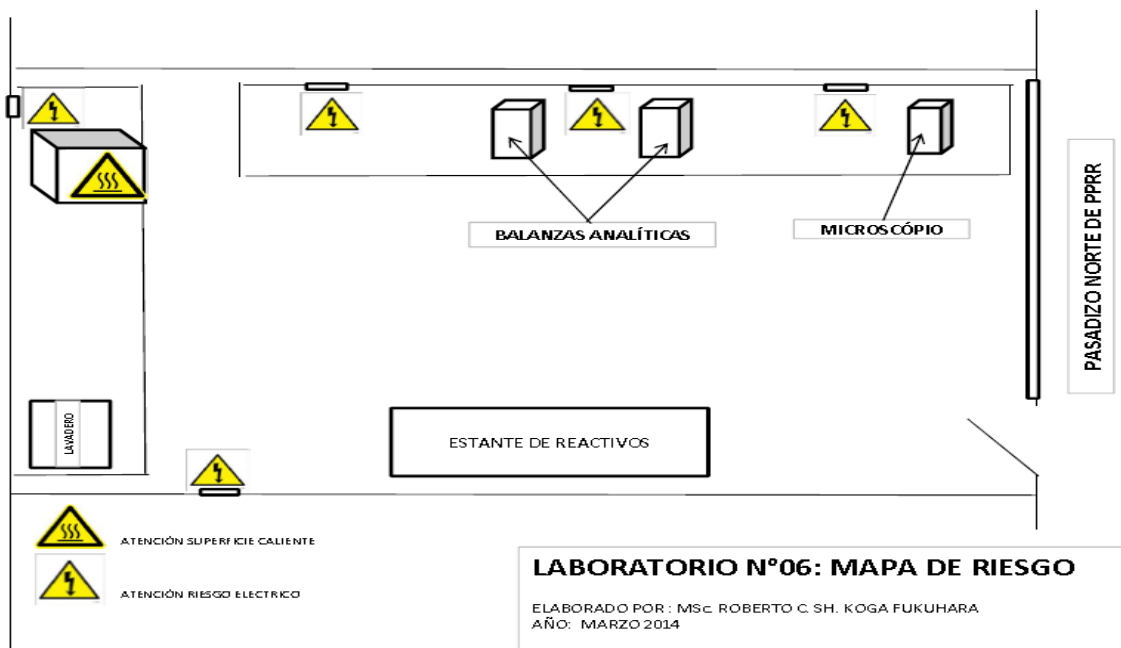
### 4.11.2.6. Laboratorio de Radioquímica II



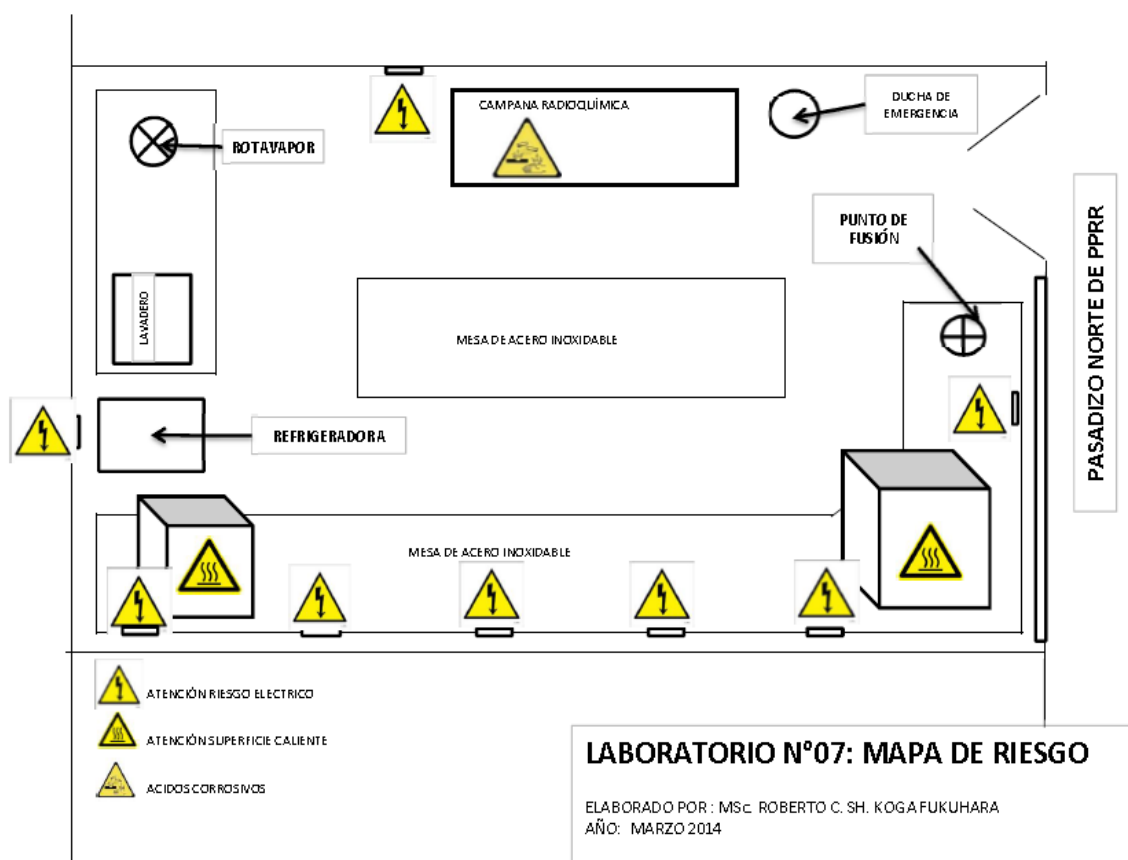
### 4.11.2.7. Ambiente de preparación de materiales



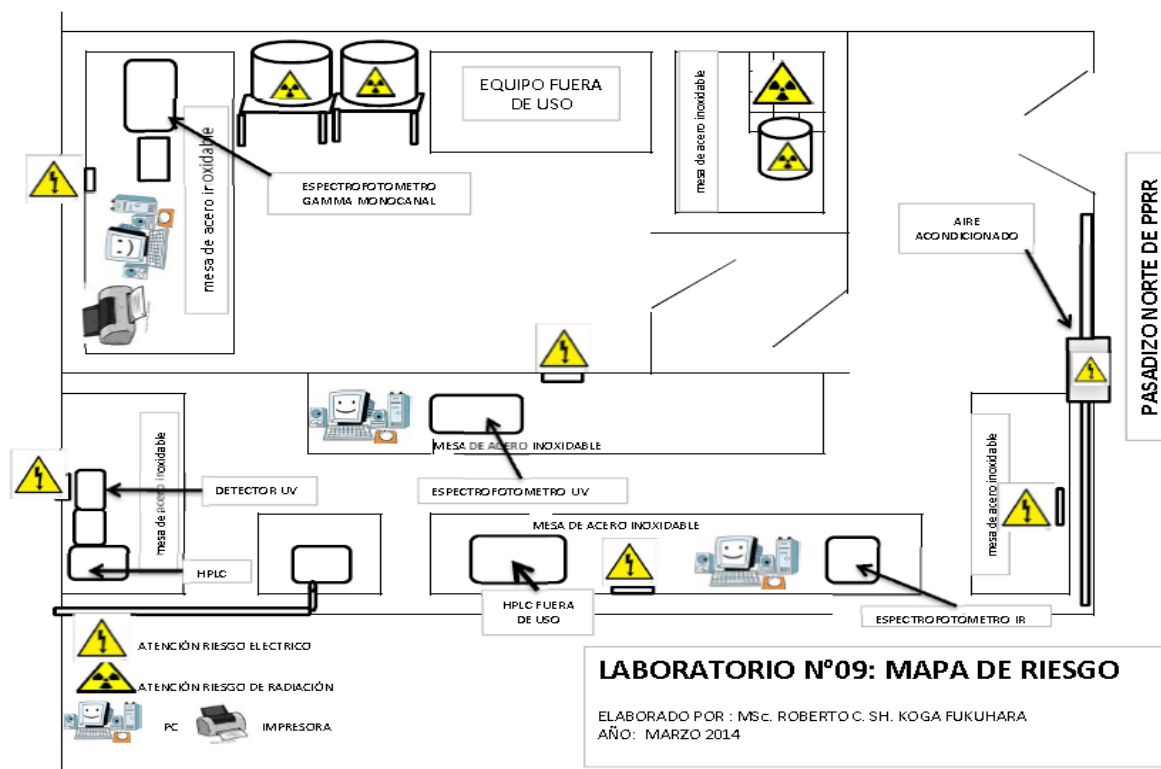
#### 4.11.2.8. Ambiente de salas de balanzas



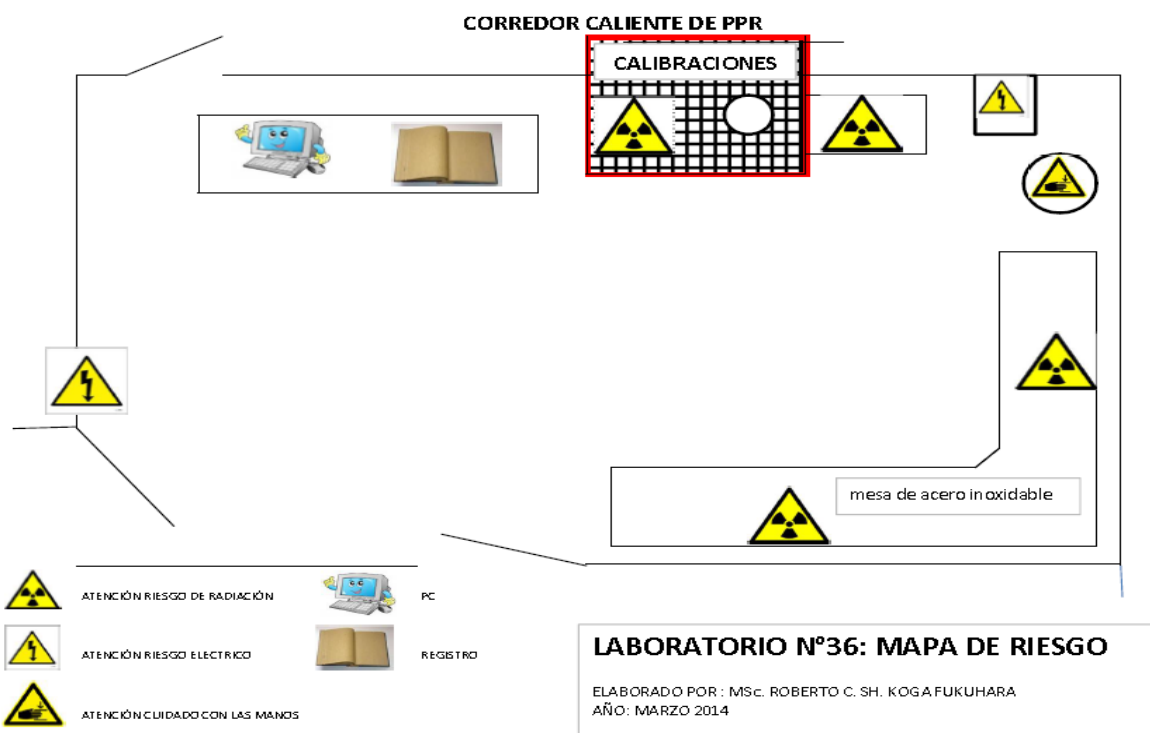
#### 4.11.2.9. Laboratorio Análisis químicos



### 4.11.2.10. Laboratorio de Instrumentación Nuclear

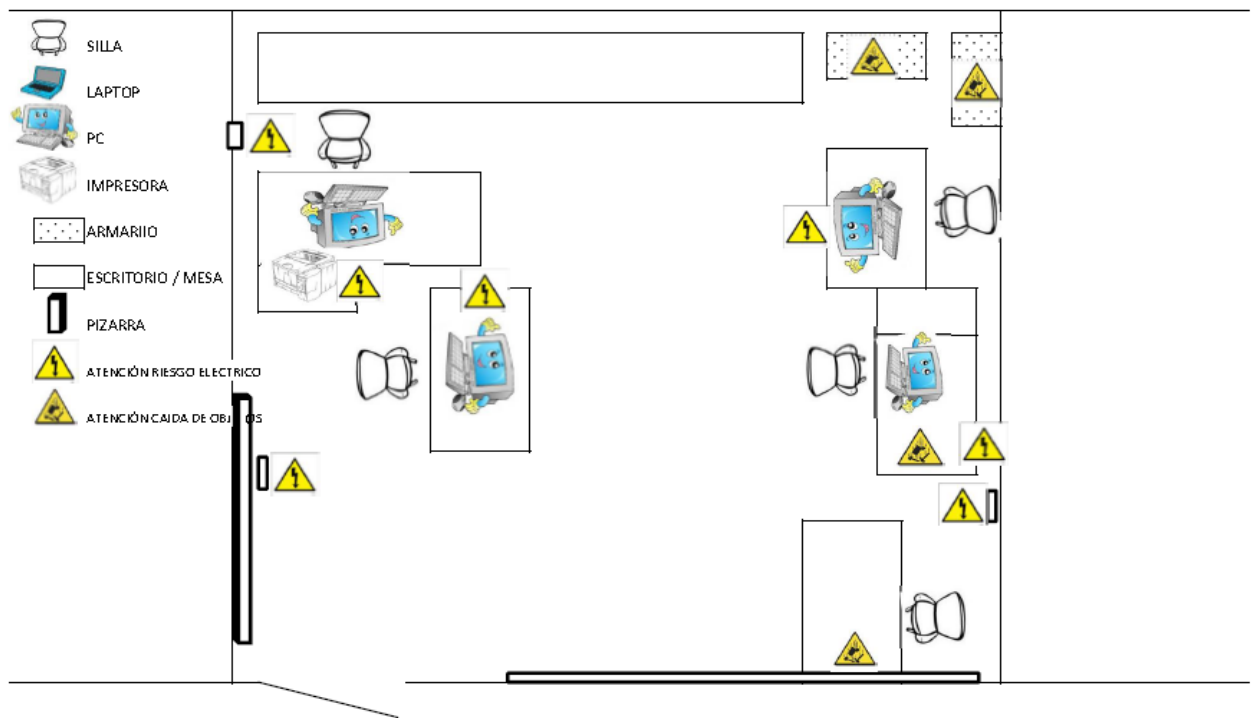


### 4.11.2.11. Calibración de producto final y despacho





### 4.11.2.12. Oficina de Control de Calidad

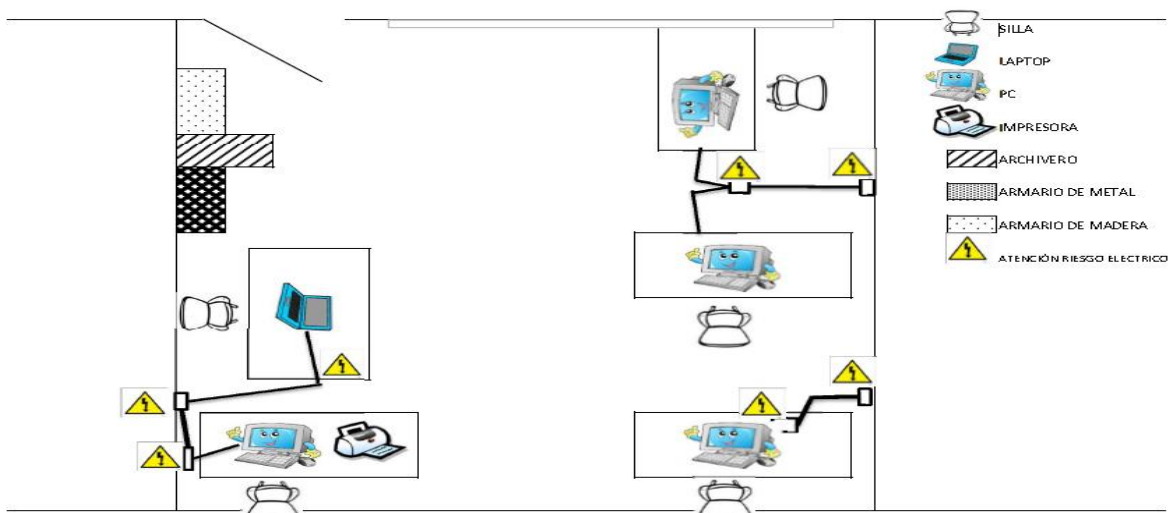


PASADIZO NORTE DE PPRR

**LABORATORIO N°04: MAPA DE RIESGO**

ELABORADO POR : MSc ROBERTO C. SH. KOGA FUKUHARA  
AÑO: ABRIL 2014

### 4.11.2.13. Oficina de la Jefatura de Control de Calidad



**LABORATORIO N°05: MAPA DE RIESGO**

ELABORADO POR : MSc ROBERTO C. SH. KOGA FUKUHARA  
AÑO: ABRIL 2014

#### **4.12. IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA EN LA MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE $^{131}\text{I}$ EN TIROIDES EN TOE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS.**

En esta sección se presenta el desarrollo de la evaluación debido a la incorporación de  $^{131}\text{I}$  en tiroides de Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE) de una Planta de Producción de Radioisótopos mediante la medición in vivo. Se establecieron procedimientos para el control ocupacional de los TOE, incluyendo verificaciones intermedias y la calibración de los equipos utilizados de acuerdo con las normas NTP ISO/IEC 17025:2006

##### **4.12.1. Antecedentes**

La misión ORPAS (Servicio de Evaluación de la Protección Radiológica Ocupacional) del OIEA formuló, en septiembre del 2014, recomendaciones para realizar mejoras en el programa de monitoreo destinado a evaluar la incorporaciones de los TOE, uso de registros digitales y adecuación del sistema de gestión de la calidad basado en la ISO/IEC 17025. En este reporte se describe la implementación de las recomendaciones indicadas

##### **4.12.2. Implementación del Sistema de Gestión**

Se elaboraron los procedimientos desde la etapa de solicitud del área usuaria hasta el reporte de los resultados, aplicando el modelo de gestión de procesos, el cual se define como una secuencia ordenadas y lógicas de las actividades del servicio solicitado por el cliente interno (Oficial de Radioprotección de la Planta de Producción) al laboratorio de Dosimetría Interna, activando una series de operaciones y acciones de manera dinámica y planificada (Kudlulovich S.; Hernandez R.; Nader A., 2014);. Reportando los resultados del servicio solicitado. Este tipo de modelo es muy útil para la aplicación de medidas correctivas o mejora continua del servicio.

Inicialmente, se identificó y definió el proceso acorde a la realidad o grupo de interés, para ellos se debe conocer las necesidades del cliente interno, describir paso a paso el proceso con un nivel de detalle necesario e incluir las medidas y controles necesarios.

Con esa finalidad se realizaron estudios de los resultados obtenidos, detectando las áreas susceptibles de mejoras y se realizaron las modificaciones, diseñando y aplicando los cambios necesarios (mejora continua), para realizar una reingeniería al proceso de análisis de incorporación de  $^{131}\text{I}$  a los TOE de la PPRR, basando estas mejoras mediante el enfoque de procesos (Sistema Gestión de Calidad ISO 9001:2015).

Las mejoras consistieron en: Registro adecuado de los TOE, mejora en los protocolos de: medición in vivo e in vitro, calibración de equipos, procedimiento para control de calidad de las mediciones (intercomparaciones), registro y entrega de resultados.

Para este objetivo se identificaron tres fases importantes del proceso:

### **Fase 1, Coordinación**

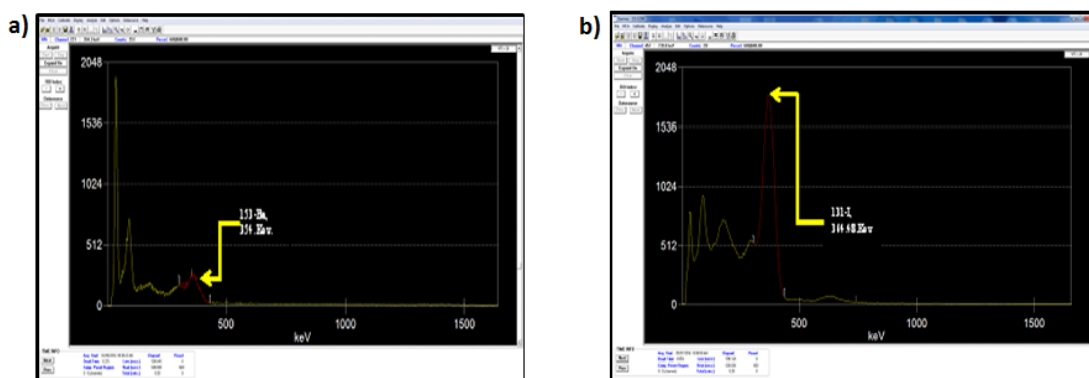
“Donde se inicia el proceso, en el cual el Oficial de Radioprotección mediante una comunicación electrónica envía al Laboratorio de Dosimetría Interna con la relación de los TOE’s que han participado en la producción del radiofármaco; dentro de las 24 de haber recibido esta comunicación, el Laboratorio de Dosimetría Interna elabora el cronograma y es enviada al Oficial de Radioprotección”. (Koga R., Defilippi L., Jara R. y Osos J., 2015, p.25.).

### **Fase 2, Acondicionamiento**

“El equipo captador de tiroides marca Camberra con el sistema integrado digital de espectrometría gamma, Inspector 2000, es sometido a las verificaciones del fondo instrumental, fondo de análisis, verificación intermedia del captador de tiroides, utilizando el patrón  $^{133}\text{Ba}$  certificado, el control de calidad, y con una solución de  $^{131}\text{I}$

localizamos la zona de identificación de esta radioisótopo y registros correspondientes, como se muestra en la Figura 35”. (Koga R., Defilippi L., Jara R. y Osore J., 2015, p.25.).

**Figura 35.** a). Calibración del equipo, se observa el espectro del patrón de  $^{133}\text{Ba}$ , con el programa de adquisición de espectro Genie-2000. b). Espectro de la solución de  $^{131}\text{I}$ , con el programa de adquisición de espectro Genie-2000.



### Fase 3, Evaluación

“Antes de la lectura in vivo se realiza la evaluación de contaminación externa del TOE, utilizando un monitor de contaminación superficial marca Technical Associates, modelo TBM-3. Luego si el TOE no registra nivel de contaminación superficial se inicia el procedimiento para la lectura in vivo de incorporación de  $^{131}\text{I}$  en glándula tiroides”. (Koga R., Defilippi L., Jara R. y Osore J., 2015, p.25.).

“Para la lectura in vivo, el detector se coloca a la altura del cuello del personal (Figura 31) y se inicia el programa de adquisición por espectrometría gamma usando un equipo Genie-2000, el cual realiza la adquisición y análisis de los datos, como se muestra en la Figura 2. Asimismo, se mantiene un historial individual por cada trabajador, y los resultados de incorporación semanal son reportados vía electrónica al Oficial de Radioprotección de la PPRR y jefaturas involucradas para la toma decisiones”. (Koga R., Defilippi L., Jara R. y Osore J., 2015, p.25.).

**Figura. N°36:** Medición “In Vivo”, de incorporación de  $^{131}\text{I}$  en tiroides  
(Fuente: Laboratorio de Dosimetría Interna - 2017 - IPEN)



**Fig. N°37:** Fase 1 (coordinación) y 2 (acondicionamiento) del Proceso análisis de Incorporación de  $^{131}\text{I}$  en TOE's de la PPRR. (Fuente: Elaborado por el autor)

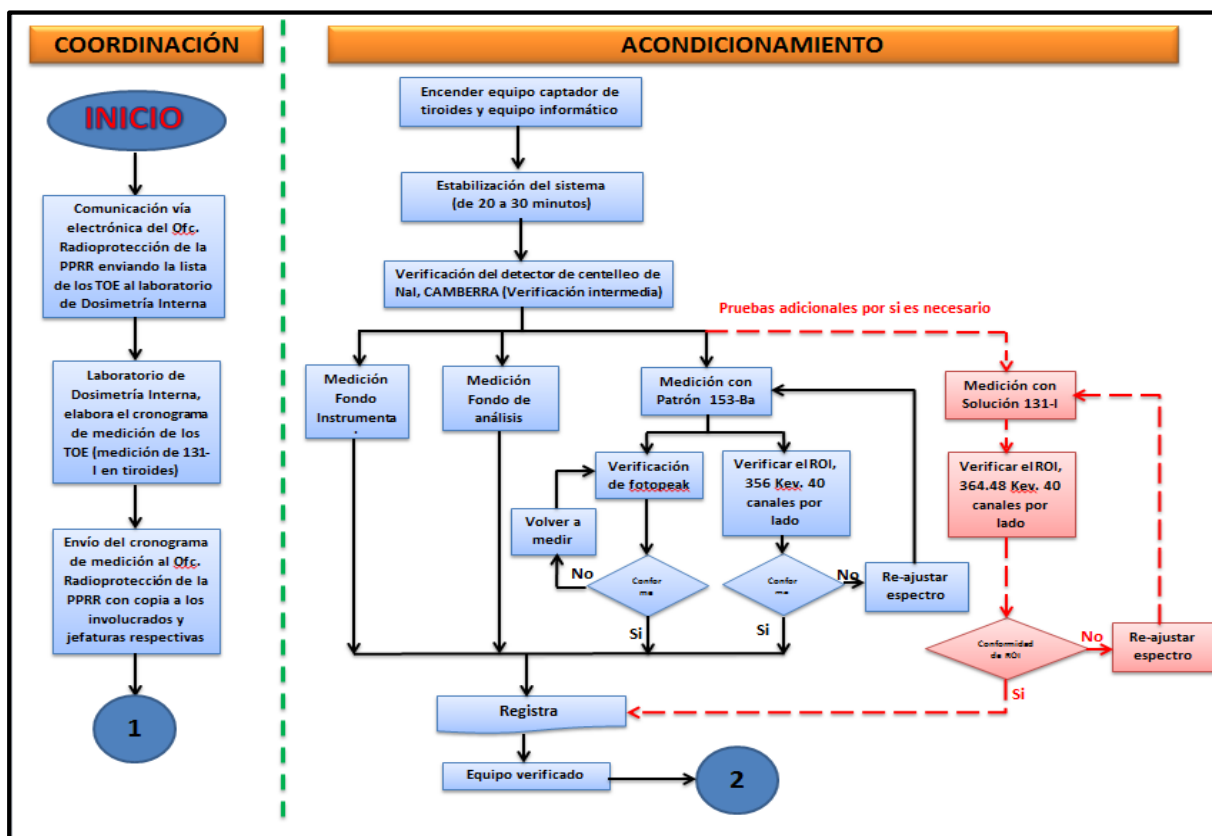
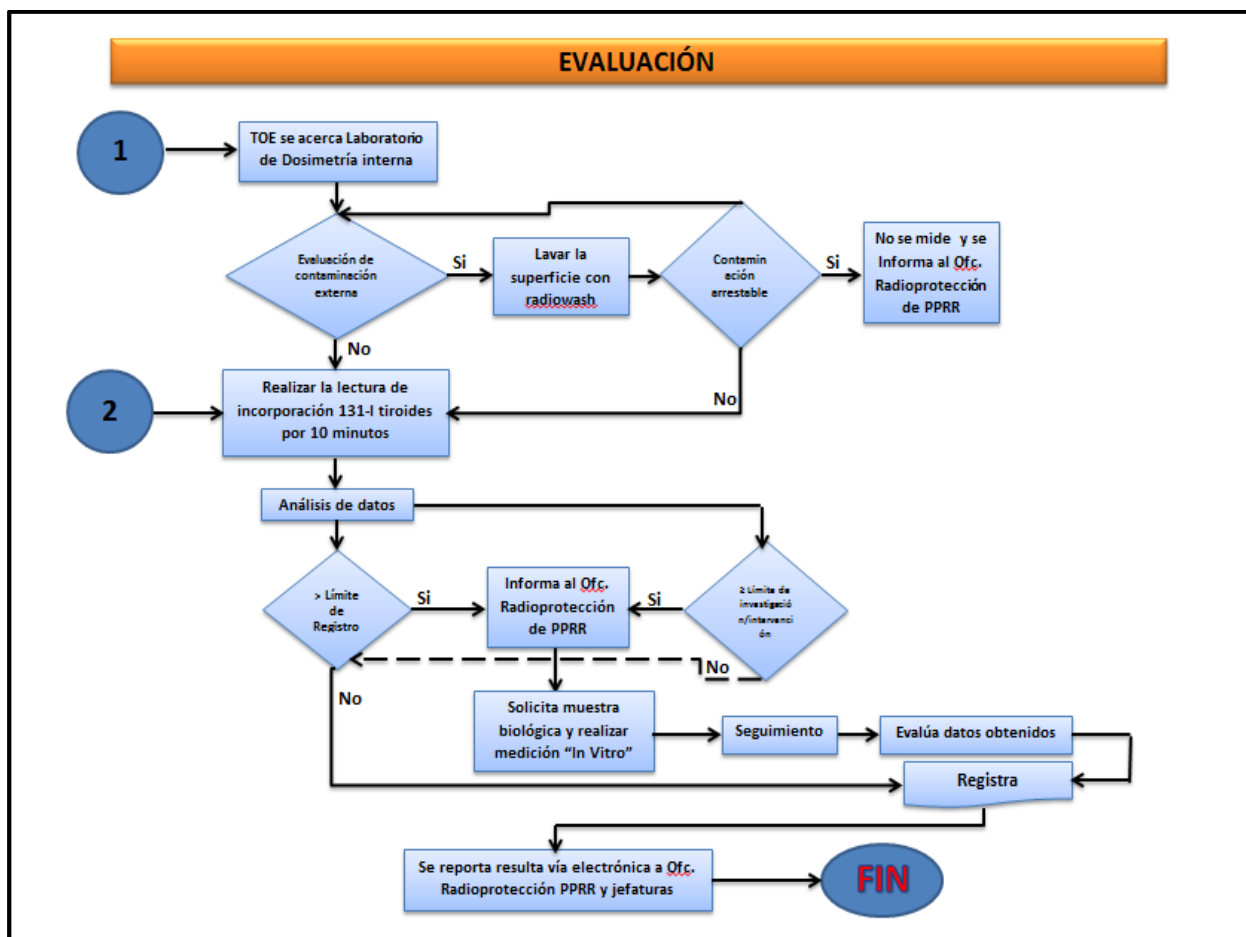


Fig. N°.38: Fase 1 (coordinación) y 2 (acondicionamiento) del Proceso análisis de Incorporación de  $^{131}\text{I}$  en TOE's de la PPRR. (Fuente: Elaborado por el autor)



### 4.12.3. Implementación, calibración y validación de las mediciones *in vitro*, *in vivo* e historial dosimetría interna a los TOE.

#### 4.12.3.1. Medición “*in vitro*”

Con esta técnica se determina la concentración de elementos radiactivos en muestras biológicas, comprobando la incorporación de estos elementos en el organismo.

Las principales fuentes de datos para el bioanálisis normalmente son las heces, orina, sangre y otras fuentes alternas son dientes, fosas nasales, cabellos. Todo



depende del tipo de elemento radiactivo que se halla incorporado. Debido a que cada elemento tiene un comportamiento específico dentro del cuerpo humano, este tipo de análisis es utilizado para realizar el seguimiento radiológico de personal que haya incorporado material radiactivo, en respuesta a un incidente, accidente o emergencia radiológica.

Para el caso de análisis “in vitro” de  $^{131}\text{I}$ , se utiliza como fuente biológica principal, muestras de orina debido a la biocinética de este elemento que después de las 24 horas, contiene la mayor cantidad de concentración de este elemento radiactivo que es excretada por el organismo. A excreción urinaria promedio de un hombre es de 1,6 L y la de una mujer de 1,4 L, según el boletín de la ICRP, 2003.

Este tipo de análisis cualitativo y cuantitativo se determina a través de la adquisición de datos por medio de detectores de Yoduro de Sodio de tipo pozo (fig. N°34), y a través de un programa de un analizador espectrofotométrico gamma podemos obtener resultados de los análisis realizados.

Para este tipo de análisis de muestras biológicas se utiliza como sistema de adquisición y análisis de datos el software GENIE 2000 3,0; y para poder validar la metodología de análisis, en febrero del 2016 se tuvo la oportunidad de participar en el ejercicio internacional de la red de emergencia laboratorios de bioensayos de radionucleídos.

Este ejercicio fue conducido por el Organismo Mundial de la Salud (OMS), Laboratorio de Radiación de Emergencia Médica contando con la asesoría del Organismos de Energía Atómica (OIEA) y con la participación de 18 laboratorios de nivel mundial; y por parte de Latinoamérica participo Comisión Nacional de Energía Nuclear de Brasil y el Instituto Peruano de Energía Nuclear a través del Laboratorio de Dosimetría Interna.

Ejercicio consistió evaluar la capacidad de analizar 250mL de una muestra biológica (orina), tomado como premisa que esta muestra viene de una zona que ha ocurrido un accidente en una planta nuclear (Chernóbil o Fukushima). Esta muestra biológica fue enviada proveniente del Instituto de salud de Ottawa- Canadá; Institución encargada de recopilar y procesar la información de estos ensayos.

En el Laboratorio Dosimetría Interna del Instituto Peruano de Energía Nuclear se procedió a realizar los procesos para la identificación del elemento de radiactivo que contenía la muestra biológica, pudiendo identificar que el material biológico identificado era el Cesio -137 ( $^{137}\text{Cs}$ ).

Este tipo de material son producidas por la fisión del uranio en las barras de combustibles durante el normal funcionamiento de los reactores nucleares y al momento de haber un accidente nuclear estos elementos salen al medio ambiente y puede ingresar al cuerpo humano a través de la inhalación de aire contaminado principalmente o por la ingesta de alimentos contaminados por este radioisótopo. Una vez que el  $^{137}\text{Cs}$  y llega al sistema circulatorio esta se disemina por todo el organismo; una fracción importante de este elemento son eliminadas a través de la orina (principalmente) y heces, fracción que no es eliminada por las características bioquímicas del elemento se aloja principalmente en los músculos y en menor porcentaje en los huesos, con una vida media biológica de 50 días; siendo este muy toxico para el organismo y la probabilidad de general algún tipo de cáncer de estómago, pulmón, mama, recto, medula ósea y del sistema linfático es elevada, y en caso de mujeres embarazadas pueden llegar a desarrollar niños con capacidades mentales limitadas.

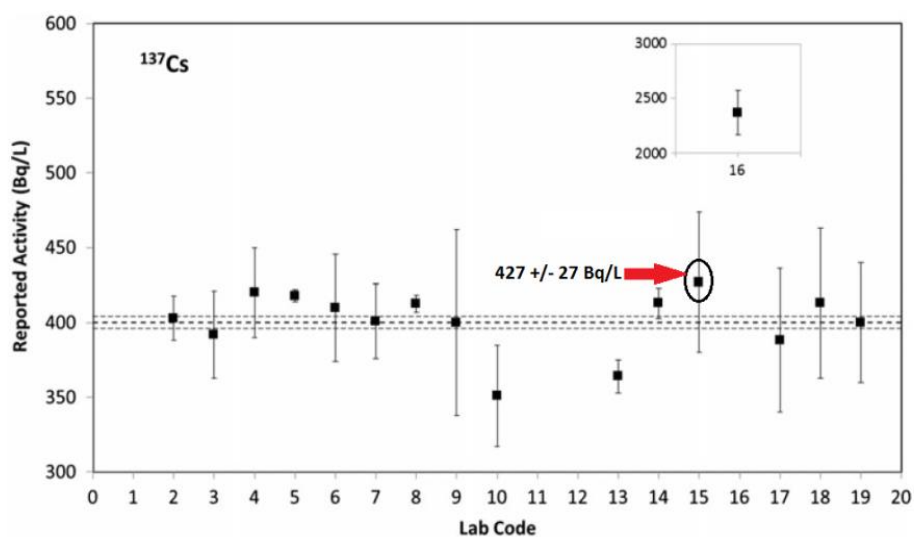
Los resultados obtenidos fue de  $427 \pm 27$  Bq/L; (Figura. N°40) valores muy similares a los reportados con otros 14 laboratorios que participaron a nivel

mundial y las pequeñas diferencias de los resultados se deben a los volúmenes utilizados para realizar los ensayos reportado por Li C., et al., (2016). en la publicación GHSI Emergency Radionuclide Bioassay Laboratory NETWORK Summary of the Second Exercise, en la revista especializada de Radiation Protection Dosimetry.

**Figura. N°39:** Medición “In Vitro”, muestra biológica de  $^{131}\text{I}$  en tiroides (Fuente: Laboratorio de Dosimetría Interna del IPEN)



**Figura. N°40:** Distribución del reporte de resultados para  $^{137}\text{Cs}$  (Nivel de confianza del 95%).



#### 4.12.3.2. Medición “*in vivo*”

La utilización de esta técnica consiste en la determinación cualitativa y cuantitativa de una sustancia radiactiva depositada en dentro del organismo y a través de forma directa en el cuerpo humano.

El criterio de realizar monitoreo individual de los TOE's se encuentra descrito en documento Safety Guide RSG 1.2 del OIEA (1979), en el documento menciona que aquellos trabajadores que manipulan cantidades considerables de material radiactivo y expuestos a fuentes abiertas como es el caso del  $^{131}\text{I}$ , deben tener una vigilancia rutinaria de contaminación interna.

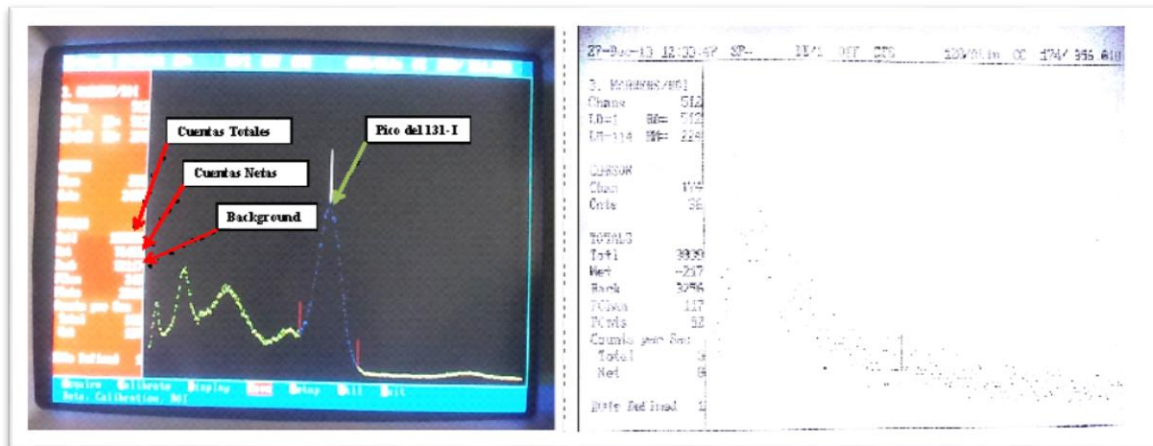
Desde inicios de la década de los 90, en Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) a través de su Planta de Producción de Radioisótopos (PPRR), inicia sus actividades de comercialización de diferentes radiofármacos destinados para su utilización en la Medicina Nuclear, entre esos productos se encuentra el  $^{131}\text{I}$ , paralelamente se inicia vigilancia de contaminación interna de los TOE's.

Para esta vigilancia se utilizaba un detector de Yoduro de Sodio “NaI(Ti)”, colocando el detector por debajo del cuello y con a distancia aproximada de 20cm del cuello al detector de Yoduro de sodio (Figura. N°36); y se realizaba la adquisición a través del programa de adquisición de datos ACCUSPECT, el cual trabajaba bajo el entorno del sistema operativo MS-DOS, PC 386, cálculos de actividad y dosis interna se realizan manualmente y con una capacidad muy limitada para archivar datos. (Figura. N°41)

Es así que para mediados del 2015, se desarrolló una nueva técnica de análisis con la finalidad de mejorar, optimizar y armonizar la adquisición de datos adaptando la metodología de análisis acorde con las sugerencias realizadas por los expertos del

OIEA y la ISO/IEC 17025 “Sistema de gestión de calidad para laboratorios de ensayos y calibraciones”.

**Figura. N°41:** Espectrometría Gamma del <sup>131</sup>I, adquirido con el software AccuSpect, bajo sistema MS-DOS y el reporte de medición



Para esta nueva técnica se utiliza un sistema integrado digital espectrometría Inspector 2000 Canberra y el programa analizador gamma análisis GENIE 2000 3.0.

Con el desarrollo de esta nueva técnica, el cual consistió en programar la secuencia de análisis con la ayuda de patrón de <sup>133</sup>Ba, Se calculó el factor de eficiencia con su incertidumbre, la actividad equivalente del <sup>131</sup>I que haya incorpora el TOE, mejorando la adquisición de datos con el método antiguo la actividad mínima detectable (AMD) era de 200 Bequerelios (Bq), con esta nueva técnica podemos un AMD de 3,0Bq, mejorando la eficiencia de lectura en aproximadamente 250%.

Una vez obtenida la actividad equivalente en bequerelios (Bq), se calcula la incorporación (I) a través de la siguiente formula:

$$I = \frac{M}{m(t)}$$

Dónde:

**M** : Actividad calculada en Bequerelios (Bq), obtenido a través del programa Genie 2000 3.0

**m(t)** : Valor de la fracción de retención o excreción después de la incorporación de 1 Bq del radionucleído por inhalación o ingestión. (Anexo tablas N°2)

Luego se calcula Dosis efectiva comprometida “e(50)”, por intermedio de la siguiente formula:

$$E(50) = I(Bq) \times e(50) \left( \frac{Sv}{Bq} \right) \times 1000$$

Donde:

*I* : Actividad Incorporada (Bq)

*e(50)* : Factor de conversión de dosis (Sv/Bq), para el caso de  $^{131}I_{(inh)}$  es:  $1,98 \times 10^{-8}$

Y de esta manera obtenemos la dosis de radiación que el TOE ha incorporado en la glándula Tiroides.

Se mejorando la presentación de los informes de los resultados de los análisis el cual aparece el nombre del TOE, descripción de la actividad que ha desarrollado, identificación de la muestra, fecha de adquisición de datos, el tiempo de análisis, identificación del radionucleído, actividad (Bq), AMD , el cálculo de incertidumbre, dosis efectiva en mili Svierts (mSv) y la espectrometría gamma del radioisótopo  $^{131}I$  a diferencia de los informes antiguos que solo aparecía el número de cuentas radiactivas y se tenía que realizar calculo manuales para obtener la actividad, eficiencia y dosis efectiva. (Figura. N°42)

Otra optimización del seguimiento del monitoreo individual de dosis mensual (Fig. N°43) y acumulada durante los 12 últimos meses (Figura. N°44) de los TOE's, registrando todas la actividad incorporada por encima de la actividad mínima detectable (AMD) por el sistema; así sea la más mínima cada vez que haya intervenido en la producción, de esta manera con estos datos o tendencia podemos informar al personal responsable de la situación y puedan efectuar las medidas preventivas o correctivas según sea el cas



Fig. N°42: Espectrometría Gamma del <sup>131</sup>I, adquirido con el software Genie 2000 3,0 y nuevo informe incorporación de <sup>131</sup>I a TOE.

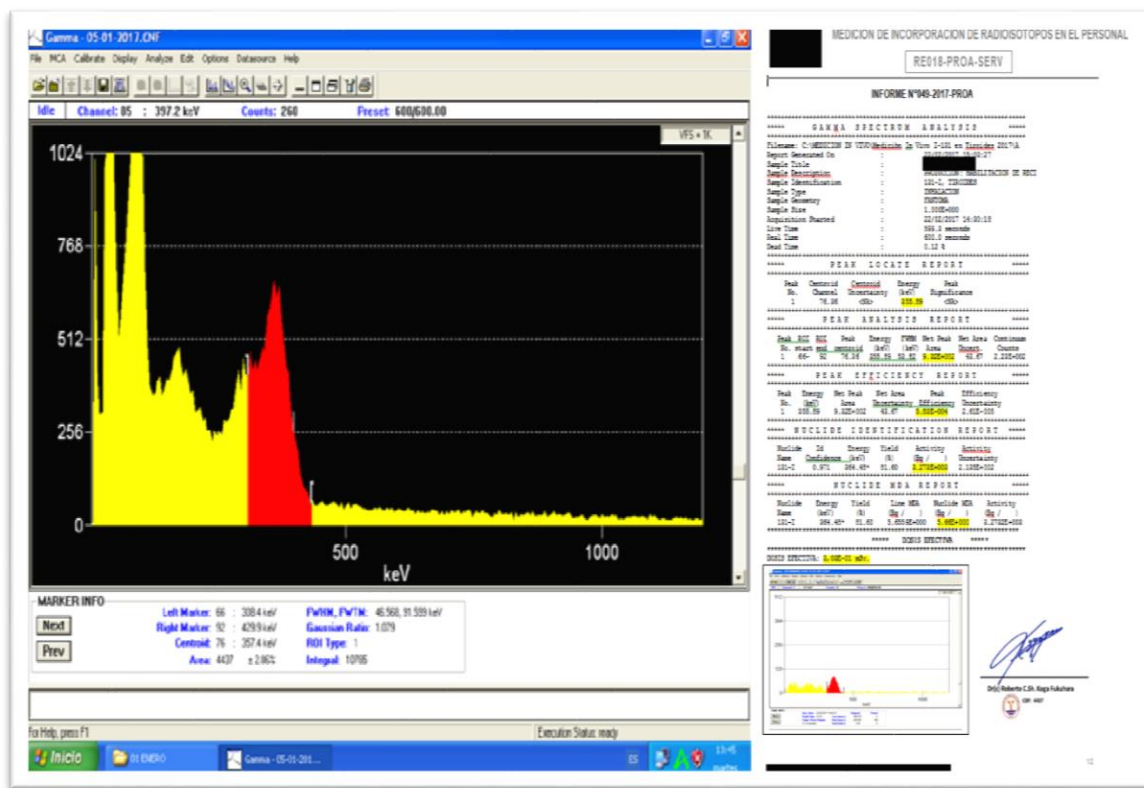
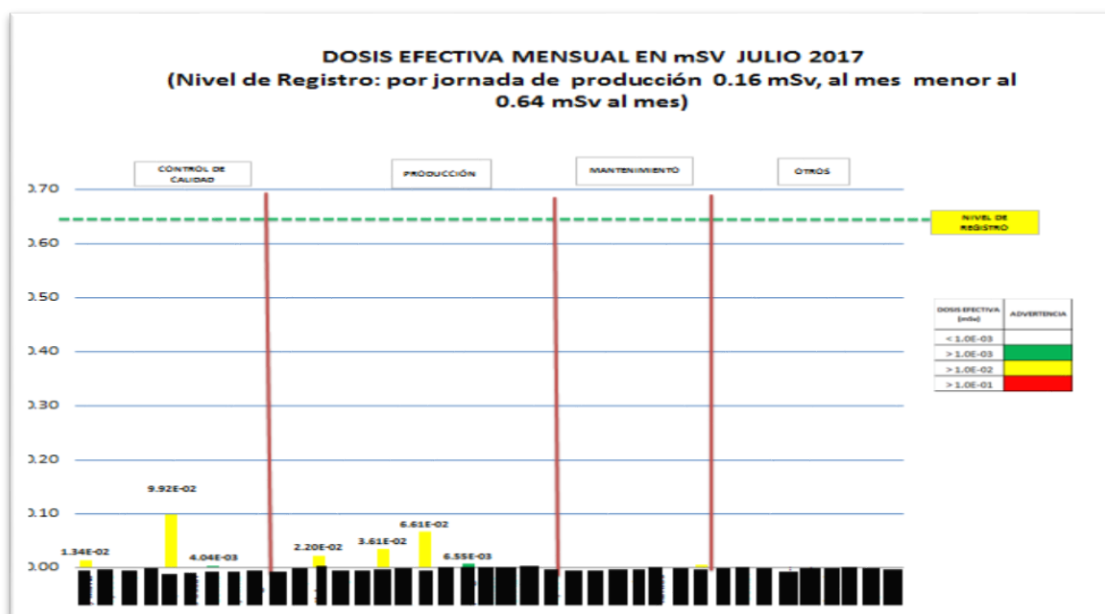
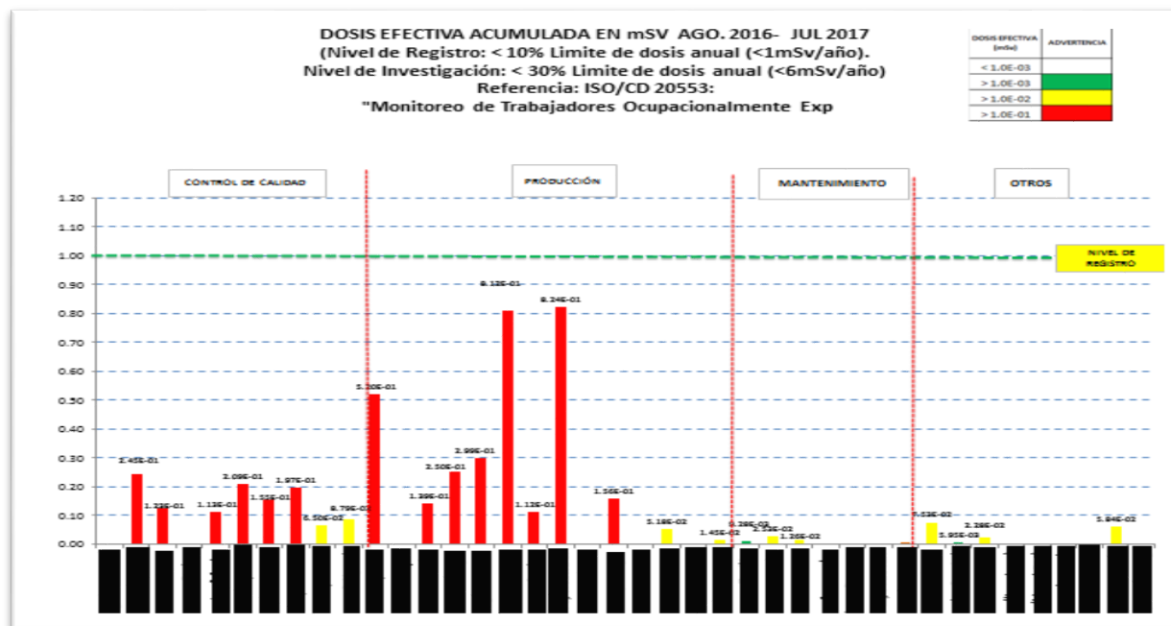


Fig. N°43: Limite mensual de dosis ≤ 0.64 mSv, jornada de 8 horas/sem., Jul. 2017



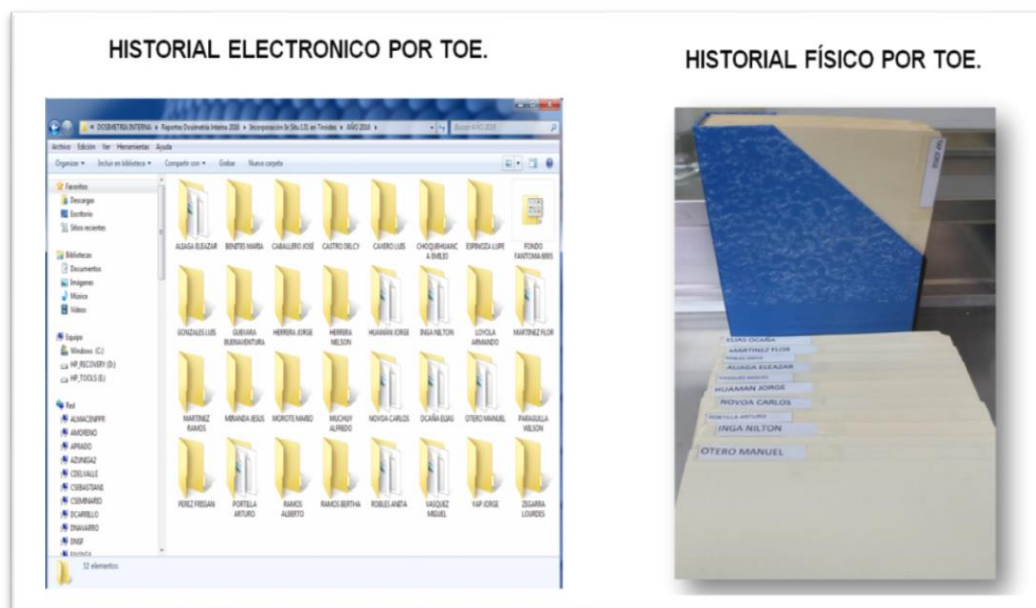
**Fig N°44:** Dosis interna efectiva acumulada (Ago. 2016 a Jul. 2017).



**4.12.3.3. Implemento historial de dosis interna de los TOE**

Se implementó el historial electrónico e historial físico de dosimetría interna por cada trabajador, documento que esta resguardado por el laboratorio, brindando la confidencialidad de los resultados. (Figura. N°45)

**Figura. N°45:** Historial electrónico y físico de los TOE's.



**Tabla N°9:** Variaciones realizadas al sistema de medición *in vivo* de la incorporación de <sup>131</sup>I en la glándula tiroides de los TOE's.

<b>HASTA EL 2015</b>	<b>ACTUALIDAD (Inicios de 2016)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software utilizado AccuSpect</li> <li>• Sistema Operativo MS-DOS</li> <li>• Cálculos de Actividad forma manual</li> <li>• Conservación de datos limitada, entorno MS-DOS.</li> <li>• Resultados a los 30 días.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software utilizado GENIE 2000 3.0</li> <li>• Sistema Operativo Windows XP y 10.</li> <li>• Cálculo de actividad a través del GENIE 2000 3.0.</li> <li>• Optimización la sensibilidad de adquisición de datos &gt; 250% con respecto al sistema anterior.</li> <li>• Implemento la verificación intermedia de sistema de análisis (calibración del sistema), antes de cada medición.</li> <li>• Mejoras en la conservación de datos, formato de incorporación, registros electrónicos e historial dosimétrico de los TOE's, como lo recomienda la ISO/IEC 17025:2006</li> <li>• Emisión a las 48 horas.</li> <li>• Optimización en el seguimiento de la dosis interna individual de los TOE's y de la dosis acumulada durante los 12 últimos meses.</li> <li>• Implementación del historial de incorporaciones de dosis TOE (digital y físico).</li> <li>• Registro del control de verificación intermedia, cálculo manual y automatizado del factor de calibración del <sup>131</sup>I en tiroides.</li> <li>• Elaboración de un flujograma de proceso identificando las diferentes fases de la coordinación, control, análisis y evaluación del proceso.</li> <li>• Mejoras en la toma de decisiones: Medidas preventivas y/o correctivas.</li> </ul>

#### **4.13. ESTUDIO Y ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA DOSIS RECIBIDA POR LOS TOE QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCION DEL RADIOFARMACO <sup>131</sup>I**

Con la finalidad de elaborar un adecuado modelos de control para prevenir y/o mitigar las consecuencias de los efectos estocásticos de las radiaciones es necesario realizar

análisis de las dosis recibidas por el personal y se debe tener en cuenta que actividad realizada.

La información se obtuvo a través de la recopilación de lecturas de Dosis de Incorporación de <sup>131</sup>I de los TOE's, para ello se clasifica a los trabajadores en 2 grupos principales: Control de Calidad (Tabla N°7 y Producción de Radiofármaco (Tabla N°8), que comprende los periodos 2015, 2016 y primer semestre del 2017.

Una vez obtenida la data de cada grupo de trabajo, se realiza el análisis de varianza (ANOVA) de un factor de esta manera contrastamos de forma cuantitativa si existe diferencia entre las diferentes las medias de dosis obtenidas por los mensualmente entre los periodos 2015, 2016 y primer semestre del 2017 entre los operadores de producción y entre el personal de control de calidad a través del siguiente postulado:

- I. **H<sub>0</sub>**: No existe diferencia significativa de adsorción de dosis de radiación ionizante en los trabajadores ocupacionalmente expuestos que realizan la misma actividad laboral,
- II. **H<sub>a</sub>**: Existe diferencia significativa de adsorción de dosis de radiación ionizante en los trabajadores ocupacionalmente expuestos que realizan la misma actividad laboral.

Teniendo como resultados en ambos grupos labores, existen diferencias estadísticamente significativas de que el nivel de dosis entre los trabajadores de control de calidad (Tabla N°9) y operadores de producción de radiofármacos (Tabla n°10) son diferentes, realizan la misma actividad laboral, sin embargo la dosis de radiación que absorben es diferente, por lo que podemos demostrar que el trabajo no está estandarizado en ambos grupos laborales.

**Tabla N°10:** Dosis Efectiva en mSv. de los Trabajadores de Control de Calidad de la Planta de Producción de Radioisótopos, Periodo 2015, 2016, primer semestre 2017.

		CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7	CC8	CC9	CC10
2015	Enero		0.000	0.070	0.360	0.000				0.000	
	Febrero		0.000	0.000		0.000		0.000			
	Marzo	0.000	0.000	0.000		0.000		0.000			
	Abril	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000			
	Mayo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000		0.000	
	Junio	0.000	0.000			0.000		0.000			
	Julio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000		0.000	
	Agosto	0.000	0.000	0.000				0.000			
	Setiembre	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000			0.000
	Octubre	0.000	0.000	0.050		0.000		0.000			0.000
	Noviembre		0.000	0.000	0.120	0.000		0.000		0.000	
	Diciembre		0.000	0.000		0.000				0.000	
2016	Enero	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000			
	Febrero		0.000	0.000	0.000	0.000		0.000			
	Marzo	0.000		0.020			0.000		0.000		0.000
	Abril	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	Mayo	0.000	0.000	0.000		0.000		0.500			0.000
	Junio		0.000	0.009		0.000	0.000	0.000			0.000
	Julio		0.019	0.017		0.000		0.250			0.020
	Agosto		0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.650		
	Setiembre		0.000	0.000				0.000			
	Octubre		0.000	0.030		0.000	0.000	0.000			0.020
	Noviembre		0.040	0.000		0.020	0.020	0.000			0.020
	Diciembre		0.001	0.000		0.000	0.000	0.040		0.000	0.000
2017	Enero		0.037			0.000	0.000	0.016		0.000	0.000
	Febrero		0.003	0.031		0.024		0.032		0.105	
	Marzo		0.015	0.015		0.025	0.008	0.006		0.050	
	Abril		0.000	0.000		0.002	0.010	0.010		0.000	0.000
	Mayo		0.096	0.046		0.026	0.049	0.044			0.048
	Junio		0.040	0.001		0.026	0.023	0.021			
	Julio	0.000	0.013			0.017	0.099	0.004			

**Tabla N°11:** Dosis Efectiva en mSv. de los Trabajadores de Producción de Radiofármacos de la Planta de Producción de Radioisótopos, Periodo 2015, 2016, primer semestre 2017.

		OP1	OP2	OP3	OP4	OP5
2015	Enero	0.00		0.00	0.04	
	Febrero	0.00	0.00		0.00	
	Marzo		0.03	0.00	0.08	0.00
	Abril	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	Mayo	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04
	Junio		0.07			
	Julio	0.00	0.00	0.04	0.09	0.03
	Agosto			0.06	0.15	
	Setiembre	0.00		0.00	0.00	0.00
	Octubre	0.08	0.10	0.00		0.26
	Noviembre	0.06		0.05		0.11
	Diciembre		0.03		0.02	0.00
2016	Enero		0.000	0.060	0.050	0.000
	Febrero		0.000	0.000		0.000
	Marzo		0.000	0.000	0.150	0.060
	Abril	0.000	0.000	0.042	0.000	
	Mayo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.152
	Junio	0.000	0.104	0.000	0.000	0.000
	Julio	0.000		0.025	0.026	0.000
	Agosto	0.034	0.000	0.027	0.044	
	Setiembre		0.000	0.000	0.000	0.000
	Octubre	0.090		0.000		0.000
	Noviembre	0.000	0.040	0.000	0.210	0.030
	Diciembre	0.000		0.040	0.005	0.003
2017	Enero	0.000	0.081	0.005	0.008	0.194
	Febrero	0.066	0.043	0.038	0.374	0.208
	Marzo	0.049	0.000	0.040	0.070	0.133
	Abril	0.082	0.016		0.000	0.030
	Mayo	0.174	0.071	0.085	0.065	0.075
	Junio	0.025	0.000	0.016		0.085
	Julio	0.014	0.000		0.036	0.066

**Tabla N°12:** Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor para Dosis Efectiva en mSv. de los Trabajadores de Control de Calidad de la Planta de Producción de Radioisótopos, Periodo 2015, 2016, primer semestre 2017.

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
CC1	13.000	0.000	0.000	0.000		
CC2	30.000	0.264	0.009	0.000		
CC3	28.000	0.289	0.010	0.000		
CC4	8.000	0.480	0.060	0.016		
CC5	13.000	0.140	0.005	0.000		
CC6	13.000	0.209	0.016	0.001		
CC7	28.000	0.923	0.033	0.011		
CC8	3.000	0.650	0.217	0.141		
CC9	10.000	0.155	0.015	0.001		
CC10	13.000	0.108	0.008	0.000		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.153	9.000	0.017	3.813	0.000	1.937
Dentro de los grupos	0.732	164.000	0.004			
Total	0.885	173.000				

**Tabla N°13:** Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor para Dosis Efectiva en mSv. de los Trabajadores de Producción de Radiofármacos de la Planta de Producción de Radioisótopos, Periodo 2015, 2016, primer semestre 2017.

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
OP1	23.000	0.674	0.029	0.002		
OP2	24.000	0.585	0.024	0.001		
OP3	26.000	0.528	0.020	0.001		
OP4	25.000	1.458	0.058	0.007		
OP5	25.000	1.476	0.059	0.006		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.036	4.000	0.009	2.598	0.040	2.449
Dentro de los grupos	0.405	118.000	0.003			
Total	0.441	122.000				



#### **4.14. ANALISIS DE LAS CAUSAS POR LA DIFERENCIA DE DOSIS ENTRE LOS TOE**

Unas de las principales causas de la diferencia de dosis de radiación que absorben el personal involucrado en la producción de los radiofármacos se deben como la principal, los aspectos personales propios de cada operador. Donde la falta de interiorización de la cultura de seguridad y prevención se debe inicialmente a que existe una resistencia a los cambios, basándose en la amplia experiencia que tiene cada operador, el exceso de confianza y al característico dicho: “aquí nunca paso nada”. Este es el principal paradigma que debemos vencer, en otras palabras es la falta de involucramiento/motivación de los trabajadores.

Temen que los motivos de los cambios se deban: a que se les va recortar sus beneficios; los quieren hacer trabajar de más o simplemente que desean reducir personal y casi nunca se piensa que los cambios que se desean realizar son para su beneficio y bienestar en su salud; debido a que el sistema que se aplica en la mayoría de los lugares de trabajo tienen una política de castigo y busque da culpables.

Para ello se propone realizar como estrategia implementar un sistema de capacitación y de concientización de manera lúdica y entretenida con la finalidad de obtener: el compromiso emocional del personal, mejorar el nivel de conocimientos, reducir la incertidumbre e inseguridad, Buscar apoyos que fomenten la credibilidad, buscar la raíz, No imponer el cambio, alcanzar la situación deseada a través de acciones prácticas y seguras.

Enfocándonos en el reforzamiento de las habilidades blandas y duras de cada colaborador que participa en el procesos productivo. Elaborar procedimientos más prácticos con mayor ayuda gráfica, generar un clima de confianza, descartando el pensamiento del sistema castigador por el sistema de mejora continua, y ver a corto

plazo el recambio generacional de los operadores, donde los operadores de mayor experiencia pasen a tener cargos de tutores para la formación de las nuevas generaciones.

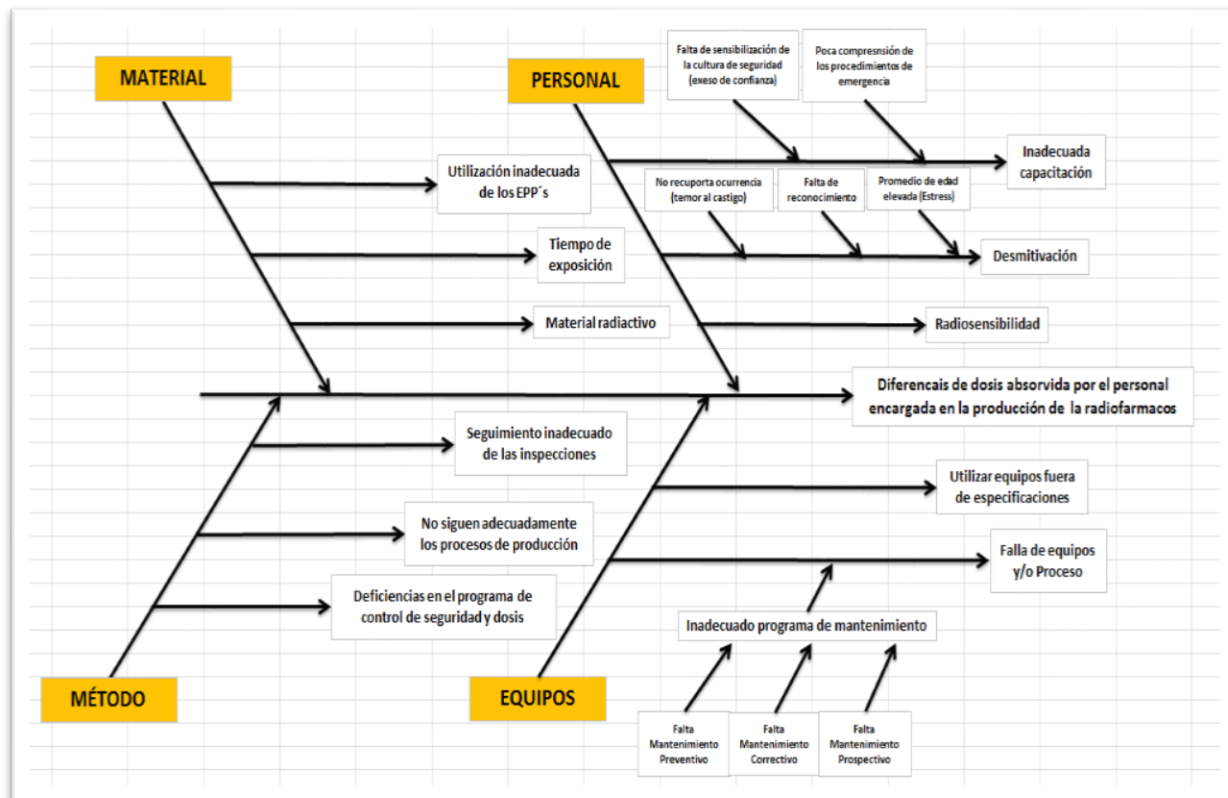
Sin embargo para iniciar estos cambios de mejora y ganar la confianza del personal esta debe estar avalada por los estamentos jerárquicos de la Dirección de Producción y la Planta de Producción de Radioisótopos de manera escrita comprometiéndose a prestar toda la ayuda y recursos con la finalidad de realizar las mejoras y el mantenimiento del sistema en el futuro.

Se debe mejorar la supervisión de dosis de los TOE's por parte de los Oficiales de Radioprotección de la PPRR; teniendo un programa de control de seguridad y absorción de dosis, en la actualidad solo se dedica a transcribir las lecturas de dosis sin ningún análisis situación del operador del porque hay la variabilidad de dosis adsorbida con respecto a unos con otros TOE's , por lo que en este trabajo de investigación se propone un modelo de seguimiento y la aplicación de límites de control acorde con la realidad de la Planta de Producción de Radioisótopos (PPRR), aplicando el pensamiento de ALARA, el cual debemos optimizar la absorción de dosis hasta los niveles más bajo que se pueda obtener y mantener los niveles tan bajos como sea posible.

Uniformizar los procesos y procedimientos de trabajo en el control de calidad y producción de la producción del radiofármaco  $^{131}\text{I}$ , verificar sus mejoras en infraestructura, colocación de señalizaciones de advertencia y el uso adecuados de los Elementos de Protección Personal (EPP) adecuados a la actividad que se desarrolla con la finalidad de mejorar el Sistema de Seguridad de Salud en el Trabajo

Debemos poco a poco inculcar el manejo del mantenimiento prospectivo (reacción proactiva y no reactiva), teniendo como nuevo senderos manejar el pensamiento de la Gestión de Calidad Total a nivel de toda la organización.

Fig. N°46: Grafica de causa – efecto de diferencia de dosis.



## **CAPITULO V:**

### **DISCUSIÓN**

#### **5.1.DISCUSIÓN**

De las referencias bibliográficas consultadas con respecto a las actividades laborales de producción de radioisótopos a nivel región Latinoamérica, los sistemas de seguridad que manejan solo están basados en los principios de la protección radiológica, es decir los efectos de la radiación desde el punto de vista biológicos como: sus efectos determinísticos, estocásticos, medición de dosis absorbida, efectiva o equivalente entre los trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE).

Principalmente se preocupan y/o describen en sus procesos de la producción de los materiales radiactivos teniendo como elementos de protección blindajes, ventilación, telemanipuladores, blindaje para placas, blindaje para residuos sólidos, etc. (Cristini P. et. Al. 2015).

En otra publicación similar (Bravo, et al). Sus indicadores de seguridad solamente era la dosimetría del personal, mantenido la dosis efectiva media en aproximadamente 2,5mSv por año desde 1998 al 2008 y que el 2001 hubo un incremento de dosis debido a un incidente durante el transporte de placas irradiadas desde el reactor a la planta de producción.

Estos sistemas de seguridad solos se preocupan en la contención del material radiactivo en caso de un incidente y/o accidente, pero no tienen una visión de previsión, prevención, promoción de la seguridad ni la protección a los riesgos que este puede causar al trabajador en la actividad laboral.

Es bien conocido que la causa de un incidente y/o accidente laboral se debe a múltiples causas, la mayor parte de esta multicausalidad. En la publicación Rebit D (2014) menciona que la pirámide o triángulo de Heinrich de 1931 dice que el 88% de los incidentes era causado por acciones inseguras por parte de las persona, 10% por condiciones no seguras y 2% por eventos no evitables, siendo el primer estudio realizado con el rigor científico, a partir de ahí se publicaron trabajos de Bird F. o Germain G. llamando este tema como control de daños.

En general dentro de todas las actividades laborales los incidentes y accidentes son causadas por condiciones inseguras (programas de mantenimientos no adecuados, sistema de seguridad ineficaz, condiciones ambientales no seguras, etc.), y en su mayoría de casos se dan por actos inseguros debido la imprudencia del mismo trabajador como por ejemplo utilizar de manera inadecuada los Elementos de Protección Personal (EPP), falta de capacitación y sobre todas las cosas por exceso de confianza al realizar la actividad laboral.

Es por ello que para lograr cambio de forma considerable y poder disminuir los riesgos laborales, muchas empresas han adoptado de manera voluntaria norma OHSAS 18001, norma internacional reconocida y certificable para gestionar la prevención de los riesgos laborales, donde se establecen políticas y compromiso de la empresa en la cual garantiza que todos sus colaboradores ejecuten sus actividades laborales de forma segura y formar personal competente y aplicando todos los medios que estén a su alcance para la toma de conciencia y la importancia de la gestión de prevención de los riesgos dentro del lugar de trabajo Sin embargo esta norma internacional la adoptaban las empresas de forma voluntaria.

En nuestro país el único rubro que tenía implementado este Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), eran las empresas que se dedicaban al rubro de

la minería y petrolífera y esto se debía a que todas estas empresas son corporaciones internacionales y estaban establecidos estos estándares dentro de su política institucional.

En Agosto de 2011 se promulga la ley N°29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”, en dicha ley se menciona los principios de seguridad, política nacional en temas de seguridad y salud en el trabajo. Esta ley exige las pequeñas, medianas o grandes empresas no importando en rubro o actividad laboral que desarrollen deben implementar un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, tomando como base la OHSAS 18001.

Es por ello que gracias a la ley N°29783, fue la justificación adecuada para iniciar la implementación de este sistema de gestión en la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) ; siendo pionero en este campo a nivel regional (Suramérica y el caribe), ampliando los sistema de seguridad no solo con lo que nos exige OIEA o ICRP en los temas de Radioprotección sino dar un paso más adelante, en el tema de prevención de riesgos y evitar la probabilidad de desarrollo de enfermedades ocupacionales, teniendo como compromiso de la alta dirección del IPEN a través de su política de seguridad y salud en el trabajo.

Se inició este trabajo de investigación con un diagnóstico de organización de la PPR, observando dentro del organigrama organizacional y funcional, con respecto al tema de seguridad en la actualidad está bajo responsabilidad de los oficiales de radioprotección, el inconveniente observado se debe a que los oficiales de radioprotección tienen una visión sesgada del escenario laboral dedicándose solamente a la monitorización radiactiva de las áreas de trabajo, embalaje y transporte del material radiactivo, monitorear al trabajador evitando la sobre exposición del personal frente al material radiactivo.



Por lo que se sugiere crear una división de seguridad e higiene industrial el cual tenga como principal objetivo salvaguardar la vida y preservar la salud e integridad física, biológica y mental de los TOE con una visión macro de las situaciones con esta nueva división se ampliaría en la visión y campo de acción en temas de seguridad, así mismo se propone la creación de manera formal de las brigadas contra incendio y de primeros auxilios.

Se realizó la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y sus Controles (IPERC) por actividad de trabajo, principalmente con los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE) al material radiactivo (radiofármaco), que por naturaleza de sus actividades estos riesgos no se pueden eliminar pero si mitigar (personal de producción y control de calidad). También se elaboró de mapas de riesgos de los principales laboratorios de la PPRR, siendo estas una representación gráfica de los eventuales peligros que puede encontrar en los diferentes ambientes de trabajo.

Otro punto que se debe tener en cuenta que para plantear los objetivos a corto y mediano en los temas de Gestión de Seguridad e Higiene Industrial bajo el concepto “SMART” (Specific – Measurable – Attainable – Realistic – Timely), en otras palabra lo que quiere decir que: Los objetivos deben estar bien definidos, los cuales deben ser cuantificables o medibles con metas alcanzables y realista en un tiempo determinado.

Se ha elaborado un procedimiento a seguir dependiendo el tipo accidente, en este documento lo resaltante es que está integrado el manejo del accidente frente a elementos radiactivos como la contaminación externa o interna y un procedimiento de investigación de incidente y/o accidente.

Con respecto al campo técnico, se modernizo e implementó un nuevo sistema de medición y evaluación de incorporación ”*in vivo*” (medición directa) de <sup>131</sup>I en tiroides de los TOE sistema que se venía trabajando desde inicios de la década de los 80,

teniendo en cuenta las recomendaciones realizadas por la Misión ORPAS de OIEA (Kodlulovich S., Hernández R., Nadre A. 2014). Implementando la verificaciones intermedias (calibraciones) del equipo de medición captador radiactivo en tiroides a través de un patrón certificado de  $^{133}\text{Ba}$  y el registros de información acorde con la ISO/IEC 17025:2006, y es así que a partir del año 2016 se modernización del sistema de medición “*in vivo*” reemplazando el software AccuSpect que trabaja bajo el sistema operativo MS-DOS, por el software GENIE 2000 3.0, con sistema operativo Windows XP y Windows 10; mejorando considerablemente la sensibilidad de adquisición de datos, la conservación de datos, creación de un historial de cada TOE, reduciendo la emisión de resultados de 30 días a 48 horas, lo cual lleva a mejoras y medidas oportunas de toma de decisiones sin irrogar gastos de inversión de este nuevo sistema a la institución.

Se validó el ensayo de medición “*in vitro*” (medición indirecta) a través de un ejercicio de intercomparación a nivel mundial de laboratorios especializados de contaminación interna radiactiva organizado National Dosimetry Service – Health Canada miembro de la Organización Global Health Security Initiative (GSHI) compuesta por sus países miembros como Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, México, EEUU., Reino Unido y la Comisión Europea, en colaboración con el Organismo Mundial de la Salud (OMS) y la asesoría técnica del OIEA; con la participación de 19 laboratorios, siendo las únicas instituciones participantes invitados de Latinoamérica el Instituto de Radioprotección y Radiología (IRD) de Brasil y nuestro laboratorio (Laboratorio de Dosimetría Interna IPEN-Perú).

Teniendo como objetivo de este ejercicio medir el tiempo de respuesta del análisis y procesamiento de resultados poniendo como escenario en un problema severo de una central nuclear. Para este ejercicio el laboratorio de Canadá envió una muestra de orina

con un volumen de 250mL contaminada con elementos radiactivo desconocido a cada uno de los participante, y cada laboratorio tenía un plazo de 72 horas para analizar el contenido de esta muestra biológica al momento de la recepción de la muestra.

Después la recepción de la muestra biológica, se procedió a realizar el tratamiento, identificación, cuantificación y análisis de la muestra biológica en menos de 48 horas por nuestro laboratorio se encontró en nuestra muestra el radioisótopo  $^{137}\text{Cs}$  con una concentración de  $427\pm 47$  Bq/Litro , se remitió el reporte con los resultados vía electrónica al laboratorio de Canadá para la evaluación de nuestros análisis, teniendo como resultado que nuestros datos se encontraban dentro del promedio con resultado aceptable, cumpliendo con la expectativa del ejercicio (Li C., et al 2016). Confirmado de esta manera que nuestro laboratorio la competencias técnica adecuada para hacer frente para hacer frente a un evento de este tipo y/o prestar apoyo técnico a nivel nacional o internacional en el análisis de muestras biológicas contaminadas con elementos radiactivos con energía gamma, pero es necesario ampliar el procesamiento de muestras y análisis para elementos radiactivos con energía beta y alfa.

La aplicabilidad de este sistema de gestión de prevención de riesgos laborales por la manipulación de elementos radiactivos en el lugar de trabajo no solo se encierra para la Planta de Producción de Radioisótopos del IPEN, este documento puede servir como base para la implementación de este sistema en los servicios de medicina nuclear en hospitales y clínicas debido a que en estos lugares de trabajo se manipulan fuentes abiertas radiactivas al momento de suministrarlas a los pacientes, por lo que la probabilidad de una contaminación radiactiva en los trabajadores es elevada.

## 5.2. CONCLUSIONES

Las conclusiones son las siguientes:

- 1) La mayor problemática para establecer un sistema de gestión y una cultura de prevención de seguridad en la organización no es solamente encontrar las fuentes causante de la problemática, sino que a pesar de toda capacitaciones y advertencias, no toman conciencia de las complicaciones o enfermedades crónicas ni sus consecuencias y las repercusiones que están causarían no solamente a terceros sino a sus propias familias, truncando su desarrollo y futuro de ellos.
- 2) La gestión de prevención de riesgos laborales ha evolucionado en los últimos años, convirtiéndose en una disciplina multidisciplinaria y que forma parte de la calidad total de las organizaciones, sin embargo existe una gran resistencia al cambio; la falta de interiorización de la cultura de seguridad y prevención se debe inicialmente basándose en el dicho característico: “aquí nunca paso nada”. Este es el principal paradigma que debemos vencer. por lo que motiva realizar muchas estrategias para cambiar enfoque de un sistema gestión castigadora a un sistema de gestión participativo y consultivo.
- 3) Mediante la elaboración de gráficos de control por operador, nos facilita de una forma gráfica y sencilla si los procesos de producción se encuentran uniformes y bajo control o no; las causas asignables de variaciones, el seguimiento de las acciones establecidas. De esta manera se convierte en una herramienta esencial de apoyo para la uniformización de criterios en la tomar decisiones.

- 4) Se debe tener una visión integral entre el sistema de gestión prevención de riesgos, costos, procesos conllevará a la reducción de accidentes e incidentes o desarrollo de enfermedades profesionales la cual estaría en una relación directamente proporcional a la reducción de costos y mermas, elevando la productividad de la organización, con el reconocimiento de ser una organización segura y certificable.

### 5.3. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones son las siguientes:

1. Como siguiente fase, después de implementar el sistema de gestión de prevención de riesgos laborales en la Planta de Producción de Radioisótopos es, investigar los temas de contaminación interna por exposición de material radiactivo al personal ocupacionalmente expuesto, en especial la concentración de  $^{131}\text{I}$  (para nuestro caso), debido a que en la actualidad no se cuenta con niveles de referencia de ningún elemento radiactivo a nivel nacional en sangre u orina, como indicadores de contaminación interna.
2. El IPEN como ente rector del uso pacífico de la energía nuclear en nuestro país, debería establecer las especificaciones técnicas y procedimientos para actuar en temas de contaminación interna en personas ocupacionalmente comprometidas y/o público en general,
3. Es recomendable adquirir un detector de alta resolución para identificar y cuantificar elementos radiactivos para la medición “*in vivo*” lo que proporcionaría información y ubicación del elemento radiactivo en el organismo, ampliando el espectro de utilización de esta técnica para los trabajadores que laboran en los rubros de minería

e hidrocarburos, realizando monitoreo seguimiento de la acumulación de uranio y radio en su organismo causadas por esas actividades laborales.

4. Una gran ventaja de la implementación este sistema de gestión de prevención laborales es que también se con los requisitos que exige la ISO 9001:2015, donde la actual norma de calidad da un enfoque basado en riesgos dentro de los procesos a diferencia de la versión anterior (2008) de esta norma para las empresas o instituciones que necesiten recertificar o desean certificarse bajo esta norma de gestión de calidad.



#### 5.4.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APERHU. Informe: “Como estamos en Salud Ocupacional en el Perú”.

[http://www.solar.com.pe/nwsite/S\\_Clientes/APERHU/informe\\_10.html](http://www.solar.com.pe/nwsite/S_Clientes/APERHU/informe_10.html)

Arias W. (2012). Revisión histórica de la salud ocupacional y la seguridad industrial.

Revista Cubana de Salud y Trabajo 12(3):45-52.

[http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol13\\_3\\_12/rst07312.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol13_3_12/rst07312.htm)

Bigu J.(1999). Radiation measutement in Egyptian pyramid and tombs – ocupational exposure of worker and the public.Journal of Enviromental Radiactivity”, vol. 47, pag. 245. 1999.

Boletín estadístico mensual de notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales (2013). Ministerio de Trabajo del Perú (MINTRA) n°02- Año 03 – Edición Febrero 2013.

[http://www.mintra.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT\\_ABRIL\\_2013.pdf](http://www.mintra.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT_ABRIL_2013.pdf)

Boletín estadístico mensual de notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales (2013). Ministerio de Trabajo del Perú (MINTRA) n°04- Año 03 – Edición Abril 2013.

[http://www.mintra.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT\\_ABRIL\\_2013.pdf](http://www.mintra.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT_ABRIL_2013.pdf)

Boletín estadístico mensual de notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales (2013). Ministerio de Trabajo del Perú (MINTRA) n°08- Año 03 – Edición Agosto 2013.

[http://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT\\_AGOSTO\\_2013.pdf](http://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT_AGOSTO_2013.pdf)

Boletín estadístico mensual de notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales (2012). Ministerio de Trabajo del Perú (MINTRA) n°12- Año 02 – Edición Diciembre 2012.

[http://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT\\_DICIEMBRE\\_2012.pdf](http://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT_DICIEMBRE_2012.pdf)

Boletín estadístico mensual de notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes

peligrosos y enfermedades ocupacionales Ministerio de Trabajo del Perú (MINTRA)

Setiembre 2010 – Setiembre 2011.

[http://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT\\_SETIEMBRE\\_2010\\_SETIEMBRE%202011.pdf](http://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/estadisticas/sat/SAT_SETIEMBRE_2010_SETIEMBRE%202011.pdf)

Bravo C-, Cristini P., Novello A., Bronca M., Cestau D., Centurion R. Bavaro R. Cestau

J., Gualda E., Bronca P., Carranza E. “Experiencia operacional de la producción de Molibdeno-99 y de Yodo-131 con uranio de alto y bajo enriquecimiento”. Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) Centro Atómico Ezeiza (CAE) Planta de Producción de Radioisótopos por Fisión República Argentina.

[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/44/098/44098478.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/098/44098478.pdf)

Bunge, Mario (2013) La investigación científica. Su estrategia y su filosofía. Buenos Aires.

Ariel

Creus Sole Antonio (2014). Prevención de riesgos laborales. Madrid. Madrid. S.L.

Ediciones Ceysa.

Cruz V. (2009). Riesgos para la salud por radiaciones no ionizantes de las redes de energía eléctrica en el Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2009;26(1):104-112.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a18v26n1.pdf>

CIEMAT. Curso de Supervisores de instalaciones radiactivas: “Aspectos Generales de la Interacción de la radiación con el medio Biológico”.

[http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros\\_md/1581136598\\_1572009112950.pdf](http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1581136598_1572009112950.pdf).

Consecuencias Salud Radioisótopos.

<http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/nuclear/Consecuencias%20salud%20radioisotopos.pdf>.

Cristini p., Carranza E., Novello A., Cestau D. Bavaro R. Bravo C. Bronca M., Bronca P., Centurion R., Fraguas F., Gualda E. Ivaldi M., Nieli F., Spinelli H. (2015). “Actividades de Producción de Radiosótopos por fisión en la Argentina” . X Congreso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica “Radioprotección: Nuevos Desafíos para un Mundo en Evolución” Buenos Aires, 12 al 17 de abril, 2015.

<http://www.irpabuenosaires2015.org/Archivos/trcompletos/irpa/CARRANZAradioisotoposporfision.pdf>

De la Poza J. Seguridad e Higiene profesional. Con normas comunitarias europeas y norteamericanas. Madrid: Paraninfo; 1990.

Demaria M. (2003). “Higiene y seguridad del trabajo – toxicología laboral”.

<http://www.fmvuba.org.ar/comunidad/toxicologia/venenos/historia%20de%20la%20higiene%20y%20seguridad.htm>.

Guía de Seguridad 7.5 (Rev). Actuaciones a seguir en caso de personas que hayan sufrido un accidente radiológico. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Madrid 26 de mayo de 2005.

<http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/GSG-07.05%20Actuaciones%20a%20seguir%20en%20el%20caso%20de%20personas%20que%20hayan%20sufrido%20un%20accidente%20radiologico.pdf>.

ICRP. (2012 February 23). Occupational Intake of Radionuclides Past 1. ICRP ref. 4828-2081-0510

ISO 9001:2008 “Requisitos para los Sistemas de Gestión de Calidad”.

[http://nodocios.com.ar/wp-content/uploads/2011/05/NORMA\\_ISO\\_9001\\_2008.pdf](http://nodocios.com.ar/wp-content/uploads/2011/05/NORMA_ISO_9001_2008.pdf)

ISO 14001:2004 “Sistema de Gestión ambiental – Requisitos con orientación a su uso”

[http://evlt.uma.es/documentos/medioambiental/legislacion/ISO\\_14001\\_2004.pdf](http://evlt.uma.es/documentos/medioambiental/legislacion/ISO_14001_2004.pdf)

ISO/DIS 17025 Sistema de Gestión de la Calidad para laboratorio de ensayos y calibraciones

International Atomic Energy Agency. "Safe handling of Radionuclides". Safety Series N°1. IAEA. Vienna (1979).

International Atomic Energy Agency. "Safe handling of Radionuclides". Safety Series N°1. IAEA. Vienna (1979).

Khun, K. (2014) Rediseño del trabajo y prevención del estrés en trabajadores. México. Editorial Continental.

Kodlulovich S.; Hernández R.; Nader A.. Servicio de evaluación de la protección radiológica - ORPAS Perú 2014: Informe para el Gobierno del Perú. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Koga R., Defilippi L., Jara R., Osore J. (2015). "Sistema de gestión en la evaluación de dosis debido a la incorporación de <sup>131</sup>I en trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) en una planta de producción de radioisótopos". Informe Científico Tecnológico 15(2):23-27 (2015). ISSN 2225-2029 (En línea).

<http://revistas.ipen.gob.pe/index.php/ruta/article/view/20/33>

Li C., Bartizel C., Battisti P., Böttger A., Capote-Cuellar A., Carr Z., Hammond D., Hartmann M., Heikkinen T., Jones R., Kim E., Ko R., Koga R., Kuktha B., Mirchell L., Morhard R., Paquet F., Quayle D., Rulik P., Sadi B., Segei A., Sierra I., Oliveira Sousa W., Szabo G., "GHSI Emergency radionucleide bioassay laboratory network-Summary of the second exercise". Radiation Protection Dosimetry (2016), pp. 1–8 doi:10.1093/rpd/ncw254. <http://rpd.oxfordjournals.org/> at Health Canada on September 6, 2016.

Lombardi O. (2016). Reconocimiento de una plataforma de Gestión de la Calidad sobre la cual se puede establecer la Gestión de la Innovación, en una Mediana Empresa Peruana. Tesis en Gestión y política de la Innovación y la Tecnología. Escuela de Postgrado Pontificia Universidad Católica de Perú.

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1440/browse?type=author&value=Lombardi+Cabrera%2C+Olga+Consuelo>

Loganosky K. Do low doses of ionizing radiation affect the human brain?. Data Science Journal, Volume 8,24 September 2009.

Lopez J. y Meriño E. (2013). Diseño del programa de salud ocupacional y seguridad industrial para empresa GRAM INGENIERIA y CONSTRUCCIONES LTDA. Universidad de la Costa C.U.C. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial Barranquilla – Colombia. [http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/166/1129517699\\_55301163.pdf?sequence=1](http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/166/1129517699_55301163.pdf?sequence=1)

Merton R. (1942). The Normative Structure of Science. <https://www.panarchy.org/merton/science.html>

Normas Legales, Ley N°29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo” (2011). El Peruano, Diario Oficial del Bicentenario. 448694-448706

Norma Legales “Ley que modifica a la ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo” (2014), El Peruano, Diario oficial del Bicentenario. 527432-527433

Normas Legales, Resolución Ministerial N°050-2013-TR “Aprueban Formatos de Referencia que contemplan la información mínima que deben contener los registros obligatorios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo” (2013). El Peruano, Diario oficial del Bicentenario. 490909.

<http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-formatos-referenciales-que-contemplan-la-informacio-resolucion-ministerial-n-050-2013-tr-912399-1/>

Normas Legales, Decreto supremo N°005-2012-TR “Reglamento de la Ley N°29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo” (2012). El Peruano, Diario Oficial del Bicentenario. 464861-464880.

[http://www.ulima.edu.pe/sites/default/files/page/file/sst\\_ds\\_005-2012-tr.pdf](http://www.ulima.edu.pe/sites/default/files/page/file/sst_ds_005-2012-tr.pdf)

Normas Legales, Resolución Ministerial N°375-2008TR, “Aprueban la Norma Básica de Ergonomía y Procedimientos de Evaluación de Riesgos Disergonómicos” (2008), El Peruano, Diario Oficial del Bicentenario. 384261.

[http://www.sunat.gob.pe/legislacion/nor\\_graf/2008/noviembre/nl20081130.pdf](http://www.sunat.gob.pe/legislacion/nor_graf/2008/noviembre/nl20081130.pdf)

Normas Legales, Decreto Supremo N°039-2008-EM. “Aprueban Reglamento de la Ley N°28028, Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiación Ionizante” (2008). El Peruano, Diario Oficial del Bicentenario. 376417-376431.

[http://www.ipen.gob.pe/transparencia/regulacion/normatividad/reg\\_ley\\_28028.pdf](http://www.ipen.gob.pe/transparencia/regulacion/normatividad/reg_ley_28028.pdf)

Norma Legales, Decreto Supremo N°009-97-EM. “Aprueban el reglamento de Seguridad Radiológica” (1997), El Peruano, 149597-149608.

[http://www.diresacusco.gob.pe/salud\\_individual/servicios/normas/03/18%20DS%2009-97-EM%20Reglamento%20de%20Seguridad%20Radiologica.pdf](http://www.diresacusco.gob.pe/salud_individual/servicios/normas/03/18%20DS%2009-97-EM%20Reglamento%20de%20Seguridad%20Radiologica.pdf)

OHSAS 18001:2007 “Sistema de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo”, Versión española, AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), 2007. ISBN: 978-84-8143-536-8, Impreso en España

Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), Guía de Seguridad: “Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos” N°-RS-G-1.2.

Preston R.J. (2012). “Radiation effects”. Annals of ICRP. Published by ELSEVIER Ltd.

All rights reserved. ICRP 2011 Proceedings.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23088999>

Recinos B. (2015), Ergonomía informática y la Seguridad social en Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencia Jurídicas.

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04\\_12619.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_12619.pdf)

Rebbit D. (2014). “El poder de las pirámides: Una nueva visión de la gran pirámide de la seguridad”. *Gestión de la Seguridad*. Septiembre 2014.

<http://www.asse.org/assets/1/7/September1.pdf>

Shengli N. (2011) “Protección de los trabajadores frente a la radiación”. Oficina Internacional del Trabajo. ISBN 978-92-2-324957-1 (edición en línea).

[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_158314.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_158314.pdf)

Socol Y., Yanosvskiy M., Zatskovetsky L. “Low-dose ionising radiation: scientific controversy, moral-ethical aspects and public choice”. *Int. J. Nuclear Governance, Economy and Ecology*, Vol.4 N°1, 2013.

Spasojevic-Tisma V., Celeketic D., Tisma J., Milacic S., Papovic-Djukic G., “Health risk assessment of Jobs involving ionizing radiation sources”. *Nuclear Technology & Radiation Protection*: year 2011, Vol. 26, N°3, pp.233-236.

Wakeford R. (2009), “Radiation in workplace – a review of studies of the risk of occupational exposure to ionizing radiation”. *J. Radiol. Prot* (29)2009 A61-A79 :2009.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19454806>

Yousif L., Blettner M, Hammer G., Zeeb H. “Testicular cancer risk associated with occupational radiation exposure: a systematic literature review”. *Journal Radiological Protection* 30 (2010) 389-406.



# **ANEXOS**

**Anexo N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>POBLACIÓN</b>
<p><b><u>Problema general:</u></b> ¿De qué manera podemos realizar una plan adecuado para implementar un Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales para personal laboralmente expuestos en la Planta de Producción e Radioisótopos del IPEN, con concordancia con las legislaciones y reglamentos vigentes a nivel nacional e internacional?</p> <p><b><u>Problema específicos:</u></b> 1-¿Cómo integrar las leyes con las normativas vigentes en materia de SST y qué metodología debemos adoptar para identificar los peligros y riesgos? 2- ¿Qué y cómo implementar controles efectivos para el Sistema de Gestión Prevención de Riesgos Laborales para personal laboralmente expuestos? 3-¿De qué forma el diagnóstico y análisis de datos podrá facilitar la reducción de la probabilidad de evitar el desarrollo de enfermedades del personal laboralmente expuestos a radiaciones ionizantes?</p>	<p><b><u>Objetivo general:</u></b> Implementar un Sistema de Gestión de prevención de riesgos, dentro de la Planta de Producción de Radioisótopos con la finalidad de proteger al trabajador mediante la eliminación de accidentes e incidentes y el desarrollo de enfermedades profesionales, dolencias, relacionadas con el trabajo y tener concordancia con política de seguridad y salud en el trabajo del IPEN, y las leyes y los reglamentos nacionales e internacionales vigentes.</p> <p><b><u>Objetivos específicos:</u></b> 1-Identificar las Normativas vigentes en SST, las directrices nacionales, y específicas, programas de protección radiológicas. 2-Realizar los IPER y elaborar los mapas de riesgos de los ambientes del proceso de manufactura y control de calidad de los radiofármacos en la PPRR. 3-Recopilar y analizar los datos del de dosis de radiación ionizante absorbida entre los periodos 2015 a primer semestre del 2017 y diseñar un modelo de control de vigilancia radiosanitaria.</p>	<p><b><u>Hipótesis general:</u></b> Con la Implementación un sistema de gestión de prevención de riesgos, teniendo como documentos bases como la ley N°29783, el DS N°005-2012-TR, OHSAS 18001:2007, regulaciones emitidas por la Oficina Nacional Autorización (OTAN) del IPEN y normativas del OIEA. La probabilidad de que el personal desarrolle enfermedades profesionales causadas por los efectos estocásticos de las radiaciones ionizantes podría ser controlables.</p> <p><b><u>Hipótesis específicas:</u></b> 1-la identificación de las leyes y los reglamentos nacionales e internacionales se podrá realizar una adecuada del gestión de prevención de riesgos en la PPRR. 2-Con los IPER se realizara una toma decisiones con la finalidad de eliminar y/o controlar de las áreas productivas y de control comprometidas. 3-Con el desarrollo de un modelo de control dosis se realizará diagnósticos de las diferentes situaciones y se emiten propuestas de mejora de las mismas en la salud del trabajador</p>	<p><b><u>Variable I:</u></b> Implementación de un Sistema de Gestión de prevención de riesgos y el diseño de un modelo de control</p> <p><b><u>Variable II:</u></b> Instalación productora de Radiofármacos</p>	<p><b><u>Tipo de investigación:</u></b> El tipo es una investigación aplicada.</p> <p><b><u>Método investigación:</u></b> El método de la investigación es descriptivo, inductivo y deductivo.</p> <p><b><u>Diseño investigación:</u></b> El diseño no experimental, se realizará sin manipular deliberadamente o ajustar la información obtenida, obteniendo un diagnóstico situacional actual que se vive dentro de la PPRR, con respecto al Sistema de Gestión de Seguridad en prevención de riesgos laborales.</p>	<p><b><u>Población:</u></b> Todo el personal de producción comprometido directamente en la manufactura de los Radiofármacos dentro de la PPRR.</p> <p><b><u>Muestra:</u></b> La colección de datos de la dosimetría interna se realizará tomando de la base de datos del laboratorio de dosimetría interna de equipo técnico de PROA, 2015 a primer semestre de 2017, del cual obtendremos el nivel de dosis interna adsorbida por cada personal directamente involucrado en los procesos de producción; obteniendo los resultados de dosis efectiva adsorbida mensualmente por el trabajador.</p>



## REGISTRO DE ACCIDENTES, INCIDENTES Y ENFERMEDAD PROFESIONAL

COFICIACION INTERNA XXX

VERSIÓN 01

### IV. DATOS DE LA ENFERMEDAD PROFESIONAL U OCUPACIONAL

NOMBRE Y NATURALEZA DE LA ENFERMEDAD

CIE. 10 (Tabla n°8)

FACTOR DE RIESGO CAUSANTE (Marque con una X donde corresponda)

Físico

Químico

biológico

Ergonómico

Psico-Social

### CERTIFICACIÓN MÉDICA

CENTRO MÉDICO ASISTENCIAL:

RUC:

FECHA DE INGRESO:

DÍA

MES

AÑO

\_\_\_\_\_  
Firma del trabajador

\_\_\_\_\_  
Supervisor de Seguridad de Higiene Industrial PPRR

## REGISTRO DE ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDAD PROFESIONAL

COFICIAION INTERNA XXX	VERSIÓN 01
------------------------	------------

### TABLAS DE FORMATO DE ACCIDENTES DE TRABAJO

Tabla N°1: Categoría del trabajador

Código	Descripción
1	Funcionario
2	Profesional
3	Técnico
4	Auxiliar
0	Otros (Especial)

Tabla N°2: Consecuencia de accidentes

Accidente	Descripción
Accidente leve	Solo atención de Primeros Auxilios
Incapacitante	Descripción
temporal	Fuera del trabajo por un periodo determinado
parcial temporal	Realizar trabajo con accesorio
permanente	Incapacidad para realizar trabajo
letal	Perdida de la vida

Tabla N°3: Forma de accidentes

Código	Descripción
1	Caida de personas a nivel
2	Caida de persona en altura
3	Caida de persona al agua
4	Caida de objetos
5	Derrame o deslome de instalaciones
6	Pisadas sobre objetos
7	Choque contra objetos
8	Golpes con objetos (Exento caídas)
9	Atrásbrazamiento o arañamiento
10	Estruendo físico o falso movimiento
11	Exposición al frío
12	Exposición al calor
13	Exposición a radiaciones ionizantes
14	Exposición a radiaciones no ionizantes
15	Exposición a productos químicos
16	Contacto con electricidad
17	Contacto con productos químicos
18	Contacto con alguitas
19	Contacto con fuego
20	Contacto con material caliente
21	Contacto con filo
22	Contacto con calor
23	Exposición a explosión
24	Incendio
25	Anocheamiento con animales
26	Mordedura de animales
27	Choque de vehículos
28	Anocheamiento de vehículos
29	Falla en mecanismos hidráulicos
30	Agresión con armas
0.0	Otras formas

Tabla N°4: Agentes causantes

Código	Descripción
Partes de la edificación	
1	Piso
2	Paredes
3	Techo
4	Escaleras
5	Rampas
6	Pasarelas
7	Apuenturas, puertas, ventanas, persianas
8	Ventanas
Instalaciones con elementos	
9	Tubos de ventilación
10	Líneas de gas
11	Líneas de aire
12	Líneas de cañería de agua
13	Cableado de electricidad
14	Líneas de cañería de materia prima o productos
15	Líneas de cañería de desagüe
16	Rejillas
17	Estanterías
18	Electricidad
19	Vehículos o medios de transporte en general
20	Maquinaria y equipos en general
21	Herramientas (manuales, mecánicas, eléctricas, etc)
22	Ascensores, elevadores o medios de elevación
23	Onda expansiva
Materiales y/o elementos utilizados en el trabajo	
24	Mantiles
25	Parabrisas
26	Bancos de trabajo
27	Reclinatorios
28	Andamios
29	Archivos
30	Escritorio
31	Asientos en general
32	Muebles en general
33	Materiales primas
34	Productos elaborados
Otros factores endógenos internos al medio ambiente de trabajo	
35	Animales
36	Vegetales
37	Factores climáticos
38	Arma blanca

Tabla N°5: Partes del cuerpo afectado

Código	Descripción
1	Región craneana (incl. Cuero cabelludo)
2	Ojos (incl. párpados, pestañas, etc)
3	Boca (incl. labios, dientes y lengua)
4	Cara (incl. no clasificada en otro ítem)
5	Nariz y senos nasales
6	Aparato auditivo
7	Cabeza, ubicaciones múltiples

## REGISTRO DE ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDAD PROFESIONAL

<b>COFICIACION INTERNA XXX</b>	<b>VERSIÓN 01</b>
--------------------------------	-------------------

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>8</td><td>Cuello</td></tr> <tr><td>9</td><td>Región cervical</td></tr> <tr><td>10</td><td>Región dorsal</td></tr> <tr><td>11</td><td>Región lumbosacra (vertebras y adyacentes)</td></tr> <tr><td>12</td><td>Torax (Costillas y esternon)</td></tr> <tr><td>13</td><td>Abdomen (Pared abdominal)</td></tr> <tr><td>14</td><td>Pelvis</td></tr> <tr><td>15</td><td>Tronco, ubicaciones múltiples</td></tr> <tr><td>16</td><td>Hombro (incl. Clavícula, omoplato, axila)</td></tr> <tr><td>17</td><td>Brazo</td></tr> <tr><td>18</td><td>Codo</td></tr> <tr><td>19</td><td>Antebrazo</td></tr> <tr><td>20</td><td>Muñeca</td></tr> <tr><td>21</td><td>Mano (Con excep. de los dedos)</td></tr> <tr><td>22</td><td>Dedos de la mano</td></tr> <tr><td>23</td><td>Miembros superior, ubicaciones multi.</td></tr> <tr><td>24</td><td>Cadera</td></tr> <tr><td>25</td><td>Muslo</td></tr> <tr><td>26</td><td>Rodilla</td></tr> <tr><td>27</td><td>Pierna</td></tr> <tr><td>28</td><td>Tobillo</td></tr> <tr><td>29</td><td>Pie (Con excep. de los dedos)</td></tr> <tr><td>30</td><td>Dedos de los pies</td></tr> <tr><td>31</td><td>Miembro inferior, ubicaciones multi.</td></tr> <tr><td>32</td><td>Aparato cardiovascular en general</td></tr> <tr><td>33</td><td>Aparato respiratorio en general</td></tr> <tr><td>34</td><td>Aparato digestivo en general</td></tr> <tr><td>35</td><td>Sistema nervioso en general</td></tr> <tr><td>36</td><td>Mamas</td></tr> <tr><td>37</td><td>Aparato genital en general</td></tr> <tr><td>38</td><td>Aparato urinario en general</td></tr> <tr><td>39</td><td>Aparato hematopoyético en general</td></tr> <tr><td>40</td><td>Sistema endocrino en general</td></tr> <tr><td>41</td><td>Piel (Solo afecciones dermaticas)</td></tr> <tr><td>42</td><td>Aparato psiquico en general</td></tr> <tr><td>43</td><td>Ubicación múltiple en 2 o más zonas afec.</td></tr> <tr><td>44</td><td>Org. Aparato. O sistema afec. por químicos</td></tr> <tr><td>0.0</td><td>Otros</td></tr> </table>	8	Cuello	9	Región cervical	10	Región dorsal	11	Región lumbosacra (vertebras y adyacentes)	12	Torax (Costillas y esternon)	13	Abdomen (Pared abdominal)	14	Pelvis	15	Tronco, ubicaciones múltiples	16	Hombro (incl. Clavícula, omoplato, axila)	17	Brazo	18	Codo	19	Antebrazo	20	Muñeca	21	Mano (Con excep. de los dedos)	22	Dedos de la mano	23	Miembros superior, ubicaciones multi.	24	Cadera	25	Muslo	26	Rodilla	27	Pierna	28	Tobillo	29	Pie (Con excep. de los dedos)	30	Dedos de los pies	31	Miembro inferior, ubicaciones multi.	32	Aparato cardiovascular en general	33	Aparato respiratorio en general	34	Aparato digestivo en general	35	Sistema nervioso en general	36	Mamas	37	Aparato genital en general	38	Aparato urinario en general	39	Aparato hematopoyético en general	40	Sistema endocrino en general	41	Piel (Solo afecciones dermaticas)	42	Aparato psiquico en general	43	Ubicación múltiple en 2 o más zonas afec.	44	Org. Aparato. O sistema afec. por químicos	0.0	Otros	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>39</td><td>Arma de fuego</td></tr> <tr><td>40</td><td>Sustancias químicas - plaguicidas</td></tr> <tr><td>0.0</td><td>Otros</td></tr> </table> <p><b>Tabla n°6: Naturaleza de la lesión</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Código</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Escoriaciones</td></tr> <tr><td>2</td><td>Heridas punzantes</td></tr> <tr><td>3</td><td>Heridas cortantes</td></tr> <tr><td>4</td><td>Heridas contusas (por golpes o bordes irregulares)</td></tr> <tr><td>5</td><td>Heridas de bala</td></tr> <tr><td>6</td><td>Heridas de tejidos</td></tr> <tr><td>7</td><td>Contusiones</td></tr> <tr><td>8</td><td>Traumatismos internos</td></tr> <tr><td>9</td><td>Torceduras y esguinces</td></tr> <tr><td>10</td><td>luxaciones</td></tr> <tr><td>11</td><td>Fracturas</td></tr> <tr><td>12</td><td>Amputaciones</td></tr> <tr><td>13</td><td>Gangrenas</td></tr> <tr><td>14</td><td>Quemaduras</td></tr> <tr><td>15</td><td>Cuerpo extraño en ojos</td></tr> <tr><td>16</td><td>Enucleación (Perdida ocular)</td></tr> <tr><td>17</td><td>Intoxicaciones</td></tr> <tr><td>18</td><td>Intoxicación por plaguicida</td></tr> <tr><td>19</td><td>Asfixia</td></tr> <tr><td>20</td><td>Efectos de electricidad</td></tr> <tr><td>21</td><td>Efectos de las radiaciones</td></tr> <tr><td>22</td><td>Disfunciones orgánicas</td></tr> <tr><td>23</td><td>Otros</td></tr> </tbody> </table> <p><b>Tabla n°8: Enfermedad profesional u ocupacional</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Código</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Asma profesional, causada p/agentes sensibilizante o irritantes</td></tr> <tr><td>2</td><td>Enf. Ocasionada por agentes quim., tox., otros</td></tr> <tr><td>3</td><td>Silicosis</td></tr> <tr><td>4</td><td>Asbestosis</td></tr> <tr><td>5</td><td>Neumoconiosis por expo. A polvo de carbón</td></tr> <tr><td>6</td><td>Talcosis, y otras silicosis</td></tr> <tr><td>7</td><td>Neoplasia por expo. al abesto.</td></tr> <tr><td>8</td><td>Neoplasia maligna por expo. cloruro de vinilo.</td></tr> <tr><td>9</td><td>Hipoacusia o sordera provocada por el ruido</td></tr> <tr><td>10</td><td>Enf. Osteoarticulares o angioneurotópicas provocadas</td></tr> <tr><td>11</td><td>Enf. Provocada por las vibraciones repetidas</td></tr> <tr><td>12</td><td>Enf. prov. por posturas forzadas y movimientos</td></tr> <tr><td>13</td><td>Enf. prov. por bajo presión de aire y agua.</td></tr> <tr><td>14</td><td>Enf. prov. por radiaciones ionizantes</td></tr> <tr><td>15</td><td>Virus de Hepatitis B, Hepatitis C, VIH y</td></tr> <tr><td>16</td><td>Mycobacterium tuberculosis</td></tr> <tr><td>17</td><td>Leishmania donovani tropica</td></tr> <tr><td>0.0</td><td>Otras formas</td></tr> </tbody> </table>	39	Arma de fuego	40	Sustancias químicas - plaguicidas	0.0	Otros	Código	Descripción	1	Escoriaciones	2	Heridas punzantes	3	Heridas cortantes	4	Heridas contusas (por golpes o bordes irregulares)	5	Heridas de bala	6	Heridas de tejidos	7	Contusiones	8	Traumatismos internos	9	Torceduras y esguinces	10	luxaciones	11	Fracturas	12	Amputaciones	13	Gangrenas	14	Quemaduras	15	Cuerpo extraño en ojos	16	Enucleación (Perdida ocular)	17	Intoxicaciones	18	Intoxicación por plaguicida	19	Asfixia	20	Efectos de electricidad	21	Efectos de las radiaciones	22	Disfunciones orgánicas	23	Otros	Código	Descripción	1	Asma profesional, causada p/agentes sensibilizante o irritantes	2	Enf. Ocasionada por agentes quim., tox., otros	3	Silicosis	4	Asbestosis	5	Neumoconiosis por expo. A polvo de carbón	6	Talcosis, y otras silicosis	7	Neoplasia por expo. al abesto.	8	Neoplasia maligna por expo. cloruro de vinilo.	9	Hipoacusia o sordera provocada por el ruido	10	Enf. Osteoarticulares o angioneurotópicas provocadas	11	Enf. Provocada por las vibraciones repetidas	12	Enf. prov. por posturas forzadas y movimientos	13	Enf. prov. por bajo presión de aire y agua.	14	Enf. prov. por radiaciones ionizantes	15	Virus de Hepatitis B, Hepatitis C, VIH y	16	Mycobacterium tuberculosis	17	Leishmania donovani tropica	0.0	Otras formas
8	Cuello																																																																																																																																																																								
9	Región cervical																																																																																																																																																																								
10	Región dorsal																																																																																																																																																																								
11	Región lumbosacra (vertebras y adyacentes)																																																																																																																																																																								
12	Torax (Costillas y esternon)																																																																																																																																																																								
13	Abdomen (Pared abdominal)																																																																																																																																																																								
14	Pelvis																																																																																																																																																																								
15	Tronco, ubicaciones múltiples																																																																																																																																																																								
16	Hombro (incl. Clavícula, omoplato, axila)																																																																																																																																																																								
17	Brazo																																																																																																																																																																								
18	Codo																																																																																																																																																																								
19	Antebrazo																																																																																																																																																																								
20	Muñeca																																																																																																																																																																								
21	Mano (Con excep. de los dedos)																																																																																																																																																																								
22	Dedos de la mano																																																																																																																																																																								
23	Miembros superior, ubicaciones multi.																																																																																																																																																																								
24	Cadera																																																																																																																																																																								
25	Muslo																																																																																																																																																																								
26	Rodilla																																																																																																																																																																								
27	Pierna																																																																																																																																																																								
28	Tobillo																																																																																																																																																																								
29	Pie (Con excep. de los dedos)																																																																																																																																																																								
30	Dedos de los pies																																																																																																																																																																								
31	Miembro inferior, ubicaciones multi.																																																																																																																																																																								
32	Aparato cardiovascular en general																																																																																																																																																																								
33	Aparato respiratorio en general																																																																																																																																																																								
34	Aparato digestivo en general																																																																																																																																																																								
35	Sistema nervioso en general																																																																																																																																																																								
36	Mamas																																																																																																																																																																								
37	Aparato genital en general																																																																																																																																																																								
38	Aparato urinario en general																																																																																																																																																																								
39	Aparato hematopoyético en general																																																																																																																																																																								
40	Sistema endocrino en general																																																																																																																																																																								
41	Piel (Solo afecciones dermaticas)																																																																																																																																																																								
42	Aparato psiquico en general																																																																																																																																																																								
43	Ubicación múltiple en 2 o más zonas afec.																																																																																																																																																																								
44	Org. Aparato. O sistema afec. por químicos																																																																																																																																																																								
0.0	Otros																																																																																																																																																																								
39	Arma de fuego																																																																																																																																																																								
40	Sustancias químicas - plaguicidas																																																																																																																																																																								
0.0	Otros																																																																																																																																																																								
Código	Descripción																																																																																																																																																																								
1	Escoriaciones																																																																																																																																																																								
2	Heridas punzantes																																																																																																																																																																								
3	Heridas cortantes																																																																																																																																																																								
4	Heridas contusas (por golpes o bordes irregulares)																																																																																																																																																																								
5	Heridas de bala																																																																																																																																																																								
6	Heridas de tejidos																																																																																																																																																																								
7	Contusiones																																																																																																																																																																								
8	Traumatismos internos																																																																																																																																																																								
9	Torceduras y esguinces																																																																																																																																																																								
10	luxaciones																																																																																																																																																																								
11	Fracturas																																																																																																																																																																								
12	Amputaciones																																																																																																																																																																								
13	Gangrenas																																																																																																																																																																								
14	Quemaduras																																																																																																																																																																								
15	Cuerpo extraño en ojos																																																																																																																																																																								
16	Enucleación (Perdida ocular)																																																																																																																																																																								
17	Intoxicaciones																																																																																																																																																																								
18	Intoxicación por plaguicida																																																																																																																																																																								
19	Asfixia																																																																																																																																																																								
20	Efectos de electricidad																																																																																																																																																																								
21	Efectos de las radiaciones																																																																																																																																																																								
22	Disfunciones orgánicas																																																																																																																																																																								
23	Otros																																																																																																																																																																								
Código	Descripción																																																																																																																																																																								
1	Asma profesional, causada p/agentes sensibilizante o irritantes																																																																																																																																																																								
2	Enf. Ocasionada por agentes quim., tox., otros																																																																																																																																																																								
3	Silicosis																																																																																																																																																																								
4	Asbestosis																																																																																																																																																																								
5	Neumoconiosis por expo. A polvo de carbón																																																																																																																																																																								
6	Talcosis, y otras silicosis																																																																																																																																																																								
7	Neoplasia por expo. al abesto.																																																																																																																																																																								
8	Neoplasia maligna por expo. cloruro de vinilo.																																																																																																																																																																								
9	Hipoacusia o sordera provocada por el ruido																																																																																																																																																																								
10	Enf. Osteoarticulares o angioneurotópicas provocadas																																																																																																																																																																								
11	Enf. Provocada por las vibraciones repetidas																																																																																																																																																																								
12	Enf. prov. por posturas forzadas y movimientos																																																																																																																																																																								
13	Enf. prov. por bajo presión de aire y agua.																																																																																																																																																																								
14	Enf. prov. por radiaciones ionizantes																																																																																																																																																																								
15	Virus de Hepatitis B, Hepatitis C, VIH y																																																																																																																																																																								
16	Mycobacterium tuberculosis																																																																																																																																																																								
17	Leishmania donovani tropica																																																																																																																																																																								
0.0	Otras formas																																																																																																																																																																								

**Tabla n°7: Tipos de incidentes peligrosos**

Código	Descripción
1	Explosiones de sustancias (Sol., Liq., Gas)
2	Explosión en recipientes a presión
3	Explosiones por tiro cortado
4	Escape de sust. Quim. (tox., corro, asfx.)
5	Escapes de sustancia radiactivas
6	Derrumbes (zanjas, talud, excavacion, etc)
7	Desprendimiento de rocas
8	Caida de cargas izadas (contenedores, etc)
9	Desplomes de rumas de almacenadas
10	Desplome de instalaciones (pared, etc)

## REGISTRO DE ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDAD PROFESIONAL

**COFICIACION INTERNA XXX**
**VERSIÓN 01**

11	Desplome de estructuras (andamios, etc)
12	Caida de alta tensión, contac. con ella
13	Generación de ruido sobre max. Permitido
14	Fugas de agentes patógenos
15	Fuga de materiales y quim. Peligroso
16	Traslado de mat. y quim. pelig. Sin plan conti
17	Expo. a líneas de alta tensión c/s pozo tierra
18	Ingr. Espacios confinados s/monit. Age. Tox.
19	Volcadura de botellas presurizadas
20	Tormenta electricas inusuales
21	Atrapamiento sin daño (por todos lados)
22	Genera. de volccadura c/explo. Sin previo aviso
23	Operar equipos s/permiso o licencia
24	Desactivar disp. de seguridad s/autorizacion
25	Usar equipo y maquinas inadecuadas
26	Usar EPP's inadecuados en trab. alto riesgo
27	Desastres naturales
28	Expo. en exceso a quimicos
29	Expo. a excesos a temp. extremas
30	Expo. continua a excesiva iluminación
31	Expo. en ambientes con ventilación Inadecuada
32	Trabajador con capacidad fisi/Fisio inadecuada
33	Trabajador con capacidad mental inadecuada
34	trabajos con estrés mental o psicológico
35	Calda de un ascensor
36	Choque de vehiculos de trabajo
37	Derrumbe de una construcción
38	Derumbe de una mina
39	Incendio en el centro de trabajo
0.0	otros





**Anexo N°4: Clasificación de los Radionucleídos a acuerdo a su relativa toxicidad por unidad de actividad**

(Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-003-NUCL-1994, Clasificación de instalaciones o laboratorios que utilizan fuentes abiertas.  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4869276&fecha=07/02/1996](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4869276&fecha=07/02/1996))

<b>Grupo 1: TOXICIDAD MUY ALTA</b>										
210Pb	226Ra	227Th	231Pa	233U	238Pu	241Pu	243Am	244Cm	249Cf	
210Po	228Ra	228Th	230U	234U	239Pu	242Pu	242Cm	245Cm	250Cf	
223Ra	227Ac	230Th	232U	237Np	240Pu	241Am	243Cm	246Cm	252Cf	
<b>Grupo 2: TOXICIDAD ALTA</b>										
22Na	56Co	95Zr	124I	127T <sup>e</sup> m	137Cs	160Tb	204Tl	224Ra	236U	
36Cl	60Co	106Ru	124Sb	129T <sup>e</sup> m	140Ba	170Tm	207Bi	228Ac	249Bk	
45Ca	89Sr	110Ag <sup>m</sup>	125I	131I	144Ce	181Hf	210Bi	230Pa	192Ir	
46Sc	90Sr	114In <sup>m</sup>	125Sb	133I	152Eu	182Ta	211At	234Th	212Pb	
54Mn	91Y	115Cd <sup>m</sup>	126I	134Cs	154Eu					
<b>Grupo 3: TOXICIDAD MODERADA</b>										
7Be	48Sc	65Zn	91Sr	103Ru	125T <sup>e</sup> m	140La	153Gd	187W	198Au	231Th
14C	48V	69Zn <sup>m</sup>	90Y	105Ru	127Te	141Ce	159Dy	183Re	199Au	233Pa
18F	51Cr	72Ga	92Y	105Rh	129Te	143Ce	165Dy	186Re	197Hg	239Np
24Na	52Mn	73As	93Y	103Pd	131T <sup>e</sup> m	142Pr	166Dy	188Re	197Hg <sup>m</sup>	67Ga
38Cl	56Mn	74As	97Zr	109Pd	132Te	143Pr	166Ho	185Os	203Hg	111In
31Si	52Fe	76As	93Nb <sup>m</sup>	105Ag	130I	147Nd	169Er	191Os	200Tl	133Ba
32P	55Fe	77As	95Nb	111Ag	132I	149Nd	171Er	193Os	201Tl	92Sr
35S	59Fe	75Se	99Mo	109Cd	134I	147Pm	171Tm	190Ir	202Tl	83Zr
41Ar	57Co	82Br	96Tc	115Cd	135I	149Pm	175Yb	194Ir	203Pb	85Zr
42K	58Co	85Kr <sup>m</sup>	97T <sup>e</sup> m	115In <sup>m</sup>	135Xe	151Sm	177Lu	191Pt	206Bi	222Rn
43K	63Ni	87Kr	97Tc	113Sn	131Cs	153Sm	181W	193Pt	212Bi	196Au
47Ca	65Ni	86Rb	99Tc	125Sn	163Cs	152Eu(9.2h)	185W	197Pt	220Rn	155Eu
47Sc	64Cu	85Sr	97Ru	122Sb	131Ba					
<b>Grupo 4: TOXICIDAD BAJA</b>										
3H	58Co <sup>m</sup>	71Ge	87Rb	97Nb	103Rh <sup>m</sup>	131Xe <sup>m</sup>	135Cs	191Os <sup>m</sup>	232Th	238U
15O	59Ni	85Kr	91Y <sup>m</sup>	96T <sup>c</sup> m	113In <sup>m</sup>	133Xe	147Sm	193Pt <sup>m</sup>	natTh	natU
37Ar	69Zn	85Sr <sup>m</sup>	93Zr	99T <sup>c</sup> m	129I	134Cs <sup>m</sup>	187Re	197Pt <sup>m</sup>	235U	

**Anexo N°5: Monitoreo Especial promedio predictivo (Bq por Bq incorporado) para inhalación de <sup>131</sup>I. (Referencia: ICRP 78)**

Time after intake (d)	Type F		Vapour	
	Thyroid	Daily urinary excretion	Thyroid	Daily urinary excretion
1	1.2E-01	2.8E-01	2.3E-01	5.3E-01
2	1.2E-01	2.3E-02	2.2E-01	4.3E-02
3	1.1E-01	1.4E-03	2.0E-01	2.5E-03
4	9.9E-02	1.5E-04	1.9E-01	2.7E-04
5	9.0E-02	8.9E-05	1.7E-01	1.7E-04
6	8.2E-02	9.6E-05	1.5E-01	1.8E-04
7	7.4E-02	1.0E-04	1.4E-01	1.9E-04
8	6.8E-02	1.1E-04	1.3E-01	2.0E-04
9	6.2E-02	1.1E-04	1.2E-01	2.1E-04
10	5.6E-02	1.1E-04	1.1E-01	2.1E-04

**Anexo N°6: IAEA Safety Guide RS-G-1.2, Coeficiente para transformar Bequerelios (Bq) a Svierts (Sv)**

[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P077\\_scr.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P077_scr.pdf)

Nuclide	e(g) inh (Sv/Bq)	A <sub>jmin</sub> * (MBq)	d <sub>j</sub> (mSv)	A <sub>max</sub> ** (MBq)	A <sub>max</sub> (mCi)
<sup>131</sup> I	1.98 x 10 <sup>-8</sup>	7.80 x 10 <sup>3</sup>	1.54 x 10 <sup>1</sup>	5.00 x 10 <sup>-2</sup>	13.7
<sup>153</sup> Sm	2.96 x 10 <sup>-10</sup>	3.90 x 10 <sup>4</sup>	1.15 x 10 <sup>0</sup>	3.38 x 10 <sup>4</sup>	913
<sup>123</sup> I	2.13 x 10 <sup>-10</sup>	1.98 x 10 <sup>4</sup>	4.22 x 10 <sup>-1</sup>	4.69 x 10 <sup>4</sup>	1269
<sup>201</sup> Tl	7.68 x 10 <sup>-11</sup>	7.80 x 10 <sup>3</sup>	5.99 x 10 <sup>-2</sup>	1.30 x 10 <sup>5</sup>	3519
<sup>99m</sup> Tc	2.03 x 10 <sup>-11</sup>	4.84 x 10 <sup>5</sup>	9.83 x 10 <sup>-1</sup>	4.93 x 10 <sup>5</sup>	13314

\* Lower value of activities manipulated; \*\*Activity related to a d<sub>j</sub> = 1 mSv.

**Figura. N°47:** Componentes del control de Pureza Radioquímica



**Figura N°48:** Componentes del control de Pureza Radionucleida



Figura N°49: Componente de Control de Esterilidad



Figura N°50: Componentes del control de endotoxinas bacterianas



**Figura N°51: Componentes del control biológico**

