

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL



PROYECTO DE GRADO

PARA LA OBTENCIÓN DE GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERIA INDUSTRIAL

**“PROPUESTAS PARA MEJORAR EL SERVICIO DE
DOSIMETRÍA DEL INSTITUTO BOLIVIANO DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR”**

TUTOR:

Ing. BORIS PÁRRAGA ANDRADE

POSTULANTE:

JANETH PRUDENCIA ALI COPETICONA

LA PAZ-BOLIVIA

ABRIL, 2019



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de grado:

**“PROPUESTAS PARA MEJORAR EL SERVICIO DE
DOSIMETRÍA DEL INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA NUCLEAR**

Presentada por: Univ. Janeth Prudencia Ali Copeticona

Para optar al grado académico de **Licenciada en Ingeniería Industrial**

Nota Numeral

Nota literal

Ha sido

Director de Carrera Ingeniería Industrial:

Ing. M.Sc. Franz Zenteno Benítez

Tutor: Ing. Boris Párraga Andrade

Tribunal: Ing. Dennis Bustillos Tarqui

Tribunal: Ing. Miguel Yucra Rojas

Tribunal: Dr. Miguel Ángel Gemio Mendoza

Tribunal: Ing. Fátima Laura Ayala

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mi madre RUFINA COPETICONA BAUTISTA por su amor y apoyo incondicional, por ser un ejemplo de fuerza, perseverancia y lucha, mi agradecimiento por ti será por siempre MAMI.

A mi tutor Ing. Boris Párraga, quien con su paciencia y dedicación hizo posible la realización del presente proyecto, además de ser un claro ejemplo de sencillez y humildad.

A mis tribunales, Ing. Dennis Bustillos, Dr. Miguel Ángel Gemio, Ing. Miguel Yucra, Ing. Fátima Laura por su apoyo, confianza, sugerencia, por brindarme su tiempo, mi agradecimiento y admiración por ellos es infinita.

A la Lic. Rocío Pérez y al Lic. Jorge Orlando Calle por darme su confianza y apoyo en todo momento.

A todas las personas:

Familia y amigos, por brindarme su compañía, alegría, apoyo y amistad.

Contenido

INTRODUCCIÓN	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 Antecedentes.....	10
1.2. Planteamiento del problema	12
1.2.1 Torbellino de ideas	15
1.2.2 Árbol de problemas.....	15
1.2.3 Análisis de Pareto	16
1.3. Justificación	18
1.3.1. Justificación teórica	18
1.3.2. Justificación social.....	18
1.3.3. Justificación práctica.....	19
1.3.4. Justificación individual	20
1.3.5. Justificación legal	20
1.4 Limitaciones.....	21
1.5. Objetivos.....	22
1.5.1. Objetivo General.....	22
1.5.2. Objetivo Especifico.....	22
2. GENERALIDADES DEL IBTEN	22
2.1. Historia	22
2.2. Ubicación.....	24
2.3. Objetivos.....	24
2.3.1 Misión	24
2.3.2 Visión.....	25
2.4. Servicios	25
2.5 Organigrama del IBTEN.....	26
3. MARCO TEÓRICO.....	28
3.1. Dosimetría.....	28
3.1.1. Autoridad Reguladora	28
3.1.2. Contaminación Radioactiva	28
3.1.3. Dosímetro.....	28
3.1.4. Dosis	31

3.1.5. Dosis Absorbida	31
3.1.6. Dosis Colectiva.....	31
3.1.7 Exposición.....	31
3.1.8. Límites de dosis	32
3.1.9. Solicitante.....	33
3.1.10. Restricción de Dosis	33
3.1.11. Límites de Dosis	34
3.1.12. Magnitudes y unidades de medida	34
3.1.12.1. Actividad	34
3.1.12.2. Periodo de semidesintegración.....	34
3.2. Estudio del trabajo.....	34
3.2.1. Estudio de métodos	34
3.2.1.1. Registro de los hechos	35
3.2.1.1.1. Cursograma sinóptico del proceso.....	35
3.2.1.1.2. Cursograma analítico del proceso	37
3.2.2. Medición del trabajo	38
3.2.2.1. Estudio de tiempos	38
3.2.2.2. Tiempo procedimiento	39
3.2.2.3. Tiempo tipo.....	40
3.2.2.4. Muestreo de trabajo.....	41
3.2.2.4.1. Muestreo Probabilístico.....	41
3.2.2.4.2. Muestreo Aleatorio Simple.....	41
3.3. Oficina Internacional de Trabajo (OIT).....	41
3.3.1. Técnicas de interrogatorio.....	43
3.4 Relación Costo-Beneficio	45
4. MARCO METODOLOGICO.....	46
4.2. Tipo de investigación	46
4.3. Diseño Metodológico.....	46
4.4. Población y muestra.....	46
4.4. Instrumentos de recolección de información.....	47
5. SITUACIÓN ACTUAL	48
5.1. Diagnóstico	48

5.1.1. Análisis de factores externos	48
5.1.2. Análisis de factores internos.....	48
5.1.3. Análisis FODA	49
5.2. Ingeniería de métodos	52
5.2.1. Estudio de métodos	52
5.2.2. Registro de los hechos.....	53
5.2.3. Cursograma sinóptico	56
5.2.4. Cursograma analítico del proceso.....	58
5.2.5. Técnicas del interrogatorio.....	59
5.2.8. Análisis de desperdicios	60
5.3. Medición de trabajo	60
5.3.1. Selección del área de estudio.....	60
5.3.2. Determinación del tamaño de la muestra	60
5.3.3. Registro de datos y valoración del ritmo.....	61
5.3.4. Calculo del tiempo de procedimiento	61
5.3.5. Calculo del tiempo tipo	62
6. SISTEMA PROPUESTO	62
6.1. Modelo conceptual	62
6.1.1. Concepción estructural.....	62
6.1.2. Concepción de la caja negra.....	63
6.1.3. Concepción funcional.....	64
6.2. Visual Basic For Application	65
6.3. Registro del método propuesto.....	67
7. COMPARACIÓN CON Y SIN SISTEMA	73
8. EVALUACIÓN DEL PROYECTO	74
8.1 Enfoque Costo-Beneficio.....	74
8.1.1. Identificación de los beneficios	74
8.1.2. Cuantificación de los beneficios	75
8.1.3. Valoración de los beneficios	75
8.1.4. Identificación de los costos	76
8.1.5. Cuantificación de los costos.	76
8.1.6. Valoración de los costos.....	76

8.1.7 Indicador Beneficio-Costo	77
9. CONCLUSIONES	78
10. RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFIA	80
ANEXO	81

Índice de tablas

Tabla 1.- Solicitud del servicio de dosimetría-IBTEN.....	14
Tabla 2.- Puntuación a las diferentes causas del problema.....	17
Tabla 3.- Puntuación de para el análisis de Pareto.....	17
Tabla 4.- Justificación teórica	18
Tabla 5.- Beneficiarios	19
Tabla 6.- Prácticas asociadas al empleo de radiaciones ionizantes.....	19
Tabla 7.- Gasto en Ciencia y Tecnología según el PIB.....	21
Tabla 8.- Clasificación y descripción de los servicios	25
Tabla 9.- Tabla de niveles.....	26
Tabla 10.- Límites de dosis.....	33
Tabla 11.- Acciones para el flujo del proceso.....	37
Tabla 12.- Tiempo suplementario	40
Tabla 13.- Elementos básicos de Técnicas de Interrogatorio.....	44
Tabla 14.- Preguntas para un Estudio de Métodos.....	45
Tabla 15.- Análisis Externo	48
Tabla 16.- Análisis de factores internos	49
Tabla 17.- Puntaje de factores externos.....	49
Tabla 18.- Puntaje de factores internos.....	49
Tabla 19.- Tabla resumen de factores internos y externos.....	50
Tabla 20.- Tabla general FODA	50
Tabla 21.- Plan de mejora.....	52
Tabla 22.- Cursograma analítico del procedimiento actual	58
Tabla 23.- Técnicas de interrogatorio.....	59
Tabla 24.- Observación preliminar y tamaño de muestra.....	61
Tabla 25.- Tamaño de la muestra.....	61
Tabla 26.- Tiempo básico de cada operación.....	61
Tabla 27.- Hoja principal de la empresa.....	66
Tabla 28.- Cursograma analítico del procedimiento propuesto	67
Tabla 29.- Procedimiento actual y propuesto	69

Tabla 30.- Cambio en las operaciones del procedimiento-IBTEN	71
Tabla 31.- Situación con y sin proyecto	73
Tabla 32.- Beneficios del proyecto.	74
Tabla 33.- Cuantificación de los beneficios.....	75
Tabla 34.- Valoración de los beneficios.	75
Tabla 35.- Cuantificación de los costos.....	76
Tabla 36.- Valoración de los costos	76
Tabla 37.- Total empresas atendidas con el sistema Enero-Junio.....	77
Tabla 38.- Total empresas atendidas Julio-Diciembre	77

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.- Porcentaje de Solicitud Atendida.	14
Ilustración 2.- Lluvia de ideas aplicado al IBTEN.	15
Ilustración 3.- Árbol de problemas	16
Ilustración 4.- Análisis de Pareto.....	18
Ilustración 5.- Bandas de Energía.....	29
Ilustración 6.- Estructura Diagrama de Operaciones	36
Ilustración 7.- Coordenadas de análisis	50
Ilustración 8. Iconos para la salida de datos.....	67
Ilustración 9.- Tiempo Actual y Propuesto	70
Ilustración 10.- Procedimiento actual y propuesto	71
Ilustración 11.- Comparación con y sin el sistema	74

Índice de Esquemas

Esquema 1.- Organigrama IBTEN.....	27
Esquema 2.- Proceso de elaboración de dosímetros	55
Esquema 3.- Concepción Estructural del sistema.	63
Esquema 4.- Caja Negra- Sistematización de información.	64
Esquema 5.- Concepto Funcional-Sistematización de información.....	65
Esquema 6.- Esquema del proceso propuesto.....	68

INTRODUCCIÓN

La Dosimetría de Radiaciones Ionizantes se ocupa de la medida de la dosis absorbida por un material o tejido como consecuencia de su exposición a las radiaciones ionizantes presentes en un campo de radiación.

La dosis absorbida se define como la energía absorbida por unidad de masa y depende de la naturaleza y características del campo de radiación, del material o tejido irradiado y de los complejos procesos de interacción materia-radiación.

Cuando el objeto de la medida de dosis es el cuerpo humano, se habla de Dosimetría Personal y su finalidad es, en este caso, prevenir o limitar la aparición de efectos nocivos producidos por la radiación.

El objetivo de la dosimetría es medir las dosis absorbidas, para realizar la vigilancia radiológica de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes. En una instalación se pueden realizar dos tipos de medida:

- Medida de la tasa de exposición o tasa de dosis absorbida en las áreas de trabajo (dosimetría ambiental) con equipos que registren en puntos clave de la instalación.
- Medida periódica de las dosis acumuladas por cada individuo durante su jornada laboral (dosimetría personal), utilizando dispositivos que registren las dosis que recibe individualmente cada persona en esa instalación.

Una de las herramientas fundamentales en el control de los efectos biológicos nocivos que pueden producir las radiaciones ionizantes es la cuantificación de la dosis efectiva recibida por los trabajadores, a fin de lograr la máxima seguridad durante el empleo de las radiaciones ionizantes.

Para lograr los mejores estándares de seguridad es necesario contar con un servicio de dosimetría personal confiable. Esta confiabilidad se logra a partir de una correcta organización y, fundamentalmente, una sólida formación técnica de sus profesionales.

Este proyecto describe en detalle el servicio de dosimetría personal del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, desde su parte organizativa hasta su desarrollo técnico, estableciendo así el desarrollo técnico actual y el propuesto, siendo el último para mejorar

el servicio en el laboratorio de dosímetro, lo que se traduce en un atención eficaz y eficiente a todos los usuarios, además de brindar el servicio en mayor proporción a la demanda existente.

Por otra parte, se presentan los fundamentos básicos de la Protección Radiológica y se describen los principios básicos de funcionamiento de los detectores de radiación ionizante, más comúnmente utilizados en la dosimetría personal.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Los seres humanos están cotidianamente expuestos a radiaciones naturales, como la radiación cósmica, la radiación solar, la terrestre proveniente de material radioactivo que se puede encontrar en el suelo, en las rocas o minerales de la corteza terrestre.

Las sustancias radioactivas están sujetas a su desintegración espontanea, conocida como radiación ionizante. La exposición de los seres humanos y otras especies a estas radiaciones puede producir diversos efectos en las células y tejidos vivos, según las características de la radiación, la naturaleza de la exposición y su duración.

Las personas pueden ser expuestas de diferentes maneras, por inhalación o por ingestión de agua y alimentos (leche, vegetales, consumo de pescado) provenientes de fuentes contaminadas. Los accidentes ocurren por irradiación o por contaminación. En la exposición el riesgo es solamente para la persona expuesta y no es transferible al no tener elementos radiactivos. En el caso de contaminación con una sustancia radiactiva, por ejemplo, polvo, liquido o materiales de desecho, la persona e incluso su ropa están impregnadas y pueden transferir la radiación a otras personas, objetos o el medio ambiente.

Los efectos nocivos para la salud se dividen en agudos, técnicamente denominados “deterministas”, o tardíos, denominados “estocásticos”. Los efectos deterministas pueden incluir quemaduras cutáneas, enfermedad por radiaciones, esterilidad o muerte. Los efectos estocásticos incluyen canceres y defectos hereditarios por alteración del componente genético de las células. Entre los grandes accidentes radioactivos, está el

provocado por la explosión de la planta nuclear de Chernobyl, ocurrida en Ucrania el 26 de abril de 1986.

Un accidente de una planta nuclear puede emitir materiales radioactivos a la atmósfera y dispersarlos sobre extensas regiones, debido a la dispersión de las partículas por el viento, y precipitarse en el suelo produciendo contaminación ambiental. También, un accidente por una fuente de radiación ionizante utilizada en la industria o en la medicina, puede contaminar de manera más limitada.

El mayor riesgo para las emergencias radiológicas se encuentra en los equipos y materiales de uso médico. Principalmente en aquellos que no están regulados o registrados. Se producen entonces por:

- Mal uso de equipos.
- Pérdida de fuentes radioactivas.
- Fugas de materiales radioactivos.
- Factores que agravan el impacto de la radiación.
- Proximidad de la fuente.
- Tiempo de exposición.
- Cantidad o dosis de radiación.
- Parte del cuerpo expuesta y características de la persona.

En América han ocurrido accidentes por radiactividad importantes:

La contaminación de acero y varilla, ciudad Juárez-México 1983, el accidente nuclear en San Salvador y el caso de Goina, Inatango-Perú.

Tener en cuenta diversas posibilidades, entre ellas, los accidentes que podrían provocarse en plantas nucleares o la industria, los que podrían producirse en los centros de diagnóstico y tratamiento médico, y los que podrían producirse en el transporte. Es necesario considerar medidas profilácticas, las de atención médica y los procesos de descontaminación.

La dosimetría es una técnica de protección radiológica, informa la dosis de radiación ionizante que ha recibido una persona. Permite verificar que las condiciones de trabajo han sido adecuadas para la protección de su salud y advierte para mejorarlas.

El dosímetro personal se realiza mediante el buen uso y lectura de un dosímetro que el trabajador expuesto debe portar de manera permanente, durante su trabajo. No obstante, el dosímetro no constituye un elemento de protección contra las radiaciones solo da cuenta de la radiación recibida por los trabajadores ocupacionalmente expuestos, dentro de un lapso de tiempo.

En Bolivia existe el IBTEN¹ encargada de hacer cumplir la “Ley de Protección y Seguridad Radiológica” aprobada mediante Decreto Ley 19172 se encuentra en vigencia a partir de la promulgación de los reglamentos según D.S. 24483 en el que se contempla entre otros el servicio de dosimetría.

1.2. Planteamiento del problema

La utilización de la radiación en medicina, con fines terapéuticos o de diagnóstico, así también como en la industria constituye sin duda uno de los aspectos más destacados del beneficio que estas suponen para la humanidad, pero en su desarrollo también se causaron exposiciones a los trabajadores ocupacionalmente expuestos, que en la actualidad serían injustificables, provocando en ciertos casos el desarrollo de daños atribuibles a la radiación recibida.

Las radiaciones ionizantes pasan desapercibidas y como “no se sienten” en el momento de su interacción con el ser viviente, generan una falsa sensación de seguridad. Las radiaciones ionizantes tienen dos tipos de efectos sobre la salud:

Efectos inmediatos y efectos retardados.

- Efectos inmediatos

Se producen dosis superiores 0.25 Sv y varían en función de la dosis y de los órganos afectados.

¹ Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Tabla 1.- Efectos de radiación a determinada dosis

Menos de 1Sv	<ul style="list-style-type: none"> • Malformaciones fetales por exposicion de la embarazada. • Disminucion del numero de espermatozoides. • Alteraciones gastrointestinales. • Nauseas, fatiga y vomitos.
De 1Sv a 3Sv	<ul style="list-style-type: none"> • Anorexia. • Malestar general. • Eritemacutáneo. • Inhibicion transitoria de la produccion de espermatozoide.
De 3Sv a 6 Sv	<ul style="list-style-type: none"> • Posible esterilidad en ambos sexos. • Mortalidad del 50 % entre 1 y 2 meses.
Mas de 6 Sv	<ul style="list-style-type: none"> • Hemorragias. • Inflamación de la boca y el cuello. • Muerte antes de 15 días.

Fuente: Elaboración propia

- Efectos tardíos

Los efectos tardíos más frecuentes son los cánceres y en primer lugar las leucemias. También son efectos tardíos el daño genético que se manifiesta en generaciones futuras con abortos, anormalidades físicas y retrasos mentales.

Estos efectos son de tipo probabilístico, es decir se trata de efectos no ligados directamente a la dosis o cantidad de exposición. En otras palabras cualquier exposición por pequeña que sea aumenta la probabilidad que se produzca este tipo de daño con lo que se puede afirmar que no existe una dosis por debajo de la cual no se produzcan efectos biológicos.

Por estas enfermedades a las que están expuestos los profesionales o/y trabajadores ocupacionalmente expuestos es preciso brindarles un servicio oportuno, eficaz, eficiente y en mayor proporción para evitar, daños o secuelas permanentes y muerte ocasionadas por la radiación ionizante.

Por lo expuesto, se concluye que en Bolivia existe una demanda de empresas asociadas al uso de radiaciones ionizantes que no es cubierta.

En la tabla 2 se muestran las solicitudes que llegaron al laboratorio de dosimetría durante el año 2018.

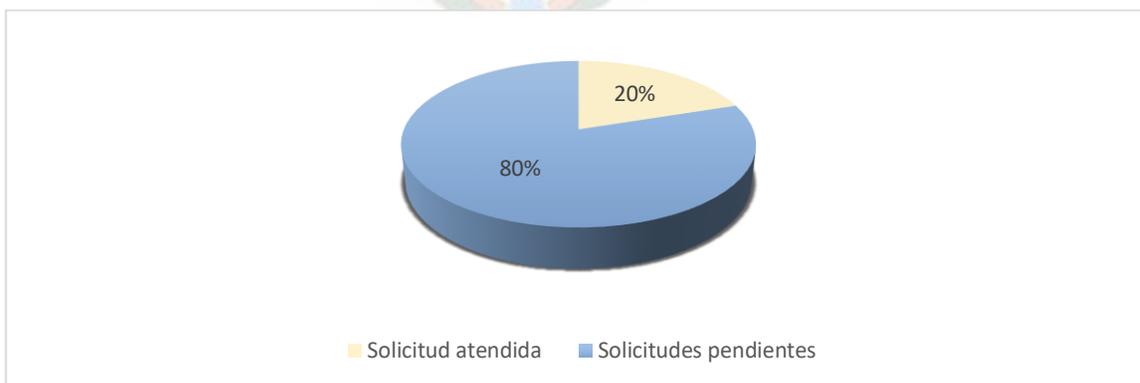
Tabla 1.- Solicitud del servicio de dosimetría-IBTEN.

2018	Solicitud	Solicitud atendida	Porcentaje de solicitud atendida
Enero	16	2	13%
Febrero	24	8	33%
Marzo	16	2	13%
Abril	18	3	17%
Mayo	20	4	20%
Junio	18	1	6%
Julio	19	6	32%
Agosto	19	5	26%
Septiembre	16	2	13%
Octubre	18	2	11%
Noviembre	21	7	33%
Diciembre	15	2	13%
TOTAL	220	44	20 %

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto para el año 2018 llegaron 220 solicitudes de los cuales 44 fueron atendidos, lo que quiere decir que se está atendiendo el 20 % de las solicitudes, que se traduce en una atención muy baja siendo el tema de radiación de suma importancia.

Ilustración 1.- Porcentaje de Solicitud Atendida.



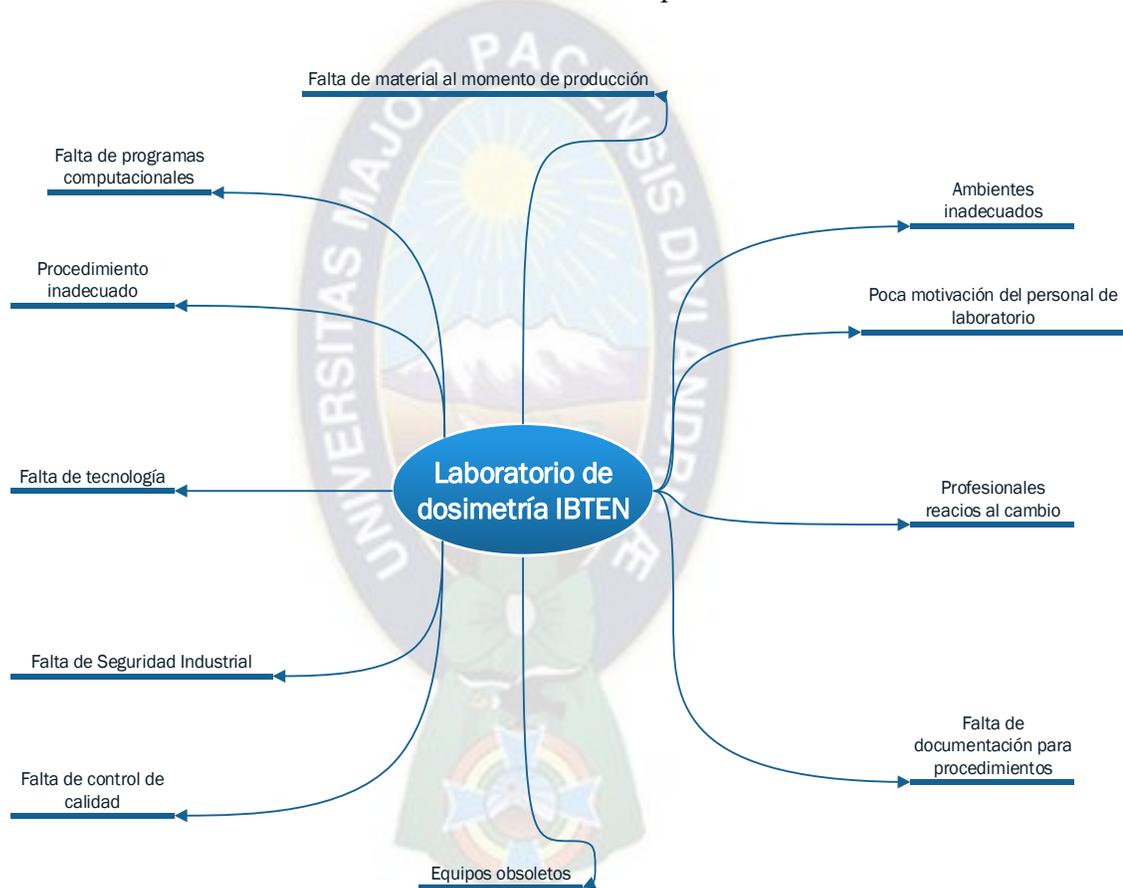
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior podemos observar que las solicitudes pendientes o no atendidas son el 80%, siendo un valor muy alto y significativo.

1.2.1 Torbellino de ideas

El siguiente torbellino de ideas se fundamenta en la problemática de que el servicio de dosimetría no cubre la demanda.

Ilustración 2.- Lluvia de ideas aplicado al IBTEN.

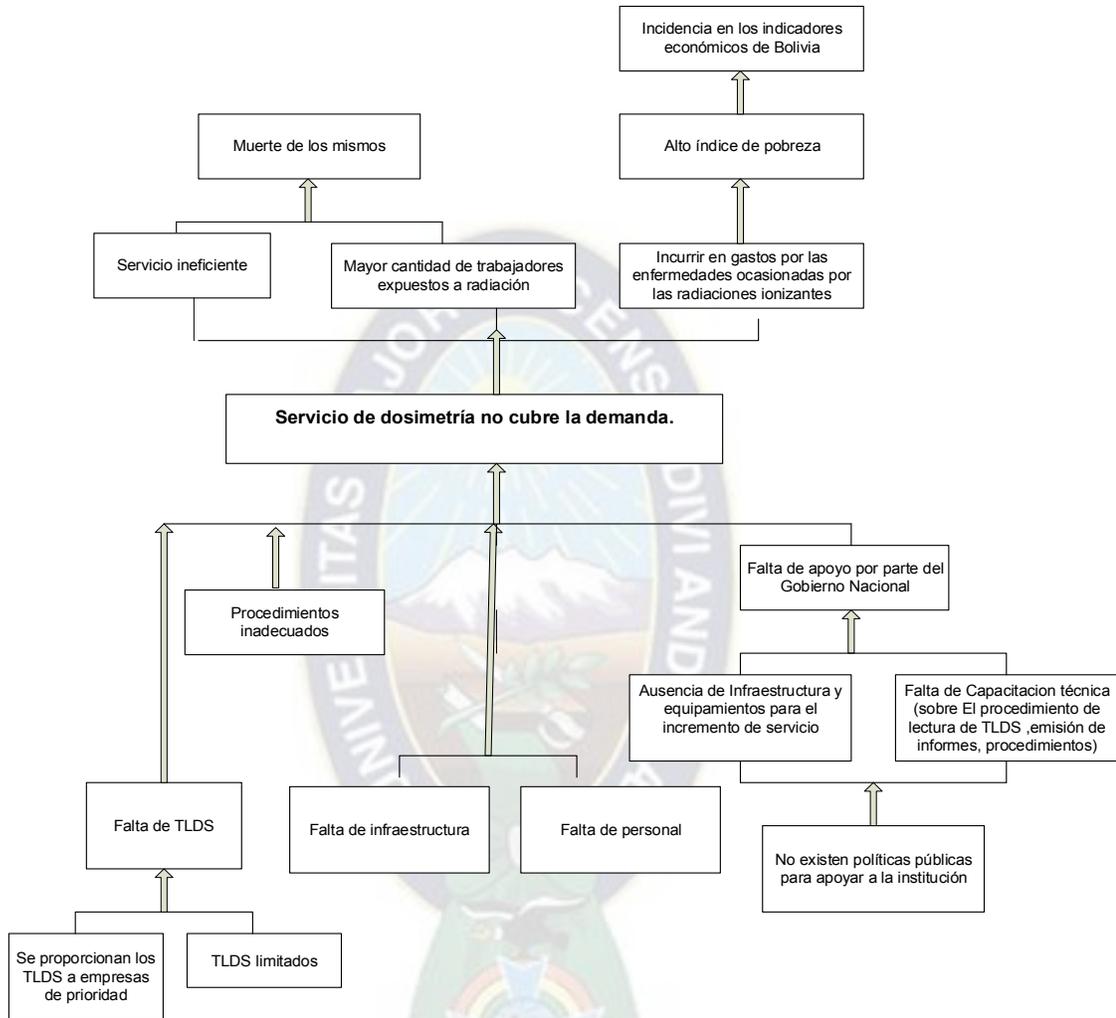


Fuente: Elaboración Propia

1.2.2 Árbol de problemas

También conocido como método del árbol esta herramienta permite mapear o diagramar el problema, a continuación se realizará el árbol de problemas para el laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y tecnología nuclear.

Ilustración 3.- Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

1.2.3 Análisis de Pareto

En la siguiente tabla se muestra el análisis de Pareto realizado en función al personal que trabaja y es concedora de la elaboración de dosímetros en el laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

En la siguiente tabla se ve la puntuación que obtuvo las diferentes causas a la problemática citada anteriormente.

Tabla 2.-Puntuación a las diferentes causas del problema.

	Procedimientos	Tecnología	Documentación	Materiales limitados	Control de calidad	Infraestructura
1	10	4	2	2	1	1
2	7	6	5	1	0	1
3	9	4	3	2	1	1
4	8	5	2	3	1	1
5	10	1	3	2	4	0
6	5	1	6	4	2	2
7	12	2	2	3	1	0
8	13	0	4	2	1	0
9	9	0	2	4	0	5
10	10	4	2	4	0	0
	93	27	31	27	11	11
Puntuación total	9,3	2,7	3,1	2,7	1,1	1,1

Fuente: Elaboración propia

Por lo visto en la anterior tabla, las causas que obtuvieron mayor puntuación son el procedimiento, documentación, seguida de la tecnología.

Posteriormente se procede a realizar un análisis de Pareto para determinar la causa principal que aqueja a la elaboración de dosímetros.

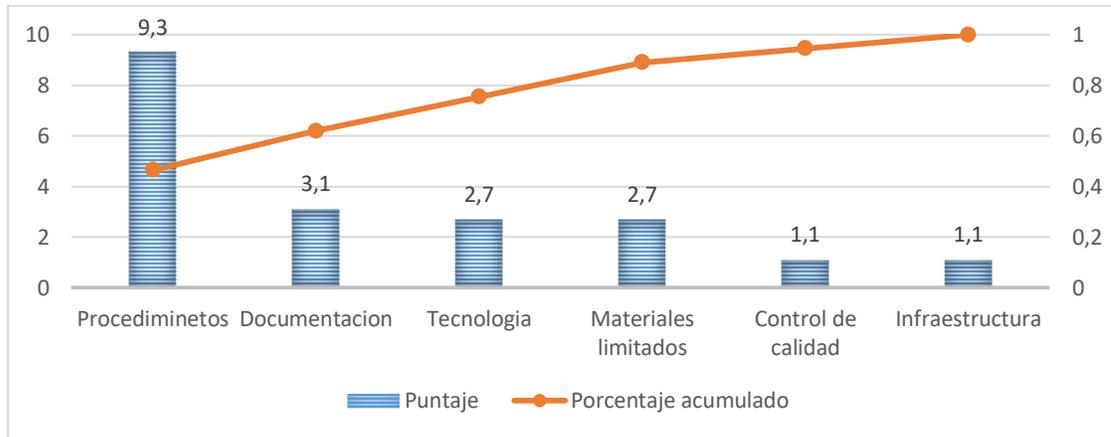
Tabla 3.-Puntuación de para el análisis de Pareto

	Causas	Puntaje	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Procedimientos	9,3	0,465	0,465
2	Documentación	3,1	0,135	0,6
3	Tecnología	2,7	0,155	0,755
4	Materiales limitados	2,7	0,135	0,89
5	Control de calidad	1,1	0,055	0,945
6	Infraestructura	1,1	0,055	1

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el análisis de Pareto se obtuvo que las causas principales para no cubrir con la demanda existente del laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear son los procedimientos, documentación y tecnología.

Ilustración 4.-Análisis de Pareto



Fuente: Elaboración propia

El gráfico de Pareto nos indica que el 20% de las causas generan el 80% de los problemas, lo que quiere decir que los procedimientos, documentación seguida de la tecnología generan 80% de los problemas.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

Para la realización de este proyecto es necesario la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera:

Tabla 4.-Justificación teórica

Materia	Razón
Ingeniería de métodos	Realizar el estudio de tiempos y movimientos
Operaciones Unitarias II	Estudio de la radiación.
Informática	Uso de herramientas para mejorar el tiempo de elaboración de dosímetros.
Estadística	Determinar el tamaño de la muestra.
Ingeniería de Sistemas	Establecer un modelo conceptual con un enfoque en sistemas.
Preparación y evaluación de proyectos	Determinar el indicador costo beneficio.

Fuente: Elaboración propia

1.3.2. Justificación social

El proyecto persigue el objetivo de sistematizar la información del servicio de laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, además de elevar el nivel de vida de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.

Dentro del estudio de este proyecto los sectores a ser beneficiados serán:

Tabla 5.-Beneficiarios

Beneficiarios Directos	Beneficiarios indirectos
Empresas en espera de servicio	Trabajadores expuestos a radiaciones Ionizantes
Usuario Actual	Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear
	Personal del laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Los beneficiarios directos son las empresas en espera del servicio ya que serán atendidas de manera inmediata las solicitudes pendientes, al mismo tiempo el servicio al usuario actual de Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología nuclear se realizará en menor tiempo. El beneficiario indirecto que es el IBTEN, cambia su imagen ante países vecinos como Brasil, Argentina, Chile, que están en constante visita al instituto, por el personal de laboratorio porque evita trabajos repetitivos.

1.3.3. Justificación práctica

Brindar un servicio oportuno y en mayor proporción a los trabajadores y profesionales ocupacionalmente expuestos a radiación, aumentando así el servicio del laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, puesto que no se pueden dar el lujo de esperar un dosímetro ya que una persona expuesta a radiación por ciertos días puede ser muy peligrosa, hasta mortal.

Asimismo mejorar las prácticas asociadas a las radiaciones ionizantes listadas en la siguiente tabla.

Tabla 6.- Prácticas asociadas al empleo de radiaciones ionizantes.

	Radioterapia-Tel terapia
	Radioterapia-Braquiterapia
	Radioterapia-Terapia superficial con Rx
	Aceleradores lineales para uso medico
	Medicina Nuclear
USO MEDICO	Radiodiagnostico-Exámenes convencionales
	Radiodiagnóstico-Intervencionismo
	Radiodiagnostico-Odontologia

USO INDUSTRIAL	Radiografía Industrial-Gammagrafía
	Radiografía Industrial-Rx
	Medidores nucleares fijos
	Medidores nucleares móviles
	Prospección petrolera
	Producción de radioisótopos
	Irradiador-Industrial
MISCELANEAS	Irradiador-Investigación
	Reactor de Investigación
	Técnicas Analíticas
	Uso de Fuentes en Investigación
	Calibración Dosimétrica
	Gestión de desechos Radioactivos
	Almacenamiento de material radioactivo y/o fuentes
	Transporte
	Comercialización
	Servicios técnicos
Supervisión reguladora	
FUENTES NATURALES DE RADIACION	Actividades con exposición natural al RADON

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear

En la tabla anterior se muestra todas las practicas asociadas al uso de radiaciones ionizantes, que en mayor proporción en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear de uso médico y uso industrial, siendo el uso médico en mayor proporción en la departamento de La Paz y el uso industrial en el departamento de Santa Cruz.

1.3.4. Justificación individual

La realización del proyecto implica la aplicación de los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial, dando alternativas de solución al servicio de dosimetría del IBTEN, resolviendo así un problema desde el punto de vista social.

1.3.5. Justificación legal

El instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear fue creado por Decreto Supremo N° 19583 el 3 de junio de 1983, que concentrara las actividades de investigación y aplicación de técnicas nucleares, planificación y supervisión del desarrollo de tecnología nuclear, aplicación de la ley de Protección Radiología y cumplirá las funciones de

contraparte nacional oficial, para todos los convenios y relaciones internacionales sobre tecnología nuclear, como institución científica-técnica descentralizada con personería jurídica, patrimonio propio, autonomía administrativa y financiera dependiente del Ministerio de Energía.

El 29 de enero de 1997 se reglamenta mediante el D.S. N° 24483 la Ley de Seguridad y Protección Radiológica, reconociéndose al IBTEN como la Autoridad Nacional Competente encargada de hacer cumplir la Ley de Seguridad y Protección Radiológica y su respectiva reglamentación (Anexo 6).

1.4 Limitaciones

Actualmente el escaso desarrollo de ciencia y tecnología son por un lado la herencia colonial de un modelo primario exportador, que no produce la agregación de valor a los productos y por otro lado la falta de visión para impulsar el desarrollo de las herramientas de ciencia y tecnología. Estos aspectos obstaculizaron el desarrollo de los centros científicos, reduciendo su capacidad a una mínima expresión con el consiguiente estrangulamiento de su actividad. Por esta razón hoy en día el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear penosamente logra desarrollar sus tareas, con aportes de la Organismo Internacional de Energía Atómica. Esta situación se hace evidente cuando el estado invierte el 0.26 % del PIB (aproximadamente 23 millones de dólares) en actividades de ciencia y tecnología (tabla 5), que en su mayor parte van para el pago de salarios.

Tabla 7.-Gasto en Ciencia y Tecnología según el PIB

Gasto en Ciencia y Tecnología según el PIB	
País/Región	Gasto en Ciencia y Tecnología según el PIB (millones de dólares)
Bolivia	22.99
Argentina	394.51
Chile	473.71
México	2.574.68
América Latina y el Caribe	8.316.00

Fuente: Red de información Ciencia y Tecnología.

En consecuencia los centros científicos y tecnológicos en Bolivia trabajan solo en un porcentaje reducido de su capacidad instalada y con proyectos que solo en algunos casos responden a las necesidades del desarrollo.

En Bolivia el porcentaje de inversión en Ciencia y Tecnología es de 23 millones de dólares, cantidad que es mínima con respecto a otros países como Argentina y Chile.

Actualmente el Organismo Internacional de Energía Atómica otorga los detectores termoluminiscentes al Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear para la elaboración de los dosímetros, siendo un apoyo fundamental para la institución.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Sistematizar la información del servicio de laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, para cubrir la demanda existente con eficiencia.

1.5.2. Objetivo Especifico

- Determinar el diagnóstico actual del servicio de dosimetría en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.
- Diseñar un sistema para mejorar y dinamizar el procedimiento actual del laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, optimizando la atención a los usuarios en calidad y cantidad.
- Determinar el impacto económico y social del sistema propuesto.

2. GENERALIDADES DEL IBTEN

2.1. Historia

La tecnología nuclear en Bolivia, alcanzó una serie de hitos desde los años 60 del siglo pasado hasta nuestros días. En los inicios coinciden con gran parte de los países vecinos, que de igual manera al nuestro, buscaron impulsar e implementar el uso de la tecnología nuclear en su país.

Revisemos de manera cronológica los principales hechos que marcaron el avance y la evolución de la tecnología nuclear en Bolivia, acontecidos en el contexto nacional desde el año 1960.

La primera institución destinada a impulsar en avance de la tecnología nuclear en Bolivia fue COBOEN², creada el 14 enero de 1960 por D.S. No. 5289. Desde ese entonces Bolivia forma parte del grupo de países que busca aprovechar los beneficios de la tecnología nuclear.

La Comisión Boliviana de Energía Nuclear se adhiere a la convención de responsabilidad civil por efectos nucleares, el 30 de mayo de 1967 (Viena). En 1968, en La Paz se aprueba la cooperación del OIEA³.

En 1969 se incluye a Bolivia en la CIEN⁴ organismo especializado en materia de tecnología nuclear la OEA⁵. Las actividades más destacadas de la Comisión Boliviana de Energía Nuclear fueron prospección y exploración de minerales de uranio.

Cinco años después en Bolivia se suscribe el tratado sobre TNP⁶ y Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina.

Posteriormente se crea el programa CIAN⁷ en La Paz, además de incluir la instalación de un generador de neutrones en 1978. En el presente esta institución forma parte del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología nuclear, realizando sus operaciones bajo el nombre de Centro de Investigaciones en Aplicaciones Nucleares. En 1983, mediante D. S. N° 19583 del 3 de junio de 1983, el IBTEN reemplaza a la Comisión Boliviana de Energía Nuclear. Posteriormente se reglamenta mediante Decreto Supremo N° 24483 la Ley de Seguridad y Protección Radiológica, reconociendo al Instituto Boliviano de Ciencia y tecnología Nuclear como ente regulador para hacer cumplir la Ley de Seguridad y Protección Radiológica. En los años 90 el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear pasa a depender de la Prefectura del Departamento de La Paz, posteriormente el IBTEN pasa a dependencia del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, en el presente depende del Ministerio de Energías.

² Comisión Boliviana de Energía Nuclear

³ Organismo Internacional de Energía Atómica

⁴ Comisión Interamericana de Energía Nuclear

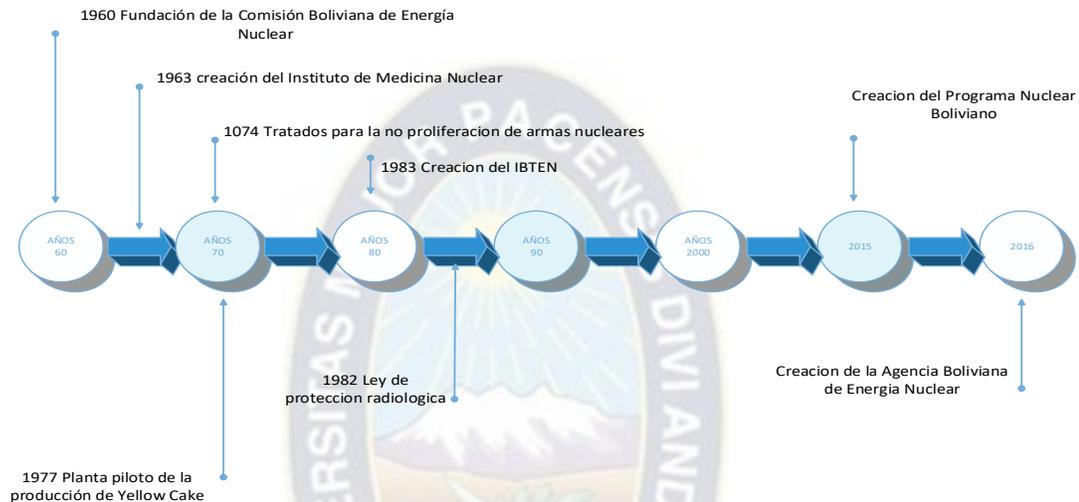
⁵ Organización de Estados Americanos

⁶ Proliferación de Armas Nucleares

⁷ Centro de Investigaciones Nucleares

El 2015 el Gobierno del Presidente Evo Morales, propone la creación del PNB⁸ para el avance científico y tecnológico del país. Posteriormente, el 9 de marzo de 2016 se crea la ABEN (ABEN, 2018).

Figura 1.-Historia de la Tecnología Nuclear en Bolivia



Fuente: Agencia Boliviana de Energía Nuclear

El Instituto Boliviano de Ciencia y tecnología Nuclear actualmente tiene 36 años, siendo sus principales responsabilidades:

Ser contraparte nacional oficial para todo lo referente al uso y aplicación de la tecnología nuclear en Bolivia, canalizando la cooperación técnica internacional hacia los distintos sectores del país, priorizando aquellas en las cuales se plantean las mayores necesidades.

2.2. Ubicación

La oficina central del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología nuclear se encuentra en la av.6 de Agosto N°2905, Telf.24 33481-2437738, fax 2433063-2200218 y los laboratorios se encuentran en Viacha, prolongación Simón Bolívar S/n telf.2800095.

2.3. Objetivos

2.3.1 Misión

“Proteger a la población boliviana y al medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes a través del control y la fiscalización del uso de material nuclear

⁸ Programa Nuclear Boliviano

radioactivo y equipos fuentes de radiaciones ionizantes. Promover desarrollar, coordinar y participar en el desarrollo y aplicación tecnológica con instancias, sean están nacionales o internacionales afines al uso y desarrollo de la tecnología nuclear, precautelando los recursos naturales; aire, agua, suelo, flora y fauna” (IBTEN, 2018).

2.3.2 Visión

“La ciencia y tecnología nucleares presente en todos los sectores económicos y sociales, contribuyendo de forma efectiva al vivir bien de la población boliviana” (IBTEN, 2018).

2.4. Servicios

El Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear cuenta con los siguientes servicios que figuran en la siguiente tabla:

Tabla 8.-Clasificación y descripción de los servicios

Clasificación	Servicios
Inspecciones	Nivel I Nivel II Nivel III Nivel IV
Licencia de construcción	Nivel I Nivel II Nivel III
Licencia de instalaciones	Nivel I Nivel II Nivel III Nivel IV
Licencias individuales	Nivel I Nivel II Nivel III Nivel IV
Licencia responsable de protección radiológica	Nivel I Nivel II Nivel III
Autorizaciones y certificados	Análisis Radiométrico(hasta 1000 ton) Importación fuente de radiación Importación fuente de radiación Importación fuente de radiación Renovación autorización importación

	Renovación autorización importación Renovación autorización importación Exportación fuentes de radiación Transporte nacional
calibraciones	Detectores Dosimetría personal Control de calidad Radiodiagnóstico odontológico Unidades de cobaltoterapia Cursos de protección radiológica Examen

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

El servicio de dosimetría personal se encuentra dentro del orden de calibraciones, que es dependiente de la Unidad de Radiaciones Ionizantes del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, a continuación se detallan los niveles que figuran en la tabla:

Tabla 9.-Tabla de niveles

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV
<ul style="list-style-type: none"> •Ciclotron •Acelerador Lineal •Tomoterapia •Planta de irradiacion 	<ul style="list-style-type: none"> •Gamagrafia y radiografia industrial •Teleterapia •Braquiterapia •Prospeccion petrolera •Seguridad (aduana) 	<ul style="list-style-type: none"> •Medidores industriales •Terapia con RX •Radiofarmacia •Investigacion •Radiotrazadores •Enseñanza 	<ul style="list-style-type: none"> •Radiodiagnostico dental •Aplicadores oftalmologicos •Fluorecencia de RX •Correspondencia •Inspeccion •Comercializacion

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Los niveles que se muestra en la tabla anterior están en orden de importancia siendo el nivel 1 el de prioridad y que deben ser atendidos por encima de los demás niveles.

2.5 Organigrama del IBTEN

El Instituto Boliviano de ciencia y Tecnología Nuclear actualmente cuenta con tres unidades que son: Centro de Protección y Seguridad Radiológica, Unidad Administrativa, y el Centro de Investigaciones en Aplicaciones Nucleares. Siendo CPSR y CIAN las unidades operativas del instituto, el Centro de Protección y Seguridad Radiológica se

encuentra en San Jorge contando así con un laboratorio de dosimetría, espectrometría y calibraciones, sin embargo el Centro de Investigaciones en Aplicaciones Nucleares se encuentra en Viacha con sus respectivos laboratorios y personal que se detallan en el organigrama siguiente.

Esquema 1.- Organigrama IBTEN



Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

El personal con el que cuenta el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear no es suficiente puesto que es muy limitado en el laboratorio calibraciones, espectrometría y sin dejar de lado el área administrativa.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Dosimetría

3.1.1. Autoridad Reguladora

“Autoridad o autoridades nombradas o reconocidas de otra forma por un gobierno con fines de reglamentación en materia de protección y seguridad” (OIEA, 1996, pág. 306).

3.1.2. Contaminación Radioactiva

“Presencia de sustancias radiactivas dentro de una materia o en su superficie, o en el cuerpo humano o en otro lugar en que no sean deseables o pudieran ser nocivas” (OIEA, 1996, pág. 306).

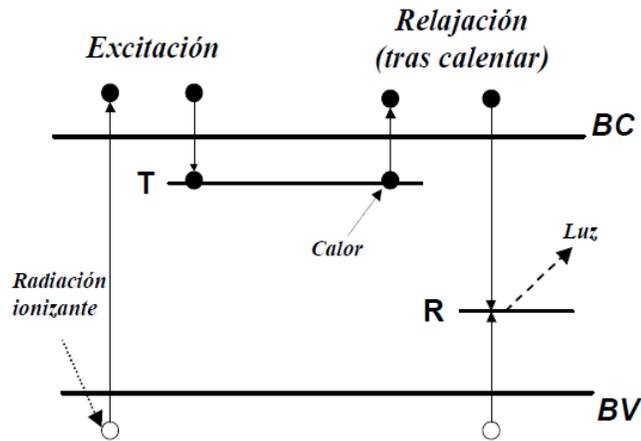
3.1.3. Dosímetro

“Son dispositivos que contienen uno o varios detectores con alguna propiedad que, sin intervención del usuario, permite acumular la información sobre la cantidad de dosis recibida debida a radiaciones ionizantes que se extrae en un proceso posterior de evaluación” (Instalaciones Radioactivas, 2013, pág. 16).

Dosímetros de termoluminiscencia

“Se denomina termoluminiscencia (TL) a la emisión de luz que presentan ciertas sustancias sólidas cristalinas al ser calentadas después de haber sido expuestas a radiación ionizante. Es un proceso físico en dos fases (excitación y relajación) que puede explicarse mediante un modelo sencillo de bandas de energía, donde la Banda de Conducción (BC) está separada de la Banda de Valencia (BV) por un rango de energías no permitidas que se denomina banda prohibida o ‘gap’. Debido a la presencia de impurezas y elementos dopantes en el sólido cristalino, aparecen niveles discretos en la banda prohibida que se denominan trampas T y centros de recombinación R. En el rango de temperaturas (-10 a 60°C) los materiales TL son aislantes eléctricos y por tanto no existen portadores de carga libres en la BC.

Ilustración 5.-Bandas de Energía



Fuente: Instalaciones Radioactivas

En la etapa de excitación, la radiación ionizante incidente transfiere energía suficiente a electrones ligados en la BV, actuando desde ese momento como electrones libres en la BC. La mayoría de los electrones libres recién creados regresan inmediatamente a la BV (recombinación directa), pero algunos quedan atrapados en las trampas T situados en la banda prohibida aunque cerca de la BC. El detector queda en un estado metaestable donde la población de electrones atrapados en las trampas es proporcional a la dosis absorbida. En la BV se produce un fenómeno similar creándose 'huecos' cuya movilidad es mucho más reducida que la de los electrones en la BV. El detector permanece en este estado indefinidamente si bien se producen recombinaciones espontáneas que dependen fundamentalmente de la temperatura ambiente. Este efecto es común en todos los procesos activados térmicamente y se conoce como 'fading' o desvanecimiento y sus efectos deben ser considerados en las evaluaciones dosimétricas.

La relajación en los materiales TL se consigue mediante la aplicación de calor en el cual los electrones atrapados son devueltos nuevamente a la BC gracias a la energía térmica recibida. De nuevo la mayoría de los electrones en la BC tenderán a relajarse mediante recombinación directa, pero una fracción se recombinará en los niveles discretos (centros de recombinación R) situados en la banda prohibida pero próximos a la BV,

produciéndose la emisión de luz cuya intensidad será proporcional a la dosis absorbida en el detector. Durante el proceso de lectura de los detectores TL mediante su calentamiento en condiciones adecuadas, la estructura de bandas original por lo que en los detectores se elimina todo efecto relacionado con la última dosis recibida. Este proceso se efectúa en los lectores TLD, instrumentos de alta calidad y fiabilidad en los que es prácticamente imposible perder los datos de las lecturas de los detectores y que básicamente consisten en un sistema de calentamiento de los detectores (contacto, óptico, inyección de gas inerte) y un tubo fotomultiplicador que recoge la luz emitida y proporciona señales eléctricas en impulsos o corrientes eléctricas del orden de pico amperios. En general, los detectores TL son reutilizables inmediatamente después de su lectura, aunque en algunos materiales es recomendable emplear tratamientos térmicos adicionales que mejoren las características de medida del sistema. El número de reutilizaciones es en principio ilimitado, aunque en la práctica depende de las condiciones de operación del sistema dosimétrico TLD” (Instalaciones Radioactivas, 2013, pág. 19).

Dosimetría Personal

“En su aplicación a la dosimetría personal, en general se disponen varios detectores TL en forma de discos, cristales, polvo o polvo sinterizado (prensado) en porta dosímetros que les protegen del exterior y además les proporcionan el espesor de pared necesario para tener condiciones de equilibrio electrónico. Además, en algunos diseños se añaden filtros de distintos materiales y espesores de modo que en un solo dosímetro se dispone de información suficiente para evaluar la dosis recibida aplicando algoritmos basados en las funciones respuesta de cada detector TL y su filtración adicional. Los detectores TL son especialmente adecuados para la dosimetría de extremidades (dedos, manos, pies, cristalino) ya que pueden configurarse en pequeño tamaño y equivalente al órgano o tejido donde se necesite evaluar la dosis. Debido a estas características así como a otras ventajas desde el punto de vista operativo, en los últimos años los TLD se han impuesto como los detectores más adecuados y empleados para la dosimetría oficial (Instalaciones Radioactivas, 2013, págs. 20,21)”.

3.1.4. Dosis

“Medida de la radiación recibida o 'absorbida' por un blanco. Se utilizan, según el contexto, las magnitudes denominadas dosis absorbida, dosis a un órgano, dosis equivalente, dosis efectiva, dosis equivalente comprometida o dosis efectiva comprometida. Los términos calificativos se suelen omitir cuando no son necesarios para precisar la magnitud de interés” (OIEA, 1996, pág. 308).

3.1.5. Dosis Absorbida

“Magnitud dosimétrica fundamental D , definida por la expresión:

$$D = de/dm$$

En la que es la energía media impartida por la radiación ionizante a la materia en un elemento de volumen, y dm es la masa de la materia existente en el elemento de volumen. La energía puede promediarse con respecto a cualquier volumen definido, siendo la dosis promedio igual a la energía total impartida en el volumen dividido por la masa del volumen. La unidad de dosis absorbida en el Sistema Internacional (SI) es el joule por kilogramo ($J\cdot kg^{-1}$) y su nombre es el gray (Gy)” (OIEA, 1996, pág. 308).

3.1.6. Dosis Colectiva

“Expresión de la dosis de radiación total recibida por una población, definida como el producto del número de individuos expuestos a una fuente por su dosis de radiación promedio. La dosis colectiva se expresa en sieverts-hombre (Sv-hombre).” (OIEA, 1996, pág. 309).

3.1.7 Exposición

“Acto o situación de estar sometido a irradiación. La exposición puede ser externa (irradiación causada por fuentes situadas fuera del cuerpo humano), o interna (irradiación causada por fuentes existentes dentro del cuerpo humano). La exposición puede clasificarse en normal o potencial; ocupacional, médica o del público; así como, en situaciones de intervención, en exposición de emergencia o crónica. También se utiliza el término exposición en radio dosimetría para indicar el grado de ionización producido en el aire por la radiación ionizante.” (OIEA, 1996, pág. 314).

Exposición crónica

“Exposición persistente en el tiempo” (OIEA, 1996, pág. 315).

Exposición del público

“Exposición sufrida por miembros del público a causa de fuentes de radiación, excluidas cualquier exposición ocupacional o médica y la exposición a la radiación natural de fondo normal en la zona, pero incluida la exposición debida a las fuentes y prácticas autorizadas y a las situaciones de intervención” (OIEA, 1996, pág. 315).

Exposición médica

“Exposición sufrida por los pacientes en el curso de su propio diagnóstico o tratamiento médico o dental; exposición sufrida de forma consciente por personas que no estén expuestas profesionalmente mientras ayudan voluntariamente a procurar alivio y bienestar a pacientes; asimismo, la sufrida por voluntarios en el curso de un programa de investigación biomédica que implique su exposición” (OIEA, 1996, pág. 315).

Exposición natural

“Exposición causada por fuentes naturales” (OIEA, 1996, pág. 315).

Exposición normal

“Exposición que se prevé se recibirá en las condiciones normales de funcionamiento de una instalación o una fuente, incluso en el caso de pequeños percances posibles que pueden mantenerse bajo control” (OIEA, 1996, pág. 315).

Exposición ocupacional

“Toda exposición de los trabajadores sufrida durante el trabajo, con excepción de las exposiciones excluidas del ámbito de las Normas y de las exposiciones causadas por las prácticas” (OIEA, 1996, pág. 315).

Exposición potencial

“Que no se prevé se produzca con seguridad, pero que puede ser resultado de un accidente ocurrido en una fuente o deberse a un suceso o una serie de sucesos de carácter probabilista, por ejemplo a fallos de equipo y errores de operación” (OIEA, 1996, pág. 315).

3.1.8. Límites de dosis

“Valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos por prácticas controladas, que no se deberá rebasar” (OIEA, 1996, pág. 321).

El organismo Internacional de Energía Atómica establece los siguientes límites anuales para trabajadores ocupacionalmente expuestos.

Tabla 10.-Límites de dosis

Límite de dosis anual	mSv(J/Kg)
Cuerpo entero	50
Cristalino	300
Cualquier otro órgano en particular	500

Fuente: Organismo Internacional de Energía Atómica

Si el trabajador ocupacionalmente expuesto a radiación ionizante rebasa el límite de exposición, podría sufrir fuertes secuelas entre efectos tardíos e inmediatos, por lo mismo el organismo recomienda inmediatamente suspender el trabajo.

3.1.9. Solicitante

“Toda persona jurídica que solicita a la autoridad reguladora autorización para emprender cualquiera de las acciones enumeradas en las "Obligaciones generales" prescritas por las Normas, relativas a las prácticas” (OIEA, 1996, pág. 326).

3.1.10. Restricción de Dosis

“Restricción prospectiva, relativa a la fuente, aplicada a la dosis individual causada por la fuente y que sirve como confín para optimizar la protección y seguridad de la fuente. En el caso de las exposiciones ocupacionales, la restricción de dosis relativa a la fuente es un valor de dosis individual para limitar la gama de opciones consideradas en el proceso de optimización. Tratándose de la exposición del público, la restricción de dosis es un confín superior de las dosis anuales que deberían recibir los miembros del público a causa del funcionamiento, en las condiciones previstas, de toda fuente controlada. La exposición a la que se aplica la restricción de dosis es la dosis anual a cualquier grupo crítico, sumada para todas las vías de exposición, resultante del funcionamiento previsto de la fuente controlada. El fin de la restricción impuesta a cada fuente es brindar la seguridad de que la suma de las dosis al grupo crítico causadas por todas las fuentes controladas permanece ajustada al límite de dosis. En el caso de la exposición médica los niveles de restricción de dosis deberían interpretarse como niveles orientativos, excepto cuando se apliquen para

optimizar la protección de las personas expuestas con fines de investigación médica o de las personas, que no sean trabajadores, que presten asistencia para el cuidado, apoyo o bienestar de los pacientes expuestos” (OIEA, 1996, pág. 325).

3.1.11. Límites de Dosis

“Valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos por prácticas controladas, que no se deberá rebasar.” (OIEA, 1996, pág. 321).

3.1.12. Magnitudes y unidades de medida

3.1.12.1. Actividad

“Magnitud correspondiente a una cantidad de radionúcleido en un estado determinado de energía, en un tiempo dado, definida por la expresión:

$$A=dN/dt$$

Siendo dN el valor esperado del número de transformaciones nucleares espontáneas a partir de ese estado determinado de energía, en el intervalo de tiempo dt. En el SI, la unidad de actividad es la inversa de segundo (s⁻¹), que recibe el nombre de becquerel (Bq)” (OIEA, 1996, pág. 305).

3.1.12.2. Periodo de semidesintegración

“Se define como el intervalo de tiempo necesario para que la actividad de la muestra se reduzca a la mitad. Los valores del periodo de semidesintegración, al igual que los de la constante radioactiva, son característicos de cada radioisótopo. La expresión que relaciona la constante radiactiva con el periodo de semidesintegración (T) es: $T = \ln 2 / \lambda$ ” (EEZ, 20012, pág. 5).

3.2. Estudio del trabajo

3.2.1. Estudio de métodos

“La productividad de la mano de obra se ve directamente afectada por la maquinaria, herramientas, materiales y los métodos de trabajo utilizados por los trabajadores el objetivo general de mejorar estos métodos, es aumentar la capacidad de producción o reducción de tiempos improductivos de distintas operaciones. Para que este proceso sea exitoso, es importante indagar las razones por las cuales un trabajo se hace de manera

determinada y con algunos componentes específicos podría esto llegar a mejorarse” (Gaither, 1999, pág. 329).

Una de las técnicas principales para reducir la cantidad de trabajo, principalmente con la eliminación de movimientos innecesarios de material y de personal, es el estudio de métodos que se define como “el registro y examen crítico y sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de ejecutar mejoras” (OIT, 1998, pág. 143). Con esto se quiere decir que el estudio de métodos permite identificar soluciones potenciales de mejora, hacer propuestas para su mejoramiento y seleccionar las que mejor se adecuen. Es algo que permite un mejoramiento continuo de las actividades de la empresa, siempre en busca de un cumplimiento más efectivo de las mismas.

Las etapas principales del estudio de métodos son la selección del trabajo que se va a estudiar, el registro de todos los hechos seleccionados con dicho trabajo, un examen y análisis del modo en el que se realiza dicho trabajo, establecer posibles soluciones de mejora, evaluar dichas soluciones, definir el nuevo método de realizar las actividades presentándolo clara y precisamente a las personas competentes, implantarlo y controlar su aplicación.

3.2.1.1. Registro de los hechos

Una vez elegido el trabajo a estudiar, se debe registrar todos los hechos relativos al método existente. Entre las técnicas más comunes que existen para esta etapa se encuentran los diagramas de proceso, flujo, recorrido, precedencia, de relaciones, entre otros; cada uno de los cuales tiene una utilidad específica que permitirá un adecuado y completo análisis de los métodos existentes.

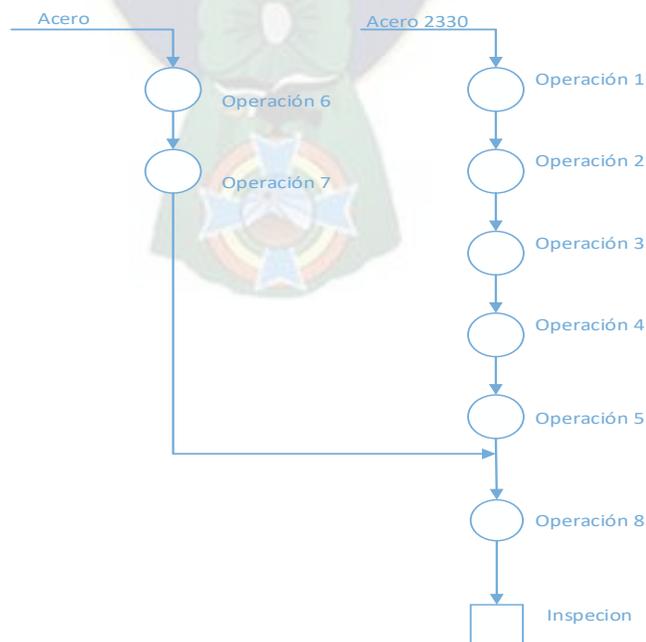
3.2.1.1.1. Cursograma sinóptico del proceso

Muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones e inspecciones que integran un proceso para lograr un producto o servicio. Esto muestra detalles de manufactura como materiales y tiempos. El diagrama de operaciones se elabora por medio de cuatro símbolos, dos principales y dos auxiliares.

- Principales:

- Operación: "Es toda aquella actividad que hace avanzar el material o elemento un paso más hacia el final, modificando su forma, su composición química, añadir o quitar elementos, preparar cualquier actividad que favorezca la terminación del producto" (Ebert, 1991, pág. 35). Este se denota con un círculo de 10 mm de diámetro (Ilustración 6).
- Inspección: Es el examen que se hace como requisito del proceso en cualquiera de sus partes, para determinar conformidad con un estándar pre-establecido que puede ser cualitativo o cuantitativo. Se denota por un cuadrado cuyas aristas tienen un tamaño de 10mm.
- Auxiliares
 - Líneas de flujo: Sirve para conectar símbolos principales en cualquiera de sus órdenes. La línea de flujo muestra el curso general o principal del proceso.
 - Líneas conectoras: Sirve para mostrar toda la entrada del material que tenga el proceso en cualquiera de sus partes. Dichos materiales deberán ser parte integrante del producto o servicio únicamente. Se representa como una línea horizontal.

Ilustración 6.- Estructura Diagrama de Operaciones



Fuente: elaboración propia

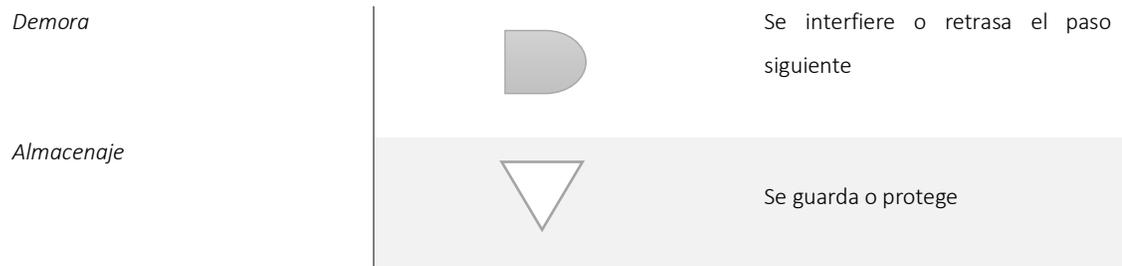
3.2.1.1.2. Cursograma analítico del proceso

El diagrama de flujo de proceso contiene muchos más detalles que el diagrama de proceso de operación. Se usa, en principio, para cada componente de un ensamble o de un sistema para obtener el máximo ahorro en la manufactura o en un procedimiento aplicable a un componente o secuencia de trabajo específico. El diagrama de flujo de proceso es valioso en especial al registrar costos ocultos no productivos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.

Además de registrar las operaciones e inspecciones, estos diagramas muestran todos los movimientos y almacenamientos de un artículo en su paso por la planta. Entonces, los diagramas de flujo del proceso requieren símbolos adicionales a los usados en el diagrama de proceso de la operación. Una pequeña flecha significa un transporte, que se puede definir como mover un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento se lleva a cabo durante el curso normal de una operación o inspección. Una D mayúscula indica demora que ocurre cuando no se permite el procesamiento inmediato de una parte en la siguiente estación de trabajo. Un triángulo equilátero sobre un vértice significa un almacenamiento, que sucede cuando una parte se detiene protegida contra el movimiento no deseado. Estos cinco símbolos constituyen el conjunto estándar de símbolos del diagrama de proceso. El diagrama de flujo del proceso de uso común son de dos tipos: de producto o material y operativo o de persona.

Tabla 11.- Acciones para el flujo del proceso

<i>Actividad</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Resultado Predominante</i>
<i>Operación</i>		Se produce o efectúa algo
<i>Transporte</i>		Se cambia de lugar o se mueve
<i>Inspección</i>		Se verifica cantidad o calidad



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Medición del trabajo

“La medición del trabajo es la determinación de los estándares de tiempo o mano de obra que han de ser utilizados para la planeación y control de las operaciones, mejorando así la productividad de la mano de obra” (Ebert, 1991, pág. 38). Existen dos formas para establecer los estándares de mano de obra que son, el estudio de tiempos y muestreo de trabajo, herramienta utilizada en este proyecto para el establecimiento de los tiempos estándar.

3.2.2.1. Estudio de tiempos

Es la actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables. Antes de emprender el estudio hay que considerar básicamente lo siguiente:

Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.

- El método a estudiar debe haberse estandarizado.
- El empleado debe saber que está siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato.
- El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación.
- El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato pre impreso y una calculadora. Elementos complementarios que permiten un

mejor análisis son la filmadora, la grabadora y en lo posible un cronómetro electrónico y una computadora personal.

- La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero.

Existen varios tipos de técnicas que se utilizan para establecer un estándar, cada una acomodada para diferentes usos y cada uso con diferentes exactitudes y costos.

Algunos de los métodos de medición de trabajo son:

- Tiempo de procedimiento.
- Tiempo Tipo
- Muestreo de trabajo

3.2.2.2. Tiempo procedimiento

Los tiempos de procedimiento se basan en la idea de que todo el trabajo se puede reducir a un conjunto básico de movimientos. Entonces se pueden determinar los tiempos para cada uno de los movimientos básicos, por medio de un cronómetro o películas, y crear un banco de datos de tiempo. Utilizando el banco de datos, se puede establecer un tiempo estándar para cualquier trabajo que involucre los movimientos básicos.

El tiempo básico se calcula con la siguiente fórmula:

	Donde:
$T_b = \frac{t_R * V}{V_{ritmo\ normal}}$	$T_b = tiempo\ basico$
	$t_R = tiempo\ de\ recorrido\ o\ ciclo$
	$V = valoracion\ del\ ritmo$
	$V_{ritmo\ normal} = 100$

En la valoración del ritmo los analistas de tiempo observan con cuidado el desempeño del operario para determinar el ajuste al medio observado por un operario calificado para hacer la labor cuando trabaja a un paso promedio.

Tabla 13.-Tabla de valoración

VALORACIÓN	OBSERVACIÓN
150	Muy rápido
125	Rápido
100	Ritmo normal
75	Lento
50	Vago

Fuente: Oficina Internacional del Trabajo.

Por tanto el tiempo básico del procedimiento será la suma de los tiempos básicos de cada operación.

$$\bar{T}_i = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

3.2.2.3. Tiempo tipo

Para calcular el tiempo tipo será necesario el tiempo suplementario que será calculado bajo los siguientes criterios:

Tabla 12.- Tiempo suplementario

tiempo	observación	Ponderación %
Tiempo suplementario básico	Por necesidades personales	7
	Por fatiga	4
Tiempo suplementario especial	Por monotonía	1
	Por trabajo en pie	4
TOTAL		16

Fuente: Oficina Internacional del Trabajo

$$T_s = 16\% T_b$$

EL TIEMPO SUPLEMENTARIO ES:

$$T_{SUP} = 16\% * \bar{T}_b$$

EL TIEMPO TIPO SERÁ:

$$tiempo\ tipo = \bar{T}_b + T_{SUP}$$

Por tanto para hallar el tiempo tipo es necesario el cálculo previo del tiempo básico más el tiempo suplementario.

3.2.2.4. Muestreo de trabajo

3.2.2.4.1. Muestreo Probabilístico

Se basa en el principio de equiprobabilidad, esto quiere decir que todos los individuos de la muestra seleccionada, tendrán las mismas posibilidades de ser elegidos, lo que nos asegura que la muestra extraída contara con representatividad.

3.2.2.4.2. Muestreo Aleatorio Simple

El muestreo aleatorio simple es un procedimiento de muestreo probabilístico que da a cada elemento de la población objetivo y a cada posible muestra de un tamaño determinado, la misma probabilidad de ser seleccionado.

$$n = \frac{Z^2 * P * Q}{e^2}$$

Donde:

N= Tamaño de la muestra

Z=Nivel de confianza del evento

P= Proporción esperada

E= Error de estimación muestral

3.3. Oficina Internacional de Trabajo (OIT)

Es un organismo especializado de las Naciones Unidas que se ocupa de los asuntos relativos al trabajo y las relaciones laborales. Fue fundada el 11 de abril de 1919, en el marco de las negociaciones del Tratado de Versalles. Su Constitución, sancionada en 1919, se complementa con la Declaración de Filadelfia de 1944. La OIT tiene un gobierno tripartito, integrado por los representantes de los gobiernos, de los sindicatos y de los empleadores. Su órgano supremo es la Conferencia Internacional, que se reúne anualmente en junio. Su órgano de administración es el Consejo de Administración que se reúne cuatrimestralmente. Cada cinco años El Consejo de Administración elige al Director General, encargado de dirigir la Oficina Internacional del Trabajo e implementar las acciones en el terreno. En 2003 fue reelegido para el cargo el chileno Juan Somavía.

La sede central se encuentra en Ginebra, Suiza. En 1969 la OIT recibió el Premio Nobel de la Paz. Está integrado por 180 estados nacionales.

La Oficina Internacional del Trabajo fue fundada en 1919 en el marco de las negociaciones que se abrieron en la Conferencia de la Paz realizada primero en París y luego en Versalles al finalizar la Primera Guerra Mundial.

Las negociaciones tuvieron la particularidad de ser realizadas entre los gobiernos, los sindicatos y las organizaciones de empleadores, quienes tomaron como base la Asociación Internacional para la Protección Legal de los Trabajadores que había sido fundada en Basilea en 1901 para establecer la Constitución de la Organización Internacional del Trabajo, adoptada por la Conferencia de Paz de París e incluida en la sección XIII del Tratado de Versalles.

La Organización Internacional del Trabajo se organizó desde un principio con un gobierno tripartito, único en su género, integrado por representantes de los gobiernos, trabajadores y los empleadores.

Entre 1919 y 1921 la OIT sancionó dieciséis convenios internacionales del trabajo y dieciocho recomendaciones y en 1926 se introdujo un mecanismo de control, aún vigente, por el cual cada país debía presentar anualmente una memoria informando sobre el estado de aplicación de las normas internacionales. Con el fin de examinar esas memorias se creó también la Comisión de Expertos, integrada por juristas independientes, que cada año presenta su informe a la Conferencia.

En 1934, bajo el gobierno de Franklin D. Roosevelt, los Estados Unidos solicitaron su ingreso en calidad de miembro de la OIT. Durante la Segunda Guerra Mundial la OIT se instaló temporalmente en Montreal.

En 1944, cuando aún la guerra no había terminado, la Conferencia Internacional del Trabajo en Filadelfia aprobó la Declaración de Filadelfia que se integró como anexo a la Constitución, fijando los principios, fines y objetivos de la OIT. En 1948 se adoptó el Convenio sobre Libertad Sindical N° 87.

Entre 1948 y 1970, durante la dirección del estadounidense David Morse, debido al proceso de descolonización se duplicó el número de estados miembros de la OIT,

quedando en minoría los países industrializados. La OIT amplió sus actividades quintuplicando el presupuesto y cuadruplicando el número de sus empleados. En 1960, se creó el Instituto Internacional de Estudios Laborales y en 1965, el Centro Internacional de Perfeccionamiento Profesional y Técnico, con sede en Turín. En 1969, al cumplirse cincuenta años de su creación, le fue otorgado el Premio Nobel de la Paz.

En 1977 Estados Unidos se retiró de la OIT causando una crisis presupuestaria debido a la disminución automática del presupuesto en un 25% que ello significó, pero que logró ser controlada hasta su reingreso en 1980.

En los años 80 la OIT desempeñó un papel decisivo en el desarrollo del Sindicato Solidaridad dirigido por Lech Walesa, aplicando el Convenio sobre la Libertad Sindical (1948).

Finalizada la Guerra Fría y frente al proceso de globalización y deterioro de los derechos laborales en todo el mundo, la OIT ha señalado la necesidad de dar prioridad al cumplimiento de las Normas y Principios y Derechos Fundamentales en el Trabajo garantizados por los ocho convenios fundamentales (libertad sindical, negociación colectiva, abolición trabajo forzoso, abolición del trabajo infantil, eliminación de la discriminación en materia de empleo y ocupación), destacando los conceptos de empleo decente y democratización de la globalización.

3.3.1. Técnicas de interrogatorio

Es un método donde se efectúa una serie de interrogantes en cinco aspectos fundamentales de cada actividad con el fin de lograr la mayor proporción posible de actividades productivas, eliminando al máximo actividades que no sean productivas, por necesarias que parezcan. La lista completa de interrogantes se reparte en cinco aspectos de las actividades cada una de las cuales tiene unas preguntas que permitirán llegar a soluciones propuestas para mejorar las operaciones.

- Propósito: Son preguntas que se refieren al objetivo y a la finalidad de la operación, con el fin de eliminar las actividades que sean verdaderamente innecesarias (OIT, 1998, pág. 53).

- Lugar, sucesión y personas: Se preguntan respectivamente por donde se ubican las operaciones y porque, en qué momento se hacen, por qué y en que otro podrían hacerse, quien y quienes lo realizan y quienes podrían realizarlo. Con estas preguntas se pueden hacer propuestas en cuanto a combinación de operaciones, orden de las mismas en cuanto a secuencia y también en cuanto a ubicación.
- Medios: Se refiere al cómo se hacen las operaciones y de que otro modo podrían hacerse con el fin de encontrar otras metodologías para realizar las operaciones más eficazmente.

Este medio para efectuar el examen crítico sometiendo sucesivamente cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas. Se tienen a su vez dos fases:

FASE I: Describe los elementos básicos.

Tabla 13.-Elementos básicos de Técnicas de Interrogatorio

Elementos básicos		
El propósito	Con que	¿Propósito-objetivo-que?
El lugar	Donde	¿Sucesión-secuencia?
La sucesión	En que	¿Sucesión-secuencia?
La persona	Por la que	¿Medios-maquina?
Los medios	Por los que	¿Personas-individuos?

Fuente: OIT

Se comprenden las actividades con objeto de: eliminar, combinar, reordenar y reducir las operaciones factibles al cambio.

En esta primera etapa del interrogatorio se pone en tela de juicio, sistemáticamente y con respecto a cada actividad registrada, el propósito, lugar, sucesión, persona y medios de ejecución, y se le busca justificación a cada respuesta. Combinando las dos preguntas preliminares y las dos preguntas de fondo de cada tema (propósito, lugar, etc.) se llega a la lista completa de interrogaciones, es decir:

Esas preguntas, en ese orden deben hacerse sistemáticamente cada vez que se empieza un estudio de métodos, porque son la condición básica de un buen resultado.

Tabla 14.- Preguntas para un Estudio de Métodos

PROPOSITO	LUGAR	SUCESION	PERSONA	MEDIOS
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Que se hace? • ¿Poque se hace? • ¿Porque otra cosa podria hacerse? • ¿Que deberia hacerse? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Donde se hace? • ¿Porque se hace alli? • ¿En que otro lugar podria hacerse? • ¿Que deberia hacerse? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuando se hace? • ¿Porque se hace entonces? • ¿Cuando podria hacerse? • ¿Cuando deberia hacerse? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Quien lo hace? • ¿Porque se hace entonces? • ¿Cuando podria hacerse? • ¿Cuando deberia hacerlo? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Como se hace? • ¿Porque se hace de este modo? • ¿De que otro modo podria hacerse? • ¿Como deberia hacerse?

Fuente: Oficina Internacional del Trabajo.

FASE II: Preguntas a fondo

Estas preguntas prolongan y detallan las preguntas preliminares para determinar si, a fin de mejorar el método empleado, sería factible y preferible reemplazar por otro el lugar, la sucesión, la persona, el medio o todos. Investiga que se hace y el por qué se hace según el “debe ser”.

En esta se busca la posibilidad de plantear una nueva forma de hacer el trabajo teniendo en cuenta las especificaciones de cada caso.

3.4 Relación Costo-Beneficio

Compara de forma directa los beneficios y costos, para calcular la relación Beneficio-Costo (B/C), primero se halla la suma de los beneficios y se divide sobre la suma de los costos.

Para una conclusión acerca de la viabilidad del proyecto, bajo este enfoque, se debe tener en cuenta la comparación con el número 1, así tenemos lo siguiente:

B/C > 1 Indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente el proyecto debe ser considerado.

B/C = 1 No se establece ganancias pues los beneficios son iguales a los costos.

B/C < 1 Muestra que los costos son mayores a los beneficios, no se considera el proyecto.

Dicho de otra manera si el resultado es mayor que 1, significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos. En otras palabras, los beneficios (ingresos) son mayores a los sacrificios (egresos) y, en consecuencia, el proyecto generará riqueza a una

comunidad. Si el proyecto genera riqueza con seguridad traerá consigo un beneficio social.

Si el resultado es igual a 1, los beneficios igualan a los sacrificios sin generar riqueza alguna, por tal razón sería indiferente ejecutar o no el proyecto.

4. MARCO METODOLOGICO

4.2. Tipo de investigación

Este proyecto consiste en la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable, orientado a solucionar el problema del Instituto Boliviano de Ciencia y tecnología Nuclear.

Dicho proyecto incluye los siguientes aspectos:

- Descriptivo: El proyecto de investigación es descriptivo porque, presenta información detallada de las características y especificaciones involucradas en el proceso de elaboración de dosímetros. Basándose en el método de observación.
- Exploratorio: Es exploratorio ya que se realizaron entrevistas, se recopiló información bibliográfica, con la finalidad de familiarizarse con el proceso productivo, para precisar mejor la problemática a resolver.
- Campo: Con la intención de adquirir información significativa se visitó el laboratorio constantemente, con el propósito de observar directamente el comportamiento del proceso de elaboración de dosímetros.
- Evaluativo: a través de la información obtenida durante el trabajo de investigación, se detectaron las fallas para luego formular las posibles mejoras.

4.3. Diseño Metodológico

Por cuanto, este diseño de investigación permite no solo observar, sino recolectar datos directamente de la realidad objeto de estudio, en su ambiente cotidiano, para posteriormente analizar e interpretar los resultados de las indagaciones.

4.4. Población y muestra

Una vez definido el problema y establecido el campo de estudio se establece la población o universo de estudio, que no es más que un conjunto de elementos de los cuales se

pretende indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en el proyecto.

“Estadísticamente hablando, por población se entiende un conjunto finito o infinito de personas, casos o elemento que presentan características comunes” (Gabaldon, 2005, pág. 23).

En el presente proyecto, el universo de estudio está constituido por la cantidad de observaciones en el proceso de elaboración de dosímetros, dicha población está constituida por la elaboración de dosímetros de las distintas empresas de La Paz, Santa Cruz, Cochabamba, Oruro, Potosí, Chuquisaca, Pando, Beni, Tarija.

Por otra parte, una vez situado el universo de estudio y con ello el campo de investigación, la muestra seleccionada son algunas de las empresas que cuentan en promedio con 12 dosímetros para la observación de las mismas.

4.4. Instrumentos de recolección de información

Ahora bien, una vez definido el tipo de investigación, su diseño, la población o universo de estudio así como también su muestra, se procede a la definición de los métodos, instrumentos y técnicas de recolección de la información que se incorporarán a lo largo de todo el proceso, en función del problema y las interrogantes planteadas así como también de los objetivos que han sido definidos anteriormente.

En este estudio se emplearon las siguientes herramientas para la recolección de datos:

- Observación directa.

"Investigación directa, es aquella en que el investigador observa directamente los casos o individuos en los cuales se produce el fenómeno, entrando en contacto con ellos; sus resultados se consideran datos estadísticos originales, por esto se llama también a esta investigación primaria" (Ernesto, 1993, pág. 55).

- Entrevista.

Es una concurrencia entre dos o más personas que permite dar opiniones con relación a un tema de estudio determinado, aplicando una serie de preguntas bien elaboradas con un acuerdo previo, además de unos intereses y expectativas definidos por ambas partes. Para llevar a cabo esta técnica, dentro del desarrollo

de la investigación, aplicándose la Técnica del Interrogatorio, las preguntas de la OIT.

- Materiales.

Se emplearon los siguientes materiales para la recolección de datos:

- Lápiz y papel: utilizado para tomar anotaciones.
- Cámara fotográfica y de video: utilizada para capturar imágenes relacionadas al proceso de elaboración de dosímetros.
- Cronómetro digital. Utilizado para tomar las mediciones del tiempo de duración de las actividades llevadas a cabo en el proceso de producción.

5. SITUACIÓN ACTUAL

5.1. Diagnóstico

Para realizar el diagnóstico haremos uso de un análisis FODA que a continuación se muestra.

5.1.1. Análisis de factores externos

A continuación se muestra en la siguiente tabla el análisis externo del Instituto Boliviano de ciencia y Tecnología Nuclear.

Tabla 15.-Análisis Externo

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Apoyo y financiamiento de proyectos por el Organismo Internacional de Energía Atómica.	Dividir la organización para fines políticos.
Apoyo del Estado y del gobierno actual en temas de tecnología nuclear.	Gobiernos que no incentiven el apoyo a la de tecnología nuclear.

Fuente: Elaboración propia

En la actualidad el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear recibe apoyo del Organismo de Internacional de Energía Atómica para la dotación de dosímetros y otros proyectos del Centro de Investigación en aplicaciones nucleares.

5.1.2. Análisis de factores internos

Se realizará el análisis de factores internos del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, que se muestran a continuación.

Tabla 16.- Análisis de factores internos

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Servicios con precios accesibles.	Organización reacia a cambios.
Institución que cuenta con laboratorios en el municipio de Viacha.	Falta de tecnología en el uso de equipos.

Fuente: Elaboración propia.

El instituto cuenta con precios accesibles en sus diferentes servicios, para que la población boliviana pueda hacer uso de los mismos, mitigando así los daños que puede ocasionar la radiación ionizante.

5.1.3. Análisis FODA

Una vez realizada el análisis de factores internos y externos procedemos a realizar una tabla resumen con sus respectivos puntajes, que a continuación se detallan.

Tabla 17.-Puntaje de factores externos.

	OPORTUNIDADES	Ptos. (1-10)		AMENAZAS	Ptos. (1-10)
O1	Apoyo y financiamiento de proyectos por el Organismo Internacional de Energía Atómica.	9	A1	Dividir la organización para fines políticos.	10
O2	Apoyo del gobierno en temas de tecnología nuclear.	7	A2	Cambio de gobierno, que no incentive el apoyo a la de tecnología nuclear.	5
	OPORTUNIDADES	16		AMENAZAS	15

Fuente: Elaboración propia

El puntaje que se le dio a los factores externos fue sobre 10 puntos, obteniendo así 16 puntos para las oportunidades y 15 puntos para las amenazas.

Tabla 18.-Puntaje de factores internos.

	FORTALEZAS	Ptos. (1-10)		DEBILIDADES	Ptos. (1-10)
F1	Organización que cuenta con laboratorios en el municipio de Viacha.	8	D1	Institución reacia a cambios.	9
	Precios de servicios accesibles.	6	D2	Falta de tecnología en equipos.	8

	FORTALEZA	14		DEBILIDADES	17

Fuente: Elaboración propia

Al igual que los factores externos se otorgó 10 puntos a los factores internos, contando 14 puntos para fortaleza y 17 puntos para debilidades.

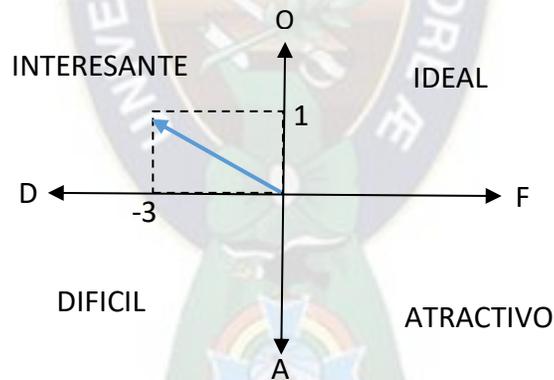
Tabla 19.- Tabla resumen de factores internos y externos.

FORTALEZAS	14	OPRTUNIDADES	16
DEBILIDADES	17	AMENAZAS	15
FORTALEZAS-DEBILIDADES	-3	OPORTUNIDADES-AMENAZAS	1

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido los puntos, establecemos coordenadas con la diferencia de análisis externos, de la misma manera con la diferencia de análisis internos que resulta 1.

Ilustración 7.- Coordenadas de análisis



Fuente: Elaboración propia

Por lo visto en el anterior gráfico, se deduce que el sector es un campo muy interesante, figurando así en el IV cuadrante de la coordenada.

Tabla 20.- Tabla general FODA

FODA		F1	F2	D1	D2
	O1	O1-F1	O1-F2	O1-D1	O1-D2
	O2	O2-F1	O2-F2	O2-D1	O2-D2
	A1	A1-F1	A1-F2	A1-D1	A1-D2

	A2	A2-F1	A2-F2	A2-D1	A2-D2
--	----	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la tabla combinada procedemos al análisis de las mismas.

FORTALEZAS VS OPORTUNIDADES

O1-F1 Elaboración de proyectos para la expansión de los laboratorios y oficinas del Instituto Boliviano de Ciencia y tecnología Nuclear.

O1-F2 Captar financiamiento del OIEA para proyectos que nos ayuden a minimizar los costos y brindar precios accesibles a la población boliviana.

O2-F1 Presentar proyectos de infraestructura y equipos para los laboratorios siendo que el gobierno actual está dando enfoque en temas de energía nuclear,

O2-F2 No existe relación

Fuente: Elaboración propia

FORTALEZAS VS AMENAZAS

A1-F1 Innovar procesos y procedimientos para el crecimiento de la organización, lo que permite la solidez de la organización.

A1-F2 No existe relación

A2-F1 No existe relación

A2-F2 No existe relación

Fuente: Elaboración propia

AMENAZAS VS DEBILIDADES

A1-D1 Gestionar estratégicamente el cambio en la organización.

A1-D2 Actualización de equipos de las distintas unidades.

A2-D1 No existe relación

A2-D2 No existe relación

Fuente: Elaboración propia

OPORTUNIDADES VS DEBILIDADES

O1-D1 Gestionar proyectos para beneficiar a todas las partes involucradas.

O1-D2 No existe relación

O2-D1 No existe relación

O2-D2 Presentar de propuestas, proyectos, así mediante los mismos recibir financiamiento, aprovechando el apoyo del gobierno.

Fuente: Elaboración propia

Con todo lo establecido anteriormente se formulará un plan mejora.

Tabla 21.- Plan de mejora

ÁREA DE MEJORA	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	CAUSAS QUE PROVOCAN EL PROBLEMA	OBJETIVO	ACCIONES DE MEJORA	BENEFICIOS ESPERADOS
Laboratorio de dosimetría	La demanda no está siendo cubierta por la demora en el proceso de elaboración de dosímetros.	Procesos y procedimientos inadecuados	Minimizar el tiempo de procedimiento en la elaboración de los dosímetros.	Sistematizar la información para agilizar el procedimiento.	Cubrir en mayor proporción la demanda, además de brindar el servicio en el menor tiempo posible.

Fuente: Elaboración propia

El plan de mejora que detallamos en la tabla anterior es un conjunto de medidas de cambio que se tomarán en la institución para mejorar su rendimiento en la elaboración de dosímetros del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, lo que conlleva a cubrir en mayor proporción la demanda.

5.2. Ingeniería de métodos

5.2.1. Estudio de métodos

Realizaremos un estudio de métodos al Instituto Boliviano de ciencia y Tecnología Nuclear. Durante el cumplimiento del procedimiento de Ingeniería de Métodos, se deben aplicar técnicas para analizar y diseñar los métodos de trabajo, entre las cuales se pueden citar en un inicio el enfoque básico del estudio de métodos consiste en ocho etapas o pasos.

1.- Seleccionar el área de trabajo para el estudio, en nuestro caso tomaremos el laboratorio de dosimetría, ya que encontramos falencias en el procedimiento de elaboración de dosímetros.

2.-Registrar el procedimiento a estudiar definiendo sus límites en una directa observación y de los hechos relevantes relacionados con el procedimiento y recolectar de fuentes apropiadas los datos adicionales que sean necesarios.

3.- Examinar en forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, el propósito, el lugar, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos a utilizar.

4.- Establecer buscar el método más práctico, eficaz y económico.

5.- Evaluar diferentes opciones para realizar un nuevo método comparando la relación costo-eficacia entre el nuevo método actual.

6.- Definir el método nuevo en forma clara a personas que puedan concernir

7.- Implantar el nuevo método con una práctica normal, induciendo a todas las personas que han de utilizarlo.

8.- Controlar la aplicación del método nuevo para evitar el uso del método anterior.

Las 8 etapas nombradas anteriormente constituyen un desarrollo que el estudio de métodos debe seguir normalmente.

5.2.2. Registro de los hechos

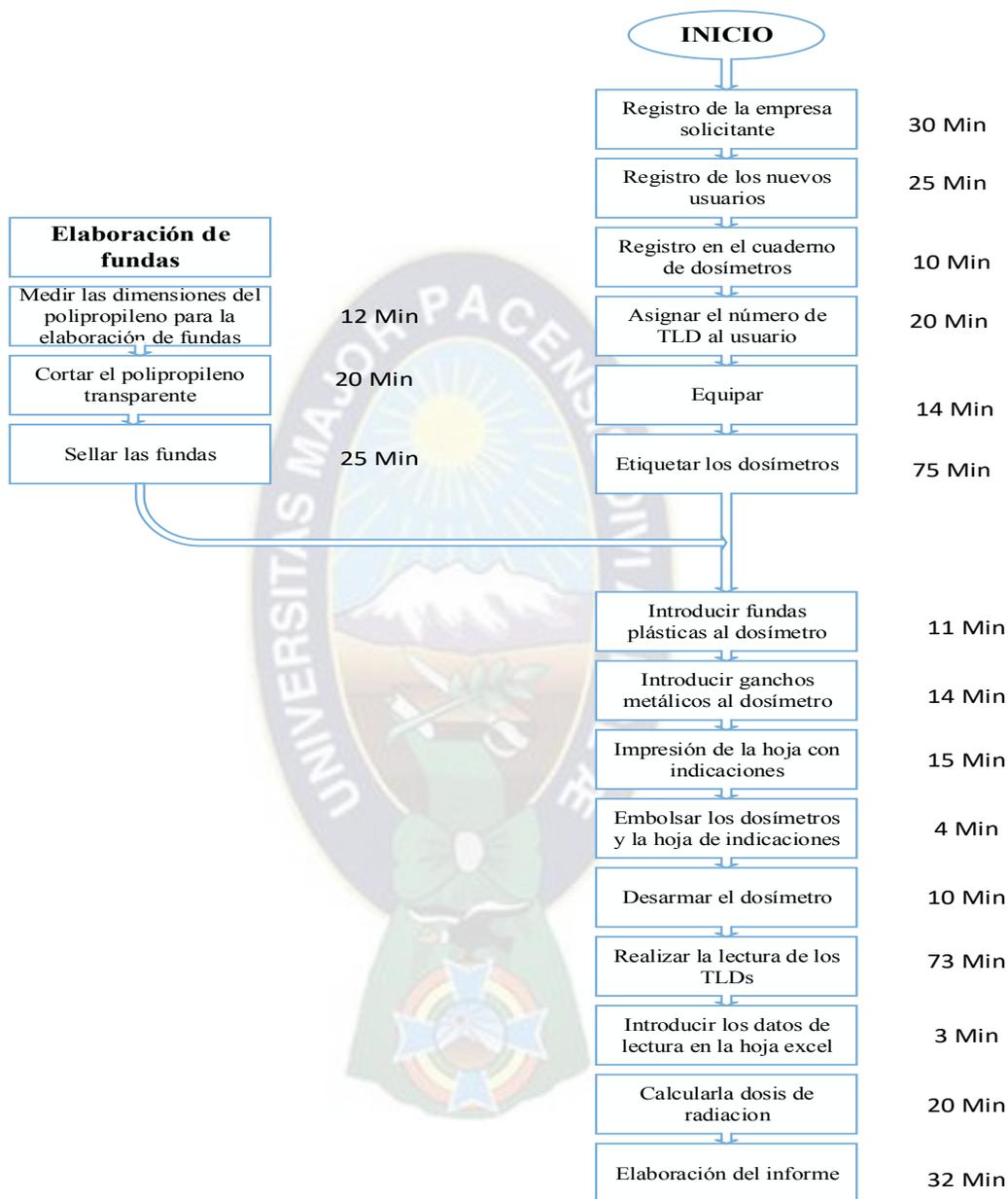
El procedimiento comienza con la solicitud del usuario están pueden ser hospitales, industrias, misma que es revisada y evaluada por los profesionales del laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, dicha solicitud estipula la cantidad del personal que requiere el dosímetro así como la ocupación de los mismos con la respectiva licencia de funcionamiento de la institución solicitante, una vez aceptada la solicitud se procede al registro de los datos en la computadora 1 y en la computadora 2, en la computadora uno se abre una hoja Excel para llenar los datos de la empresa así como establecer el formato para la lectura de dosis de los dosímetros paralelamente a esto se registra en la hoja de envió del trimestre, en la computadora dos se registra los datos de la institución y los usuarios respectivos, asimismo se registra muy aparte en el cuaderno de dosímetros, la institución y los dosímetros a armar para la misma posteriormente procede la elaboración de dosímetros que consiste asignar dosímetros a usuarios mediante la lectura con un código de barras para posteriormente armar los dosímetros, para el armado se introduce los TLDs en el porta que son de diferentes colores luego etiquetamos los dosímetros que consiste en imprimir las listas de los usuarios en el dosímetro, cambiando el trimestre de uso, posteriormente se procede al cortado de las etiquetas y al colado con cinta adhesiva transparente, Luego de hacer el etiquetado se realiza el colocado de las envolturas que consiste en introducir los dosímetros en las fundas plásticas de PVC flexible, una vez introducidas las fundas plásticas se procede al

colocado de los ganchos metálicos después imprimimos en una hoja el nombre de la institución asimismo la cantidad y nombre de los usuarios y algunas indicaciones o recomendaciones por parte de los profesionales de laboratorio, una vez impreso la hoja y armado de dosímetros se procede a embolsar ambos en una bolsa de polietileno transparente luego se registra en la computadora uno en la hoja de envío se registra la empresa y la cantidad de dosímetros a enviar posteriormente almacenamos en una canasta para luego imprimir la hoja de envío y hacer coincidir con los dosímetros armados para posteriormente recepcionarlos en secretaria de la unidad CPSR⁹.

Una vez armado los dosímetros la segunda parte del servicio consiste en la lectura de los mismos, que primero se recepcionan los dosímetros en secretaria de la unidad CPSR para luego entregarlo al personal de dosimetría, posteriormente desarmarlo en laboratorio, operación que consiste en sacar la etiqueta y abrir el porta para extraer el TLD y así proceder a la lectura del mismo, introduciendo así el TLD al equipo Harshav, una vez obtenido los datos en el monitor del equipo introducimos los datos en la hoja Excel de la empresa misma que está en la computadora 1 para luego calcular la dosis y establecer el registro de dosis y por último se elabora el informe que consiste en el copiado de la hoja excel en una hoja word para imprimir el informe, una vez impreso el informe se requiere la firma del director, para luego recepcionarlo en secretaria junto a los dosímetros.

⁹ Centro De Protección y seguridad Radiológica.

Esquema 2.- Proceso de elaboración de dosímetros



Fuente: Elaboración propia

Por lo expuesto anteriormente el tiempo total del proceso de elaboración de dosímetros es de 413,47 minutos, lo que se traduce en 6,88 horas.

5.2.3. Cursograma sinóptico

He aquí las operaciones del servicio de dosimetría para la elaboración de 12 dosímetros:

Operación 1: Se registra los usuarios de la empresa solicitante en la computadora 1.

Operación 2: Se registra todos los ingresos en la computadora 2.

Operación 3: Se registra todo nuevo usuario en el cuaderno de dosímetros.

Operación 4: Se asigna el número de TLD a los usuarios.

Operación 5: Se procede a equipar los dosímetros para cada usuario.

Operación 6: Luego de equipar los dosímetros, se procede a etiquetar los mismos.

Operación 7: Medir las dimensiones del polipropileno para la elaboración de fundas.

Operación 8: Cortar el polipropileno transparente.

Operación 9: Sellar las fundas.

Operación 10: Introducir fundas plásticas al dosímetro.

Operación 11: Introducir ganchos metálicos al dosímetro.

Operación 12: Impresión de la hoja con indicaciones.

Operación 13: Embolsar los dosímetros y la hoja de indicaciones.

Operación 14: Desarmar el dosímetro.

Operación 15: Realizar la lectura de los TLDs.

Operación 16: Introducir los datos de lectura en la hoja excel.

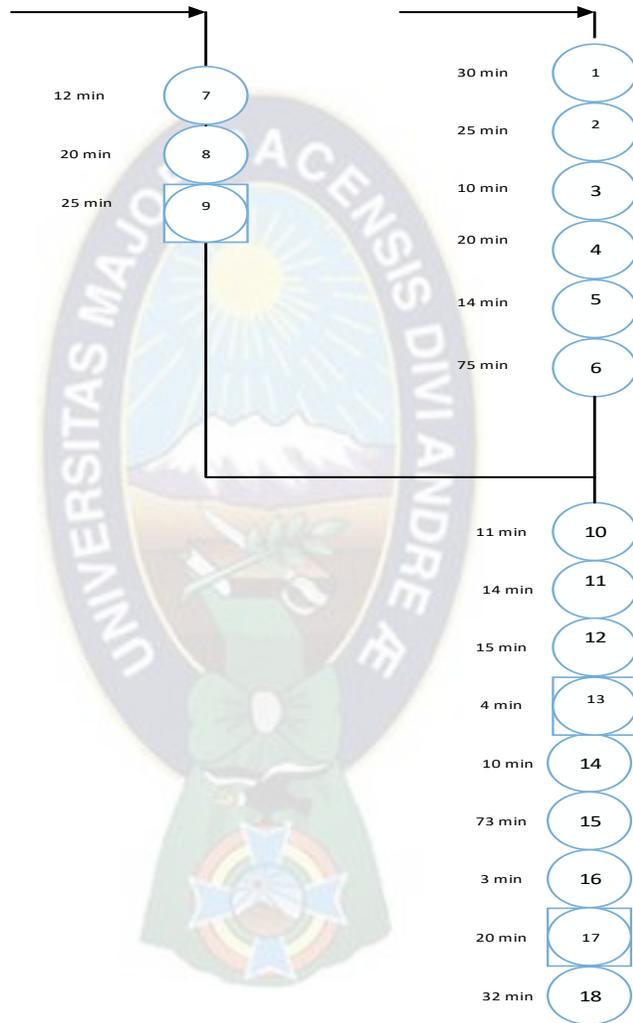
Operación 17: Calcular la dosis de radiación.

Operación 18: Elaboración del informe.

A continuación se muestra el Cursograma sinóptico del proceso de servicio que consta de las principales operaciones. Contando así con 18 operaciones principales, mismas que figuran en la ilustración 5.

Ilustración 8.- Cursograma sinóptico del servicio

Procedimiento: Servicio de dosimetría
Método: Actual
Inicio: Solicitud de usuarios
Fin: Recepción en CPSR
Seguimiento: Elaboración de dosímetros



Fuente: Elaboración propia

El cursograma sinóptico muestra la secuencia de las principales operaciones e inspecciones en el proceso de elaboración de dosímetros, contando así con 18 operaciones y tres inspecciones en las operaciones 9,13 y 17.

5.2.4. Cursograma analítico del proceso

Una vez trazado el cuadro general de un proceso se puede entrar en mayores detalles. El cursograma analítico se establece en forma análoga al sinóptico, pero utilizando, además de los símbolos de operación e inspección, los de transporte, espera, almacenamiento. En la tabla 23 vemos el cursograma analítico del servicio de dosimetría.

Tabla 22.- Cursograma analítico del procedimiento actual

Objeto: análisis de tiempo de procedimiento en la elaboración de dosímetro.	Actividad	Actual
	Operación 	18
Actividad: Servicio de dosimetría	Transporte 	-
	Espera 	-
	Inspección 	3
Método actual: Manual	Almacenamiento 	-
	Combinada 	-
Profesionales: 2	Distancia (m)	-
	Tiempo (min)	413

Operaciones	Cantidad (unidades)	Tiempo (Min)	Símbolo					
								
Registro de la empresa solicitante	12	30	X					
Registro de los nuevos usuarios	12	25	X					
Registro en el cuaderno de dosímetros	12	10	X					
Asignar el número de TLD al usuario	12	20	X					
Equipar los dosímetros	12	14						
Etiquetar los dosímetros	12	75	X					
Medir las dimensiones del polipropileno para la elaboración de fundas	12	12	X					
Cortar el polipropileno transparente	12	20	X					
Sellar las fundas	12	25	X					
Introducir fundas plásticas al dosímetro	12	11				X		
Introducir ganchos metálicos al dosímetro	12	14	X					
Impresión de la hoja con indicaciones	12	15	X					
Embolsar los dosímetros y la hoja de indicaciones	12	4	X					
Desarmar el dosímetro	12	10	X					
Realizar la lectura de los TLDs	12	73				X		

Introducir los datos de lectura en la hoja excel	12	3	X					
Calcular la dosis de radiación	12	20	X					
Elaboración del informe	12	32	X					
TOTAL		413						

Fuente: Elaboración propia

Por lo visto en la tabla anterior el procedimiento es muy repetitivo y tedioso, no se tiene un procedimiento establecido para la elaboración de dosímetros.

Por otro lado tampoco existen procedimientos a seguir en la lectura de los TLDs, ni en el cálculo de dosis de radiación, de igual manera son muy repetitivos, en especial en la transcripción de datos por falta de herramientas computacionales, además el procedimiento como tal no tiene una secuencia en la elaboración de dosímetros, lo que quiere decir que cualquier profesional del laboratorio de dosimetría puede optar por el procedimiento que crea conveniente en la elaboración de dosímetros, además de no existir herramientas que enlazan las operaciones. Por otro lado no se utilizan la tecnología que hoy en día está al alcance de todos.

5.2.5. Técnicas del interrogatorio

La técnica del interrogatorio es el medio de efectuar el examen crítico sometiendo sucesivamente cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas.

A continuación realizamos la técnica del interrogatorio al laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Tabla 23.-Técnicas de interrogatorio

	1ra Fase: Preguntas preliminares	2da Fase: Preguntas de Fondo
<i>Propósito</i>	¿Qué se hace? Se realiza la elaboración de dosímetros.	¿Qué otra cosa se podría hacer? Descentralizar el servicio de dosimetría a manos privadas, pero con la fiscalización del IBTEN, como ente reguladora.
	¿Por qué se hace? Para proteger a la población boliviana a la radiaciones ionizantes, específicamente a los trabajadores ocupacionalmente expuestos.	¿Qué debería hacerse? Brindar una atención oportuna a los usuarios.
<i>Lugar</i>	¿Dónde se hace? En el laboratorio de dosimetría del instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.	¿En qué otro lugar podría hacerse? En los laboratorios del Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares-Viacha.
	¿Por qué se hace ahí?	¿Dónde debería hacerse?

	Porque es el único laboratorio diseñado para el servicio de dosimetría.	En un lugar laboratorio adecuado para brindar el servicio de dosimetría de forma eficiente.
<i>Sucesión</i>	<p>¿Cuándo se hace?</p> <p>Cuando se tiene una solicitud de servicio y cada trimestre que es el recambio de los dosímetros.</p>	<p>¿Cuándo podría hacerse?</p> <p>Los recambios podrían hacerse cada mes. Para tener una medida más exacta de la radiación.</p>
	<p>¿Por qué se hace en ese momento?</p> <p>Los recambios se hacen cada trimestre porque se necesita realizar la lectura de los TLDs.</p>	<p>¿Por qué se haría en ese momento?</p> <p>Para tener una medida más exacta de la radiación.</p>
<i>Persona</i>	<p>¿Quién lo hace?</p> <p>El personal contratado por la institución.</p>	<p>¿Qué otra persona podría hacerlo?</p> <p>Profesionales preparados en el área de ciencias exactas.</p>
	<p>¿Por qué lo hace esa persona?</p> <p>Porque fueron profesionales selectos para la elaboración de dosímetros.</p>	<p>¿Quién debería hacerlo?</p> <p>Profesionales con experiencia necesaria en el área de dosimetría.</p>
<i>Medios</i>	<p>¿Cómo se hace?</p> <p>Se verifica que el usuario cumpla los requisitos, para posteriormente armar los dosímetros.</p>	<p>¿Cómo debería hacerse?</p> <p>Podría cambiarse el procedimiento, enlazar operaciones con herramientas computacionales además de añadir equipos que nos faciliten las operaciones.</p>
	<p>¿Por qué se hace de ese modo?</p> <p>Porque es la forma de recuperar el dinero de una manera segura.</p>	<p>¿Por qué se debería hacer de esa forma?</p> <p>Para aumentar la productividad, lo que se traduce en una atención oportuna a los usuarios y una amplia atención a todos los sectores expuestos a radiación.</p>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se realizó las técnicas de interrogación al laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología.

5.2.8. Análisis de desperdicios

En el laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear no existen desperdicios en cuanto a materiales físicos sin embargo existe mucho desperdicio en el tiempo de proceso en la elaboración de dosímetros.

5.3. Medición de trabajo

5.3.1. Selección del área de estudio

El área seleccionada para el análisis es el laboratorio de dosimetría, puesto que el laboratorio muestra falencias visibles, misma que debe ser tomada con mucho cuidado y urgencia, ya que determina el ritmo de atención al usuario.

5.3.2. Determinación del tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se procedió a realizar el uso del muestreo aleatorio simple y mediante un estudio preliminar que el funcionario está activo en un 93 % y en un 0.07 % el funcionario está inactivo.

Tabla 24.- Observación preliminar y tamaño de muestra

DETALLE DE OBSERVACIONES PRELIMINARES	TOTAL	PORCENTAJE
funcionario Activo	89	99%
funcionario Inactivo	1	0,01%
	90	100%

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en la observación preliminar se obtuvo un $p=99\%$, para posteriormente calcular el tamaño de muestra, que se presenta a continuación.

Tabla 25.-Tamaño de la muestra.

<i>P</i>	99%
<i>Q</i>	1%
<i>TOL</i>	5%
<i>Z</i>	1,96
<i>n</i>	15

Fuente: Elaboración propia

Con los datos detallados anteriormente $p=99\%$ y $q=0,01\%$, mediante un muestreo aleatorio simple se obtuvo el tamaño de muestra $n=15$.

5.3.3. Registro de datos y valoración del ritmo

Con la muestra obtenida en el índice anterior se obtuvo los datos que figuran en el ANEXO 1. Para la valoración del ritmo se tomara el valor de un ritmo normal.

5.3.4. Calculo del tiempo de procedimiento

Para calcular el tiempo de procedimiento, se hará uso de la fórmula del tiempo básico reemplazando así el tiempo de cada operación en la formula, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 26.-Tiempo básico de cada operación

Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Promedio	30	25	10	20	14	75	12	20	25	11	14	15	4	10	73	3	20	32

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se determinó el tiempo básico promedio para cada operación, siendo el tiempo total de procedimiento será $\overline{T_T} = 413,43 \text{ Min.}$

5.3.5. Calculo del tiempo tipo

Para calcular el tiempo tipo será necesario el tiempo suplementario que será calculado de la siguiente manera:

$$\overline{T}_T = T_{SUP} = 16\% * \overline{T} = 413,43 * 0,16 = \mathbf{66,16 Min}$$

EL TIEMPO TIPO SERÁ:

$$tiempo\ tipo = \overline{T} + T_{SUP} = (413,43 + 66,08)Min = \mathbf{479,63Min}$$

Por tanto el tiempo tipo del proceso es de 479,63 minutos, es decir 7,99 horas, lo que se traduce en una jornada de trabajo.

6. SISTEMA PROPUESTO

6.1. Modelo conceptual

Para establecer el modelo conceptual se hará uso del enfoque en sistemas para formular el modelo del método propuesto.

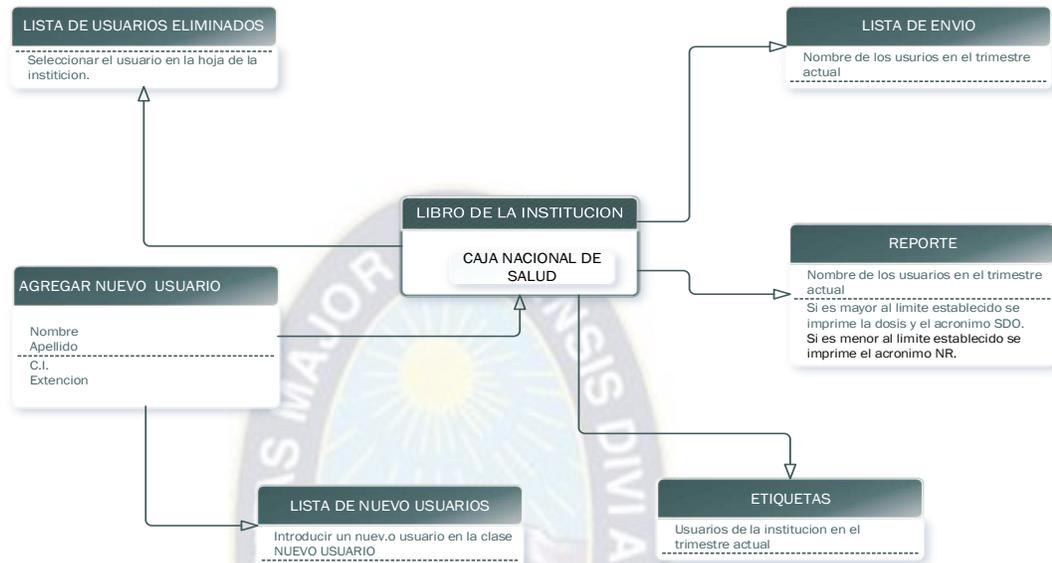
6.1.1. Concepción estructural

Si se parte de la macros como sistema es un conjunto de elementos interconexos que forman una integridad, casi de manera inmediata se concluye que para conocer una macros y explicar sus propiedades basta con lo siguiente:

- Identificar las partes y componentes del sistema objeto.
- Conocer las características de las partes.
- Establecer el patrón de relaciones entre las partes.
- Reunir esta información y de ahí deducir las propiedades y comportamiento del sistema total.

A continuación mostramos en la concepción estructural de la sistematización de información en el procedimiento de elaboración de dosímetros del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (Esquema3).

Esquema 3.- Concepción Estructural del sistema.



Fuente: Elaboración propia

El sistema propuesto enlaza las operaciones del proceso, para que se ejecuten simultáneamente y de manera automática.

6.1.2. Concepción de la caja negra

La sistematización de información del procedimiento del laboratorio de dosimetría es visto como un sistema que recibe ciertos insumos y los transforma en productos, empleando para su representación diagramas de bloque, llamados caja negra porque en un primer nivel de análisis no se establece lo que se lleva a cabo en el proceso de transformación, es decir, que contiene la caja.

“Esta forma de representación, a pesar de ser muy simple, es de mucha utilidad en la solución de problemas, ya que lleva a pensar en la interacción del objeto con su entorno” (Ochoa, 2010, pág. 35).

Esquema 4.-Caja Negra- Sistematización de información.



Fuente: Elaboración Propia

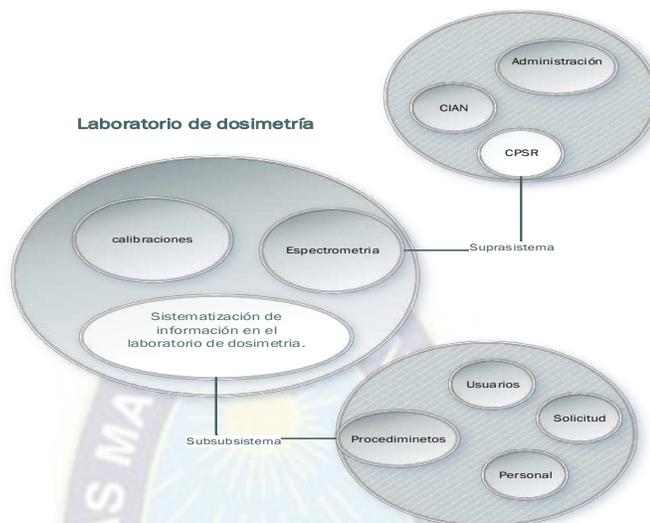
La concepción de la caja la caja negra muestra todas las entradas al sistema como datos del usuario, la magnitud de dosis recibida por el usuario, asimismo muestra todas las salidas del sistema que son las etiquetas, las lista de los nuevos usuarios, lista de envió, además de la adición y eliminación de un usuario.

6.1.3. Concepción funcional

A diferencia de la concepción estructural que visualiza al sistema como un agregado de partes, la concepción funcional estudia dicho sistema como un proceso: como el conjunto de actividades requeridas para cumplir con una función o un propósito, además que cada actividad puede desmembrarse en un conjunto de sub actividades, de la misma manera que la función del sistema puede verse como una actividad de un sistema más amplio, lo que conduce a hablar de subsistemas y supra sistema, respectivamente. Este proceso de agregación y desagregación se puede seguir hasta alcanzar el nivel de detalle que se juzgue apropiado.

En el esquema 5 se puede observar el suprasistema y el subsistema del laboratorio de dosimetría, misma que se muestra a continuación.

Esquema 5.- Concepto Funcional-Sistematización de información



Fuente: Elaboración propia

Lo que se muestra en el esquema anterior es el sistema del laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear con sus respectivos subsistemas, suprasistemas y subsubsistemas.

6.2. Visual Basic For Application

Visual Basic es un ambiente gráfico de desarrollo para aplicaciones en el sistema operativo Microsoft. Las aplicaciones creadas con Visual Basic están basadas en objetos y son manejadas por eventos. Visual Basic se deriva del lenguaje Basic, el cual es un lenguaje de programación estructurado. Sin embargo, Visual Basic emplea un modelo de programación manejada por eventos.

Por tanto lo que se propone para la sistematización de información del laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, consiste en relacionar la hoja principal (tabla 27) con la lista de etiquetas, nuevos usuarios, retiros, listas de envío, reporte, para que automáticamente genere:

- a. La lista de envió de cada empresa (Anexo 2).
- b. Reporte o informe de la dosis recibida por el profesional o trabajador expuesto a radiaciones ionizante (Anexo 3).

- c. La lista de etiquetas con el respectivo nombre de usuarios (Anexo 4).
- d. El registro de los nuevos usuarios (Anexo 5).
- e. El registro de retiros de todos los profesionales y trabajadores que ya no hacen uso del servicio (Anexo 6).

Tabla 27.-Hoja principal de la empresa

CENTRO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA I.B.T.E.N.

DOSIMETRÍA PERSONAL

NR = 0.2 mSv desde 2010

Hospital Municipal de Iños

Dr. Mario Ortiz Suárez

Trim. 1-2018

Registro 3044

Tipo: TLD-rosado/PORTA-negro (N-B).

Laboratorio:

27/03/2017

H-4500 fc: 0.0532 [mSv/nC] F: 3.8439 [nC]

Nombre	No.Dos.	L1(nc)	L2(nc)	ROI nC	mSv	mSvC	E (mSv)	Fecha lect.	SDO	Obs.
Figueroa José	751	69,06	54,83	27,81	1,76	0,41	0,4	22/09/18	SDO	
Flores Karen	585	51,00	40,10	24,52	1,59	0,24	0,2		SDO	
Ledezma Kenny	1108	21,14	22,65	15,39	1,14	-0,21	<NR	12/06/18	NR	
Méndez María	733	43,40	51,24	22,33	1,48	0,13	<NR	22/09/18	NR	
Sandoval Mario	1057	55,71	38,12	20,64	1,40	0,05	<NR		NR	
Tejeda Marco	12	45,04	37,99	19,64	1,35	0,00	<NR		NR	
Torrico Jessica	113	40,73	39,76	19,72	1,35	0,00	<NR		NR	
Yepez Wilber	609	49,13	44,07	21,71	1,45	0,10	<NR		NR	
Control	1128	45,39	38,40	22,43	1,49					

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

La tabla anterior muestra los datos que incluyen en la hoja principal de cada empresa, como ser el número de registro de la empresa, los usuarios de la empresa, la fecha de borrado de los dosímetros, el número de TLD, el cálculo de la dosis de radiación, tipo de TLD, tipo del porta dosímetro.

Por otro lado con el sistema se añaden iconos a la hoja principal para generar la salida de datos como ser retiro de usuarios, ingreso de usuarios, generar la lista de envió, generar el reporte y por ultimo generar la lista de etiquetas.

Ilustración 8. Iconos para la salida de datos



Fuente: Elaboración propia

Con el sistema propuesto se realizan las operaciones simultáneamente y no así uno a uno, minimizando el tiempo en el proceso de elaboración de dosímetros y mitigando los errores humanos a los que estaban expuestos al realizar el trabajo de manera manual.

6.3. Registro del método propuesto

Para el registro del método propuesto se usará el Cursograma analítico que se muestra continuación:

Tabla 28.-Cursograma analítico del procedimiento propuesto

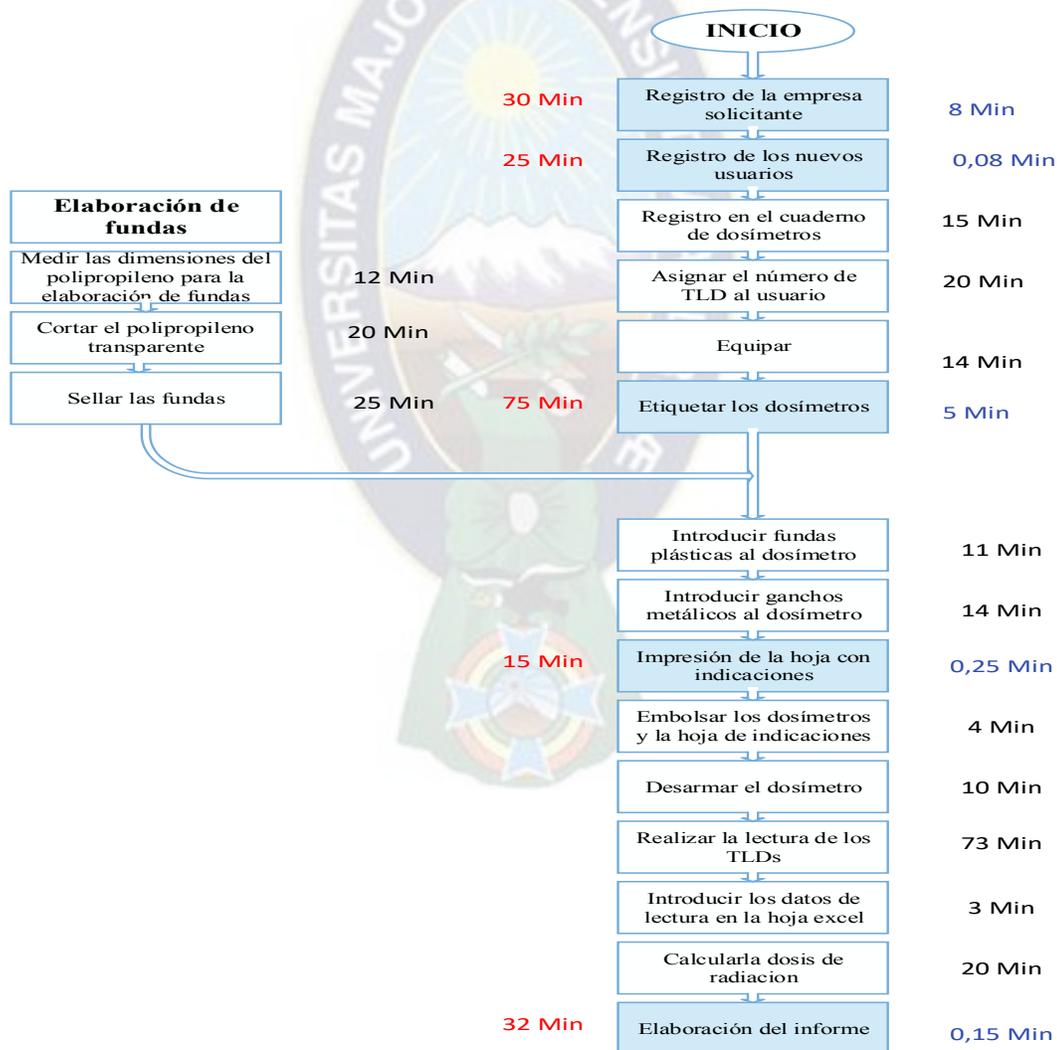
Operaciones	Cantidad (unidades)	Tiempo (Min)	Símbolo						
			○	⇒	◐	□	▽	◉	
Registro de la empresa solicitante	12	8	X						
Registro de los nuevos usuarios	12	0,08	X						
Registro en el cuaderno de dosímetros	12	15	X						
Asignar el número de TLD al usuario	12	20	X						
Equipar los dosímetros	12	14							
Etiquetar los dosímetros	12	5	X						
Medir las dimensiones del polipropileno para la elaboración de fundas	12	12	X						
Cortar el polipropileno transparente	12	20	X						
Sellar las fundas	12	25	X						
Introducir fundas plásticas al dosímetro	12	11					X		
Introducir ganchos metálicos al dosímetro	12	14	X						
Impresión de la hoja con indicaciones	12	0,25	X						
Embolsar los dosímetros y la hoja de indicaciones	12	4	X						
Desarmar el dosímetro	12	10	X						
Realizar la lectura de los TLDs	12	73					X		
Introducir los datos de lectura en la hoja excel	12	3	X						
Calcular la dosis de radiación	12	20	X						

Elaboración del informe	12	0,15	X					
TOTAL		256						

Fuente: Elaboración propia

En la anterior tabla se puede apreciar el tiempo que se redujo al aplicar el sistema, de 413 minutos a 256 minutos, vale decir una reducción de tiempo del 38 %, siendo un porcentaje significativo para el procedimiento de elaboración de dosímetros del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Esquema 6.-Esquema del proceso propuesto.



Fuente: Elaboración propia

En el esquema anterior se aprecia la secuencia de las operaciones y sus respectivos tiempos, tiempo que disminuye con el sistema propuesto.

Para calcular el tiempo tipo será necesario calcular el tiempo suplementario:

EL TIEMPO SUPLEMENTARIO ES:

$$T_{SUP} = 16\% * \overline{T}_b = 256 * 0,16 = \mathbf{40,96Min.}$$

EL TIEMPO TIPO SERÁ:

$$tiempo\ tipo = \overline{T}_b + T_{SUP} = (256 + 40,96) = 296,96\ Min.$$

Una vez elaborado el cursograma sinóptico del procedimiento propuesto se obtuvo un tiempo tipo de 296,96 minutos, reduciendo así el tiempo actual del proceso en 4,94 horas.

Tabla 29.- Procedimiento actual y propuesto

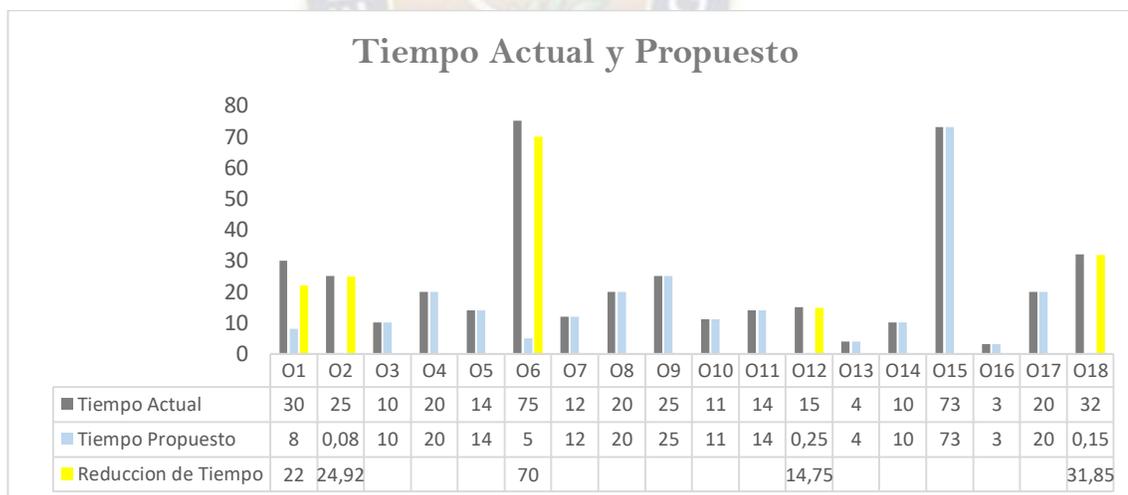
	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	Min	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	Min
Operación 1	Registro de la empresa solicitante	30	Registro de la empresa solicitante	8
Operación 2	Registro de los nuevos usuarios	25	Registro de los nuevos usuarios	0,08
Operación 3	Registro en el cuaderno de dosímetros	10	Registro en el cuaderno de dosímetros	10
Operación 4	Asignar el número de TLD al usuario	20	Asignar el número de TLD al usuario	20
Operación 5	Equipar los dosímetros	14	Equipar los dosímetros	14
Operación 6	Etiquetar los dosímetros	75	Etiquetar los dosímetros	5
Operación 7	Medir las dimensiones del polipropileno para la elaboración de fundas	12	Medir las dimensiones del polipropileno para la elaboración de fundas	12
Operación 8	Cortar el polipropileno transparente	20	Cortar el polipropileno transparente	20
Operación 9	Sellar las fundas	25	Sellar las fundas	25
Operación 10	Introducir fundas plásticas al dosímetro	11	Introducir fundas plásticas al dosímetro	11
Operación 11	Introducir ganchos metálicos al dosímetro	14	Introducir ganchos metálicos al dosímetro	14
Operación 12	Impresión de la hoja con indicaciones	15	Impresión de la hoja con indicaciones	0,25
Operación 13	Embolsar los dosímetros y la hoja de indicaciones	4	Embolsar los dosímetros y la hoja de indicaciones	4
Operación 14	Desarmar el dosímetro	10	Desarmar el dosímetro	10

Operación 15	Realizar la lectura de los TLDs	73	Realizar la lectura de los TLDs	73
Operación 16	Introducir los datos de lectura en la hoja excel	3	Introducir los datos de lectura en la hoja excel	3
Operación 17	Calcular la dosis de radiación	20	Calcular la dosis de radiación	20
Operación 18	Elaboración del informe	32	Elaboración del informe	0,15
		Minutos	Minutos	
		413	256	
		Horas	Horas	
		7,99	4,94	

Fuente: Elaboración propia

Por lo visto en la tabla anterior, se observa una reducción de tiempos del 39,43% reduciendo así 3,15 horas. Visto de otra forma continuación se muestra el histograma del procedimiento del laboratorio de Dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Ilustración 9.-Tiempo Actual y Propuesto

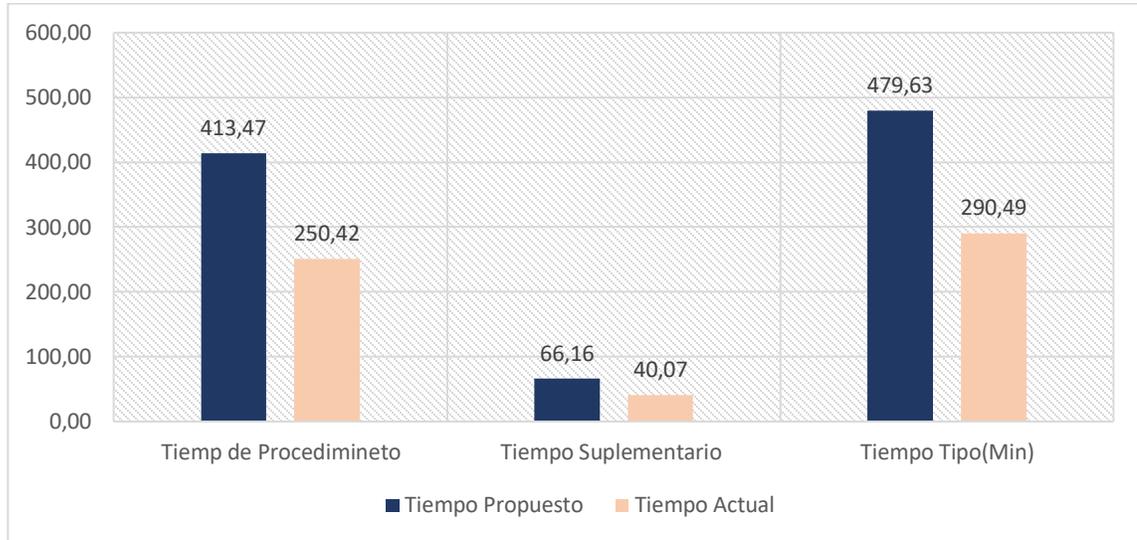


Fuente: Elaboración Propia

Entonces, el tiempo tipo es de 7,99 horas, con el sistema propuesto se reduce a 4,84 horas, lo que se traduce en una disminución de tiempo del 39,43% en la elaboración de dosímetros del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Visto de otra manera la diferencia del proceso actual y propuesto de la siguiente manera.

Ilustración 10.-Procedimiento actual y propuesto



Fuente: Elaboración propia

Por lo visto en la gráfica existe una reducción del tiempo en el procedimiento de 163,05 minutos y una reducción del tiempo suplementario 26.09 minutos, por tanto una reducción de tiempo tipo de 189,14 minutos, tiempo que es muy significativo ya que se podrá atender 12 empresas adicionales por mes, traduciéndose así en 144 empresas anuales y por consiguiente 1728 usuarios se dotaran del servicio.

Posteriormente se realizara cambio en la secuencia de operaciones del proceso de elaboración de dosímetros del laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Tabla 30.-Cambio en las operaciones del procedimiento-IBTEN

	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	Min	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	Min	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	Min
Operación 1	Registro de la empresa solicitante	30	Registro de la empresa solicitante	8	Medir las dimensiones del polipropileno para la elaboración de fundas	12
Operación 2	Registro de los nuevos usuarios	25	Registro de los nuevos usuarios	0,08	Cortar el polipropileno transparente	20
Operación 3	Registro en el cuaderno de dosímetros	10	Registro en el cuaderno de dosímetros	15	Sellar las fundas	25

Operación 4	Asignar el número de TLD al usuario	20	Asignar el número de TLD al usuario	20	Introducir fundas plásticas al dosímetro	11
Operación 5	Equipar los dosímetros	14	Equipar los dosímetros	14	Introducir ganchos metálicos al dosímetro	14
Operación 6	Etiquetar los dosímetros	75	Etiquetar los dosímetros	5	Registro de la empresa solicitante	8
Operación 7	Medir las dimensiones del polipropileno para la elaboración de fundas	12	Medir las dimensiones del polipropileno para la elaboración de fundas	12	Registro de los nuevos usuarios	0,08
Operación 8	Cortar el polipropileno transparente	20	Cortar el polipropileno transparente	20	Registro en el cuaderno de dosímetros	15
Operación 9	Sellar las fundas	25	Sellar las fundas	25	Asignar el número de TLD al usuario	20
Operación 10	Introducir fundas plásticas al dosímetro	11	Introducir fundas plásticas al dosímetro	11	Equipar los dosímetros	14
Operación 11	Introducir ganchos metálicos al dosímetro	14	Introducir ganchos metálicos al dosímetro	14	Etiquetar los dosímetros	5
Operación 12	Impresión de la hoja con indicaciones	15	Impresión de la hoja con indicaciones	0,25	Impresión de la hoja con indicaciones	0,25
Operación 13	Embolsar los dosímetros y la hoja de indicaciones	4	Embolsar los dosímetros y la hoja de indicaciones	4	Embolsar los dosímetros y la hoja de indicaciones	4
Operación 14	Desarmar el dosímetro	10	Desarmar el dosímetro	10	Desarmar el dosímetro	10
Operación 15	Realizar la lectura de los TLDs	73	Realizar la lectura de los TLDs	73	Realizar la lectura de los TLDs	73
Operación 16	Introducir los datos de lectura en la hoja excel	3	Introducir los datos de lectura en la hoja excel	3	Introducir los datos de lectura en la hoja excel	3
Operación 17	Calcular la dosis de radiación	20	Calcular la dosis de radiación	20	Calcular la dosis de radiación	20
Operación 18	Elaboración del informe	32	Elaboración del informe	0,15	Elaboración del informe	0,15
TOTAL	Minutos	413	Minutos	256	Minutos	256

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra la reducción de tiempos del proceso de 413 minutos a 250 minutos, por otro lado también se muestra cambios en la secuencia de operaciones.

7. COMPARACIÓN CON Y SIN SISTEMA

A continuación se muestran las solicitudes atendidas sin sistema y con sistema en el laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

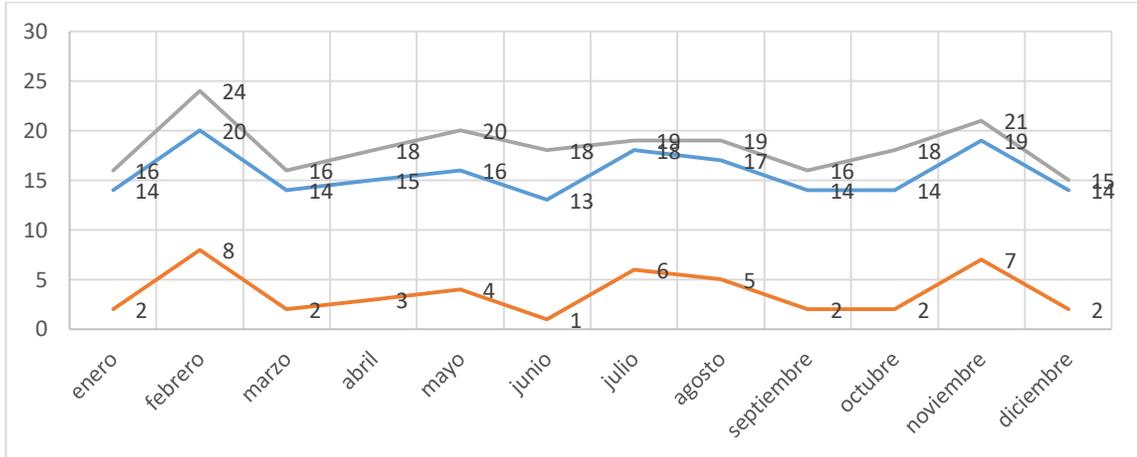
Tabla 31.- Situación con y sin proyecto

2018	solicitud	solicitud atendida	Porcentaje de solicitud atendida	2019	solicitud	solicitud atendida		Porcentaje de solicitud atendida
enero	16	2	13%	enero	16	2+12	14	88%
febrero	24	8	33%	febrero	24	8+12	20	83%
marzo	16	2	13%	marzo	16	2+12	14	88%
abril	18	3	17%	abril	18	3+12	15	83%
mayo	20	4	20%	mayo	20	4+12	16	80%
junio	18	1	6%	junio	18	1+12	13	72%
julio	19	6	32%	julio	19	6+12	18	95%
agosto	19	5	26%	agosto	19	5+12	17	89%
septiembre	16	2	13%	septiembre	16	2+12	14	88%
octubre	18	2	11%	octubre	18	2+12	14	78%
noviembre	21	7	33%	noviembre	21	7+12	19	90%
diciembre	15	2	13%	diciembre	15	2+12	14	93%
TOTAL	220	44	0,20	TOTAL	220		188	0,85

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

La tabla comparativa muestra el porcentaje de atención actual y el porcentaje de atención con el sistema, siendo el porcentaje de atención actual del 20,6 %, vale decir que gran porcentaje de los usuarios no están siendo atendidos, con el sistema el porcentaje de atención aumenta a un 85,3 %, mejorando así la atención a las solicitudes pendientes.

Ilustración 11.- Comparación con y sin el sistema



Fuente: Elaboración propia

Por lo visto en la ilustración anterior se puede apreciar un incremento en la atención a los usuarios, con el sistema se cubre gran proporción de la demanda, lo que permite atender 144 empresas adicionales anualmente, generando así un impacto positivo lo que se traduce en bienestar de la sociedad.

8. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

8.1 Enfoque Costo-Beneficio

En el enfoque costo beneficio, el objetivo de la evaluación es determinar si los beneficios que se obtienen son mayores que los costos involucrados. Para ello, es necesario identificar, medir y valorar los costos y beneficios.

8.1.1. Identificación de los beneficios

En la siguiente tabla se muestra los beneficios en los diferentes agentes económicos:

Tabla 32.- Beneficios del proyecto.

AGENTE ECONÓMICO	BENEFICIO
Empresa solicitante del servicio(Demanda)	La atención a las empresas solicitantes del servicio se incrementa en un 60%, lo que representa una atención mayor número de usuarios.

Usuario Actual	La atención al usuario se reduce en un tiempo del 38%.
Personal del IBTEN	El personal del laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear evitara fatigas por procesos repetitivos.
País	Mejora la imagen institucional del país.

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se muestran los beneficiarios directos e indirectos, siendo los directos la empresa solicitante del servicio y los usuarios del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

8.1.2. Cuantificación de los beneficios

En la siguiente tabla cuantificamos los beneficios citados anteriormente:

Tabla 33.- Cuantificación de los beneficios

AGENTE ECONÓMICO	BENEFICIO	UNIDAD DE MEDIDA
Empresa solicitante del servicio	Los usuarios son atendidos en mayor proporción.	Con el sistema serán atendidos 1728 TOE.

Fuente: Elaboración propia

Al aumentar la cantidad de empresas que requieren el servicio, aumenta también la cantidad de usuarios de dosimetría 1728, profesionales y trabajadores que se protegen de las radiaciones ionizantes.

8.1.3. Valoración de los beneficios

Una vez cuantificado los beneficios y sus unidades de medida, procedemos a la valoración de las mismas.

Tabla 34.- Valoración de los beneficios.

AGENTE ECONÓMICO	UNIDAD DE MEDIDA	VALORACIÓN
Empresas que solicitan el servicio	Serán atendidos 144 empresas anualmente lo que se traduce en 1728 TOE/POE, el costo por unidad es de Bs 50.	Bs.86400 de valor que se traduce en bienestar.

Fuente: Elaboración propia

8.1.4. Identificación de los costos

Al atender a los nuevos usuarios se incurre en el uso de materiales e insumos como los TLDs, porta TLDs, ganchos, bolsas de polietileno, polipropileno, hojas y tinta.

8.1.5. Cuantificación de los costos.

En la siguiente tabla cuantificamos los distintos materiales e insumos que se necesitarán para atender todas las solicitudes que llegan al Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Tabla 35.-Cuantificación de los costos

MATERIALES E INSUMOS	UNIDAD DE MEDIDA	
TLDs	1728	TLDs
Porta TLDs	1728	unidades
Ganchos metálicos	1728	unidades
Polipropileno	40	metros
Hojas	5	paquetes

Fuente: Elaboración propia

Todos los ítems que se citaron anteriormente, son los materiales necesarios para la elaboración de los dosímetros del Laboratorio de dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

8.1.6. Valoración de los costos

A continuación valoramos los materiales e insumos que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 36.- Valoración de los costos

MATERIALES E INSUMOS	UNIDAD DE MEDIDA		Bs/u	VALORACIÓN (Bs)
TLDs	1728	TLDs	0	0
Porta TLDs	1728	unidades	3	5184
Ganchos metálicos	1728	unidades	1,5	2592
Polipropileno	40	metros	8	320
Hojas	5	paquetes	27	153
TOTAL				8249

Fuente: Elaboración propia

Valorando todos los materiales se tiene un monto total de Bs.8249 que se incurren un elaborar 1728 unidades de dosímetros adicionales.

8.1.7 Indicador Beneficio-Costo

La relación Costo-Beneficio es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que puede generar a los usuarios del Laboratorio de Dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

$$B/C = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} = \frac{86400}{8249} = 10,47$$

Lo que quiere decir que por cada boliviano invertido tenemos Bs. 10.47 de valor, lo que se traduce en bienestar.

Tabla 37.-Total empresas atendidas con el sistema Enero-Junio

2018	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Total Usuarios	120	117	122	119	118	124
Solicitudes atendidas	2	8	2	3	4	1
Solicitudes atendidas con el sistema	14	20	14	15	16	13
Total Usuarios atendidos con el sistema	134	137	136	134	134	137

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38.-Total empresas atendidas Julio-Diciembre

2018	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total Usuarios	115	120	122	123	118	120
Solicitudes atendidas	6	5	2	2	7	2
Solicitudes atendidas con el sistema	18	17	14	14	19	14
Total Usuarios atendidos con el sistema	133	137	136	137	137	134

Fuente: Elaboración propia

Con el sistema propuesto se aumenta la cantidad de solicitudes pendientes, lo que conlleva a coadyuvar de forma positiva al vivir bien de la población boliviana expuesta a radiaciones ionizantes.

9. CONCLUSIONES

Con el sistema desarrollado, el tiempo total disminuye a 290,49 minutos(4,84 horas), siendo el tiempo actual de **7,99** horas, reduciendo **39,43%**, ahorrando un tiempo de **3,15** horas, lo que significa que se incrementa a 64 horas-mes el tiempo que será utilizado para la atención de mayor número de empresas que se encuentran en espera de servicio.

Sistema Actual(Horas)	Sistema Propuesto(Horas)	Reducción del tiempo(Horas)
7.99	4.84	3.15

Por otro lado se aumenta el porcentaje de solicitudes atendidas del **20 %** al **85%**. Atendiendo a 12 empresas adicionales, lo que en una gestión se atenderán 144 empresas (promedio de cada empresa cuenta con 12 usuarios), en la gestión de servicio de dosimetría se atenderán a 1728 personas, que son los beneficiarios directos en el uso de Dosimetría de Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Con el sistema se obtuvo una relación de costo-beneficio de **Bs. 10.47**, lo que quiere decir que por cada boliviano invertido los usuarios tienen un beneficio de Bs. 10.47 .Al elaborar 1728 dosímetros adicionales multiplicado por su precio es de Bs.50, se tiene un total de Bs 86400 que dividido entre el costo de operación Bs 8249, se obtuvo la relación costo-beneficio Bs. **10.47**.

Con el sistema desarrollado el IBTEN recibirá detectores termoluminiscentes adicionales, que están evaluados en **Bs. 1209600**. En la actualidad el Organismo Internacional de Energía Atómica otorga los detectores termoluminiscentes al Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Al aplicar el sistema, el personal de laboratorio reduce su trabajo, evitando la fatiga por el trabajo repetitivo y moroso, que alarga el procedimiento para brindar el servicio de dosimetría, además con el sistema dispone de más tiempo, tiempo para atender la demanda que está pendiente y así proteger a la población boliviana y al medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, para que los sectores económicos y sociales, contribuyan de forma efectiva al vivir bien de la población boliviana además de promover

el desarrollo y aplicación tecnológica precautelando los recursos naturales; aire, agua, suelo, flora y fauna.

Por otro lado al aplicar el sistema mejora la imagen del Instituto Boliviano de Ciencia y tecnología Nuclear, siendo que llegan países vecinos y expertos del Organismo Internacional de Energía Atómica a observar los procesos y los proyectos que tienen con la institución.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un sistema de gestión a la unidad de dosimetría en radiaciones ionizantes y a la institución en su conjunto, para mejorar el servicio y coadyuvar al sistema en las entradas y salidas del proceso. Implementar la norma ISO 17025 que es el requisito general para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración siendo muy necesario en el Laboratorio de Dosimetría del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Se recomienda elaborar un manual de seguridad industrial, siendo de vital importancia en el laboratorio, ya que el personal está expuesto a fuentes radiactivas altamente peligrosas. Se recomienda comprar un etiquetador que simplifica el trabajo, etiquetador que tendrá uso en el laboratorio de dosimetría y en el departamento activos fijos del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

BIBLIOGRAFIA

- ABEN. (Martes de Junio de 2018). *Agencia Boliviana de Energia Nuclear*. Obtenido de Agencia Boliviana de Energia Nuclear: www.aben.gob.bo
- Ebert, A. (1991). *Administracion de Producciones y Operaciones*. Prentice Hall.
- EEZ. (20012). *MANUAL DE RADIOPROTECCION*. España. Obtenido de EEZ.
- Ernesto, R. (1993). *Estadistica General*. Venezuela.
- Gaither, N. (1999). *Administracion de la produccion y operaciones*. España: Thompson Editores.
- IBTEN. (Lunes de Junio de 2018). *IBTEN*. Obtenido de IBTEN: www.ibten.gob.bo
- Instalaciones Radioactivas. (2013). *DOSIMETRIA DE LA RADIACION*. España: CSN.
- Nestor, G. (2005). *Slgunos Conceptos de Muestreo*. Colombia.
- NORMAN, g. (1999). *Administracion de la Produccion y Operaciones*. Thompson editores.
- Ochoa, R. (2010). *Ingenieria de sistemas*.
- OIEA. (4 de Octubre de 1996). *OIEA*. Obtenido de OIEA: www-pub.iaea.org
- OIT. (1998). *Introduccion al Estudio del Trabajo*. Mexico: Limusa.

ANEXO

Anexo1.- Tabla registro de tiempos.

Operaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	13	14	15	PROMEDIO
Operación 1	30	29	22	32	27	32	35	35	30	29	31	32	30	25	26	30
Operación 2	24	25	26	28	30	21	25	32	25	25	32	21	19	26	20	25
Operación 3	8	11	10	12	10	12	9	8	11	12	14	11	9	8	10	10
Operación 4	20	21	22	20	17	18	19	18	20	20	20	21	20	20	22	20
Operación 5	11	15	13	14	16	14	12	12	10	12	16	15	13	16	15	14
Operación 6	75	75	80	78	76	70	72	78	75	78	75	70	75	72	75	75
Operación 7	13	13	10	11	12	13	13	14	12	10	11	11	8	8	14	12
Operación 8	27	21	20	19	19	23	21	22	18	19	20	21	20	18	18	20
Operación 9	22	26	24	25	24	22	22	23	22	28	29	28	29	26	22	25
Operación 10	14	8	11	10	10	12	11	12	12	13	10	10	13	9	14	11
Operación 11	12	13	13	13	14	13	14	14	14	14	14	14	18	16	16	14
Operación 12	15	14	18	13	16	14	15	18	16	14	14	18	13	13	14	15
Operación 13	5	6	4	4	3	4	3	5	5	3	4	4	3	3	3	4
Operación 14	10	11	12	9	8	10	11	12	9	8	8	7	9	10	10	10
Operación 15	72	73	72	70	75	73	78	72	72	73	70	75	72	80	71	73
Operación 16	3	4	3	4	4	2	3	5	2	5	3	2	3	3	3	3
Operación 17	22	19	20	22	20	22	18	18	20	19	19	19	19	22	19	20
Operación 18	31	31	30	30	31	34	32	31	32	30	31	32	32	31	34	32

Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.- Lista de envío

ESTA HOJA DEBE SER COMPLETADA POR EL PERSONAL OPERATIVO
(Trabajador Ocupacionalmente Expuesto – TOE)
Y DEVUELTA JUNTO CON LOS DOSÍMETROS CAMBIADOS

Institución: **HOSPITAL 1**
Trim. 1ro-2018 Registro: **1120**

	NOMBRE	FIRMA	OBSERVACIONES
1	Jane Ali		
2	Aliaga Jose		
3	Choque Luis		
4	limachi wilmer		
5	CONTROL CNS		

INSTRUCTIVO

- El servicio de Dosimetría Personal está realizando un ajuste del costo del servicio a partir de la gestión 2018 de aproximadamente un 100%. Tome nota.
- Enviar al IBTEN fotocopia de carnet de identidad del personal para actualizar registro.
- Ningún dosímetro debe ser retirado de la Institución.
- La devolución de los dosímetros al IBTEN debe ser inmediata una vez recibidos los de recambio.

Ref. Circulares de dosimetría personal, que se pueden obtener de la página web, mediante el correo electrónico, o en oficinas del IBTEN.

NOTA

El Nivel de Registro (NR) es de 0.2 mSv atendiendo a recomendaciones y exigencias internacionales como las del Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA (hasta 2009 NR=0.5 mSv/periodo de control). Valores menores al NR no se reportan (<NR).

La Ley de Protección Radiológica y la reglamentación respectiva indica: "El límite de dosis efectiva para trabajadores es de 20 mSv por año, promediados en cinco años consecutivos, no debiendo exceder 50 mSv por año." (Cap. III, Art. 18).

- Se puede solicitar al IBTEN presentaciones del tema de DOSIMETRIA

Tel. _ _ _ _ _
NOMBRE.

E-mail: dosimetria@ibten.gob.bo
www.ibten.gob.bo

Dosimetría de Radiaciones Ionizantes
IBTEN

Anexo 2.- Reportes

DOSIMETRÍA PERSONAL: Técnica termoluminiscente - fotones

Institución: HOSPITAL 1

Registro: 1120

Trimestre: 1ro-2018

Apellido y nombre	No. Dosímetro	E [mSv]	Observaciones
Ali Jane	1223	1,1	SDO
aliaga Jose	54	3	SDO
choque luis	456	5	SDO
limachi wilmer	6666	NR	
Fecha de evaluacion: 23/11/2018			
DOSIMETROS NO DEVUELTOS			

E : Estimación de dosis efectiva. Magnitud operacional Hp(10).

NR : Nivel de Registro, igual a 0.2 mSv. Valores menores al NR no se reportan (<NR).

DD : Dosis desconocida.

CONSIDERACIONES:

- La Ley de Protección Radiológica y la reglamentación respectiva indica: “**El limite de dosis efectiva para trabajadores es de 20 mSv por año**, promediados en cinco años consecutivos, no debiendo exceder 50 mSv por año.” (Cap. III, Art. 18).
- La devolución de los dosímetros debe ser inmediata una vez recibidos los de recambio y efectuado el mismo. (Circ. CPR/DP/104).

DOSÍMETROS DEVUELTOS CORRESPONDIENTES A PERIODOS ANTERIORES

Apellido y nombre	No. Dosímetro	Periodo	Fecha lectura	Observaciones

27 noviembre 2018

Ing. L. Ronald Berdeja Amatlter
Dosimetría de Radiaciones Ionizantes
UDRI - CPSR - IBTEN

dosimetria@ibten.gob.bo

Anexo 3.-Etiquetas

<i>Ali Jane</i> 1120/1ro-2018	<i>Aliaga José</i> 1120/1ro-2018	<i>Choque Luis</i> 1120/1ro-2018	<i>Limachi Wilmer</i> 1120/1ro-2018	<i>Control CNS</i> 1120/1ro-2018
----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------------------

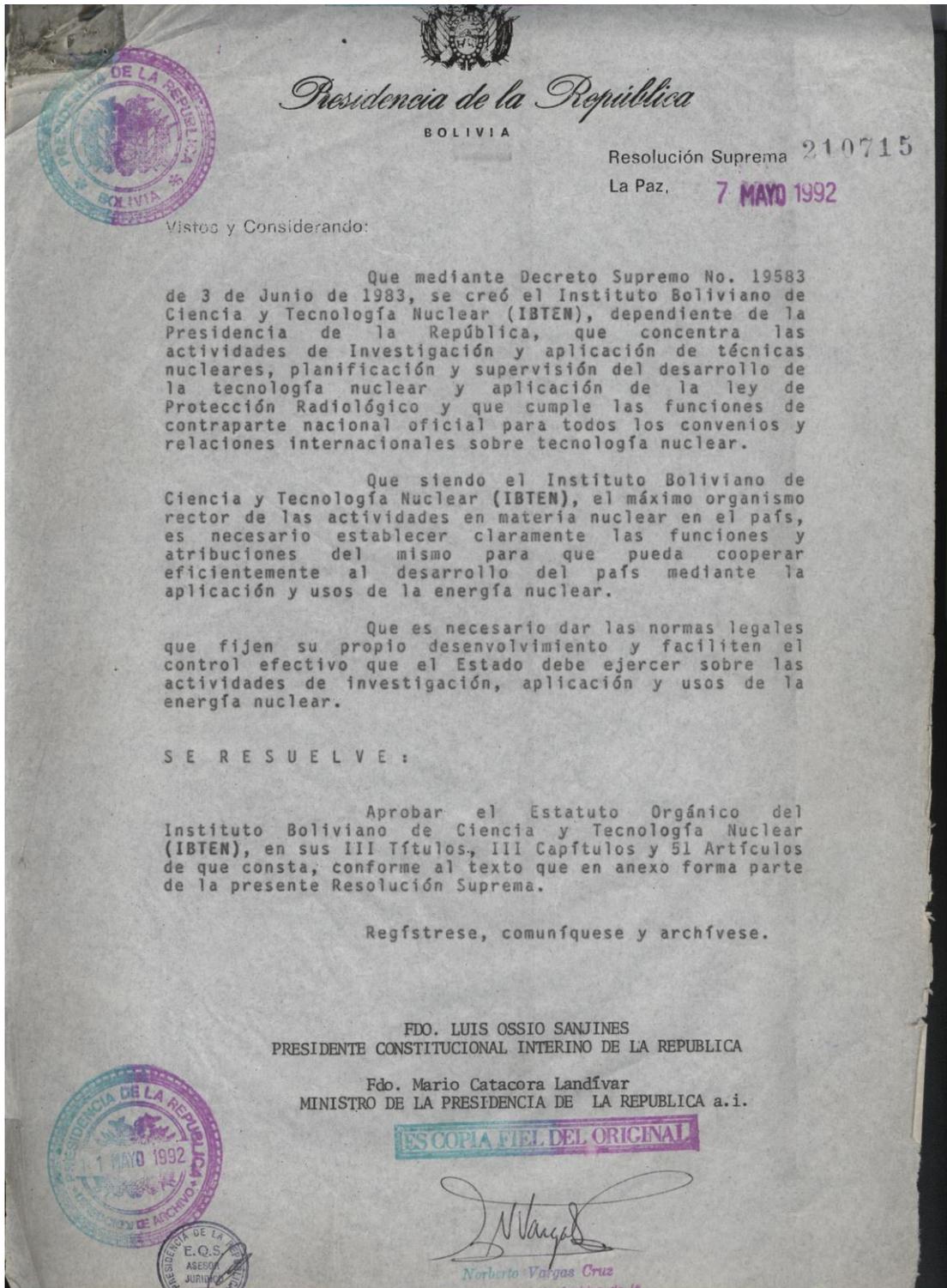
Anexo 4.- Ingresos de nuevos usuarios

INGRESOS DE POE/TOE GESTION 2018			
FECHA	REGISTRO	NOMBRE	OBS
24/11/2018	1120	Ali Jane	6549874LP
24/11/2018	1120	Aliaga José	4444444LP
27/11/2018	1120	Morales Sonia	7065216LP

Anexo 5.-Retiro de usuarios

RETIROS DE POE/TOE GESTION 2018			
FECHA	REGISTRO	NOMBRE	OBS
22/11/2018	1120	Mamani Juan	
22/11/2018	1120	Ali Jane	
24/11/2018	1120	Choque Luis	
27/11/2018	1120	Limachi Sonia	
28/11/2018	1120	Morales Sonia	

Anexo 6.- Decreto Supremo 19583 de 3 de Junio de 1983



Anexo 7.- Glosario

GLOSARIO

DOSIS.- Medida de la radiación recibida o 'absorbida' por un blanco. Se utilizan, según el contexto, las magnitudes denominadas dosis absorbida, dosis a un órgano, dosis equivalente, dosis efectiva, dosis equivalente comprometida o dosis efectiva comprometida.

FUENTE.- Cualquier cosa que pueda causar exposición a la radiación, bien emitiendo radiación ionizante o liberando sustancias o materias radiactivas.

SOLICITANTE.- Toda persona jurídica que solicita a la autoridad reguladora autorización relativa a las prácticas.

INSTALACIÓN NUCLEAR.- Planta de fabricación de combustible nuclear, reactores nucleares, reactor de investigación, central nuclear, instalación de almacenamiento de combustible gastado, planta de enriquecimiento e instalación de reprocesado.

EXPOSICIÓN.- Acto o situación de estar sometido a irradiación. La exposición puede ser externa (irradiación causada por fuentes situadas fuera del cuerpo humano), o interna (irradiación causada por fuentes existentes dentro del cuerpo humano).

LÍMITE DE DOSIS.- Valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos por prácticas controladas, que no se deberá rebasar.

FUENTE.- Cualquier cosa que pueda causar exposición a la radiación, bien emitiendo radiación ionizante o liberando sustancias o materias radiactivas.

YELLOW CAKE.- Diuranato de amonio (DUA) o otro producto resultante del proceso de extracción de uranio, presentando color amarillo brillante. Este material es embalado en bidones y enviado a una planta de conversión para producción de hexafluoruro de uranio (UF₆) en el proceso de fabricación del combustible nuclear.

EFECTO DETERMINÍSTICO.- efecto para el cual existe un umbral de dosis absorbida necesario para su ocurrencia y cuya gravedad aumenta con el aumento de la dosis.

EFECTO ESTOCÁSTICO.- efecto para el cual no existe un umbral de dosis para que ocurra y cuya probabilidad de ocurrencia es una función de la dosis. La gravedad de este efecto es independiente de la dosis.

EFLUENTE RADIATIVO.- material radiactivo, líquido o gaseoso, producido por una práctica y liberado en el medio ambiente de manera planificada y controlada.

INSTALACIÓN.- local para la realización de una práctica. La instalación puede ser clasificada como una instalación nuclear, instalación radiactiva, instalación minero-industrial o depósito de desechos.

NIVEL DE RADIACIÓN.- tasa de dosis equivalente expresada en miliSievert por hora.

Anexo 8.-Siglas

SIGLAS

COBOEN	Comisión Boliviana de Energía Nuclear.
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica.
CIEN	Comisión Interamericana de Energía Nuclear.
OEA	Organismo Internacional de Energía Atómica.
TNP	Tratado sobre la Proliferación de Armas Nucleares.
IBTEN	Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.
CIAN	Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares
PNB	Programa Nuclear Boliviano.
ABEN	Agencia Boliviana de Energía Nuclear.
CPSR	Centro de Protección y seguridad Radiológica.
Sv	Unidad derivada del SI que mide la dosis de radiación.
TLD	Detectores Termoluminiscentes.
OIT	Oficina Internacional de Trabajo.
PVC	Policloruro de Vinilo.

Anexo 9.- Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes

Nº 24037-S

En uso de la facultad que otorgan los incisos 3) y 18) del artículo 140 de la Constitución Política; de conformidad con el artículo 16 de la Ley Básica de Energía Atómica para Usos

Pacíficos, Nº 4383, del 18 de agosto de 1969 y artículos 1, 2, 63,72, 139, 146, 239, 246, 247, 248, 249, 250, 275, 345, inciso 9) y 369 la Ley General de Salud, del 30 de octubre de 1973.

Considerando:

1º.- Que el empleo de las radiaciones ionizantes ha experimentado un constante aumento en las últimas décadas, y el desarrollo científico y tecnológico continúa abriendo nuevas posibilidades de aplicación.

2º.- Que los beneficios derivados del uso de las radiaciones ionizantes, están claramente evidenciados, pero además, existe prueba de los riesgos y daños para la salud y el medio ambiente que ocasionan ciertos niveles de radiación, cuando no se adoptan adecuadas medidas de protección.

3º.- Que tanto la Ley Básica de Energía Atómica para Usos Pacíficos como la Ley General de Salud, han contempla normas fundamentales para controlar el empleo de las radiaciones ionizantes, en resguardo de la salud y seguridad de la población, delegando dichas leyes la regulación de múltiples aspectos, mediante el ejercicio de la potestad reglamentaria.

4º.- Que las nuevas recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica, en materia de Protección Radiológica han sufrido cambios de fondo importantes.

5º.- Que el actual Reglamento de Protección contra las Radiaciones Ionizantes, decreto ejecutivo Nº 11366 SPPS, publicado en "La Gaceta" Nº 98 del 23 de mayo de 1980, se encuentra obsoleto por los cambios tecnológicos a nivel internacional. Por tanto,

DECRETAN:

El siguiente:

REGLAMENTO SOBRE PROTECCION CONTRA LAS RADIACIONES

IONIZANTES

CAPITULO I

Disposiciones Generales

Artículo 1º.- Del objeto: El presente Reglamento tiene por objeto establecer los criterios tendientes a proteger la salud de la población de los riesgos radiológicos que puedan derivarse del empleo de las radiaciones ionizantes y actividades afines.

Establece los requisitos que deberán cumplir las instalaciones radiactivas, equipos emisores de radiaciones ionizantes, personal que trabaja en ellas, opere los equipos y realice cualquier otra actividad afín como lo son: producción, importación, exportación, transporte, transferencia de material radiactivo o equipos generadores de radiaciones ionizantes.

La finalidad del presente Reglamento es asegurar la protección del personal ocupacionalmente expuesto, así como a la población en general, contra los eventuales efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

Artículo 2º.- Del alcance: Su alcance comprende a todas las, personas naturales y jurídicas, que realicen actividades o que estén relacionadas con las radiaciones ionizantes, dentro del territorio nacional, así como sus bienes y el medio ambiente.

Artículo 3º.- El presente reglamento establece los requisitos que se deberán cumplir para iniciar toda actividad relacionada en forma directa o indirecta con la emisión de radiaciones ionizantes, así como a la instalación e inicio de operaciones de instalaciones radiactivas y para el uso de equipos generadores de radiaciones ionizantes, para todo lo cual se deberá contar previamente con la autorización de la autoridad competente, según la designa este reglamento.

Artículo 4º.- El representante del Ministerio de Salud ante la Comisión de Energía Atómica, será el Jefe de la Sección de Control de Radiaciones Ionizantes del Ministerio de Salud.

Artículo 5º.- Se prohíbe la importación y uso en el país de fuentes radiactivas de radio 226 con fines de tratamientos médicos.

Artículo 6º.- De las definiciones: Para los efectos del presente Reglamento se entenderá por:

Autoridad Competente: autoridad designada o reconocida por el Ministerio de Salud para los fines específicos relacionados con la seguridad radiológica y nuclear.

Bulto: Embalaje con su contenido radiactivo tal como se presenta para el transporte.

Ciclo anual dosimétrico: Período establecido por la autoridad competente durante el cual se controlará que no se superen los límites de dosis establecidos en el presente reglamento.

Dosis efectiva: Suma ponderada de las dosis equivalentes recibidas en los distintos órganos.

Dosis equivalente: Energía transferida por un determinado tipo de radiación ionizante a la unidad de masa de un tejido u órgano dado.

Entidad Pública Autorizada: Toda Institución que brinde servicios asociados a la Protección Radiológica, a la población, previamente autorizada por la autoridad competente.

Embalaje: Conjunto de todos los componentes necesarios para alojar completamente el contenido radiactivo, como por ejemplo: uno o varios recipientes, materiales absorbentes, estructuras de separación, blindajes, dispositivos de amortiguamiento, refrigeración, absorción y cualesquiera otros.

Exposición: Término empleado en protección radiológica tanto en un sentido cuantitativo, específicamente definido, como en sentido general:

a) **Sentido general:** Acción de someter, estar sometido o expuesto, tanto personas como material, a las radiaciones ionizantes Sinónimo de Irradiación.

b) **Sentido Cuantitativo:** Ionización del aire, producida por radiación electromagnética, por unidad de masa.

Exposición especial planificada: Aquella que pueda derivarse de una emergencia, accidente, o mantenimiento o actividad de una instalación de forma tal que la probabilidad de exceder los límites anuales de dosis es muy alta. La intervención, en estas exposiciones debe estar de acuerdo a un plan preestablecido y la situación hace justificable e imprescindible tal intervención.

Equipos generadores de Radiaciones Ionizantes: Dispositivo capaz de emitir, controladamente radiaciones ionizantes.

Fuente sellada: Fuente radiactiva cuya estructura de contención es tal que impide, en condiciones normales de empleo, toda dispersión de material radiactivo al medio ambiente.

Fuente no sellada (léase también fuente abierta): Fuente radiactiva que, por su forma física, puede dispersarse en el medio ambiente. Su estructura de contención no asegura la no dispersión.

Grupo crítico: Personas del público cuya exposición es razonablemente homogénea y cada una reciben las más altas dosis equivalente o dosis efectiva, procedentes de una determinada fuente.

Historial dosimétrico: Documento, o conjunto de ellos, que certifican las dosis recibidas por una persona expuesta a las radiaciones ionizantes, durante toda su vida laboral.

Índice de transporte: Número único asignado a un bulto sin embalar que se utiliza para controlar el nivel de exposición a las radiaciones ionizantes. Expresa el máximo nivel de radiación a la distancia de un metro de las superficies externas del bulto, medida en mSv/h y multiplicado por un factor 100.

Instalación radiactiva: Lugar que alberga equipos destinados a la utilización, producción, fabricación, tratamiento, manipulación o almacenamiento de fuentes o equipos generadores de radiaciones ionizantes.

Justificación: Término empleado en protección radiológica que establece, como principio, que la autoridad competente no debe autorizar ninguna práctica que se traduzca en una exposición del ser humano a las radiaciones, a menos que la introducción de dicha práctica produzca un beneficio neto positivo.

Límite: Valor de una magnitud que no debe sobrepasarse.

Límite Anual de Incorporación (LAI): Es un límite secundario para la irradiación ocupacional interna y es el menor valor de la incorporación de un radionúcleido determinado en un año, por el hombre de referencia, que se traduciría o, en una dosis efectiva integrada durante 50 años de 50 mSv, o bien en una dosis equivalente integrada durante 50 años de 150 mSv en el cristalino, o de 500 mSv en cualquier órgano o tejido.

O.I.E.A: Abreviación para indicar al Organismo Internacional de Energía Atómica.

Operador: Persona autorizada, por la autoridad competente, para realizar actividades directamente vinculadas a la operación de fuentes radiactivas o equipos emisores de radiaciones ionizantes, en condiciones de seguridad radiológica.

Optimización: Concepto que impone que el diseño y uso de fuentes emisoras de radiaciones ionizantes y las prácticas correspondientes, deben ser tales que se tenga la seguridad que las exposiciones se reduzcan al valor más bajo que sea razonablemente posible, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales.

Personal expuesto: Ver Trabajador expuesto

Público general: Miembros de la población, excluyendo al trabajador expuesto y grupo crítico. Radiaciones Ionizantes (Radiaciones): Radiación de energía suficientemente alta, capaz de producir pares de iones en una materia o en materias biológicas.

Responsable de la Protección Radiológica: Persona natural perteneciente al cuerpo técnico de una instalación donde se utilicen radiaciones ionizantes, quien ejercerá labores en el campo de la protección radiológica, independientemente de sus labores como técnico.

Sección: Sección de Control de Radiaciones Ionizantes. Sievert (Sv): Unidad empleada para la dosis equivalente, puede presentarse en submúltiplos miliSievert (mSv).

Titular de la licencia de funcionamiento: Persona natural o jurídica a la cual la autoridad competente le ha otorgado una autorización para realizar, actividades específicas con fuentes o equipos emisores de radiaciones ionizantes.

Trabajador expuesto: Persona que realiza actividades directamente o indirectamente vinculadas con el uso o manipulación de material radiactivo dentro de una instalación u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes.

Vigilancia Radiológica: Conjunto de medidas y procedimientos orientados a evaluar el impacto de las radiaciones ionizantes en las personas y público general.

Zona controlada: Área de acceso restringido y sometida a un programa de vigilancia radiológica.

Zona supervisada: Área de acceso no controlado, en la cual las condiciones de protección radiológica deben mantenerse bajo permanente revisión, aun cuando en ellas no son normalmente necesarias programas especiales de vigilancia radiológica.

CAPITULO II

De la autoridad competente

Artículo 7º.- Para la aplicación del presente reglamento, la autoridad Competente será el Ministerio de Salud, a través de la

Sección de Control de Radiaciones Ionizantes, del Departamento de Sustancias Tóxicas y Medicina del Trabajo, la que deberá:

- a) Emitir las normas y criterios técnicos complementarios a este reglamento, orientados a proteger a las personas y al medio ambiente de eventuales contaminaciones radiactivas y de exposiciones no deseadas a las radiaciones ionizantes.
- b) Autorizar mediante permiso sanitario de funcionamiento la operación de todas las instalaciones donde se pretendan ubicar equipos o fuentes emisoras de radiaciones ionizantes.
- c) Autorizar mediante un carne a todo trabajador ocupacionalmente expuesto para trabajar con fuentes o equipos emisores de radiaciones ionizantes.
- d) Autorizar mediante una licencia a toda persona física o jurídica, que cumpla los requisitos que se establezcan en este Reglamento y cualesquiera otras normas técnicas establecidas por el Departamento de Control de Radiaciones Ionizantes, para prestar servicios vinculados con la seguridad radiológica del trabajador expuesto, del público en general, de las instalaciones y del medio ambiente.
- e) Autorizar mediante una licencia toda otra actividad vinculada al uso, manipulación, transporte, comercialización, transferencia, eliminación y confinamiento de equipos o fuentes emisoras de radiaciones ionizantes.
- f) Eximir de todo requerimiento a fuentes y equipos generadores de radiaciones ionizantes que, a juicio de la autoridad competente y por la naturaleza misma de estos elementos, justifiquen su exención.
- g) Fiscalizar y controlar el cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento y de cualquier otra norma técnica que el Ministerio establezca en materia de radio protección.

CAPITULO III

De la clasificación de las instalaciones y los correspondientes requisitos

Artículo 8º.- Para lo efectos de la aplicación del presente reglamento y considerando:

- 1.- La peligrosidad de los equipos o fuentes emisoras de radiaciones que se van a manipular.
- 2.- El mayor o menor control que sobre las instalaciones se debe tener, por la complejidad en el manejo de los equipos o fuentes emisoras de radiaciones.

3.- La cantidad de personal técnico directa o indirectamente expuesto a radiaciones.
4.- Las posibles consecuencias para la salud de las personas y el medio ambiente, en caso de un accidente radiológico. Las instalaciones se clasificarán en las siguientes categorías:

a) Son instalaciones del TIPO I las siguientes:

- 1.- Los irradiadores industriales.
- 2.- Las instalaciones médicas en donde se realicen prácticas de terapia, mediante radiaciones ionizantes.
- 3.- Las instalaciones médicas en donde se realicen prácticas de diagnóstico con rayos X con equipos cuyo potencial de operación por diseño, sea mayor de 70 Kilovolts.
- 4.- Las instalaciones médicas en donde se manipule o trate material radiactivo, en forma de fuentes no selladas, para uso en terapia o diagnóstico con técnicas "in vivo".
- 5.- Las instalaciones de uso industrial en donde se trate o manipule material radiactivo.
- 6.- Los aceleradores de partículas o de investigación o de uso industrial.
- 7.- Las instalaciones y equipos para gammagrafía o radiografía industrial, sea mediante el uso de fuentes radiactivas o equipos emisores de rayos X.
- 8.- Los depósitos de desechos radiactivos, tanto transitorios como definitivos.
- 9.- Las instalaciones en donde se produzca, fabrique, repare o se haga manutención de fuentes o equipos generadores de radiaciones ionizantes.

b) Son instalaciones del TIPO II las siguientes:

- 1.- Las instalaciones médicas en donde se manipule o trate material radiactivo, en forma de fuentes no selladas, para uso en diagnóstico con técnicas "in vitro".
- 2.- Las instalaciones de investigación en donde se trate o manipule material radiactivo, en forma de fuentes no selladas.
- 3.- Las instalaciones que alberguen equipos con fuentes selladas de uso industrial como, por ejemplo, los medidores de nivel, medidores de flujo, medidores de espesor, densitómetros, pesómetros.

c) Son instalaciones del TIPO III las siguientes:

- 1.- Instalaciones en donde se realice la práctica de radiografía dental.
- 2.- Las instalaciones que alberguen espectrómetros y difractómetros de rayos X.
- 3.- Instalaciones y equipos para fluoroscopia de uso industrial.

d) Son instalaciones del TIPO IV las siguientes:

- 1.- Las instalaciones que alberguen fuentes patrones.
- 2.- Las instalaciones donde se almacenen o vendan detectores de humo que contienen fuentes radiactivas.
- 3.- Las instalaciones que alberguen equipos de rayos x para control de equipaje o correspondencia.
- 4.- Las instalaciones donde se manipulen, instalen y almacenen estimuladores cardíacos que contengan fuentes radiactivas.

CAPITULO IV

De los distintos tipos de instalaciones

Artículo 9º.- Previo a la solicitud de autorización, el interesado deberá estar inscrito, en el registro nacional de la autoridad competente, así también las fuentes o equipos objeto de autorización.

Artículo 10.- Las instalaciones del tipo I a que alude el artículo 8º de este reglamento, requerirán de autorización previa, otorgada por la autoridad competente, para su construcción, operación y cuando corresponda, de cierre definitivo.

Los equipos radiactivos móviles, solo requerirán de autorización de operación y cuando corresponda, de cierre definitivo.

Artículo 10.- Las instalaciones del tipo I a que alude el artículo 8º de este reglamento, requerirán de autorización previa, otorgada por la autoridad competente, para su construcción, operación y cuando corresponda, de cierre definitivo.

Los equipos radiactivos móviles, solo requerirán de autorización de operación y cuando corresponda, de cierre definitivo.

Artículo 11.- Las instalaciones del tipo II requerirán autorización de operación y cuando corresponda, cierre definitivo, otorgada por la autoridad competente.

Artículo 12.- Las instalaciones del tipo III sólo requerirán de autorización de operación, otorgada por la autoridad competente.

Artículo 13.- Las instalaciones del tipo IV requerirán estar inscritas en los registros de la autoridad competente, así también las personas físicas o jurídicas que exploten la instalación.

CAPITULO V

De los requisitos para autorizar las instalaciones

Artículo 14.- Para solicitar la autorización de construcción de una instalación del TIPO I, el interesado deberá presentar a la autoridad competente lo siguiente:

- a) Planos de la instalación que incluyan detalles de la calidad y espesores de pisos, paredes, sistemas de ventilación, barreras biológicas, blindajes y sistemas de seguridad y control tanto de tipo radiológicos, como físicos.
- b) Plan de utilización de las fuentes o equipos generadores de radiaciones ionizantes expresado en horas por mes.
- c) Informe escrito que incluya la caracterización técnica de cada uno de los equipos o fuentes asociados a la instalación.
- d) Plano de ubicación de la instalación a escala 1:500.

Artículo 15.- Para toda solicitud de permiso sanitario de funcionamiento para una instalación del TIPO I, el interesado deberá presentar a la autoridad competente la siguiente documentación:

- a) Lista del personal que trabaja en la instalación, inscritos en el registro nacional de la autoridad competente.
- b) Nombre del responsable de la protección radiológica.
- c) Informe escrito conteniendo la descripción de la entidad pública.
- d) Manual de procedimientos de la instalación que como mínimo deberá contener:
 - 1.- Procedimientos de Operación
 - 2.- Procedimientos de mantenimiento
 - 3.- Procedimientos de protección radiológica operacional
 - 4.- Procedimiento de manejo de los desechos radiactivos
 - 5.- Procedimientos en emergencias.
- e) Certificado, emitido por una entidad autorizada, de la actividad de las fuentes radiactivas o certificado de calibración del haz de radiación de los equipos generadores de radiaciones ionizantes.

Artículo 16.- Para toda solicitud de permiso sanitario de funcionamiento de una instalación del TIPO II, el interesado deberá presentar a la autoridad competente la siguiente documentación:

- a) Lista del personal que trabaja en la instalación, inscrito en el registro nacional de la autoridad competente.
- b) Nombre del responsable de la protección radiológica

c) Informe que contenga la descripción de la instalación en detalles, la calidad de pisos, paredes, sistemas de ventilación, barreras biológicas, blindajes y sistemas de seguridad y control tanto de tipo radiológicos, como físicos.

d) Manual de procedimientos de la instalación que mínimo deberá contener:

- 1.- Procedimientos de Operación
- 2.- Procedimientos de mantenimiento
- 3.- Procedimientos de protección radiológica operacional
- 4.- Procedimiento de manejo de los desechos radiactivos.

e) Certificado de una entidad pública autorizada, de la actividad de las fuentes radiactivas o certificado de calibración del haz de radiación de los equipos generadores de radiaciones ionizantes.

f) Plano de ubicación de la instalación a escala 1:500

Artículo 17.- Para toda solicitud de permiso sanitario de funcionamiento de una instalación del TIPO III, el interesado deberá presentar a la autoridad competente la siguiente documentación:

a) Lista del personal que trabaja en la instalación, inscrita en el registro nacional de la autoridad competente.

b) Informe conteniendo la descripción de la instalación.

c) Manual de procedimientos de la instalación que mínimo deberá contener:

- 1.- Procedimientos de Operación
- 2.- Procedimientos de mantenimiento
- 3.- Procedimientos de protección radiológica operacional
- 4.- Certificación de buen funcionamiento del equipo, emitida por una entidad pública autorizada.

Artículo 18.- Para solicitar la autorización de cierre definitivo de una instalación del tipo I o II, el interesado deberá presentar a la autoridad competente la siguiente documentación:

a) Procedimientos de seguridad radiológica que se adoptará para el cierre.

b) Autorización de transferencia del material radiactivo o del equipo generador de radiaciones ionizantes existente en la instalación, explicitando su destino final.

c) Certificación, cuando corresponda, de los niveles de contaminación existentes en la instalación.

Artículo 19.- El cierre definitivo sólo podrá autorizarse una vez que la autoridad competente (capítulo II de este Reglamento) inspeccione y verifique las condiciones de seguridad de la instalación desmantelada.

Artículo 20.- Para solicitar permiso sanitario de funcionamiento de equipos móviles que contengan fuentes radiactivas, el interesado deberá presentar ante la autoridad competente:

- a) Lista del Personal que opera el equipo debidamente registrado ante la autoridad competente y con su autorización vigente.
- b) Informe conteniendo la descripción de la instalación de almacenamiento del equipo.
- c) Manual de procedimientos que deberá contener, al menos:
 - 1.- Procedimientos de operación
 - 2.- Procedimientos de mantenimiento
 - 3.- Procedimientos de protección radiológica operacional
 - 4.- Procedimiento de manejo de la fuente una vez que sea considerada desecho radiactivo.
 - 5.- Procedimientos de emergencia.
- d) Certificación de la actividad de la actividad de la fuente, otorgada por el fabricante.
- e) Certificación de buen funcionamiento del equipo, emitida por una entidad pública autorizada.

Artículo 21.- Para solicitar permiso sanitario de funcionamiento de equipos móviles, generadores de radiaciones ionizantes, el interesado deberá presentar ante la autoridad competente:

- a) Lista del personal que opera el equipo debidamente registrado ante la autoridad competente y con su autorización vigente.
- b) Manual de procedimientos que deberá contener, al menos:
 - 1.- Procedimientos de operación
 - 2.- Procedimientos de mantenimiento
 - 3.- Procedimientos de protección radiológica operacional
- c) Certificación de buen funcionamiento del equipo, emitida por una entidad autorizada.

Artículo 22.- Los permisos sanitarios de funcionamiento tendrán una validez de 5 años y el titular de dicho permiso deberá solicitar su renovación, a la autoridad competente, tres meses antes de la fecha de su vencimiento.

CAPITULO VI

Del titular de la licencia de instalación y sus obligaciones.

Artículo 23.- Toda persona que realice actividades vinculadas con las radiaciones ionizantes, trabaje dentro de una instalación radiactiva, opere fuentes o equipos generadores de radiaciones ionizantes o manipule material radiactivo, deberá poseer una autorización de operador emitida por la autoridad competente.

Artículo 24.- El titular de la licencia de la instalación será responsable de la seguridad radiológica de la instalación y sólo estará autorizado para realizar las actividades expresamente especificadas en dicha licencia y bajo los límites y condiciones allí establecidas.

Artículo 25.- Asimismo será responsable ante la autoridad competente, de disponer de las correspondientes autorizaciones para la puesta en servicio, operación y, cuando sea el caso, de cierre definitivo.

Artículo 26.- Todo titular de una licencia de instalación debe:

- a) Mantener la cantidad de personal de operación suficiente, debidamente autorizado y con aptitudes físicas y psíquicas compatibles con la función que este debe desempeñar.
- b) Nombrar, cuando corresponda, un responsable de la protección radiológica quien deberá mantener un programa de protección radiológica operacional que permita verificar que los niveles de radiación, externos o incorporados, no excedan los valores autorizados por la autoridad competente.
- c) Proporcionar a su personal, libre de costo, todos los elementos de protección personal, dosimetría, capacitación y de cualquier otro elemento necesario para el cumplimiento de sus funciones en condiciones de seguridad, según el tipo de funciones y la determinación de la autoridad competente.

Artículo 27º.- El titular de licencia de instalación será responsable de informar a la autoridad competente, en forma oportuna, de cualquier acción, alteración del diseño de la instalación, o cambio en las condiciones de seguridad radiológica de esta instalación.

CAPITULO VII

De las obligaciones del operador y sus requisitos

Artículo 28°.- Será responsabilidad del personal expuesto:

- a) Contar con la correspondiente autorización de Operador, otorgada por la autoridad competente y mantenerla permanentemente vigente.
- b) Tomar todas las medidas, acciones y precauciones necesarias para que las exposiciones a las radiaciones ionizantes sean tan bajas como razonablemente puedan alcanzarse.
- c) Utilizar correctamente los elementos de protección y control personal.
- d) Dar cuenta inmediata al responsable de la protección radiológica de la instalación, de cualquier anomalía que exista dentro de ella, tanto en la operación, en el diseño de la misma, como de operaciones que estén fuera del marco de la licencia y que puedan ocasionar riesgos adicionales de irradiación o contaminación del personal expuesto, del público general o del ambiente.
- e) Utilizar correctamente el dosímetro personal, durante toda su jornada de trabajo y de entregarlo oportunamente al encargado de la protección radiológica para su recambio.
- f) Informar al responsable de la protección radiológica de cualquier situación que haga necesario reducir las dosis de radiación a que pueda estar expuesto.

Artículo 29°.- Para obtener la licencia de operador por parte de la autoridad competente, el trabajador expuesto deberá presentar certificaciones emitidas por entidades autorizadas de que cumple con todos los requisitos siguientes:

- a) Bachiller de segunda enseñanza otorgado por una entidad pública autorizada.
- b) Certificación de conocimiento de manejo del correspondiente equipo, fuente o material radiactivo, emitido por una entidad autorizada.
- c) Haber realizado un curso básico sobre protección radiológica, cuyo programa este previamente aprobado por la autoridad competente.
- d) Certificación de condiciones psico-físicas compatibles con la función, otorgado por una entidad pública autorizada y reconocida por la autoridad competente.

CAPITULO VIII

Del responsable de la protección radiológica y sus requisitos

Artículo 30.- Será obligación del responsable de la protección radiológica contar con su respectiva licencia, otorgada por la autoridad competente, y mantenerla permanentemente al día.

Artículo 31.- Serán funciones del responsable de la protección radiológica, sin perjuicio de otras que pueda corresponderle como técnico del servicio, las siguientes:

- a) Informar a la autoridad competente de cualquier situación que pueda poner en peligro evidente o potencial la salud tanto del personal como del público en general.
- b) Remitir los dosímetros personales, al servicio de dosimetría personal, con la periodicidad establecida en la correspondiente autorización.
- c) Llevar los registros que correspondan a la seguridad radiológica de la instalación.
- d) Informar a la autoridad competente de los movimientos de personal, tales como pensiones, vacaciones, incapacidades y cualquier otro hecho que estime importante para la seguridad radiológica, tanto de las personas como de las instalaciones y medio ambiente.
- e) Colaborar con la autoridad competente en el campo de la educación e instrucción, en materia de protección radiológica.
- f) Velar porque las normas de protección radiológica dispuestas por la autoridad competente se cumplan.
- g) Otras que le puedan ser asignadas dentro de la correspondiente licencia.

Artículo 32.- Para optar a la autorización de responsable de la protección radiológica, el interesado deberá presentar certificaciones expedidas por entidades públicas ante la autoridad competente que cumple, como mínimo, con los siguientes requisitos:

- a) Tener vigente la licencia de operador.
- b) Ser mayor de 21 años.
- c) Tener el segundo año aprobado de una carrera universitaria a fin con el puesto.
- d) Formar parte del cuerpo técnico del centro de trabajo.
- e) Haber realizado un curso avanzado sobre protección radiológica, cuyo programa esté previamente aprobado por la autoridad competente.

Artículo 33.- La licencia de operador y de responsable de la protección radiológica tendrá una validez de 2 años y su renovación deberá solicitarse ante la autoridad competente con un mes de anticipación a su vencimiento y con los siguientes documentos:

- a) Historial dosimétrico.
- b) Certificado de conocimientos actualizados de protección radiológica.
- c) Certificación de condiciones psico-físicas compatibles con la función que desempeñará.

De las autorizaciones para las actividades afines

Artículo 34.- Toda persona, física o jurídica que importe, exporte, instale, manufacture, repare, transporte, comercie o de cualquier forma o por cualquier motivo manipule material radiactivo, fuentes o equipos generadores de radiaciones ionizantes, deberá inscribirse en el registro nacional de la autoridad competente y solicitar, a ésta, la autorización que lo habilite para realizar la actividad para la cual se inscribe.

CAPITULO IX

Del transporte de material radiactivo.

Artículo 35.- Las personas físicas o jurídicas de derecho público o privado que transportan fuentes o material radioactivo, como actividad principal o incidental, dentro del territorio nacional, deberán contar con una licencia de transporte específica, otorgada por la autoridad competente.

Así mismo toda persona física o jurídica que ingrese una fuente o material radiactivo, con el único propósito de transportarlo para remitirlo a otro país deberá previamente, solicitar a la autoridad competente la correspondiente autorización de transporte.

Artículo 36.- Para solicitar la autorización de transporte, el interesado deberá presentar a la autoridad competente, la siguiente documentación:

- a) Identificación de las personas naturales o jurídicas que intervienen en el transporte. Propietario, remitente destinatario del material radiactivo.
- b) Especificaciones del material radiactivo, radio nucleído, actividad, forma física y clasificación del transporte de acuerdo con la norma internacional de transporte establecida por el O.I.E.A (Art. 6).
- c) Especificaciones del bulto y correspondiente etiquetado, consignando, índice de transporte, tipo y categoría del bulto, de acuerdo con la norma internacional de transporte establecida por el O.I.E.A.
- d) Identificación del transportista y vehículo en el cual se realizará el transporte.
- e) Medidas de seguridad físicas del transporte, cuando corresponda.

Artículo 37.- El transportista, que tendrá a cargo el transporte del material radiactivo o fuente, deberá certificar, ante la autoridad competente:

- a) Que su licencia de conducir está vigente.
- b) Que el vehículo en que se transporten fuentes o materiales radiactivos cumple al menos, con los siguientes requisitos:
 - 1.- Certificación de buena condición mecánica.
 - 2.- Ser vehículo de carga y llevar en forma visible el símbolo internacional de presencia de radiactividad, a ambos lados y en la parte trasera del vehículo.
 - 3.- Contar con los sistemas necesarios para fijar o sujetar los contenedores, bultos o elementos empleados para el transporte y también, con los elementos de carga y descarga adecuados, para evitar estar en contacto directo con las fuentes de radiación.
- c) Certificar que la distancia entre la fuente radiactiva y el conductor y su o sus acompañantes sea tal que no superarán los límites de dosis convencionales permitidos por la autoridad competente.

Artículo 38.- Cuando un vehículo que transporte materiales radiactivos, sufra algún accidente que pueda ocasionar derrame de material radiactivo o pérdida de fuentes, corresponderá al transportista tomar las primeras medidas de prevención para evitar dispersión de la contaminación o pérdida de fuentes, y comunicar el accidente en forma inmediata a la autoridad competente y al remitente del transporte.

Artículo 39.- Los bultos y contenedores utilizados para el transporte de materiales radiactivos deberán:

- a) Estar aprobados por la autoridad competente.
- b) Estar visible y debidamente etiquetados durante todo el transporte.
- c) Estar debidamente asegurados a la estructura del vehículo.

Artículo 40.- El etiquetado de los bultos o embalajes deberá proporcionar, al menos, la siguiente información:

- a) Índice de transporte tipo y categoría del bulto.
- b) Forma física del material radiactivo.
- c) Actividad por contenedor, expresado en Becquerel.

Artículo 41.- En los vehículos que transporten equipos, sustancias o fuentes radiactivas, y según la categoría del transporte, solo podrán viajar aquellas personas expresamente autorizadas por la autoridad competente en la licencia respectiva.

Artículo 42.- En los casos o situaciones no previstas en el presente reglamento, en materia de transporte de material radiactivo, la autoridad competente aplicará los criterios y disposiciones establecidas en reglamentos internacionales para el transporte seguro de material radiactivo del O.I.E.A.

CAPITULO X

De la autorización de importación

Artículo 43.- Todo ingreso de fuentes o equipos generadores de radiaciones ionizantes, al territorio nacional, requerirán de una autorización de importación otorgada por la autoridad competente.

Artículo 44.- Para solicitar la autorización de importación, el interesado deberá presentar a la autoridad competente al menos los siguientes antecedentes técnicos correspondientes a las fuentes o equipos, que se van a importar:

- a) Actividad de las correspondientes fuentes, si es el caso.
- b) Especificaciones técnicas de los equipos, si es el caso.
- c) Especificación del uso destinado para las fuentes o equipos a importar.
- d) Estado físico y forma química del material radiactivo.
- e) Peso y volumen del material radiactivo.
- f) Otros antecedentes que, a juicio de la autoridad competente, sean necesarios.

Artículo 45.- Las autoridades aduaneras no podrán autorizar el de almacenaje de fuentes emisoras de radiaciones ionizantes, sin las correspondientes autorizaciones de importación y transporte debidamente tramitadas ante la autoridad correspondiente.

Artículo 46.- Las aduanas deberán contar con sitios exclusivos, especialmente habilitados para el almacenamiento temporal de fuentes y material radiactivo, debidamente identificados con el símbolo de presencia de material radiactivo que se señala en el ANEXO I. El acceso a estos sitios estará prohibido para todo el personal no autorizado previamente por la autoridad competente.

Artículo 47.- Queda expresamente prohibido el almacenaje de fuentes o materiales radiactivos junto a elementos inflamables, explosivos o corrosivos.

CAPITULO XI

De la autorización de exportación

Artículo 48.- Toda exportación de fuentes o equipos generadores de radiaciones ionizantes, requerirán de una autorización de exportación otorgada por la autoridad competente.

Artículo 49.- Para solicitar la autorización de exportación, el interesado deberá presentar a la autoridad competente, al menos los siguientes antecedentes técnicos correspondientes a las fuentes o equipos, que se van a exportar:

- a) Actividad de las correspondientes fuentes o material radiactivo, si es el caso.
- b) Especificaciones técnicas de los equipos, si es el caso.
- c) Estado físico y forma química del material radiactivo.
- d) Peso y volumen del material radiactivo.
- e) Otros antecedentes que, a juicio de la autoridad competente, sean necesarios.

CAPITULO XII

De la autorización de transferencia.

Artículo 50.- La transferencia a cualquier título, de instalaciones radiactivas, fuentes o equipos generadores de radiaciones ionizantes, requerirá de una autorización de transferencia otorgada por la autoridad competente.

Artículo 51.- Para solicitar la autorización de transferencia, el interesado deberá presentar a la autoridad competente, al menos, los siguientes antecedentes técnicos correspondientes a la transferencia a realizar:

- a) Identificación de las fuentes o equipos a ser transferidos:
 - 1.- Actividad de las correspondientes fuentes o material radiactivo, si es el caso.
 - 2.- Estado físico y forma química del material radiactivo.
 - 3.- Peso y volumen del material radiactivo.
 - 4.- Especificaciones técnicas de los equipos, si es el caso.
 - 5.- Otros antecedentes que, a juicio de la autoridad competente, sean necesarios.
- b) Identificación de las personas naturales o jurídicas que intervendrán en la transferencia.
- c) Identificación de las instalaciones radiactivas que intervienen en la transferencia.
- d) Identificación del responsable de la protección radiológica de la instalación receptora.

Artículo 52.- La autorización de transferencia, no exime al poseedor de la misma de gestionar ni contar con otras autorizaciones establecidas en este reglamento.

CAPITULO XIII

De las inspecciones

Artículo 53.- La autoridad competente, se considerará autoridad de salud y ejercerá sus facultades de supervisión, fiscalización, inspección y control en todas aquellas actividades asociadas a las radiaciones ionizantes, por medio de técnicos y profesionales pertenecientes a la planta de su personal.

Artículo 54.- Para dar cumplimiento a lo estipulado en el artículo anterior, los técnicos y profesionales de la autoridad competente, realizarán inspecciones periódicas a todo tipo de instalaciones, públicas o privadas y también, a cualquier tipo de instalaciones, dependencias, vehículos, sitios públicos o privados, en donde existan o se presuma que existan fuentes o equipos generadores de radiaciones ionizantes.

Artículo 55.- Mediante las inspecciones se verificarán y comprobarán en general los siguientes hechos:

- a) El cumplimiento de este reglamento.
- b) El cumplimiento de las condiciones y limitaciones establecidas en los correspondientes permisos sanitarios de funcionamiento.
- c) El cumplimiento de las normas específicas o guías técnicas que, respecto a la seguridad radiológica, se dicten con posterioridad a la fecha de aprobación de este reglamento.
- d) El estado de seguridad de la instalación, de los equipos y fuentes.
- e) La correcta operación de equipos, fuentes y material radiactivo y condiciones de seguridad del manejo y transporte de estos elementos.
- f) La detección de posibles daños que se presenten en los equipos o fuentes, que pongan en peligro la salud del trabajador expuesto de la población o del medio ambiente.
- g) La existencia y aplicación de las medidas de seguridad exigidas por la autoridad competente, como así también de los planes de emergencia.
- h) La existencia de posibles fallas, anomalías, defectos, mal uso de la instalación o del material radiactivo, que puedan derivar en incidentes o accidentes con repercusiones hacia el trabajador expuesto o hacia la población.

- i) La existencia de denuncias sobre fallas incidentes, accidentes, pérdida, hurto o abandono de material radiactivo.
- j) El cumplimiento de las medidas correctivas que aplique la autoridad competente, en caso de sanciones.
- k) La denuncia de toda infracción a la ley, reglamentos, normas, condiciones de licencias e instrucciones dada por la autoridad competente.
- l) Toda irregularidad, hecho o circunstancia que afecte la seguridad de las personas, los bienes y el medioambiente.

Artículo 56.- Los inspectores tendrán fe pública en cuanto a los hechos que reporten, informen o denuncien, en cumplimiento de sus funciones.

Artículo 57.- Para el buen cumplimiento de sus funciones el inspector debidamente identificado podrá, durante las inspecciones:

- a) Emplear cualquier tipo de equipo o instrumental que requiera.
- b) Realizar cualquier comprobación que estime necesaria.
- c) Tomar cualquier tipo y cantidad de muestras que tenga relación con el propósito de su inspección.
- d) Examinar, sacar copias, tomar notas o hacer resúmenes de cualquier manual, libro, registro u otro documento que tenga relación con el propósito de la inspección.
- e) Levantar acta de todas las actividades realizadas con motivo de la inspección.

Artículo 58.- Los titulares de la licencia, propietarios, administradores o cualquier otra persona que esté a cargo de la instalación, planta, laboratorio, fuente, equipo, o lugar donde se repare, manipule, transporte, material radiactivo, fuentes o equipos emisores de radiaciones ionizantes, deberán otorgar a los inspectores, acreditados por la autoridad competente y debidamente identificados, el máximo de facilidades para el desempeño de su labor.

Artículo 59.- En caso de existir oposición al cumplimiento de las funciones del inspector, este podrá solicitar Orden de Allanamiento ante las autoridades judiciales.

Artículo 60.- Los inspectores elaborarán un informe sobre lo actuado en base al cual, la autoridad competente dictará las respectivas indicaciones.

Artículo 61.- Si como resultado de una inspección procede formular simples indicaciones correctivas, éstas se comunicarán por escrito al titular de la licencia de la

instalación con copia, al responsable de la protección, radiológica y al personal expuesto al riesgo. Las correcciones deberán ser consignadas en el informe correspondiente y la solución a los problemas detectados será exigidos dentro de un plazo prudencial, no mayor de tres meses.

Artículo 62.- Si durante una inspección se verifican hechos que comprometan gravemente la salud de las personas los inspectores informarán a la autoridad competente pudiendo disponer en forma inmediata las medidas que consideren necesarias o convenientes para poner remedio oportuno a la situación. El inspector podrá ordenar ejecutar entre otras alguna de las medidas siguientes:

- a) Que la instalación equipo o fuente sea puesta en condiciones de seguridad en forma inmediata o tan pronta como sea posible.
- b) Que la instalación, lugar afectado, o medio de transporte sea evacuado, cerrado y debidamente sellado.
- c) Que la fuente, equipo o material radiactivo sea debidamente envasada, sellada, rotulada y debidamente confinada y si corresponde decomisada.
- d) Ordenar la paralización inmediata de actividades de la instalación, cuando a juicio del inspector existe peligro inminente para las personas, los bienes los recursos naturales o el medio ambiente. Tal acción durará mientras no se corrija la deficiencia que originó la decisión.

Artículo 63.- La autoridad competente, evaluando la situación generadora de la infracción podrá conceder plazos prudenciales, no mayores de tres meses, para subsanar deficiencias de las instalaciones o para cumplir exigencias interpuestas con motivo de la inspección.

CAPITULO XIV

De las áreas de trabajo y actividades en ellas

Artículo 64.- Las áreas de trabajo donde se realicen prácticas con material radiactivo serán zonas controladas o supervisadas, según sean definidas por el titular de la licencia y aprobadas por la autoridad competente.

Artículo 65.- Toda zona controlada o supervisada deberá estar demarcada y señalizada con el símbolo estandarizado.

Artículo 66.- Toda práctica que se realice con material radiactivo o equipos generadores de radiaciones ionizantes, estarán sujetos a los principios de justificación,

de optimización y delimitación de dosis. Se exceptúa la exposición con fines médicos la que solo estará sujeta a los principios de justificación y optimización.

Artículo 67.- Las personas que trabajen en las proximidades de una zona controlada o que ocasionalmente entren en ella, solo serán consideradas ocupacionalmente expuestas cuando a juicio del encargado de la protección radiológica lo justifique a los efectos de los artículos 28 y siguientes de este reglamento. Esta resolución podrá apelarse ante la autoridad competente.

CAPITULO XV

De los límites de dosis individuales

Artículo 68.- Para los fines de la aplicación del presente reglamento se establecen los siguientes límites anuales de dosis, para el trabajador ocupacionalmente expuesto y para el público general.

1.- Límites anuales de dosis para trabajadores ocupacionalmente expuestos:

- a) El límite anual de dosis para la totalidad del organismo referido a cualquier período de doce meses consecutivos es de 20 miliSievert, pudiendo sobrepasarse este valor siempre y cuando en un período de cinco años consecutivos no se sobrepasen los 100 miliSievert y nunca los 50 miliSievert en un solo año.
- b) El límite anual de dosis equivalente para manos, pies y piel será de 500 miliSievert.
- c) El límite anual de dosis equivalente para el cristalino será de 150 miliSievert.

2.- Límites anuales para público:

- a) El límite anual de dosis para la totalidad del organismo referido a cualquier período de doce meses consecutivos es de 1 miliSievert.
- b) El límite anual de dosis equivalente para cualquier órgano considerado individualmente será de 50 miliSievert con excepción del cristalino en cuyo caso el límite será de 15 miliSievert.

Artículo 69.- Para el cumplimiento de los límites establecidos en el artículo 68 de la presente autoridad competente hará uso, cuando así lo requiera, de los límites secundarios y derivados establecidos en las normas de protección radiológica más recientes emitidos por el O.I.E.A.

Artículo 70.- Ninguna mujer ocupacionalmente expuesta podrá ser asignada a labores que involucren contacto directo o indirecto con radiaciones ionizantes desde la

certificación del embarazo y hasta el término de la gestación. Lo anterior no implica el despido de la persona únicamente el traslado a otras labores.

Artículo 71.- Las personas menores de 18 y mayores de 16 años sólo podrán exponerse a radiaciones con fines de capacitación y sus límites anuales de dosis equivalentes no podrán exceder de 1/3 de los señalados para trabajadores ocupacionalmente expuestos, señalados en el artículo 68 del presente reglamento.

Artículo 72.- Las personas menores de 16 años no podrán desarrollar actividades como trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes ni siquiera con fines de capacitación o entrenamiento.

CAPITULO XII

De la dosimetría personal

Artículo 73.- Todo trabajador ocupacionalmente expuesto que trabaje en una zona controlada deberá portar su dosímetro personal durante toda la jornada laboral. Aquellos que sólo lo hagan en zonas supervisadas quedaran sujetas, en cuanto al uso del dosímetro, a la evaluación y decisión de la autoridad competente.

Artículo 74.- El no cumplimiento de la disposición señalada en el artículo 73 de este reglamento, el uso indebido, la inadecuada manutención y la no observancia de las medidas prescritas para el uso del dosímetro personal, será sancionado por la autoridad competente, mediante amonestación escrita la primera vez, de reincidir se le cancelará su licencia de modo que no podrá laborar como personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones.

Artículo 75.- El servicio de dosimetría personal será prestado por la autoridad competente, el costo de este servicio será cubierto por el empleador.

Artículo 76.- Será obligación del empleador.

- a) Mantener un historial dosimétrico durante toda la vida laboral del trabajador
- b) Informar a los profesionales y técnicos de su instalación, de las dosis obtenidas

Artículo 77.- El historial dosimétrico del personal expuesto como mínimo deberá consignar.

- a) Nombre del trabajador expuesto
- b) Nombre de la institución o instalación en la que trabaja.
- c) Dosis del período
- d) Dosis acumulada.

Artículo 78.- Toda persona que de acuerdo con el control dosimétrico sobrepase o pueda sobrepasar los límites establecidos en este reglamento:

a) Podrá, si la autoridad competente lo estima necesario, ser restringido en el ejercicio de sus funciones o también ser sometido a un control médico específico.

b) Deberá ser sometida, por parte de la autoridad competente, a una evaluación de los procedimientos operacionales empleados y también de las condiciones de seguridad del diseño de la instalación, de los equipos o fuentes.

CAPITULO XVII

De la exposición especial planificada

Artículo 79.- Toda exposición especial planificada deberá ser autorizada en forma escrita, por el titular de la licencia de la instalación y comunicada oportunamente a la autoridad competente.

La dosis efectiva recibida por la persona expuesta, no deberá exceder de 100 miliSievert, después de finalizada la exposición especial planificada.

Artículo 80.- No podrán someterse a exposiciones especiales planificadas, personas que hayan sufrido, anteriormente, exposiciones iguales o superiores a 100 miliSievert y en ningún caso mujeres en edad fértil, dado el riesgo de un embarazo aun ignorado, pudiendo incorporarse a trabajos con radiaciones ionizantes, al finalizar el ciclo anual dosimétrico

Artículo 81.- Toda persona que participe en una exposición especial planificada deberá ser informada, por el titular de la licencia de la instalación, de los riesgos potenciales asociados a esta actividad y también de las medidas que se deben adoptar con el fin de reducir las dosis a los niveles más bajos posibles.

Artículo 82.- Ninguna persona podrá ser obligada a participar en actividades que impliquen o puedan implicar exposiciones especiales planificadas y de hacerlo, deberán manifestar su consentimiento por escrito, copia del documento deberá ser enviado a la autoridad competente.

Artículo 83.- Toda persona que se someta voluntariamente a una exposición especial planificada, será considerada como persona ocupacionalmente expuesta.

CAPITULO XVIII

De los desechos radiactivos.

Artículo 84.- En las instalaciones de Tipo I y de Tipo II definidas en el artículo 8 de este reglamento, donde se empleen fuentes o material radiactivo, debe existir un lugar especialmente diseñado para el almacenamiento temporal de desechos radiactivos, debidamente autorizado por la autoridad competente.

Artículo 85.- La autoridad competente autorizará, en cada caso, cualquier eliminación, así como los procedimientos y límites derivados de eliminación de desechos radiactivos al medio ambiente o de aquellos elementos que puedan ser considerados como tales.

Artículo 86.- Sin la autorización citada en el artículo 85 de este Reglamento, queda prohibida la eliminación, por cualquier vía o método, de cualquier desecho radiactivo al medio ambiente, sean estos sólidos, líquidos o gaseosos. Así mismo, queda prohibido desechar o eliminar por cualquier vía o método los envases o embalajes que hayan contenido material radiactivo de cualquier especie o forma física.

Artículo 87.- Todo desecho sólido o líquido proveniente de cualquier práctica, sea de carácter industrial, médico o de investigación, deberá almacenarse en un depósito previamente autorizado para ello y confinado en recipientes especialmente diseñados y autorizados por la autoridad competente para ese fin.

Artículo 88.- Quedan exentas del cumplimiento de los preceptos señalados en los artículos 84, 85, 86 y 87 de este reglamento, las excreciones de personas sometidas a diagnóstico y terapia con materiales radiactivos.

Artículo 89.- Queda prohibido el ingreso, al territorio nacional, de cualquier material o fuente en calidad de desecho radiactivo o que a juicio de la autoridad competente, pueda tener tal categoría.

Artículo 90.- Para el caso de los desechos radiactivos de tipo gaseoso o aerotransportado, las instalaciones deberán disponer de los sistemas de filtros adecuados para retenerlos y cumplir con los límites derivados de descargas autorizados por la autoridad competente.

Artículo 91.- En las instalaciones del Tipo IV definidas en el artículo 8 de este Reglamento, en donde se empleen fuentes o material radiactivo, será responsabilidad del titular de la licencia de la instalación, a través del responsable de la protección radiológica remitir a la autoridad competente, un informe escrito de como desechará las fuentes gastadas o en desuso para su disposición final.

CAPITULO XIX

De la protección radiológica en la práctica médica.

Artículo 92.- Toda práctica médica deberá estar sujeta a los principios de justificación y optimización, de la protección radiológica y en consecuencia la autoridad competente podrá prohibir toda práctica:

- a) Que no está adecuadamente justificada.
- b) Que pueda ser reemplazada por otra que constituya una opción más ventajosa y con mayores beneficios técnicos.

Artículo 93.- Toda fuente o equipo generador de radiaciones ionizantes, empleado en la práctica médica deberá someterse a programas de control de calidad, con la periodicidad que establezca la autoridad competente, en el correspondiente permiso sanitario de funcionamiento.

Artículo 94.- Toda fuente portátil, o material radiactivo portátil de uso habitual, deberá ser almacenado en sitios apropiados, aprobados por la autoridad competente, con los sistemas de seguridad física y radiológica que correspondan, así como también con los correspondientes sistemas de control administrativo.

Artículo 95.- Todo paciente implantado o al cual se le administra o inyecta material radiactivo, con fines de tratamiento médico deberá ser internado y aislado en condiciones tales que los niveles de radiación no afecten a otros pacientes o personas. El médico tratante o el responsable de la protección radiológica, en este caso, deberán instruir adecuadamente al paciente, a los visitantes y familiares de las medidas básicas de protección radiológica que deben ser tomadas en cuenta para su protección personal.

Artículo 96.- Todo paciente tratado con fuentes no selladas sólo podrá ser dado de alta cuando el médico tratante, o el responsable de la protección radiológica, certifique la actividad residual que porta el paciente no supera milicurios del material inicialmente administrado.

Artículo 97.- Será función del responsable de la protección, radiológica, en el caso de pacientes tratados con fuentes no selladas dado de alta, instruir a su grupo familiar más próximo ya él, acerca de las medidas básicas de protección radiológica que deben ser tomadas en cuenta para la protección de su familia.

Artículo 98.- Ningún paciente, cuyo tratamiento sea realizado mediante implante de fuentes radiactivas selladas, podrá ser dado de alta mientras porte tales fuentes.

Artículo 99.- Será función del responsable de la protección radiológica establecer los procedimientos para:

- a) El tratamiento manejo y desecho de las excreciones contaminadas.
- b) El traslado, dentro del hospital, del paciente implantado o tratado con fuentes no selladas.
- c) El transporte interno de las fuentes y material radiactivo.

Artículo 100.- En caso de embalsamamiento, autopsia, inhumación o cremación de cadáveres que contengan algún tipo de material radiactivo o fuentes incorporadas, implantes, marcapasos, radiofármacos o cualquier otro, corresponderá al responsable de la protección radiológica evaluar y determinar las medidas de seguridad radiológica que se deben adoptar. En ningún caso se autorizará la cremación o inhumación de un cadáver que dentro de su organismo lleve fuentes selladas.

CAPITULO XX

De las emergencias radiológicas

Artículo 101.- La autoridad competente solicitará y fiscalizará las acciones tendientes a prevenir, mitigar y responder ante emergencias radiológicas en aquellas instalaciones, empresas u hospitales que se dediquen al almacenamiento, transporte, fabricación, distribución, venta, manipulación o importación de sustancias radiactivas.

Artículo 102.- La autoridad competente mantendrá un registro actualizado sobre los accidentes ocurridos durante el transporte, manipulación, fabricación, venta, distribución de almacenamiento de sustancias radiactivas.

Artículo 103.- Toda instalación, empresa u hospital donde ocurra una emergencia radiológica, será sometida a la respectiva evaluación técnica por parte de la autoridad competente, para lo cual la instalación, compañía u hospital estará en la obligación de suministrar la información que se considere necesaria.

Artículo 104.- Ocurrida una emergencia radiológica y demostrado que existe grave peligro para la población o los trabajadores, la autoridad competente podrá revocar el permiso de funcionamiento.

Artículo 105.- La autoridad competente, será el ente encargado de las acciones de primera respuesta ante emergencias radiológicas.

Artículo 106.- Ninguna persona natural o jurídica podrá impedir el paso de los personeros del Cuerpo de Bomberos, funcionarios de la autoridad competente o de cualquier otra institución de respuesta inmediata, que se presenten a la escena de una emergencia radiológica debidamente identificados y en función de su cargo, o bien autorizados por el Ministerio de Salud, Cuerpo de Bomberos o Comité Asesor Técnico en Emergencias Tecnológicas de la Comisión Nacional de Emergencia.

CAPITULO XXI

De las sanciones

Artículo 107.- Las infracciones al presente reglamento serán corregidas por la autoridad competente, de conformidad con la Ley N° 5395, Ley General de Salud libro III.

Artículo 108.- Los recursos y procedimientos procedentes contra las resoluciones dictadas por la autoridad competente se regirán por las normas establecidas en la Ley N° 5395, Ley General de Salud.

Artículo 109.- El trabajador ocupacionalmente expuesto que por dos veces consecutivas no entregue su dosímetro en el momento de efectuarse el recambio del mismo, será denunciado por el encargado de la protección radiológica a la autoridad competente, la cual procederá a suspender la correspondiente licencia por tres meses. La autoridad competente podrá cancelar la licencia del operador en forma definitiva, cuando éste incurra nuevamente en la misma falta. Del mismo modo, el encargado de la protección radiológica que no informe oportunamente de la falta antes citada, podrá hacerse merecedor al mismo tipo de sanción.

CAPITULO XXII

De los plazos

Artículo 110.- El plazo para recibir información solicitada será de 10 días naturales a partir de la fecha de solicitud.

Artículo 111.- El plazo para resolver cualquier solicitud planteada será de 3 meses a partir de la fecha de presentación de todos los documentos.

CAPITULO XXIII

Disposiciones finales

Artículo 112.- La autoridad competente clasificará a toda fuente, equipo generador de radiaciones ionizantes o material radiactivo, que no se encuentre especificado dentro de las categorías de instalaciones ya señaladas en este reglamento o no puedan asimilarse a dichas categorías.

Artículo 113.- Del mismo modo, cualquier límite anual de incorporación que no se encuentre establecido en el reglamento, será fijado por la autoridad competente.

Artículo 114.- La autoridad competente podrá exigir condiciones de seguridad adicionales, a toda instalación, equipo, fuente o actividad ya descritas en este reglamento toda vez que, que deben ser exigidos requisitos adicionales o complementarios a los ya establecidos en la licencia original.

Artículo 115.- La autoridad competente podrá exigir al solicitante de una autorización de importación, una certificación de la autoridad competente del país de origen, o de alguna entidad reconocida por ella, que acredite que dicha fuente, o equipo en la condiciones de importación en ese momento, está autorizado para operar en dicho país.

Artículo 116.- Toda documentación que deba ser presentada para la aprobación de la autoridad competente, debe ser consignada en idioma español.

Artículo 117.- Deróguese el Decreto Ejecutivo N° 11366 de 23 de mayo de 1980.

Artículo 118.- El presente reglamento rige partir del día 22 de diciembre de 1994.

Transitorio: Toda persona natural o jurídica que sea titular de una licencia de instalación, tendrá el plazo de un año para dar cumplimiento a las disposiciones establecidas en este reglamento, a partir de la fecha de su publicación en "La Gaceta". De la misma forma operadores y responsables de la protección radiológica, tendrán el mismo plazo para actualizar sus correspondientes autorizaciones y licencias.

