



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOFÍSICA

**“ESTANDARIZACIÓN DE LAS RESTRICCIONES DE DOSIS
LOCALES PARA EL POE COMPARANDO RESULTADOS DE
DOSIMETRÍA TLD Y ELECTRÓNICA EN LAS UNIDADES TÉCNICAS
DEL PET CICLOTRÓN Y MEDICINA NUCLEAR EN EL HOSPITAL
DE ESPECIALIDADES CARLOS ANDRADE MARÍN”**

Trabajo de titulación:

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

BIOFÍSICA

AUTORA: GLENDA MARITZA LÓPEZ QUISHPI

DIRECTOR: Dr. RICHARD WILLIANS PACHACAMA CHOCA

Riobamba – Ecuador

2020

©2020, Glenda Maritza López Quishpi

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Glenda Maritza López Quishpi, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de marzo de 2020

Glenda Maritza López Quishpi

060607414-4

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE BIOFÍSICA

El Tribunal de trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Experimental, **“ESTANDARIZACIÓN DE LAS RESTRICCIONES DE DOSIS LOCALES PARA EL POE COMPARANDO RESULTADOS DE DOSIMETRÍA TLD Y ELECTRÓNICA EN LAS UNIDADES TÉCNICAS DEL PET CICLOTRÓN Y MEDICINA NUCLEAR EN EL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CARLOS ANDRADE MARÍN”**, realizado por la señorita: **Glenda Maritza López Quishpi**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Dalinda Ileana Quingatuña Cali

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

05 de febrero de 2020

Dr. Richard Willians Pachacama Choca

DIRECTOR DEL TRABAJO

05 de febrero de 2020

DE TITULACIÓN

Dra. María Fernanda Heredia

MIEMBRO DE TRIBUNAL

05 de febrero de 2020

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado primeramente a Dios por darme la fortaleza para poder cumplir la meta propuesta al iniciar mi carrera universitaria. A mis padres, quienes con arduo esfuerzo y amor incondicional me han apoyado económica y moralmente para poder culminar un peldaño más, es una gran bendición ser su hija, y tener unos padres maravillosos. A mis hermanos por brindarme siempre una palabra de aliento, y acompañarme en el transcurso de esta etapa en mi vida.

Maritza

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente a Dios, quién es el dador y guía de la vida, además nuestro apoyo y fortaleza en momentos de debilidad. A mis padres, Ernesto López y Rosita Quishpi, por implantar valores y principios esenciales para avanzar en cada objetivo, también por confiar en mi para lograr mis objetivos, además por enseñarme a superar cualquier dificultad o barrera que se presentaron a lo largo de esta fase.

Un agradecimiento profundo a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por permitirme crecer en el ámbito académico, a los docentes de la misma, quienes me impartieron su conocimiento y me ayudaron a prepararme a lo largo de mi profesión.

A la Unidad Técnica de PET Ciclotrón y Medicina Nuclear del Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín, en donde me abrieron las puertas para desarrollar el presente trabajo, y de manera especial al Biofísico Alexander Urquiza, tutor del trabajo por parte del hospital, quien con paciencia y rectitud me ha guiado para llevar el trabajo a su respectiva culminación.

Maritza

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	6
1.1. Sistema Dosimétrico	6
1.2. Sistema de Protección Radiológica	14

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	21
2.1. Tipo de Investigación	22
2.2. Población de Estudio	22
2.3. Materiales y Métodos	23
2.4. Diseño y Experimentación	24
2.5. Procedimiento Experimental	28

CAPITULO III

3.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	30
3.1.	Procedimiento.....	30
3.2.	Técnicas de análisis (Técnicas que dan lugar al método)	30
3.3.	Análisis de Datos	31
3.4.	RESULTADOS.....	42
	CONCLUSIONES.....	52
	RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Límites de Dosis impuestos por el Reglamento de Seguridad Radiológica de 1979, vigente en el Ecuador.	17
Tabla 2-1:	Límites de Dosis recomendados por el ICRP 103, en situaciones de exposición planificadas.....	18
Tabla 3-2:	Metodología para establecer las restricciones de Dosis.	29
Tabla 4-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología.....	32
Tabla 5-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología.....	32
Tabla 6-3:	Análisis de la Dosimetría Electrónica Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología	33
Tabla 7-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Químicos Farmacéuticos.....	33
Tabla 8-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Químicos Farmacéuticos.....	34
Tabla 9-3:	Análisis de la Dosimetría Electrónica Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Químicos Farmacéuticos.....	34
Tabla 10-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.	35
Tabla 11-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.	35
Tabla 12-3:	Análisis de la Dosimetría Electrónica Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.....	36
Tabla 13-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 del Operador del CICLOTRON.	36
Tabla 14-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 del Operador del CICLOTRON.	37
Tabla 15-3:	Análisis de la Dosimetría Electrónica Hp (10) desde el año 2014-2018 del Operador del CICLOTRON.	37

Tabla 16-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Médicos Radiólogos.....	38
Tabla 17-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de las Enfermeras	38
Tabla 18-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología.....	39
Tabla 19-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología.....	39
Tabla 20-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Médicos Nucleares.....	40
Tabla 21-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Médicos Nucleares.....	40
Tabla 22-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.	41
Tabla 23-3:	Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.	41
Tabla 24-3:	Restricciones de Dosis locales bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10)	42
Tabla 25-3:	Restricciones de Dosis locales Bimensual y Anual de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10)	43
Tabla 26-3:	Restricciones de Dosis local bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07).....	43
Tabla 27-3:	Restricciones de Dosis local Bimensual y Anual de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07)	44
Tabla 28-3:	Restricciones de Dosis local bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría Electrónica de cuerpo entero Hp (10).....	44
Tabla 29-3:	Restricciones de Dosis local Bimensuales y Anuales de la Dosimetría Electrónica de cuerpo entero Hp (10).....	45
Tabla 30-3:	Comparación de las restricciones de dosis locales obtenidas, entre Dosimetría TLD y Electrónica de cuerpo entero Hp (10).....	45
Tabla 31-3:	Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10).....	46
Tabla 32-3:	Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07)	47

Tabla 33-3:	Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de la Dosimetría Electrónica de cuerpo entero Hp (10).	48
Tabla 34-3:	Restricciones de Dosis local bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10)	49
Tabla 35-3:	Restricciones de Dosis local Bimensual y Anual de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10)	49
Tabla 36-3:	Restricciones de Dosis local bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07)	50
Tabla 37-3:	Restricciones de Dosis local Bimensual y Anual de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07)	50
Tabla 38-3:	Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de la Dosimetría TLD Hp (10)	51
Tabla 39-3:	Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de Dosimetría TLD Hp (0,07)	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Cuadro de ingreso de datos en el OriginLab.....	24
Figura 2-2:	Cuadro de tabulación de Datos para la señalización de datos.....	25
Figura 3-2:	Cuadro de muestra para el análisis estadístico en el OriginLab.....	25
Figura 4-2:	Estadística descriptiva que muestra los valores de: número total de datos, promedio, desviación estándar, suma, valor mínimo y máximo.	26
Figura 5-2:	Ventana explicativa, paso a paso para la generación de tabla de frecuencias durante el análisis estadístico.	26
Figura 6-2:	Ventana para personalizar el valor mínimo y máximo, el intervalo y su amplitud, y las cuentas de la tabla de frecuencias.	27
Figura 7-2:	Tabla de Frecuencias generada en el OriginLab.....	27
Figura 8-2:	Representación gráfica de la Tabla sintetizada con los valores necesarios para la generación de restricciones de dosis.....	28

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: AVAL DEL HOSPITAL

ANEXO B: BASE DE DATOS DE TRABAJO

ANEXO C: LISTADO DE DOSÍMETRO ELECTRÓNICOS

ANEXO D: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS DOSÍMETROS ELECTRÓNICOS

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue estandarizar las restricciones de dosis locales para el POE comparando resultados de dosimetría TLD y electrónica en las Unidades Técnicas de PET CICLOTRON y Medicina Nuclear en el Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. Para ello se realizó un análisis estadístico del historial dosimétrico del POE en cada unidad mencionada, donde, se clasificó los historiales de la dosimetría electrónica Hp (10) de cada POE, verificando el factor de calibración de cada dosímetro utilizado, el valor de la suma diaria y mensual de dosis; y de la dosimetría TLD Hp (10) y Hp (0,07), comprobando el periodo de lectura, el código del dosímetro y el valor de dosis de cada POE. Se transcribió los valores de dosis de cada historial en físico a Excel obteniendo una base de datos de trabajo en digital de la dosimetría electrónica Hp (10), TLD Hp (10) y TLD Hp (0,07), esta contenía valores de dosis bimensuales del POE en cada año con su respectivo estamento profesional, y su unidad en mSv. Para el análisis estadístico se utilizó el programa OriginLab, en donde se realizó una estadística descriptiva obteniendo una tabla sintetizada para cada estamento profesional con el promedio, el valor mínimo, la mediana, el valor máximo, y la moda de la tabla de frecuencias, posteriormente, se procedió a obtener las restricciones de dosis bimensual, y con el promedio de estas se obtuvo la restricción de dosis anual específicas para cada estamento profesional del POE. Además, se realizaron comparaciones entre la dosimetría TLD y Electrónica, y las restricciones de dosis anuales con los límites de dosis recomendados por organismos internacionales. Se concluye que las restricciones de dosis locales bimensuales y anuales son valores aplicables a la práctica y que ayudan a la optimización de la exposición del POE, se recomienda aprovechar las restricciones de dosis locales para dar cumplimiento a los requisitos de Seguridad y Protección Radiológica.

Palabras clave: <RESTRICCIONES>, <DOSIS>, <PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO (POE)>, <DOSIMETRÍA>, <ELECTRÓNICA>, <DOSIMETRÍA TERMOLUMINISCENTE (TLD)>, <PET CICLOTRÓN>, <MEDICINA NUCLEAR>

ABSTRACT

The main aim of this study was to standardize local dose restrictions for OEP by comparing TLD and electronic dosimetry results of the PET CICLOTRON and Nuclear Medicine Technical Units at the Carlos Andrade Marín Specialty Hospital. For this, a statistical analysis of the OEP dosimetric history was performed in each unit mentioned, where, the histories of the electronic dosimetry Hp (10) of each OEP were classified, verifying the calibration factor of each dosimeter used, the value of the daily and monthly sum of doses; and the TLD Hp (10) and Hp (0,07) dosimetry, checking the reading period, the dosimeter code and the dose value of each OEP. The dose values of each physical history were transcribed to Excel in order to obtain a digital working database of the electronic dosimetry Hp (10), TLD Hp (10) and TLD Hp (0,07), this contained bimonthly dose values of the OEP in each year with its respective professional status, and its unit in mSv. For the statistical analysis, the OriginLab program was used, where a descriptive statistic was performed to obtain a synthesized table for each professional estate within the average, the minimum value, the median, the maximum value, and the frequency table mode, subsequently, the bimonthly dose restrictions were obtained, and with the average of these, the specific annual dose restriction was obtained for each OEP professional status. In addition, comparisons were made between the TLD an Electronic dosimetry, and the annual dose restrictions with the dose limits recommended by international organizations with the dose limits recommended by international organizations. It is concluded that the bimonthly and annual local dose restrictions are values applicable to the practice and may help to optimize the OEP exposure, it is recommended to take advantage of the local dose restrictions to comply with the Radiation Protection and Safety requirements.

Keywords: <RESTRICTIONS>, <DOSE>, <OCCUPATIONALLY EXPOSED PERSONNEL (OEP)>, <DOSIMETRY>, <ELECTRONICS>, <THERMOLUMINESCENT DOSIMETRY (TLD)>, <PET CYCLOTRON>, <NUCLEAR MEDICINE>.

Siglas o abreviaturas

GM: Geiger Müller

GSR: Normas de Seguridad Generales

ICRP: Comisión Internacional de Protección Radiológica

ICRU: Comisión Internacional de Unidades y Medidas de la Radiación

mSv: Milisievert

OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica

OSR: Oficial de Seguridad Radiológica

POE: Personal Ocupacionalmente Expuesto

SCAN: Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares

INTRODUCCIÓN

El Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín ofrece servicios en la rama de medicina nuclear, a través de dos de sus dependencias, la Unidad Técnica PET CICLOTRÓN y la Unidad Técnica de Medicina Nuclear Convencional, en donde se realizan estudios diagnósticos y de tratamiento (en esta última) de varias enfermedades, generalmente oncológicas, pero también neurológicas y cardiológicas en menor proporción, utilizando radiofármacos o compuestos marcados con un radionúclido emisor de algún tipo en específico de radiación ionizante.

Para el funcionamiento óptimo de cada una de estas unidades técnicas, trabajan una serie de profesionales en medicina, químicos, biofísicos (que laboran como Oficiales de Seguridad Radiológica), físicos médicos, licenciados en radiología y enfermeras, los mismos que se consideran como Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) por su labor relacionada con el uso de radiaciones ionizantes. Cada uno de estos profesionales realiza sus procedimientos asignados, y trabajan en conjunto asegurando el cumplimiento de los procesos de trabajo bajo los criterios de Protección Radiológica.

Durante el desarrollo de las labores de cada una de las Unidades Técnicas mencionadas, el POE está propenso a los riesgos de irradiación y contaminación; así, por ejemplo, en la preparación del radiofármaco y su respectivo control de calidad, los químicos farmacéuticos realizan procedimientos que implican la manipulación de esta fuente radiactiva abierta; los licenciados en radiología realizan la administración del radiofármaco al paciente y lo colocan dentro del equipo biomédico durante el proceso de obtención de imágenes, también los preparan para el tratamiento con material radiactivo, según corresponda; los OSR se encargan de la gestión/control de residuos y desechos radiactivos, además de la protección y seguridad radiológica; además cierto personal, como por ejemplo, médico o de enfermería está propenso solo a riesgo de irradiación debido a que desarrollan sus funciones dentro de las zonas catalogadas como de control radiológico, mas no manipulan el material radiactivo ni los equipos generadores de radiación ionizante.

Para monitorizar que la exposición del POE a las radiaciones ionizantes dentro de las Unidades Técnicas PET CICLOTRÓN y Medicina Nuclear Convencional se enmarque en la regulación correspondiente, se emplea un sistema de dosimetría personal. Este es un requerimiento solicitado por la autoridad reguladora ecuatoriana que es la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares

(SCAN). Para valores de equivalente de dosis de cuerpo entero Hp (10) (Véase sección 2.1.5.1) se utiliza un dosímetro con cristales termoluminiscentes (TLD) acoplados en un portadosímetro de placa que se ubica a nivel del tórax para estimar valores de dosis a una profundidad de 10 mm de la superficie de la epidermis; para valores de equivalente de dosis de extremidades Hp (0.07) (Véase sección 2.1.5.1) se utiliza un dosímetro con un cristal termoluminiscente (TLD) acoplado en un portadosímetro en forma de anillo que se ubica en el dedo índice de la mano para estimar valores de dosis a 0.07 mm de profundidad de la epidermis; este sistema de dosimetría TLD tiene lecturas bimensuales, por lo que su información se obtiene de forma diferida. Para poder obtener información dosimétrica al instante se utiliza un sistema de dosimetría electrónica complementaria, es decir, con el uso de un detector Geiger Müller miniaturizado que proporciona lecturas con valores de equivalente de dosis en cuerpo entero Hp (10), estos valores se registran diariamente.

El historial dosimétrico constituye un registro indispensable dentro de la vigilancia radiológica del POE, debido a que permite cuantificar valores que ayudan a estimar la cantidad de dosis de radiación que recibe el mismo durante un determinado periodo de tiempo. Dentro del historial dosimétrico se registran los siguientes datos: la identidad del POE, el periodo de lectura, tipo de dosimetría, código de dosímetros, valores de dosis, acumulación de dosis, y nivel de investigación, responsable y notas que muestran los límites de dosis establecidos; todo esto contribuye a llevar un control radiológico adecuado para disminuir la probabilidad de ocurrencia de efectos biológicos y así en lo posible precautelar la integridad del POE mediante esta vigilancia ocupacional.

- **Antecedentes**

En el Laboratorio de Dosimetría Externa (LDE) del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) durante el período 2006-2009 se analizaron los datos sobre el número de trabajadores ocupacionalmente expuestos que fueron monitorizados y los niveles de exposición ocupacional que recibieron, comparándolos con períodos anteriores y los valores publicados por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), el número de trabajadores monitorizados de la salud abarcó el 90%, el mismo mantuvo una tendencia creciente en el período, siendo el caso más relevante en la práctica de radiodiagnóstico, la cual se duplicó. El número de trabajadores ocupacionalmente expuestos, fue inferior al 50% del total monitorizado, mostrando una tendencia decreciente con respecto a años anteriores. La dosis anual promedio para todas las prácticas fue inferior a 1mSv, mostrando igualmente una disminución con respecto al período anterior. (Daniel Molina Pérez, 2011)

Mediante el Laboratorio de Dosimetría Personal Termoluminiscente (LDT) de la Comisión Nacional de Energía Atómica – Universidad Nacional de Asunción, en Paraguay, se realizó el control del equivalente de dosis personal en cuerpo entero Hp (10), en donde se analizaron los registros de los valores dosimétricos personales y se exponen a continuación los resultados de los servicios de medicina nuclear, radioterapia y radiodiagnóstico, comprendidos entre los años 2004-2013. Se analizaron los niveles de exposición ocupacional, mediante varios indicadores tales como: dosis promedio anual y dosis máxima anual por cada una de las prácticas, cantidad de trabajadores que reciben dosis anuales mayores que cero, y otros. Se evidenció que en el país se garantiza la dosimetría personal en un 100% solo para medicina nuclear y radioterapia; no así para radiodiagnóstico, cuya cobertura se estima estuvo en un 50%. La dosis promedio anual para todas las prácticas se encuentra alrededor de 1mSv. Solo para prácticas del área médica de radiodiagnóstico y medicina nuclear se presentaron valores ligeramente superiores, correspondiendo al máximo valor de dosis promedio de 1.46 mSv para radiodiagnóstico en el año 2005, y de 1.22 mSv para medicina nuclear en el año 2012. Los resultados de la exposición ocupacional estuvieron dentro de los requerimientos establecidos en la regulación. Este análisis, permitió orientar los procesos tanto a nivel interno institucional en sus respectivos programas de Protección Radiológica, como así también las acciones correspondientes de la Autoridad Reguladora Radiológica Nacional. Se reconoció la necesidad de orientar esfuerzos de manera más eficiente en cuanto a las tareas de educación y difusión del programa de Protección Radiológica para reforzar las medidas de prevención. (Duré, 2014)

- **Planteamiento del Problema**

En las Unidades Técnicas de PET CICLOTRON y de Medicina Nuclear Convencional se utilizan fuentes radiactivas abiertas, selladas y generadores de radiación ionizante (manejados de diferente manera por el respectivo personal) es notorio que la exposición no es la misma para cada POE debido a la diferencia en cómo se realizan las actividades de cada uno de los estamentos profesionales existentes en dichas unidades. La probabilidad de ocurrencia de algún tipo de efecto biológico aumenta si se superan restricciones de dosis, niveles de investigación y límites de dosis, lo que conlleva a que la seguridad y protección del personal que labora directa o indirectamente con radiaciones ionizantes se vea afectado.

La presente investigación en las Unidades Técnicas de PET Ciclotrón y de Medicina Nuclear Convencional es trascendental debido a que en la actualidad estas dependencias no tienen establecidas restricciones de dosis locales basadas en los registros propios de la vigilancia dosimétrica que ha recibido el POE en los últimos años en cada unidad mencionada, por lo cual no se ha conseguido aplicar completamente el principio de Protección Radiológica de Optimización a esta vigilancia dosimétrica.

- **Justificación**

La exposición del POE en las diferentes actividades de trabajo puede causar efectos biológicos ya sean deterministas en donde el daño es evidente por encima de una dosis umbral (específica para cada tejido), como por ejemplo el eritema y la caída del pelo; y efectos estocásticos donde no existe una dosis umbral demostrable, por lo que el daño se presenta con un pequeño incremento en la incidencia normal o espontánea y se expresa luego de un largo periodo de latencia, por ejemplo, en las prácticas que involucran el trabajo con radionúclidos que al incorporarse a un ser vivo (ya sea por vía de inhalación, ingestión o absorción), la energía de sus emisiones radiactivas será absorbida en las células y tejidos cercanos a la ubicación del radionúclido, lo que provocará el daño celular. Las células dañadas pueden autoeliminarse mediante apoptosis que es la muerte celular autoprogamada, pero cuando esto no ocurre las células dañadas proliferan causando una de las enfermedades más difíciles de tratar, el cáncer. La inducción del cáncer es el principal efecto estocástico provocado por la exposición a radiación ionizante.

Mediante la evaluación del historial dosimétrico se puede observar las fluctuaciones o variaciones notables presentes entre lecturas de valores de dosis bimensuales y anuales del POE, lo que permite hacer un seguimiento e investigar la causa por la que el personal presenta valores de dosis diferentes a aquellos obtenidos previamente, e implantar acciones correctivas.

Esta investigación es relevante para la Unidad Técnica PET CICLOTRON y la Unidad Técnica de Medicina Nuclear Convencional debido a que se busca evaluar, dar seguimiento a la vigilancia dosimétrica del POE durante su labor, para estandarizar restricciones de dosis locales, y de esta manera optimizar la Seguridad y Protección Radiológica en la práctica, minimizando así la probabilidad de ocurrencia de efectos biológicos nocivos de las radiaciones ionizantes.

Basándose en el análisis estadístico del registro dosimétrico de cada POE, se puede observar la variación de valores de dosis entre lecturas, y así mantener una vigilancia dosimétrica con el fin de aplicar uno de los principios de la Protección y Seguridad Radiológica, la Optimización, obteniendo valores de dosis tan bajos como sea razonablemente posible (Criterio ALARA).

Por eso es necesario estandarizar restricciones de dosis locales en las Unidades Técnicas de PET CICLOTRON y de Medicina Nuclear Convencional.

- **Objetivos**

Objetivo General

Estandarizar las restricciones de dosis locales para el POE comparando resultados de dosimetría TLD y electrónica en las Unidades Técnicas de PET CICLOTRON y Medicina Nuclear del Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín.

Objetivos Específicos

- Realizar un análisis estadístico del historial de dosimetría TLD y electrónica del equivalente de dosis de cuerpo entero Hp (10) y el equivalente de dosis de extremidades Hp (0.07) del POE.
- Comparar los datos estadísticos de la dosimetría TLD y electrónica del equivalente de dosis de cuerpo entero Hp (10), en la Unidad Técnica PET CICLOTRON y en la Unidad Técnica de Medicina Nuclear Convencional.
- Evaluar los resultados y compararlos con los valores de dosis recomendados por Organismos Internacionales (ICRP y el OIEA) para la práctica.
- Elaborar una tabla de la estandarización de restricciones locales de dosis Hp (10) y Hp (0.07) para la práctica, tomando en cuenta características laborales del POE.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Sistema Dosimétrico

Son sistemas de dosimetría específicamente diseñados para estimar de forma individual las dosis efectivas y/o las dosis equivalentes recibidas en determinados órganos por las personas profesionalmente expuestas a las radiaciones ionizantes. Están calibrados en unidades de la magnitud equivalente de dosis personal $H_p(d)$, donde d significa la profundidad de referencia a la que se aproxima el valor de dosis en la lectura. Son obligatorios en las zonas controladas con riesgo de irradiación externa. Se utilizan para:

- ✓ Cumplir la legalidad vigente
- ✓ Verificar la efectividad de las medidas de Protección Radiológica adoptadas para el puesto de trabajo desempeñado por una determinada persona
- ✓ Cuantificar las posibles exposiciones accidentales

Si el dosímetro personal se usa en una posición representativa de su exposición, a dosis bajas y suponiendo una exposición uniforme en todo el cuerpo, el valor de $H_p(10)$ provee un valor de la dosis efectiva suficientemente exacta para los objetivos de la Protección Radiológica. En los casos de exposición externa a radiación poco penetrante, $H_p(10)$ no será un buen estimador de la dosis efectiva. (Brosed, 2011)

1.1.1. Dosímetro TLD

Los dosímetros TLD son detectores pasivos e integradores que permiten realizar la determinación de dosis y discriminar las componentes de distintos campos de radiación. El fundamento primordial de su uso está basado en el fenómeno de luminiscencia.

El TLD consiste generalmente en una pastilla (aunque tiene diferentes formas de presentación) de un material que posee características fotoluminiscentes apropiadas, como el fluoruro de litio o el sulfato de calcio con disprosio. Cuando la radiación incide sobre estos materiales algunos átomos de la red cristalina resultan excitados y no se desexcitan espontáneamente, sino que los electrones que fueron desalojados de sus órbitas quedan retenidos en niveles energéticos metaestables conocidos como “trampas” y la cantidad de estas trampas es directamente proporcional a la dosis de radiación recibida por la pastilla. (Fernandez, 2015)

Para la obtención de datos de la cantidad de exposición de radiación, se utiliza un equipo lector que permite obtener cierta cantidad de luz emitida por los cristales TLD luego de ser estimulados térmicamente, y que es proporcional a la cantidad de radiación absorbida.

Un lector TLD está formado por:

- a) Una bandeja, donde se coloca y calienta el TLD mediante un circuito con control dinámico de la temperatura, compuesto de una o varias sondas, que permiten fijar con exactitud la temperatura en la bandeja.
- b) Un tubo fotomultiplicador con una óptica asociada que detecta la emisión luminosa y la convierte en una señal eléctrica.
- c) Un electrómetro para registrar la señal producida por el fotomultiplicador. (SEPR, 2009)

Es necesaria una buena reproducibilidad de los ciclos de calentamiento durante el proceso de lectura y del posterior “enceramiento” de los dosímetros de termoluminiscencia para obtener medidas de dosis absorbida fiables, ya que en esta operación queda fijada la estructura de trampas que debe ser reproducible. Una vez obtenidos los datos dosimétricos a través del TLD, se le somete a un “enceramiento” conocido también como proceso de borrado. (Brosed, 2011)

VENTAJAS

- ✓ **Son reutilizables:** Una vez expuestos a radiación ionizante, la energía absorbida por el TLD permanece almacenada hasta que se libera en forma de luz por el calentamiento al que es sometido durante el análisis, obteniendo valores de respuesta en la lectura
- ✓ **Responde proporcionalmente a la dosis:** Si la dosis se duplica, la respuesta también lo hará
- ✓ **Es muy robusto:** Además su reducido tamaño ayuda para el control en áreas pequeñas, como cavidades corporales
- ✓ **Sistema extremadamente sensible y preciso:** Sirve para controlar la exposición del personal

DESVENTAJAS

- **No responde a ionizaciones individuales:** No puede utilizarse como instrumento de medida en modo tasa (dosis con respecto al tiempo de exposición)
- **Entrega medidas en tiempo diferido:** No proporciona resultados dosimétricos inmediatos (Edirfarm, 2018)

1.1.2. Dosímetro Electrónicos

Los dosímetros electrónicos son desarrollados específicamente para dosimetría personal, basándose en dispositivos Geiger-Müller que detectan fotones por encima de los 30 keV-Rayos X, y en detectores de Diodos de Silicio.

Los Contadores Geiger-Müller miniaturizados, son capaces de medir un amplio rango de energías. Por lo general, están calibrados en la magnitud operacional de equivalente de dosis personal. Incluyen la lectura instantánea en su pantalla integrada, del equivalente de dosis personal y de su tasa, además el usuario puede establecer alarmas al superar ciertos valores de dosis acumulada o de tasa de dosis.

Los dosímetros basados en Diodos de Silicio, presentan un rango energético para rayos x, gamma y beta de 20 keV a 6 MeV. El rango de equivalente de dosis personal va de 0.1 μ Sv a 10 Sv. La tasa

puede ir de 1 $\mu\text{Sv/h}$ a 1 Sv/h . Es conveniente verificar la respuesta del dosímetro con la tasa, ya que, a tasas elevadas, pueden presentar saturación.

Los dosímetros electrónicos basados en detectores de semiconductor suelen incorporar uno o más diodos. Los dosímetros electrónicos comerciales más extendidos en la actualidad utilizan diodos, por ejemplo, EPD 2 de Siemens, Dosicard de Eurisys Mesures, RAD 62 de Rados, EPD MK2+ de Thermo Fisher Scientific, entre otros. (Brosed, 2011)

VENTAJAS

- ✓ Lectura Instantánea o directa
- ✓ Alarma a determinados niveles de dosis y tasa de dosis
- ✓ Mejores características para la dosimetría de neutrones
- ✓ Enceramiento de acuerdo a las necesidades del usuario
- ✓ Pueden abarcar más de una magnitud de equivalente de dosis personal
- ✓ Se ven menos afectados por la radiación de fondo ambiental, pues pueden apagarse

DESVENTAJAS

- Alto costo
- Pueden verse afectados por la humedad y averiarse
- Tienen dependencia energética
- Necesitan calibración periódica generalmente anual
- Los datos de dosis pueden perderse si el equipo se avería y no tiene un software de respaldo

1.1.3. Historial Dosimétrico

Para la vigilancia radiológica del POE es necesario e indispensable llevar un registro en donde conste por lo menos el nombre del Laboratorio de Dosimetría, el periodo de lectura, nombres del personal, dosis por periodo, dosis acumuladas anuales, límite de dosis a respetar, niveles de investigación, y las firmas de los responsables y del personal interesado. (OIEA, 1998)

La conservación de los registros dosimétricos sirve de apoyo para verificación del control adecuado del límite de dosis, además de ayudar a la toma de decisiones sobre algún aspecto que afecte al personal, y también a demostrar el cumplimiento de la reglamentación. (Area de Protección Radiologica, 2015)

La elaboración y almacenaje de los registros dosimétricos de cada POE es responsabilidad del personal a cargo de la Protección Radiológica. En caso de presentarse alguna irregularidad en los valores de dosis, tales como cambios bruscos presentando aumento infrecuente de los valores entre lecturas, o sobrepasando los límites establecidos, el encargado tiene la obligación de informar a la Autoridad Reguladora, en el caso del Ecuador, la SCAN.

En el Reglamento de Seguridad Radiológica del Ecuador, aún vigente, expedida el 8 de marzo de 1979, publicada en el Registro Oficial No. 798, establece que para la dosimetría personal cumpla con lo propuesto en los siguientes artículos:

Art. 5.-Control de Dosimetría personal. – Todo licenciario está obligado a usar detectores de control de dosimetría personal adecuados, como dosímetros de bolsillo, dosímetros de película o dosímetros termoluminiscentes. La aportación de estos dosímetros es obligatoria dentro de un área restringida.

Art. 7.- Notificación del Empleador a sus Trabajadores

“...b) Informar trimestralmente al personal la dosis de radiación recibida durante su tiempo de trabajo, evaluada por el dosímetro personal; ...”

Art. 9.- Registros. - El empleador está obligado a los siguiente:

a) Llevar registros personales de cada trabajador profesionalmente expuesto en áreas controladas, en las que constará:

- 1. La licencia de trabajo.*
- 2. La índole de las tareas que realiza.*
- 3. El tipo de radiación y/o contaminación posible.*
- 4. Los resultados de las operaciones de monitoreo individual.*
- 5. Los resultados de los reconocimientos médicos. (CEEA, 1979)*

... “a través del Decreto Ejecutivo No. 978, de 25 de marzo de 2008, publicado en el Registro Oficial 311 de 8 de abril de 2008, se fusionó la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica-CEEA- al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), asumiendo esta Cartera de Estado la rectoría de la política en materia de energía atómica, debiendo por lo tanto ejercer las atribuciones previstas en la Ley de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica;” ... (MEER-SCAN, 2015)

En la actualidad, la MEER-SCAN en la Norma Técnica en la sección de “Requisitos técnicos y administrativos para los servicios de dosimetría personal de radiación externa”, en el Capítulo III del registro, almacenamiento, conservación y gestión de la información establece que:

Art. 7.- Registros e Informes:

7.1. Los servicios de dosimetría personal deben mantener en archivo físico y digital toda la información empleada para obtener los resultados del control dosimétrico y los datos relativos al POE por un período no menor a 5 años para documentos administrativos.

7.2. El reporte o informe de dosis que se envía a los usuarios y a la Autoridad Reguladora debe tener un diseño lo suficientemente claro que permita su correcta interpretación e incluirá al menos la siguiente información:

a) Nombre, dirección y datos del laboratorio, para facilitar la comunicación del usuario cuando este lo requiera.

b) Datos de la entidad usuaria (código y razón social).

c) Datos personales del POE (código de identificación, nombres y apellidos completos).

d) Dosis recibida por cada POE en el período de control,

e) Identificación o código del dosímetro.

f) Codificación para el reporte de dosis.

- g) *Método dosimétrico empleado para la evaluación de la dosis,*
- h) *Firma de responsabilidad del servicio de dosimetría personal externa.*
- i) *Límite de detección.*
- j) *Nombre y sello del servicio.*

...” **Art. 9.- REQUERIMIENTOS Y GESTIÓN**

9.4 El reporte de dosis se remitirá a cada usuario y al Registro Nacional de Dosis en un plazo no mayor a 2 meses a partir del canje, y contendrá como mínimo la información detallada en el Art. 7, numeral 2.

9.9 Los reportes de dosis estarán debidamente archivados y conservados por un período no menor a 70 años,” ... (MEER-SCAN, 2015)

1.1.4. Magnitudes Dosimétricas

Las magnitudes dosimétricas son capaces de proporcionar una medida física en un punto o en una zona de interés que se correlaciona con los efectos reales o potenciales de las radiaciones ionizantes. Son las magnitudes relacionadas con la medida de la energía absorbida y su distribución. (Magnitudes y unidades para dosimetría del personal ocupacionalmente expuesto en radiodiagnóstico e intervencionismo, 2018)

1.1.5. Magnitudes Limitadoras

Las magnitudes limitadoras son empleadas para establecer límites con valores máximos establecidos en base a análisis con el objetivo de proteger a los seres humanos que están propensos a los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes. Estas magnitudes son valores medios, promediados sobre una masa extensa, como puede ser un órgano o un tejido humano que sirve de referencia para establecer dichos límites. (CSN, 2009)

1.1.6. Magnitudes Operacionales

Es un grupo de magnitudes capaces de proporcionar en la práctica una aproximación razonable (o una sobreestimación) de las magnitudes limitadoras. Estas magnitudes medibles se definen a partir de la dosis equivalente en un punto del cuerpo humano o de un maniquí para tener un reflejo bastante fiel de lo que se persigue en la práctica de la vigilancia individual (dosimetría personal), y su relación con las magnitudes limitadoras puede calcularse para condiciones de irradiación determinadas. Las magnitudes operacionales recomendadas fueron introducidas por la Comisión Internacional de Unidades y Medidas de la Radiación (ICRU) en 1985 para diferentes aplicaciones de dosimetría personal y ambiental. Para la vigilancia individual personal se recomienda el uso del **equivalente de dosis personal, $H_p(d)$** . (Brosed, 2011)

1.1.6.1. Equivalente de dosis personal, $H_p(d)$

Es el equivalente de dosis en tejido blando, por debajo de un punto especificado del cuerpo y a una profundidad apropiada, d . Su unidad en el sistema internacional es el $J\ kg^{-1}$ y su nombre especial es el Sievert (Sv). Cualquier expresión del equivalente de dosis personal debe incluir una especificación de la profundidad de referencia, d y para simplificar la notación, d debe expresarse en *mm*. También en este caso, para radiación fuertemente penetrante, se recomienda una profundidad de 10mm, y para la débilmente penetrante se emplean 0,07 mm para la piel. $H_p(d)$ se puede medir con un detector que se lleva en la superficie del cuerpo cubierto con un espesor apropiado de material equivalente a tejido. La calibración del dosímetro se realiza generalmente en condiciones simplificadas sobre un maniquí apropiado. (Brosed, 2011)

1.2. Sistema de Protección Radiológica

1.2.1. Exposición Ocupacional

Se la define por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) como toda exposición a radiaciones de los trabajadores ocurrida como resultado de su labor, por ello, deben estar sujetos a un régimen de Protección Radiológica. Se considera como trabajador a toda persona empleada, ya sea a tiempo completo, a tiempo parcial, o transitoriamente por un empleador, el mismo que tiene derechos y deberes con respecto a la Protección Radiológica. Quienes ejercen en profesiones del área médica que involucran el uso de radiación son trabajadores ocupacionalmente expuestos. (ICRP(103), 2007)

1.2.2. Principio de Optimización de la Protección

Es uno de los tres principios fundamentales de la Protección Radiológica que está relacionado con la fuente y se aplica a todas las situaciones de exposición.

“La probabilidad de recibir exposiciones, el número de personas expuestas, y la magnitud de las dosis individuales deberían mantenerse tan bajas como sea razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.” (ICRP(103), 2007)

Para lograr un mejor nivel de protección radiológica se utiliza un proceso iterativo continuo de la optimización que involucra:

- Evaluación de la situación de exposición, incluida la potencial.
- Selección de valores apropiados de restricciones de dosis y niveles de referencia.
- Identificación de las opciones de protección.
- Selección de la mejor opción en circunstancias prevalecientes.
- Implementación de la opción seleccionada.

Con el pasar de los años se ha visto que los procesos de optimización han potenciado la Protección Radiológica en las distintas prácticas que emplean radiación ionizante. Por ejemplo, las restricciones de dosis proveen un límite superior deseado para el proceso de optimización de la protección del personal en lo referente a su exposición planificada. (ICRP(103), 2007)

Principio 5. – Optimización de la Protección.

La protección debe optimizarse para proporcionar el nivel de seguridad más razonablemente posible alcanzar. (OIEA (GSR Parte 3), 2011)

En la exposición a los trabajadores, la optimización de la protección y seguridad es un proceso encargado de asegurar que la magnitud, la probabilidad de las exposiciones y el número de personas expuestas sean tan bajos como sean posibles de alcanzar, tomando en cuenta factores económicos, sociales y ambientales. La optimización es un proceso prospectivo e iterativo que exige la adopción de criterios cualitativos y cuantitativos. (OIEA (GSR Parte 3), 2011)

Requisito 11. Optimización de la Protección y Seguridad: “*El gobierno o el órgano regulador establecerá y exigirá el cumplimiento de los requisitos relativos a la optimización de la protección y seguridad, y los titulares registrados y titulares de las licencias velarán por la optimización de la protección y la seguridad.*”

El órgano regulador establece procesos para la aprobación de restricciones de dosis que ayudan a determinar medidas en relación a las circunstancias imperantes y establecer criterios de juicio para la optimización de la protección; para el caso de las exposiciones del POE, el responsable de establecer y utilizar restricciones de dosis pertinentes aplicadas a dosis individuales son los titulares registrados y los titulares de licencias quienes definen la gama de opciones de optimización de la protección y seguridad.

Requisito 19. Responsabilidades del órgano regulador relacionadas específicamente con la exposición ocupacional: “*El gobierno o el órgano regulador establecerá y hará cumplir los requisitos para asegurar la optimización de la protección y la seguridad, y el órgano regulador hará cumplir los límites de dosis para la exposición ocupacional.*”

La optimización de la protección implica procesos que determinen niveles de protección y seguridad con valores tan bajos como sea posible ya sea en magnitud de dosis individuales, número de personas expuestas (trabajadores) sometidos a exposiciones y la probabilidad de exposición, basándose en factores económicos y sociales pertinentes. (OIEA (GSR Parte 3), 2011)

1.2.3. Dosimetría Personal

La dosimetría personal se define como la estimación de dosis equivalente, profunda y superficial que recibe un trabajador que está expuesto a radiaciones ionizantes, estos valores de dosis se obtienen mediante la lectura de un dosímetro que porta la persona durante toda su jornada de trabajo. El servicio de lecturas de los dosímetros debe ser periódico, también estos dosímetros deben estar claramente etiquetados con los datos del usuario, como con el código de barras único que permite la trazabilidad del mismo.

Los tipos de dosímetros individuales o personales se clasifican según su colocación, y pueden ser:

- Dosímetros para estimar dosis a cuerpo entero, Hp (10)
- Dosímetros para estimar dosis de extremidades, Hp (0.07)
- Dosímetros específicos para medición en zonas especiales (Edirfarm, 2018)

1.2.4. Límites de dosis

A los límites de dosis según el GSR parte 3, se los define de la siguiente manera:

“Valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos en situaciones de exposición planificadas que no se debe rebasar.”

Los límites de dosis son sólo aplicables a situaciones de exposición planificada, con excepción de la exposición médica de pacientes. Los coeficientes de detrimento nominal tanto para trabajadores como para el público en general, aunque numéricamente algo más bajos, son consistentes con los suministrados en 1990.

“El gobierno o el órgano regulador establecerá los límites de dosis para la exposición ocupacional y la exposición del público, y los titulares registrados y los titulares de licencias aplicarán esos límites.” (OIEA (GSR Parte 3), 2011)

Según el Reglamento de Seguridad Radiológica del Ecuador, los límites de dosis es la dosis máxima permitida para el POE. Además, menciona que no se podrán usar fuentes de radiación que den lugar a recibir una dosis de radiación en exceso de los límites especificados a continuación:

a) Para irradiación externa

Tabla 1-1: Límites de Dosis impuestos por el Reglamento de Seguridad Radiológica de 1979, vigente en el Ecuador.

ÓRGANO	DOSIS MÁXIMA PERMITIDA	
Cuerpo Entero, gónadas, médula ósea	5 rem/año	3 rem/trimestre
Hueso, piel de todo el cuerpo, tiroides	30 rem/año	15 rem/trimestre
Manos, antebrazos, pies, tobillos	75 rem/año	40 rem/trimestre
Todos los otros órganos	15 rem/año	8 rem/trimestre

Fuente: Reglamento de Seguridad Radiológica del Ecuador, (CEEA, 1979)

Realizado por: Maritza López, 2019.

A excepción de esta tabla el personal en edad reproductiva, quién no puede recibir más de 1,25 rem/trimestre, y la mujer en estado de gravidez, quien no podrá recibir más de 1 rem durante el período de embarazo. (CEEA, 1979)

Debido a que los límites de dosis propuestos en el Reglamento de Seguridad Radiológica del Ecuador son relativamente altos (basado en la experiencia), se toma como base fundamental los límites recomendados en las publicaciones N° 60 y 103 del ICRP, ya que estos ofrecen valores más óptimos para la protección del POE.

Los límites de dosis recomendados por Organismos Internacionales radican en el ICRP 103 que es la actualización del ICRP 60, en donde la Comisión considera que los límites de dosis establecidos en la Publicación 60 continúan proporcionando un nivel adecuado de protección (ICRP, 1991b); los mismos que se muestran a continuación:

Tabla 2-1: Límites de Dosis recomendados por el ICRP 103, en situaciones de exposición planificadas.

Tipo de límite	Ocupacional	Público
Dosis Efectiva	20 mSv por año promediada en periodos definidos de 5 años.	1 mSv en un año
Dosis equivalente anual en:		
Cristalino	150 mSv	15 mSv
Piel	500 mSv	50 mSv
Manos y Pies	500 mSv	---

Fuente: (ICRP(103), 2007)

Realizado por: Maritza López, 2019.

Para la exposición del personal ocupacional en situaciones de exposición planificada, la Comisión continúa recomendando que el límite debería expresarse como una dosis efectiva de 20 mSv por año, promediada en períodos definidos de 5 años (100 mSv en 5 años), con la condición adicional de que la dosis efectiva no debería exceder 50 mSv en cualquier año. En los últimos años, la ICRP incluso ha recomendado que el límite de dosis equivalente anual para cristalino disminuya de 150 mSv a 20 mSv anuales, debido a los casos de cataratas que fueron encontrados en la actualidad en profesionales médicos expuestos a radiaciones ionizantes.

1.2.5. Niveles de Referencia (Niveles de Investigación)

En una situación de exposición de emergencia o una situación de exposición existente, nivel de dosis, riesgo o concentración de la actividad por encima del cual no es apropiado hacer planes para permitir que se produzcan exposiciones y por debajo del cual se seguiría aplicando el principio de optimización de la protección y la seguridad. (OIEA (GSR Parte 3), 2011)

Los niveles de referencia representan el nivel de dosis o de riesgo por encima del cual se considera inadecuado aceptar que se produzcan exposiciones, en donde debería planificarse y optimizarse acciones protectoras en situaciones de exposición de emergencia o existente. Las restricciones de dosis y niveles de referencia para exposiciones planificadas y los niveles de referencia en situaciones de exposición existentes se expresan convencionalmente como una dosis efectiva anual (mSv por año). (ICRP(103), 2007)

Los Niveles de Referencia se utilizan para optimizar la protección y seguridad en situaciones de exposición de emergencia y en situaciones de exposición existente. Esos niveles son establecidos o aprobados por el gobierno, el órgano regulador u otra autoridad competente. En los casos de exposición ocupacional y exposición del público en situaciones de exposición de emergencia y de exposición existente, el nivel de referencia sirve de condición límite para definir la gama de opciones existentes para los fines de optimización en la aplicación de medidas protectoras. El nivel de referencia representa el nivel de dosis o el nivel de riesgo por encima del cual se considera inadecuado hacer planes para permitir que esas exposiciones se den, y por debajo del cual se aplica la optimización de la protección y la seguridad. El valor seleccionado como nivel de referencia dependerá de las circunstancias existentes de las exposiciones objeto de examen. Las estrategias de protección optimizadas tienen por objeto mantener las dosis por debajo del nivel de referencia. Cuando se plantea una situación de exposición de emergencia o se ha identificado una situación de exposición existente, las exposiciones reales podrían ser superiores o inferiores al nivel de referencia, que se utilizaría como parámetro de referencia para juzgar si se precisan más medidas protectoras y, de ser así, para establecer prioridades en su aplicación. La optimización debe aplicarse en situaciones de exposición de emergencia y en situaciones de exposición existentes, aun cuando las dosis inicialmente recibidas estén por debajo del nivel de referencia. (OIEA (GSR Parte 3), 2011)

Con respecto a todo lo expuesto, ha sido definido un término que conceptualiza los niveles de referencia para el POE que sirve como parámetro de referencia a fin de realizar una investigación para tomar medidas protectoras necesarias, este término es conocido como Nivel de investigación que se define de la siguiente manera.

Nivel de Investigación: *Valor de una magnitud tal como la dosis efectiva, la incorporación o la contaminación por unidad de área o de volumen, al alcanzarse o rebasarse el cual se realizarían una investigación. (OIEA (GSR Parte 3), 2011)*

1.2.6. Niveles de Referencia Diagnostica

Para poder diferenciar entre valores o niveles de referencia del POE y el público con valores asociados a exposición médica (pacientes) se genera el término de Nivel de Referencia Diagnóstica que se define así:

“Nivel utilizado en la imagenología médica para indicar si, en condiciones rutinarias, la dosis que recibe el paciente o la cantidad de radiofármacos administrados en un procedimiento radiológico especificado es excepcionalmente alta o excepcionalmente baja para ese procedimiento.” (ICRP(103), 2007)

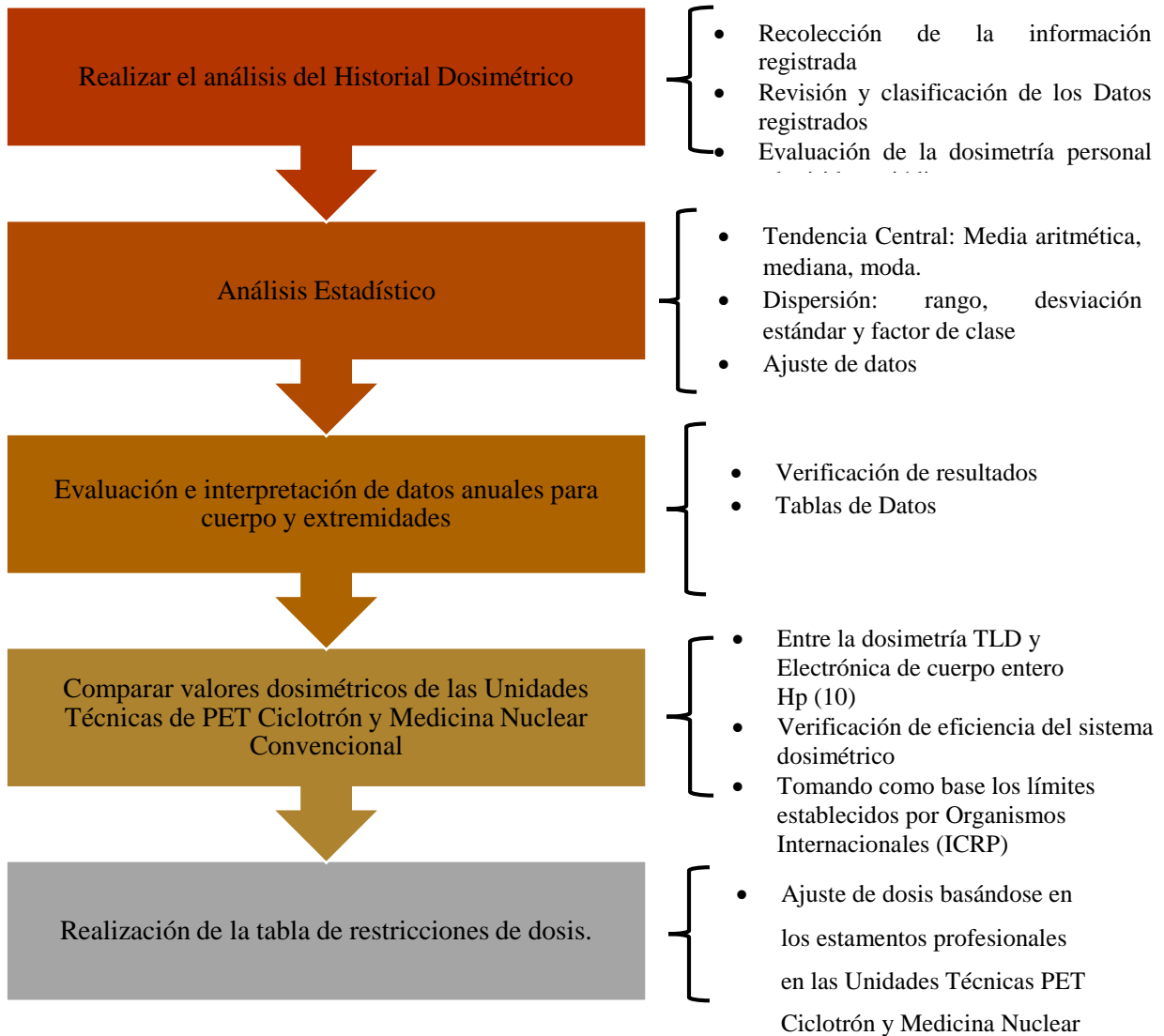
1.2.7. Restricciones de Dosis

Se emplean básicamente para la optimización de la protección y la seguridad radiológica, donde las exposiciones se realizan de manera controlada, lo que conlleva a restringir las dosis individuales. Por ello, es necesario que exista un nivel de dosis individual definido como restricción de dosis. La intención es no exceder estos niveles o permanecer por debajo de estos para reducir todas las dosis a niveles tan bajo como sea razonablemente alcanzable o posible (Criterio ALARA), teniendo en cuenta factores económicos y sociales. El término restricción de dosis se utiliza para niveles de dosis en situaciones de exposición planificadas con excepción de la exposición médica de pacientes. Las restricciones de dosis se fijan específicamente para cada fuente sometida a control y sirven como condiciones límites con fines de optimización, sobrepasar estas restricciones puede dar lugar a un seguimiento de investigación, pero no implica incumplimiento de los requisitos reglamentarios debido a que no son límites de dosis. (OIEA (GSR Parte 3), 2011)

“Una restricción anticipada y relacionada a la fuente en la dosis individual debida a una fuente, que proporciona un nivel básico de protección para los individuos más expuestos a una fuente, y sirve como límite superior de la dosis en la optimización de la protección para esa fuente. Para las exposiciones ocupacionales, la restricción de dosis es un valor de la dosis individual usado para limitar la gama de opciones consideradas en el curso de la optimización. Para la exposición pública, la restricción de dosis es el límite superior en las dosis anuales que los miembros del público deberían recibir de la operación planificada de cualquier fuente controlada.” (ICRP(103), 2007)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO



2.1. Tipo de Investigación

En el presente trabajo es una investigación de tipo descriptiva debido a que se va a detallar los valores de dosis recibidas por el POE con una frecuencia bimensual y anual, además es retrospectiva ya que los valores de dosis del historial (registro) dosimétrico son tomados en tiempo pasado, y de carácter transversal porque los datos son adquiridos a lo largo de un periodo de tiempo, en este caso en el transcurso de 5 años consecutivos, desde el año 2014 hasta el 2018.

2.2. Población de Estudio

Para el presente estudio realizado en la Ciudad de Quito, se toma como población al POE de las Unidades Técnicas de PET Ciclotrón y Medicina Nuclear Convencional del Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín.

Unidad PET/CT Ciclotrón

- ❖ Área de Diagnóstico:
 - Licenciados en Radiología
 - Médicos Radiólogos
 - Oficial de Seguridad Radiológica
 - Enfermeras
- ❖ Área de Producción de Radiofármacos:
 - ✓ Ciclotrón
 - Oficial de Seguridad Radiológica
 - Operador del Ciclotrón
 - ✓ Radiofarmacia
 - Químicos Farmacéuticos

Unidad de Medicina Nuclear

- ❖ Tratamiento
 - Médicos Nucleares
 - Oficial de Seguridad Radiológica
- ❖ Diagnóstico
 - Licenciados en Radiología

Se utilizan los valores de dosis de cada POE del año 2014 hasta el 2018, obtenidas mediante dosimetría electrónica de cuerpo entero Hp (10) y dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10) y TLD de extremidades Hp (0,07).

2.3. Materiales y Métodos

2.3.1. Materiales

- Historial o registro dosimétrico
- Factores de Calibración
- Base de Datos
 - Original
 - Primaria
 - De Trabajo
- Originlab

2.3.2. Métodos

Para el análisis se utilizará la estadística descriptiva que permite utilizar técnicas las cuales sirven para organizar y sintetizar los datos del Historial Dosimétrico, en el cual constan lecturas bimensuales de dosis recibidas por el POE, acumulación de dosis anual y periodicidad de las lecturas, para interpretarlos y posteriormente obtener resultados. (Guitart, 2017)

Después del análisis estadístico descriptivo, con los resultados finales obtenidos se procede a estandarizar las restricciones de dosis locales del PET Ciclotrón y Medicina Nuclear, basadas en los valores de dosis del POE y su respectivo estamento profesional, ya que de esta manera se busca optimizar al máximo la Seguridad y Protección radiológica.

2.4. Diseño y Experimentación

Para diseñar la base de datos de manera que se pueda manipular los valores para una mejor comprensión de los mismos, se realizó lo siguiente:

- Se clasificó los registros de la dosimetría electrónica de cada POE, verificando la suma diaria y del mes respectivamente, además comprobando la multiplicación con el respectivo factor de calibración dependiendo del dosímetro utilizado.
- Se clasificó la dosimetría TLD de cuerpo entero y extremidades, comprobando el periodo de lectura, el código del dosímetro y el valor de dosis de cada POE.
- Se transcribió los valores de dosis de cada registro en físico a una hoja de Excel obteniendo así registros en digital de la dosimetría electrónica Hp (10), TLD Hp (10) y TLD Hp (0,07).
- Una vez teniendo los registros digitales se clasifica el POE con valores de dosis significativos en cada año para el posterior análisis estadístico.
- Se tabularon los datos de cada POE con su respectivo estamento profesional y año, además se colocó los datos en una sola unidad representativa, que es el mSv.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa denominado OriginLab, en donde seguí el siguiente procedimiento:

- Ingresé los datos de cada estamento profesional por año en el cuadro

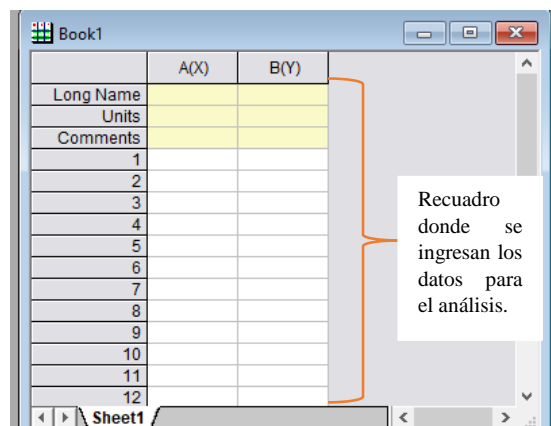


Figura 1-2: Cuadro de ingreso de datos en el OriginLab

Realizado por: López Maritza, 2019

- Después señalé el cuadro donde están todos los datos.

	A(X)	B(Y)
Long Name		Dosis
Units		mSv
Comments		
1		0,725
2		0,47
3		0,375
4		0,29
5		0,995
6		0,293
7		0,5367
8		0,686
9		0,635
10		0,315
11		0,382
12		0,525
13		0,2925
14		0,215
15		0,547
16		0,467
17		0,78
18		0,72
19		0,788

Al momento de señalar los datos el recuadro se pone de color azul.

Figura 2-2: Cuadro de tabulación de Datos para la señalización de datos.

Realizado por: López Maritza, 2019

- Luego señalo donde dice: *Statistics->Descriptive Statistics->Statistic on Columns->1<Last used>*.

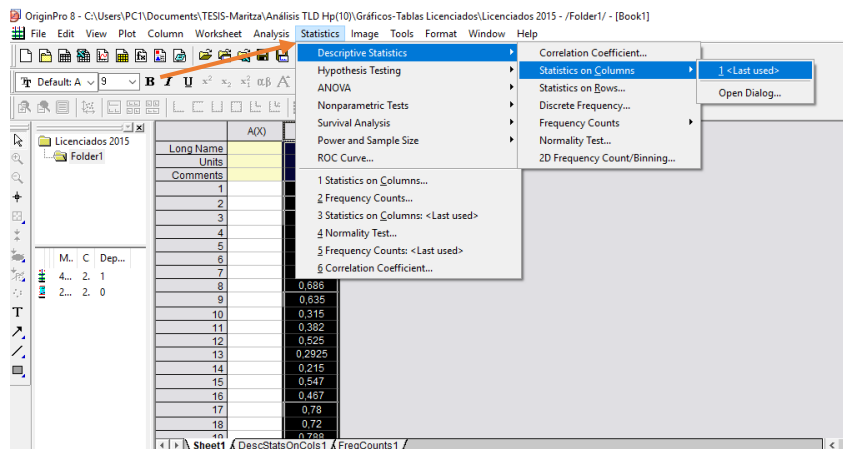


Figura 3-2: Cuadro de muestra para el análisis estadístico en el OriginLab

Realizado por: López Maritza, 2019

- Después aparece la ventana que me permite ver una tabla que contiene el número total de datos (N), el promedio, la desviación estándar, la suma de todos los valores, el valor mínimo, la mediana y el valor máximo dentro del conjunto de datos que representaba cada año específico con su respectivo estamento profesional.

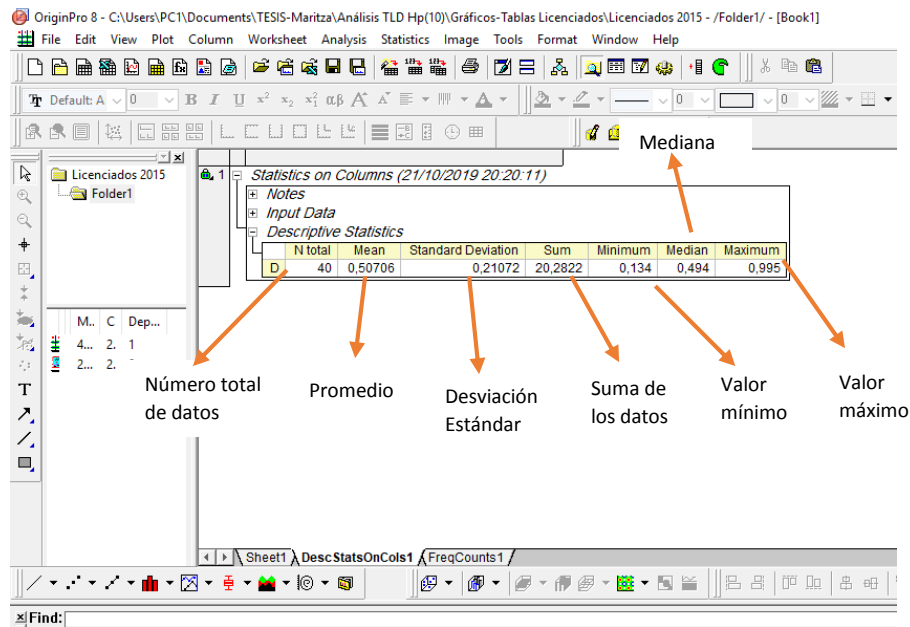


Figura 4-2: Estadística descriptiva que muestra los valores de: número total de datos, promedio, desviación estándar, suma, valor mínimo y máximo

Realizado por: López Maritza, 2019

- Para obtener la tabla de frecuencia se señala los datos y se da clic en: *Statistics->Descriptive Statistics->Frequency counts->1<Open Dialog...>*.

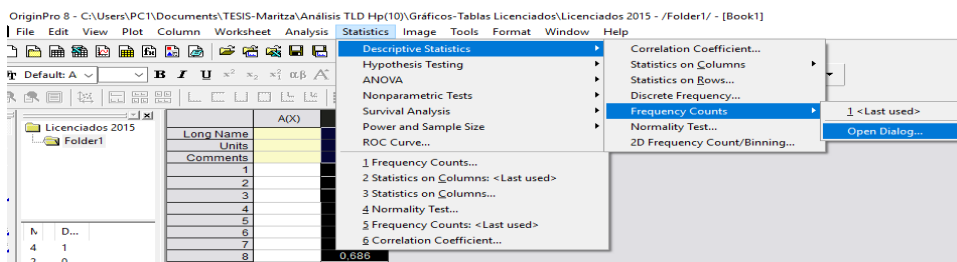


Figura 5-2: Ventana explicativa, paso a paso para la generación de tabla de frecuencias durante el análisis estadístico

Realizado por: López Maritza, 2019

- Entonces aparecerá una ventana en donde se puede ingresar el rango en el que se generará la tabla de frecuencias con su respectivo intervalo y la amplitud del mismo.

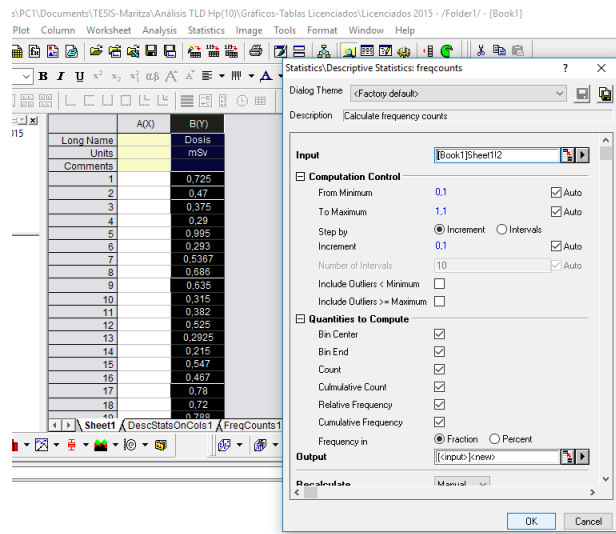


Figura 6-2: Ventana para personalizar valores

Realizado por: López Maritza, 2019

- Finalmente se da clic en **OK** y aparece la ventana con la respectiva tabla de frecuencias.

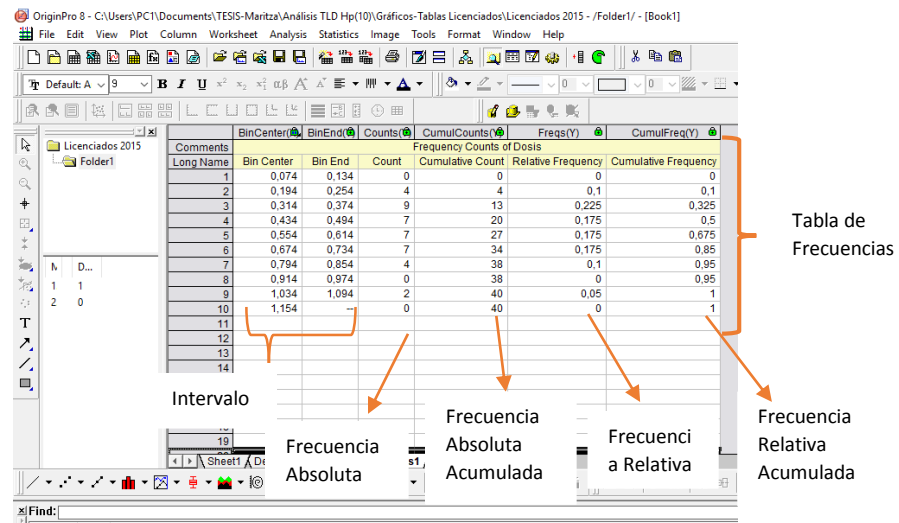


Figura 7-2: Tabla de Frecuencias generada en el OriginLab

Realizado por: López Maritza, 2019

- Una vez realizado el análisis estadístico del conjunto de datos, se procede a realizar una tabla sintetizada con todos los valores obtenidos, de cada estamento profesional.

Estamento	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
Año									
2014									
2015									
2016									
2017									
2018									

Figura 8-2: Representación gráfica de la Tabla sintetizada con los valores necesarios para la generación de restricciones de dosis.

Realizado por: López Maritza, 2019

2.5. Procedimiento Experimental

Para la generación de las restricciones de dosis, depende de los valores de dosis obtenidos de cada estamento profesional al que pertenece el POE.

Una vez obtenidas el promedio, el valor mínimo, la mediana, el valor máximo, y la moda, se procede a obtener las restricciones de dosis de manera bimensual, de la siguiente manera:

- Si la moda coincide con el promedio, pero no coincide con la mediana ni el valor máximo, la restricción de dosis es el promedio
- Si la moda coincide con la mediana, pero no coincide con el promedio ni con el valor máximo, la restricción de dosis es la mediana
- Si la moda coincide con el valor máximo, pero no coincide con el promedio ni la mediana, la restricción de dosis es el valor máximo
- Si la moda no coincide ni con el promedio, ni la mediana ni tampoco el valor máximo, la restricción de dosis es el valor superior del intervalo de la moda
- Si la moda coincide con el promedio y la mediana, pero no coincide con el valor máximo, la restricción de dosis es el valor más alto entre la moda, el promedio y la mediana
- Si la moda coincide con la mediana y el valor máximo, pero no con el promedio, la restricción de dosis es el valor más alto entre la moda, la mediana y el valor máximo

Tabla 3-2: Metodología para establecer las restricciones de Dosis.

Intervalo	Promedio	Mediana	Valor máximo	Restricción de Dosis
X	X	--	--	✓ (Promedio)
X	--	X	--	✓ (Mediana)
X	--	--	X	✓ (Valor máximo)
X	--	--	--	✓ (Valor superior del intervalo)
X	X	X	--	✓ (Valor superior entre el promedio, la mediana y el valor superior del intervalo)
X	--	X	X	✓ (Valor superior entre la mediana, el valor máximo y el valor superior del intervalo)

Fuente: Maritza López y Biof. Franklin Urquiza, 2019

Realizado por: Maritza López, 2019

Los valores son ajustados a un valor representativo que más se acerque a la realidad para que permitan un nivel de tolerancia adecuado que sea aplicable a la práctica de cada estamento profesional del POE.

CAPITULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Procedimiento

Para el análisis de datos del presente trabajo se realiza la tabulación en Excel de los registros dosimétricos desde el año 2014 hasta el 2018, consiguiendo, así como primer borrador la **Base de Datos Original** contiene la transcripción en crudo de los valores de dosis del historial de dosimetría (registro dosimétrico) de cada POE proporcionados en físico, en donde consta el tipo de dosimetría, año, periodo de lectura, nombre del personal, código de dosímetro, y algunos valores de dosis anual, además un resumen para cada dosimetría que contiene todos los valores dosimétricos separados por estamentos profesionales, nombre del personal, mes de lectura, y año, solo en el caso de dosimetría electrónica contiene un factor de calibración respectivo de cada dosímetro; como segundo borrador se obtiene la **Base de Datos Primaria** en donde constan los resúmenes de la dosimetría electrónica, TLD de cuerpo entero, y Extremidades, además se visualizan los meses en donde no se registraron valores dosimétricos en TLD con unidades en mSv y electrónica con unidad de μSv y meses en donde se separan los valores por diferentes códigos dosimétricos y por ende en el caso de dosimetría electrónica con diferente factor de calibración y los valores que no tienen factor de calibración vigente; por último se tiene la **Base de Datos de Trabajo** que es con la cual se realiza el análisis, la cual contiene tres libros, cada uno con Dosimetría Electrónica Hp (10), Dosimetría TLD de Cuerpo Entero Hp (10), y Dosimetría TLD de Extremidades Hp (0,07) con su respectiva unidad, estamento profesional, año y periodo de lectura, omitiendo la identidad del personal por razones de confidencialidad.

3.2. Técnicas de análisis (Técnicas que dan lugar al método)

Para el análisis estadístico se utilizará los siguientes parámetros:

3.2.1. Tendencia Central: Medidas estadísticas de centralización de un número situados hacia el centro de las distribuciones de un conjunto de datos.

- MEDIA ARITMÉTICA (Promedio): Utilizado para variables cuantitativas, es el valor promedio de un conjunto de datos, además es independiente de las amplitudes de los intervalos.
- MEDIANA: Valor de la variable de posición central de un conjunto de datos.
- MODA: Es el valor con más frecuencia en las distribuciones del conjunto de datos

3.2.2. *Dispersión:* Medidas que muestran variabilidad en una distribución de datos, mientras más alta sean las medidas, mayor es la dispersión o variabilidad.

- RANGO: Muestra la distribución de los valores de una serie, es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo, y si el rango es muy alto entonces los valores están bastante distribuidos.
- DESVIACIÓN ESTÁNDAR: Muestra el grado de dispersión o variabilidad en un conjunto de datos.
- FACTOR DE CLASE: Muestra la amplitud que hay entre los valores de un intervalo.
- Ajustes de datos, dependiendo de la tendencia, se utilizará una función para poder ajustar los valores y poder señalar su comportamiento. (Medwave, 2011)

3.3. Análisis de Datos

Para obtener valores indispensables para la tabla de frecuencia, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

3.3.1. Ecuaciones:

$$N \rightarrow \text{Número total de datos}$$

$$\text{Rango} \rightarrow R = \text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}$$

$$\text{Número de Intervalos} \rightarrow K = (1 + (3,322 * (\text{LOG}(L15))))$$

$$\text{Factor de clase} = \frac{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}}{\text{Número de Intervalos}}$$

3.3.2. Tablas de la Unidad Técnica de PET CICLOTRÓN

Tabla 4-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	0,64	0,06	0,11	18	0,38	0,21	6,89	0,5	0,06-0,17
2015	0,995	0,134	0,12	40	0,51	0,21	20,28	0,49	0,25-0,37
2016	1,29	0,162	0,19	28	0,58	0,29	16,21	0,61	0,16-0,35
2017	0,525	0,129	0,08	17	0,31	0,13	5,21	0,31	0,29-0,37
2018	0,48	0,20	0,06	18	0,34	0,08	6,19	0,35	0,32-0,38

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 5-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	44,386	0,255	7,36	40	6,21	8,14	248,40	4,4	0,26-7,62
2015	42,7	0,235	7,08	38	9,14	9,62	347,19	5,84	0,24-7,32
2016	58,355	0,1505	9,70	29	11,30	15,13	327,74	6,48	0,15-9,85
2017	57,27	0,257	11,4	19	10,40	15,30	197,60	4,45	0,26-11,66
2018	9,1	1,37	1,55	18	4,96	2,37	89,19	5,03	6,02-7,57

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 6-3: Análisis de la Dosimetría Electrónica Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	0,556	0,118	0,11	6	0,27	0,15	1,60	0,23	0,12-0,23
2015	0,55	0,118	0,09	14	0,29	0,16	4,12	0,29	0,12-0,21
2016	0,377	0,009	0,06	12	0,20	0,13	2,44	0,26	0,25-0,31
2017	0,359	0,029	0,07	16	0,16	0,09	2,48	0,16	0,31-0,38
2018	0,332	0,035	0,06	16	0,18	0,08	2,95	0,20	0,16-0,22

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 7-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Químicos Farmacéuticos.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	0,35	0,18	0,06	5	0,29	0,08	1,43	0,32	0,30-0,36
2015	0,65	0,08	0,14	10	0,29	0,15	2,86	0,27	0,22-0,36
2016	0,37	0,08	0,06	14	0,24	0,06	3,29	0,24	0,21-0,27
2017	0,36	0,12	0,05	13	0,22	0,06	2,89	0,22	0,22-0,27
2018	0,25	0,14	0,02	18	0,19	0,02	3,44	0,19	0,16-0,18

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 8-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Químicos Farmacéuticos.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	3,145	0,5	0,88	5	1,58	1,43	7,89	0,60	0,5-1,38
2015	6,06	0,622	1,36	7	2,19	2,11	15,35	1,18	0,62-1,99
2016	4,26	0,38	0,78	14	1,87	1,17	26,17	1,64	1,16-1,94
2017	4,63	0,264	0,87	12	2,03	1,44	24,33	2,28	0,26-1,13
2018	2,83	0,433	0,48	18	1,26	0,72	22,62	1,08	0,43-0,91

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 9-3: Análisis de la Dosimetría Electrónica Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Químicos Farmacéuticos.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	0,99	0,142	0,21	7	0,44	0,36	3,08	0,18	0,14-0,35
2015	0,95	0,121	0,17	12	0,37	0,25	4,49	0,39	0,12-0,29
2016	0,169	0,005	0,03	12	0,06	0,048	0,76	0,05	0,01-0,04
2017	0,234	0,005	0,05	13	0,08	0,06	1,07	0,06	0,01-0,06
2018	0,133	0,004	0,03	17	0,06	0,03	0,93	0,05	0,03-0,06

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 10-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	No se registran valores de lecturas de este año.								
2015	0,574	0,13	0,09	12	0,28	0,16	3,41	0,23	0,13-0,22
2016	1,76	0,194	0,31	15	0,40	0,39	5,93	0,26	0,19-0,50
2017	0,35	0,124	0,05	12	0,22	0,06	2,68	0,22	0,22-0,27
2018	0,251	0,17	0,02	11	0,21	0,02	2,25	0,20	0,19-0,21

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 11-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	No se registran valores de lecturas de este año.								
2015	3,735	1,99	0,58	3	2,97	0,89	8,90	3,18	3,73-4,31
2016	6,3	0,39	1,18	16	1,88	1,86	30,3	1,06	0,39-1,57
2017	6,87	0,253	1,32	12	2,34	2,26	28,07	1,15	0,25-1,57
2018	1,64	0,358	0,32	11	0,79	0,44	8,70	0,67	0,36-0,68

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 12-3: Análisis de la Dosimetría Electrónica Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	No se registran valores de lecturas de este año.								
2015	0,37	0,183	0,06	5	0,25	0,07	1,22	0,22	0,18-0,24
2016	0,102	0,004	0,02	9	0,04	0,03	0,38	0,04	0,004-0,024
2017	0,086	0,019	0,01	12	0,04	0,01	0,48	0,04	0,02-0,03
2018	0,131	0,002	0,03	12	0,05	0,04	0,57	0,04	0,002-0,032

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 13-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 del Operador del CICLOTRON.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	No se registran valores de lecturas de este año.								
2015	0,324	0,324	NOTA: No se puede realizar la estadística correspondiente debido a que en este año se cuenta con dos valores iguales con los cuáles no se puede determinar factor de clase, por consecuente no se puede obtener datos resultantes.						
2016	0,362	0,19	0,04	6	0,25	0,07	1,50	0,21	0,19-0,23
2017	0,223	0,16	0,02	6	0,18	0,02	1,10	0,18	0,18-0,2
2018	No se registran valores de lecturas de este año.								

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 14-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 del Operador del CICLOTRON.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	10,16	0,955	3,07	3	5,72	4,61	17,15	6,03	7,10-10,17
2015	No se registran valores de lecturas de estos años.								
2016									
2017	2,38	0,25	0,53	6	0,65	0,85	3,88	0,30	0,25-0,78
2018	No se registran valores de lecturas de este año.								

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 15-3: Análisis de la Dosimetría Electrónica Hp (10) desde el año 2014-2018 del Operador del CICLOTRON.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	0,928	0,213	0,36	2	0,57	0,51	1,14	0,57	0,57-0,93
2015	0,9	0,12	0,2	6	0,44	0,30	2,64	0,34	0,12-0,32
2016	0,049	0,015	0,02	2	0,03	0,02	0,06	0,03	0,04-0,06
2017	0,024	0,0087	0,01	4	0,02	0,01	0,06	0,02	0,02-0,03
2018	0,034	0,003	0,01	6	0,02	0,01	0,10	0,02	0,003-0,013

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 16-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Médicos Radiólogos.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	0,24	0,11	0,03	7	0,19	0,04	1,29	0,18	0,2-0,23
2015	0,419	0,08	0,07	16	0,20	0,09	3,20	0,19	0,15-0,22
2016	0,216	0,165	0,01	13	0,19	0,01	2,53	0,20	0,20-0,21
2017	0,254	0,118	0,03	13	0,19	0,04	2,41	0,18	0,18-0,21
2018	0,304	0,136	0,03	21	0,18	0,03	3,70	0,17	0,14-0,17

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 17-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de las Enfermeras.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	No se registran valores de lecturas en estos años.								
2015									
2016									
2017	0,246	0,13	0,04	5	0,19	0,04	0,93	0,19	0,17-0,21
2018	0,217	0,175	0,01	5	0,19	0,01	0,94	0,18	0,18-0,19

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

3.3.3. Tablas de la Unidad de Medicina Nuclear Convencional

Tabla 18-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	1,139	0,155	0,16	25	0,61	0,26	15,18	0,65	0,65-0,81
2015	2,78	0,134	0,44	25	0,57	0,49	14,12	0,49	0,13-0,58
2016	1,29	0,162	0,19	29	0,63	0,26	18,11	0,62	0,35-0,54
2017	1,25	0,148	0,18	30	0,64	0,28	19,28	0,65	0,50-0,68
2018	1,09	0,249	0,14	33	0,49	0,22	16,28	0,41	0,25-0,39

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 19-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Licenciados en Radiología.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	44,38	0,42	8,79	22	6,95	10,50	152,78	3,57	0,42-9,21
2015	56,44	0,235	9,37	24	10,93	12,17	262,29	6,99	0,24-9,61
2016	84,07	0,213	13,98	29	16,44	20,99	476,97	7,58	0,21-14,19
2017	87,18	0,246	14,49	29	15,40	18,54	446,48	9,15	0,25-14,74
2018	48,34	0,607	7,96	28	15,85	13,08	443,83	13,56	0,61-8,57

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 20-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Médicos Nucleares.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	0,834	0,086	0,19	9	0,28	0,23	2,56	0,17	0,09-0,28
2015	0,56	0,11	0,11	9	0,29	0,14	2,62	0,28	0,22-0,33
2016	0,269	0,099	0,03	13	0,16	0,05	2,41	0,17	0,16-0,19
2017	0,661	0,205	0,09	16	0,41	0,14	6,49	0,39	0,39-0,48
2018	0,404	0,095	0,06	20	0,25	0,09	4,99	0,29	0,28-0,34

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 21-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Médicos Nucleares.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	No hay registro de lectura de este año.								
2015	11,71	3,11	2,87	3	6,66	4,49	19,99	5,17	3,11-5,98
2016	3,31	0,664	0,66	7	1,75	1,06	12,26	1,78	0,66-1,33
2017	6,63	0,323	1,58	11	4,32	2,03	47,52	4,12	5,06-6,64
2018	7,2	0,805	2,13	4	4,75	2,80	19,005	5,5	5,07-7,20

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 22-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (10) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.

Estamento	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
Año									
2014	No hay registro de lecturas de este año.								
2015	0,48	0,338	0,07	2	0,41	0,10	0,81	0,41	0,34-0,48
2016	1,76	0,278	0,37	6	0,61	0,57	3,63	0,37	0,28-0,65
2017	1,08	0,397	0,17	6	0,61	0,25	3,68	0,52	0,40-0,57
2018	0,564	0,251	0,06	12	0,39	0,08	4,66	0,38	0,31-0,37

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 23-3: Análisis de la Dosimetría TLD Hp (0,07) desde el año 2014-2018 de los Oficiales de Seguridad Radiológica.

Año	Valor máximo	Valor mínimo	Factor de Clase	Número total de datos	Promedio (Media)	Desviación Estándar	Suma	Mediana	Moda (por intervalos)
2014	No hay registros de lecturas de este año.								
2015	Solo existe un valor de lectura, no se puede realizar estadística del mismo.								
2016	6,3	1,66	1,16	6	3,27	1,66	19,6	2,83	2,82-3,98
2017	6,11	0,446	1,89	4	3,69	2,36	14,75	4,1	4,22-6,11
2018	4,15	0,385	0,94	8	1,96	1,07	15,66	1,10	1,33-2,27

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

NOTA: La dosimetría electrónica fue implementada en junio 2018 por lo que la estadística no es representativa.

3.4. RESULTADOS

3.4.1. Unidad Técnica de PET CICLOTRÓN

---: Sin valores en el año. **SE:** Sin estadística

Tabla 24-3: Restricciones de Dosis locales bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10)

AÑO	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)					
	Licenciados	Químicos	Médicos	OSR	Operador	Enfermeras
2014	0,4	0,4	0,2	---	---	---
2015	0,5	0,4	0,2	0,3	SE	---
2016	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3	---
2017	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2
2018	0,4	0,3	0,2	0,3	---	0,2

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 25-3: Restricciones de Dosis locales Bimensual y Anual de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10)

	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)					
	Licenciados	Químicos	Médicos	OSR	Operador	Enfermeras
<i>BIMENSUAL</i>	0,42 ≈ 0,4	0,34 ≈ 0,3	0,22 ≈ 0,2	0,375 ≈ 0,4	0,25 ≈ 0,3	0,2
<i>ANUAL</i>	2,5 ≈ 3	1,8 ≈ 2	1,2 ≈ 1	2,4 ≈ 2	1,8 ≈ 2	1,2 ≈ 1

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 26-3: Restricciones de Dosis local bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07)

AÑO	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)			
	Licenciados	Químicos	OSR	Operador
2014	8	2	---	10
2015	7	2	4	---
2016	10	2	2	---
2017	12	1	2	1
2018	8	1	1	---

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 27-3: Restricciones de Dosis local Bimensual y Anual de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07)

	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)			
	Licenciados	Químicos	OSR	Operador
<i>BIMENSUAL</i>	9	1,6 ≈ 2	2,25 ≈ 2	5,5 ≈ 6
<i>ANUAL</i>	54	12	12	36

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 28-3: Restricciones de Dosis local bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría Electrónica de cuerpo entero Hp (10)

AÑO	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)			
	Licenciados	Químicos	OSR	Operador
2014	0,3	0,4	---	1
2015	0,3	0,3	0,2	0,3
2016	0,4	0,1	0,04	0,1
2017	0,2	0,1	0,03	0,03
2018	0,2	0,1	0,04	0,02

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 29-3: Restricciones de Dosis local Bimensuales y Anuales de la Dosimetría Electrónica de cuerpo entero Hp (10)

	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)			
	Licenciados	Químicos	OSR	Operador
<i>BIMENSUAL</i>	0,28 ≈ 0,3	0,2	0,078 ≈ 0,1	0,29 ≈ 0,3
<i>ANUAL</i>	1,8 ≈ 2	1,2 ≈ 1	0,6 ≈ 1	1,8 ≈ 2

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 30-3: Comparación de las restricciones de dosis locales obtenidas, entre Dosimetría TLD y Electrónica de cuerpo entero Hp (10)

	ESTAMENTO PROFESIONAL				Comparación
	Licenciados	Químicos	OSR	Operador	
<p>Porcentaje (%) (Muestra el valor de la dosimetría electrónica con respecto al valor de la dosimetría TLD)</p>	66,66%	50%	50%	100%	Se obtiene que la dosimetría Electrónica representa un porcentaje del 50, 60 y 100% con respecto a la dosimetría TLD, según el estamento profesional.

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 31-3: Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10)

ESTAMENTO PROFESIONAL	Restricción de Dosis Local (mSv)	Límite de Dosis Internacionales (ICRP, OIEA) (mSv)	Porcentaje (%) (Muestra el porcentaje que ocupa la restricción de dosis local con respecto al valor del límite de dosis)	Comparación
Licenciados	3	20 mSv	15%	Se muestra que las restricciones de dosis locales representan un 5, 10 y 15% por debajo de los límites de dosis establecidos por organismo internacionales, lo que indica una muy buena optimización de la exposición del POE para Hp (10).
Químicos	2		10%	
OSR	2		10%	
Operador	2		10%	
Enfermeras	1		5%	

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 32-3: Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07)

ESTAMENTO PROFESIONAL	Restricción de Dosis Local (mSv)	Límite de Dosis Internacionales (ICRP, OIEA) (mSv)	Porcentaje (%) (Muestra el porcentaje que ocupa la restricción de dosis local del valor del límite de dosis)	Comparación
Licenciados	54	500 mSv	10,8%	Se muestra que las restricciones de dosis locales representan un 2,4%, 7,2% y 10,8% por debajo de los límites de dosis establecidos por organismo internacionales, lo que indica una muy buena optimización de la exposición del POE para Hp(0,07).
Químicos	12		2,4%	
OSR	12		2,4%	
Operador	36		7,2%	

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 33-3: Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de la Dosimetría Electrónica de cuerpo entero Hp (10).

ESTAMENTO PROFESIONAL	Restricción de Dosis Local (mSv)	Límite de Dosis Internacionales (ICRP, OIEA) (mSv)	Porcentaje (%) (Muestra el porcentaje que ocupa la restricción de dosis local con respecto al valor del límite de dosis)	Comparación
Licenciados	2	20 mSv	10%	Se muestra que las restricciones de dosis locales representan un 5 y 10% por debajo de los límites de dosis establecidos por organismo internacionales, lo que indica una muy buena optimización de la exposición del POE para Hp(0,07).
Químicos	1		5%	
OSR	1		5%	
Operador	2		10%	

Fuente: (PET-CICLOTRON, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

3.4.2. Unidad de Medicina Nuclear Convencional

---: Sin valores en el año.

SE: Sin estadística

Tabla 34-3: Restricciones de Dosis local bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10)

AÑO	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)		
	Licenciados	Médicos	OSR
2014	0,7	0,3	---
2015	0,6	0,3	0,6
2016	0,5	0,2	0,5
2017	0,7	0,5	0,4
2018	0,4	0,3	0,5

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 35-3: Restricciones de Dosis local Bimensual y Anual de la Dosimetría TLD de cuerpo entero Hp (10)

	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)		
	Licenciados	Médicos	OSR
<i>BIMENSUAL</i>	0,58 ≈ 0,6	0,32 ≈ 0,3	0,5
<i>ANUAL</i>	3,6 ≈ 4	1,8 ≈ 2	3

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 36-3: Restricciones de Dosis local bimensuales obtenidas por cada año analizado de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07)

AÑO	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)		
	Licenciados	Médicos	OSR
2014	9	5	---
2015	10	1	---
2016	14	7	3
2017	15	7	6
2018	9	5	2

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 37-3: Restricciones de Dosis local Bimensual y Anual de la Dosimetría TLD de extremidades Hp (0,07)

	ESTAMENTO PROFESIONAL – (mSv)		
	Licenciados	Médicos	OSR
<i>BIMENSUAL</i>	11,4 ≈ 11	5	3,7 ≈ 4
<i>ANUAL</i>	66	30	24

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

NOTA: La dosimetría Electrónica fue implementada en junio del 2018 en la unidad, por lo cual, la estadística no es representativa y por ende no se realiza la comparación.

Tabla 38-3: Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de la Dosimetría TLD Hp (10)

ESTAMENTO PROFESIONAL	Restricción de Dosis Local (mSv)	Límite de Dosis Internacionales (ICRP, OIEA) (mSv)	Porcentaje (%) (Muestra el porcentaje que ocupa la restricción de dosis del valor del límite de dosis)	Comparación
Licenciados	4	20 mSv	20%	Se muestra que las restricciones de dosis locales representan un 10, 15 y 20% por debajo de los límites de dosis establecidos por organismo internacionales, lo que indica una muy buena optimización de la exposición del POE para Hp(10).
Médicos	2		10%	
OSR	3		15%	

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

Tabla 39-3: Comparación de la restricción de dosis local con el límite de dosis del Organismo Internacional de Dosimetría TLD Hp (0,07)

ESTAMENTO PROFESIONAL	Restricción de Dosis Local (mSv)	Límite de Dosis Internacional (ICRP, OIEA) - (mSv)	Porcentaje (%) (Muestra el porcentaje que ocupa la restricción de dosis del valor del límite de dosis)	Comparación
Licenciados	66	500 mSv	13,2%	Las restricciones de dosis locales representan el 6%, 4,8% y 13,2% por debajo de los límites de dosis establecidos por organismos internacionales, lo que indica una muy buena optimización de la exposición del POE para Hp(0,07).
Médicos	30		6%	
OSR	24		4,8%	

Fuente: (MedicinaNuclear, 2019)

Realizado por: López Maritza, 2019.

CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis estadístico del historial dosimétrico obteniendo valores sintetizados y el factor de calibración da una aproximación óptima hacia el valor real. La estadística descriptiva ayuda a valorar el conjunto de datos anuales.
- Se comparó los resultados de las restricciones de dosis de la dosimetría TLD y electrónica de cuerpo entero Hp (10), observando que estas últimas tienen una magnitud inferior con respecto a las restricciones correspondientes a la dosimetría TLD, atribuible quizá a la diferencia en la sensibilidad de las dos clases de dosímetros y a sus características.
- Se evaluó los resultados obtenidos para seleccionar las restricciones de dosis que sean más aplicables a la práctica, para luego compararlas con los límites de dosis de los Organismos Internacionales (OIEA, ICRP), verificando así que estas restricciones representan un porcentaje conveniente por debajo de los límites en cuestión.
- Se elaboró una tabla de restricciones locales de dosis bimensuales y anuales para cuerpo entero Hp (10) y extremidades Hp (0,07) para cada estamento profesional, indicando así los valores aplicables a la práctica y que ayudan a la optimización de la exposición del POE de acuerdo a las características laborales cada estamento profesional.
- El conocimiento de la tabla de restricciones locales correspondientes a cada estamento profesional implícitamente propicia la reducción de la probabilidad de ocurrencia de efectos biológicos, particularmente, efectos estocásticos en el POE.

RECOMENDACIONES

- Dar continuidad a la vigilancia radiológica, empleando todos los sistemas de dosimetría posibles para observar la uniformidad de los valores de dosis o sus posibles variaciones en el área de trabajo del POE, lo que permite un control óptimo de los mismos.
- Aprovechar las restricciones de dosis locales para lograr optimizar al máximo la exposición del POE dando cumplimiento a los requisitos de Seguridad y Protección Radiológica, disminuyendo así la probabilidad de ocurrencia de efectos biológicos.
- Es importante realizar el presente análisis y continuar investigando en diferentes áreas que laboren con radiaciones ionizantes para lograr uniformidad en la práctica respectiva a nivel nacional.

BIBLIOGRAFÍA

AREA DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA. *Control dosimétrico de Trabajadores Expuestos* [En línea]. 2015. [Consulta: 27 agosto 2019]. Disponible en: https://www.uv.es/preven/proteccio_radiologica/Documentacio/Control_dosimetrico.pdf.

BROSED, Antonio. *Fundamentos de Física Médica, Volumen 1 Medida de la Radiación*. Madrid-España : ADI (Servicios Editoriales), 2011. ISBN: 978-84-938016-1-8. pp. 196-201.

CEEA, (Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica). *Reglamento de Seguridad Radiológica del Ecuador*. Quito : Editora Nacional, 1979.

CSN, (Consejo de Seguridad Nuclear). *Magnitudes y Unidades Radiológicas. Tema 5: Magnitudes y Unidades Radiológicas*. 2009.

MOLINA PÉREZ, Daniel; et al. *Resultados de la vigilancia radiológica individual de la exposición externa en Cuba en el período 2006-2009*. La Habana-Cuba : s.n., 2011.

DURÉ, E.S. *Análisis de resultados de 10 años de evaluación dosimétrica del servicio de dosimetría personal de Paraguay*. Asunción-Paraguay : s.n., 2014.

EDIRFARM, R.E. *Dosimetría Radiológica*. Quito-Ecuador: s.n., 2018. ISBN: 978-9942-30-542-8

FERNANDEZ, Joan. *Dosimetría en Personal de Radiofarmacia PET*. Buenos Aires : Sociedad de Argentina de Radioprotección, 2015.

GUITART, D; & M. *Estadística Descriptiva y Análisis de Datos. Aula Virtual de Estadística*. [En línea] Universidad Tecnológica Nacional, 2017. [Consulta: 14 octubre 2019]. Disponible en: <http://www1.frm.utn.edu.ar/estadistica/documentos/ed&ad.pdf>.

ICRP(103). *Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*. Madrid-España : Senda Editorial S.A., 2007. ISBN: 978-84-691-5410-G.

UBEDA, Carlos; et al. "Magnitudes y unidades para dosimetría del personal ocupacionalmente expuesto en radiodiagnóstico e intervencionismo". *Scielo, Revista chilena de radiología*, Vol. 24 (2018), (Santiago de Chile): ISSN 0717-9308.

MEDICINANUCLEAR. Quito : s.n., 2019.

MEDWAVE. *MEDwave. Revista Biomédica revisada por pares.* [En línea]. 2011. [Consulta: 07 noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/4934.medwave.2011.03.4934>.

MEER-SCAN, Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares. *Registro Oficial N° 448*. Quito : Lexis, 2015.

OIEA (GSR Parte 3), (Organismo Internacional de Energía Atómica). *PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD DE LAS FUENTES DE RADIACIÓN: NORMAS BÁSICAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD*. Vienna : sales.publications@iaea.org, 2011. P.O. Box 100.

OIEA, Internacional de Energía Atómica. *Protección Radiológica y Seguridad Nuclear.* Buenos Aires-Argentina : s.n., 1998. INIS-AR-C-007.

PET-CICLOTRON. Quito : s.n., 2019.

SEPR, Sociedad Española de Protección Radiológica. *PROTOCOLO PARA LA VIGILANCIA DOSIMÉTRICA MEDIANTE DOSIMETRÍA DE ÁREA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS CLASIFICADOS COMO CATEGORÍA B EN EL ÁMBITO SANITARIO.* Madrid-España : s.n., 2009.

Serreta;& Brosed. *Fundamentos de Física Médica.* Madrid-España : ADI servicios editoriales. ISBN: 978-84-944-186-2-4.

ANEXOS

ANEXO A: AVAL DEL HOSPITAL



Certificado Nro. IESS-HCAM-CEISH-2019-1070-DF

Quito, D.M., 27 de noviembre de 2019

CERTIFICADO

Por medio del presente, me permito conferir el Certificado a favor de Srta. Biofísica Glenda Maritza López Quishpi, C.C: 0606074144, la misma que presentó el protocolo de investigación titulado: **"Estandarización de las restricciones de dosis locales para el POE comparando resultados de dosimetría TLD y electrónica en las Unidades Técnicas de PET CICLOTRON y Medicina Nuclear del Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín"**, el cual se encuentra debidamente aprobado por la Unidad de PET Ciclotrón, y en Acta N°005 de 16 de mayo de 2019 del Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos.


Dra. Gloria del Rocio Arboleda Rodas, **PRESIDENTA CEISH - HCAM**


Dra. Natalia Jacqueline Sosa Mendieta, **SECRETARIA CEISH - HCAM**

P.D: El Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín tiene derechos de propiedad intelectual sobre las investigaciones realizadas con sus pacientes. Al finalizar la investigación, los autores deberán entregar un artículo científico realizado bajo las normas para publicación en la Revista Médica-Científica CAMBIO HCAM, acorde al "Registro Oficial N°279-00004809 Reglamento para la Aprobación y Seguimiento de los Comités de Ética Asistenciales para la Salud (CEAS). ASPECTOS JURÍDICOS, LITERAL f). Revisar la aprobación de la investigación cuando se incumplan los procedimientos establecidos. En este caso el CEISH deberá comunicar a los investigadores responsables, a las instituciones "...".

Copia: archivo

demg

ANEXO B: BASE DE DATOS DE TRABAJO

Dispersión de Datos de la Dosimetría Electrónica Hp(10) de la Unidad Técnica del PET CICLOTRON - (mSv)														
Estamento	Periodo	Licenciados						Químicos-Farmacéuticos			Operador	OSR		
Año														
2014	Enero-Febrero	0,118	0,259						0,176		0,928			
	Marzo-Abril	0,204	0,178					0,18	0,142		0,213			
	Mayo-Junio	0,556	0,290						0,53					
	Julio-Agosto								0,88					
	Septiembre-Octubre								0,18					
	Noviembre-Diciembre								0,99					
2015	Enero-Febrero							0,40	0,95		0,9			
	Marzo-Abril	0,181						0,43	0,62		0,24	0,24		
	Mayo-Junio	0,49						0,54	0,38		0,12	0,22		
	Julio-Agosto		0,51	0,281	0,410	0,35		0,130	0,128		0,41	0,37		
	Septiembre-Octubre		0,296			0,392	0,133	0,126	0,192	0,121		0,70	0,183	
	Noviembre-Diciembre		0,133			0,55	0,154	0,118	0,148	0,45		0,27	0,211	
2016	Enero-Febrero	0,337	0,302					0,169	0,106		0,015			
	Marzo-Abril	0,266	0,262					0,068	0,028				0,039	
	Mayo-Junio	0,306	0,119	0,02				0,04	0,043			0,005	0,045	
	Julio-Agosto	0,030	0,256	0,165				0,096	0,109			0,025	0,097	
	Septiembre-Octubre	0,009		0,377				0,062	0,032		0,049	0,102	0,049	
	Noviembre-Diciembre							0,008	0,005			0,012	0,004	
2017	Enero-Febrero		0,155	0,189				0,054		0,234	0,024	0,019	0,039	
	Marzo-Abril		0,168	0,125				0,022		0,115		0,030	0,053	
	Mayo-Junio	0,167	0,142	0,056				0,045		0,033		0,037	0,026	
	Julio-Agosto	0,233	0,093	0,298				0,063		0,062	0,009	0,035	0,047	
	Septiembre-Octubre	0,029	0,031	0,047				0,005		0,077	0,022	0,026	0,025	
	Noviembre-Diciembre	0,179	0,214	0,359				0,111	0,189	0,063	0,0087	0,066	0,086	
2018	Enero-Febrero	0,046	0,181	0,129				0,041	0,079	0,044	0,017	0,043	0,039	
	Marzo-Abril	0,211	0,242	0,140				0,046	0,133	0,059	0,012	0,079	0,131	
	Mayo-Junio	0,239	0,202	0,207				0,05	0,091	0,041	0,025	0,072	0,061	
	Julio-Agosto	0,332	0,206	0,183				0,045	0,091	0,058	0,034	0,023	0,078	
	Septiembre-Octubre	0,288	0,233	0,08				0,024	0,087	0,025	0,013	0,002		0,016
	Noviembre-Diciembre	0,035							0,013	0,004	0,003	0,004		0,022

Dispersión de Datos de la Dosimetría TLD Hp(10) de la Unidad Técnica del PET CICLOTRON - (mSv)

Esta men to	Periodo	Licenciados								Químicos- Farmacéuticos			Opera dor	OSR			Médicos			Enfer meras
Año																				
2014	Enero- Febrero																			
	Marzo- Abril		0,52				0,58			0,35						0,175	0,23			
	Mayo-Junio		0,52				0,58			0,35						0,175	0,23			
	Julio- Agosto		0,49				0,55			0,235						0,16				
	Septiembre- Octubre	0,255	0,575	0,32	0,078	0,06	0,62			0,3225						0,215				
	Noviembre- Diciembre	0,51	0,17	0,64	0,155	0,12	0,15			0,175						0,11				
2015	Enero- Febrero	0,725	0,375	0,64		0,293	0,78	0,75	0,71	0,35	0,273		0,145	0,13			0,18	0,255		
	Marzo- Abril	0,47	0,29	0,32		0,215	0,72	0,75	0,64	0,35	0,0885		0,145	0,13		0,08	0,12	0,255		
	Mayo-Junio		0,995	0,38			0,79	0,57	0,995	0,305	0,221	0,275	0,212	0,23		0,157	0,174			
	Julio- Agosto		0,293	0,53		0,547	0,55	0,441	0,308		0,257		0,242	0,25		0,167	0,205	0,281		
	Septiembre- Octubre		0,537			0,467	0,19	0,499	0,235	0,491	0,6514		0,324	0,574	0,479	0,419	0,419	0,195	0,160	
	Noviembre- Diciembre		0,686				0,35	0,53	0,617	0,134	0,372	0,237	0,324	0,535	0,338	0,204	0,336	0,093	0,176	
2016	Enero- Febrero	0,595	0,955	0,972	0,529	0,779				0,372	0,087		0,362	0,535	1,760	0,204	0,202	0,165		
	Marzo- Abril	0,425	0,345	0,716	0,664	0,620		0,247		0,260	0,203		0,2	0,337	0,297	0,201	0,188			
	Mayo-Junio	0,422	0,472	0,799	0,818	0,814		0,162		0,254	0,24	0,202	0,2	0,242	0,287	0,274	0,209			
	Julio- Agosto	0,197	0,670	0,821	0,899	0,274		1,29		0,288	0,232	0,204	0,33	0,214	0,5581	0,174	0,192			
	Septiembre- Octubre	0,206				0,689				0,265	0,219		0,19	0,249	0,246	0,190	0,215			

	Noviembre-Diciembre	0,219				0,453	0,167					0,250	0,223		0,22	0,256	0,226		0,202	0,216			0,269
2017	Enero-Febrero	0,214	0,263	0,314								0,239	0,208	0,2	0,16	0,185	0,198		0,198	0,209			
	Marzo-Abril	0,138	0,525	0,391								0,270	0,152	0,1	0,18	0,217	0,255		0,184	0,211			0,202
	Mayo-Junio	0,394		0,296								0,271	0,254	0,2	0,186	0,350	0,286		0,254	0,238			0,246
	Julio-Agosto	0,393	0,281	0,478								0,220	0,215	0,2	0,223	0,211	0,232		0,181	0,181			0,189
	Septiembre-October	0,134	0,146	0,129								0,131	0,123	0,1	0,19	0,125	0,124		0,118	0,130			0,130
	Noviembre-Diciembre	0,3461	0,305	0,460								0,235	0,355	0,223	0,17	0,255	0,249		0,176	0,161	0,175		0,170
2018	Enero-Febrero	0,202	0,435	0,256								0,177	0,211	0,172		0,186	0,170			0,150	0,177	0,207	
	Marzo-Abril	0,276	0,352	0,277								0,176	0,239	0,19		0,207	0,202		0,136	0,171	0,168	0,138	0,217
	Mayo-Junio	0,442	0,452	0,364								0,201	0,251	0,203		0,251	0,242		0,190	0,189	0,104	0,173	0,179
	Julio-Agosto	0,408	0,362	0,383								0,194	0,181	0,148		0,189	0,188		0,158	0,171	0,148	0,162	0,175
	Septiembre-October	0,48	0,329	0,339								0,17	0,214	0,181		0,213			0,169	0,163	0,104		0,177
	Noviembre-Diciembre	0,334	0,277	0,224								0,173	0,190	0,167		0,209		0,200	0,216	0,155	0,156		0,195

Dispersión de Datos de la Dosimetría TLD Hp(0.07) de la Unidad Técnica del PET CICLOTRON - (mSv)

Estamento	Periodo	Licenciados								Químicos-Farmacéuticos			Operador	OSR		
Año																
2014	Enero-Febrero		14,64			44,386	7,48	9,786					10,16			
	Marzo-Abril	1,575	10,685	0,665	4,805	28,863	7,065	8,388	0,95	3,145			6,03			
	Mayo-Junio	1,575	3,365	0,665	4,805	6,67	3,325	3,495	0,95	3,1450			0,955			
	Julio-Agosto	5,365	4,4		3,625	3,5	12,055	4,4	0,5	0,5						
	Septiembre-Octubre	5,365	4,4		3,625	3,505	12,055	4,527	0,5	0,5						
2015	Noviembre-Diciembre	9,58	0,4	5,046	0,42	0,74		0,255		0,593						
	Enero-Febrero	12,535	3,215	4,253	3,105	42,7	13,665	6,037	5,65		1,001					
	Marzo-Abril	7,745	3,015	1,73	2,895	42,33	13,665	10,62	5,65		0,705					
	Mayo-Junio		0,692	2,32			11,63	9,43			0,622					
	Julio-Agosto		1,31	4,18	1,43	20,39	6,46	4,31	12,03		1,18					
2016	Septiembre-Octubre		9,743		12,12	0,958	4,373	1,007	5,242	4,258	1,521			3,735		
	Noviembre-Diciembre		15,69			12,76	20,10	11,97	0,235	6,06				3,176	1,99	
	Enero-Febrero	9,91	55,39	58,355	26,61	14,91		0,1505		4,26	3,11			4,63	0,39	4,95
	Marzo-Abril	6,48	11,34	1,085	9,32	4,98		0,1505		1,48	0,38			0,83	0,39	1,21
	Mayo-Junio	6,79	7,58	19,30	9,01	3,77		0,213		3,33	2,90	2,26		1,13	0,993	3,24
2017	Julio-Agosto	0,329	31,18	12,08	24,32	1,37		3,80		1,93	1,02	0,715		0,727	0,713	6,30
	Septiembre-Octubre	0,319				4,03				1,80	1,36			2,00	0,750	
	Noviembre-Diciembre	0,504				3,96	0,503			1,21	0,412			1,31	0,467	
	Enero-Febrero	3,43	44,05	57,27	17,29	12,42				2,78	2,73		0,28	3,8		3,74
	Marzo-Abril	0,290				2,73	4,74			1,82	0,297		0,25	1,27	0,412	
2018	Mayo-Junio	4,180					1,57			1,33	0,666		0,293	4,66	0,307	
	Julio-Agosto	5,46				4,00	6,32			2,95	3,30		2,38	0,698	1,02	
	Septiembre-Octubre	0,278				0,257	0,616			0,264	0,361		0,31	0,507	0,253	
	Noviembre-Diciembre	10,21				4,45	18,04			3,21	4,63		0,37	6,87	4,53	
	Enero-Febrero	1,37	6,90	6,92						2,83	0,433	1,93		1,64	0,358	
Marzo-Abril	2,830	2,10	5,98						1,05	1,23	1,360		0,801	0,674		
Mayo-Junio	7,56	7,85	5,36						1,68	2,37	0,515		1,58	0,504		
Julio-Agosto	7,56	5,85	4,11						2,41	0,977	0,624		0,664	0,392		
Septiembre-Octubre	9,10	3,34	4,69						1,22	0,573	0,575		0,753			
Noviembre-Diciembre	2,95	3,00	1,72						1,106	0,743	0,986		0,912		0,423	


Dispersión de Datos de la Dosimetría TLD Hp(10) de la Unidad Técnica de Medicina Nuclear- (mSv)

Estamento	Periodo	Licenciados							Médicos					OSR	
Año															
2014	Enero-Febrero	1,139	0,155	0,559	0,653	0,631				0,171	0,834				
	Marzo-Abril	0,73	0,431	0,626	0,819	0,705			0,21	0,086	0,417				
	Mayo-Junio	0,32	0,706	0,692	0,986	0,78			0,42						
	Julio-Agosto	0,385	0,73	0,425	0,905				0,15						
	Septiembre-Octubre	0,385	0,73	0,425	0,905				0,15						
	Noviembre-Diciembre	0,206	0,16						0,126						
2015	Enero-Febrero	0,318	0,8	0,35	0,745				0,173						
	Marzo-Abril	0,215	0,72	0,35	0,745				0,11						
	Mayo-Junio		0,79	0,305	0,572	2,78				0,275					
	Julio-Agosto	0,547	0,497	0,308	0,552	NR				0,234	0,355				NR
	Septiembre-Octubre	0,467	0,193	0,491	0,49	0,394				0,432	0,56				0,48
	Noviembre-Diciembre	NR	0,352	0,134	0,529	0,481				0,165	0,325				0,338
2016	Enero-Febrero	0,955	0,972	NR	0,855	0,544				0,177	0,19				1,76
	Marzo-Abril	0,345	0,72	0,247	0,664	0,44				0,148	0,172				0,297
	Mayo-Junio	0,462	0,799	0,162	0,818	0,475				0,099	0,26				0,287
	Julio-Agosto	0,67	0,821	1,29	0,899	0,619				0,154	0,198				0,581
	Septiembre-Octubre	0,381	0,977	0,472	0,833	0,373				0,165	0,269				0,433
	Noviembre-Diciembre	0,425	0,697	0,394	0,406	0,399				0,164	0,151	0,268			0,278
2017	Enero-Febrero	0,522	0,803	NR	0,663		0,63		0,389	NR	NR				0,559
	Marzo-Abril	0,421	0,768	0,281	0,697		0,651		0,409	0,262	0,36				NR
	Mayo-Junio	0,25	1,08	0,534	0,632		0,33		0,455	0,221	0,311				0,703
	Julio-Agosto	0,209	0,719	NR	0,654	1,09		0,853	0,36	0,205	0,65				0,477
	Septiembre-Octubre	0,327	1,25	0,588	0,739	1,13		0,581	0,578	0,387	0,508				0,466
	Noviembre-Diciembre	0,148	0,685	0,394	0,734	0,922		NR	0,414	0,328	0,661				1,08 0,397
2018	Enero-Febrero	NR	0,728	1,09	0,614	0,546			0,376			0,16	0,214		0,317 0,251
	Marzo-Abril	0,387	1,01	0,739	0,649	0,502	0,373		0,31			0,143			0,454 0,433
	Mayo-Junio	0,511	NR	0,641	0,603	0,35	0,439		0,285	0,404		0,146			0,564 0,368
	Julio-Agosto	0,249	1,02	0,360	0,366	0,319	0,401		0,305	0,332		0,192		0,162	0,401 0,332
	Septiembre-Octubre	0,405	0,41	0,279	0,457	0,31	0,334		0,298	0,311		0,175		NR	0,448 0,382
	Noviembre-Diciembre	0,353	0,317	0,295	0,341	0,364	0,519		0,291	0,304	0,095	0,182		0,312	0,382 0,328

Dispersión de Datos de la Dosimetría TLD Hp(0.07) - (mSv)

Estamento	Periodo	Licenciados						Médicos		OSR		
Año												
2014	Enero-Febrero		44,38		7,48							
	Marzo-Abril	4,81	28,87	0,95	7,07	0,450						
	Mayo-Junio	5,81	6,67	0,95	3,33	0,45						
	Julio-Agosto	3,63	3,51	0,5	12,06							
	Septiembre-October	4,63	3,51	0,5	12,06							
	Noviembre-Diciembre	0,42	0,74									
2015	Enero-Febrero	2,14	28,59	3,76	9,11							
	Marzo-Abril	3,86	56,44	7,52	18,22							
	Mayo-Junio			15,08	11,63	5,51						
	Julio-Agosto	1,43	20,39	12,03	6,46			3,11				
	Septiembre-October	12,12	0,958	5,242	4,37	2,174		11,71				
	Noviembre-Diciembre	NR	12,76	0,235	20,1	2,166		5,17		1,99		
2016	Enero-Febrero	44,05	57,27	NR	17,29	4,41			0,734	3,74		
	Marzo-Abril	22,68	2,17	0,301	18,64	2,45			0,664	2,42		
	Mayo-Junio	7,58	19,3	0,213	9,01	2,2			2,11	3,24		
	Julio-Agosto	31,18	12,08	3,8	24,32	3,09			0,844	6,3		
	Septiembre-October	10,68	84,07	0,699	28,13	1,41			2,82	2,24		
	Noviembre-Diciembre	5,55	59,22	0,312	3,85	1,02		1,78	3,31	1,66		
2017	Enero-Febrero	11,06	87,18	NR	25,46		3,27	4,12	NR	6,11		
	Marzo-Abril	1,070	43,05	0,463	30,37		2,23	3,37	2,28	NR		
	Mayo-Junio	0,830	35,54	9	15,41		1,45	3,2	0,323	4,35		
	Julio-Agosto	NR	15,8	1,71	24,21	15,81		4,58	6,4	NR		
	Septiembre-October	0,5	16,79	2,71	16,23	6,83		7,57	6,63	3,74	3,85	
	Noviembre-Diciembre	0,246	29,98	0,67	31,9	9,15		NR	6,51	6,37	0,446	
2018	Enero-Febrero	NR	13,66	2,93	16,71	7,88		6,15	0,805		1,66	
	Marzo-Abril	15,450	40,63	1,05	24,17	4,66		NR			1,91	
	Mayo-Junio	40,82	NR	5,86	25,27	10,38		NR			2,08	
	Julio-Agosto	17,88	48,34	0,607	4,42	8,87		NR			2,14	
	Septiembre-October	4,70	32,34		17,71	13,46	19,43		7,2		4,15	1,15
	Noviembre-Diciembre	1,61	5,13		23,17	7,93	28,77		4,85		2,19	0,385

ANEXO C: LISTADO DE DOSÍMETRO ELECTRÓNICOS



Certificate of Calibration

8/16/2017

Customer: TMO OAKWOOD
 Customer Order Ref: 164278
 Thermo Ref: WO 2009362 DAN 2009362.01 Config 2000 Comprising 10 EPDs.

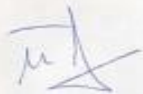



The Thermo Electronic Personal Dosimeters (EPD), with serial Numbers shown below were calibrated in accordance with the standard factory procedure. This calibration is traceable to the UK National Standard by the use of transfer standard EPDs, which have been calibrated at HPA, Chilton, Didcot, Oxon, OX11 0RQ. U.K.

EPD Serial Number	Locked Y/N	Mark No.	Calibration		Measured Response in Calibrator		Estimated Response on Phantom		Calibration Constants						Detector Thresholds Coarse / Fine							
			Number	Date	Hp(10) Response to Cs-137	Hp(0.07) Response to Kr-85	Hp(10) Response to Cs-137	Hp(0.07) Response to Kr-85	<-Sens10->		<-----Sens07----->				HG		SG		FB		BC	
									HG	SG	HG	SG	FB	BC	HG	SG	FB	BC	HG	SG	FB	BC
320847	N	2.5	112893019-07-2017	1.00	0.98	1.00	0.93	906	453	879	589	23899	25439	6 / 151	4 / 145	13 / 147	12 / 155					
324653	N	2.5	112938125-07-2017	1.02	0.97	1.02	0.92	954	403	926	524	23456	24120	5 / 148	4 / 136	13 / 150	12 / 155					
324778	N	2.5	112938925-07-2017	1.01	0.99	1.01	0.94	949	420	921	546	23046	24307	6 / 144	5 / 150	13 / 145	12 / 145					
328372	N	2.5	112828610-07-2017	1.00	1.02	1.00	0.97	882	432	856	562	23400	25076	6 / 143	3 / 153	13 / 142	12 / 136					
328597	N	2.5	112886718-07-2017	0.97	1.03	0.97	0.98	870	432	844	562	22956	24341	7 / 141	3 / 135	12 / 158	11 / 153					
328660	N	2.5	112886018-07-2017	1.01	0.98	1.01	0.93	896	439	869	570	23661	24609	6 / 128	0 / 148	13 / 137	12 / 150					
328839	N	2.5	112889419-07-2017	0.97	1.02	0.97	0.97	880	416	854	541	22650	23749	5 / 150	4 / 145	12 / 151	11 / 149					
328970	N	2.5	112962527-07-2017	1.03	0.99	1.03	0.94	903	430	876	559	22931	24202	6 / 131	4 / 150	13 / 145	12 / 149					
329642	N	2.5	112805107-07-2017	1.05	1.02	1.05	0.97	893	440	871	573	23298	23814	7 / 128	3 / 153	13 / 136	12 / 145					
329696	N	2.5	112812210-07-2017	1.01	0.98	1.01	0.93	883	421	861	547	21665	24976	6 / 127	5 / 138	13 / 136	12 / 143					

Statistical uncertainty of these measurements at 95% probability is better than 2%.
 It is hereby certified that on the date of calibration, the EPD's with the serial numbers quoted above showed responses to radiation which were within specified range 0.90 to 1.10 and that the instruments conform to type. It is further certified that the data are a true copy of the factory test data held by us in electronic format. For and on behalf of Thermo Fisher Scientific.

Thermo Fisher Scientific GmbH
 Frauenaaracher Straße 96
 91056 Erlangen, Germany
 Tel: +49 9131 998 0
 Fax: +49 9131 998 475
 www.thermoscientific.com/en/products/dosimetry.html

Thermo Fisher Scientific Messtechnik GmbH
 Amtsgericht Fürth: HRB 5893
 Geschäftsführer: Dr. Robert Lin, Dr. Olaf Haupt, Johannes Lämmel, Dr. Oliver Schlegel, Piet van der Zande

Authorised Signatory 	Calibration Approved: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Locked</td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> Unlocked  See Disclaimer </td> </tr> </table>	Locked	Unlocked  See Disclaimer
Locked	Unlocked  See Disclaimer		

Page: 1

ANEXO D: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS DOSÍMETROS ELECTRÓNICOS

 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable	SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES	 Gobierno Nacional de la República del Ecuador
--	---	---

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DETECTORES DE RADIACIÓN

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE
 SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
 LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No.: **CAL 837 - 2017**

INSTITUCIÓN:			FECHA DE CALIBRACIÓN:			FECHA DE PRÓXIMA CALIBRACIÓN:		
I.E.S.S. HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN			2017-05-08			2018-05-08		
INSTRUMENTO:	EQUIPO DIGITAL	Marca:	RADOS TECHNOLOGY	Modelo:	RAD-60R	Serie:	305186	
DETECTOR:	Energy compensated Si-Diode							

Condiciones ambientales durante la calibración:

Temperatura (°C):	23,3	Presión (torr):	709,7	Humedad rel. (%):	46%
-------------------	------	-----------------	-------	-------------------	-----

Instrumentos de Referencia:

Cámara de Ionización:	Marca - Modelo:	N.E. - 2579C	Serie No:	470
Electrómetro:	Marca - Modelo:	FARMER - 2570/1B	Serie No:	1124
Multímetro:	Marca - Modelo:	FLUKE - 189	Serie No:	9420084

Revisión de Características del Instrumento:

Chequeo Mecánico:	OK
Chequeo Audio y/o Alarma:	OK

Condiciones de pruebas realizadas al instrumento:

Fuentes de Calibración:	086
Aparadores (mm):	0,0

DATOS DE CALIBRACIÓN PARA DOSIS EQUIVALENTE POR RADIACIÓN GAMA CON CESIO 137

ESCALA	FUENTE DE REFERENCIA	DOSIS EQUIVALENTE DE REFERENCIA	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO	FACTOR DEL INSTRUMENTO
UNICA	086	200 μ Sv	92 μ Sv	2,08

NOTA: LAS MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO DEBEN SER MULTIPLICADAS POR EL FACTOR INDICADO PARA TENER UN VALOR MÁS EXACTO

El Laboratorio de Patrones Secundarios (LPS) del Ecuador, certifica que el instrumento ha sido calibrado bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Calibrado por:	E. Arévalo / Y. Pastor	Responsable del L.P.S.:	
Fecha de Emisión:	08/05/2017		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DETECTORES DE RADIACIÓN

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE
SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No.: **CAL 840 - 2017**

INSTITUCIÓN:			FECHA DE CALIBRACIÓN:		FECHA DE PRÓXIMA CALIBRACIÓN:		
I.E.S.S. HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARIN			2017-05-08		2018-05-08		
INSTRUMENTO:	EQUIPO DIGITAL	Marca:	RADOS TECHNOLOGY	Modelo:	RAD-50H	Serie:	305236
DETECTOR:	GEGER MÜLLER						

Condiciones ambientales durante la calibración:

Temperatura (°C): 23,8 Presión (mbar): 799,7 Humedad rel. (%): 46%

Instrumentos de Referencia:

Cámaras de Ionización Marca - Modelo: N.E. - 2570C Serie No.: 470
 Electrómetro Marca - Modelo: FARMER - 2570/1B Serie No.: 1124
 Multímetro Marca - Modelo: FLUKE - 189 Serie No.: 94200084

Revisión de Características del instrumento:

Chequeo Mecánico: OK
 Chequeo Audio y/o Alarma: OK

Condiciones de pruebas realizadas al instrumento:

Fuentes de Calibración: 0B6
 Abersadores (mm): 0.0

DATOS DE CALIBRACIÓN PARA DOSIS EQUIVALENTE POR RADIACIÓN GAMA CON CESIO 137

ESCALA	FUENTE DE REFERENCIA	DOSIS EQUIVALENTE DE REFERENCIA	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO	FACTOR DEL INSTRUMENTO
UNICA	0B6	100 μ Sv	93 μ Sv	1,07

NOTA: LAS MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO DEBEN SER MULTIPLICADAS POR EL FACTOR INDICADO PARA TENER UN VALOR MÁS EXACTO

El Laboratorio de Patrones Secundarios (LPS) del Ecuador, certifica que el instrumento ha sido calibrado bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Calibrado por: E. Arevalo/M. Fajardo
 Fecha de Emisión: 08/05/2017

Responsable del L.P.S.:



Enrique Arevalo
 Firma de Responsabilidad



Ministerio de Electricidad
y Energía Renovable

SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES



Gobierno Nacional
de la República
del Ecuador

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DETECTORES DE RADIACIÓN

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE
SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N.º: **CAL 836 - 2017**

INSTITUCIÓN:			FECHA DE CALIBRACIÓN:		FECHA DE PRÓXIMA CALIBRACIÓN:		
I.E.S.S. HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARIN			2017-05-08		2018-05-08		
INSTRUMENTO:	EQUIPO DIGITAL	Marca:	RADOS TECHNOLOGY	Modelo:	RAD-60R	Serie:	305153
DETECTOR:	Energy compensated Si-Diode						

Condiciones ambientales durante la calibración:

Temperatura (°C): 23,3 Presión (mbar): 708,7 Humedad rel. (%): 46%

Instrumentos de Referencia:

Cámara de Ionización Marca - Modelo N.E. - 2570C Serie No. 470
 Electrómetro Marca - Modelo FARMER - 2570/1B Serie No. 1124
 Multímetro Marca - Modelo FLUKE - 189 Serie No. 94200084

Revisión de Características del instrumento:

Chequeo Mecánico: OK
 Chequeo Audio y/o Alarma: OK

Condiciones de pruebas realizadas al instrumento:

Fuentes de Calibración: OBE
 Aterruñados (mm): 0,0

DATOS DE CALIBRACIÓN PARA DOSIS EQUIVALENTE POR RADIACIÓN GAMA CON CESIO 137

ESCALA	FUENTE DE REFERENCIA	DOSIS EQUIVALENTE DE REFERENCIA	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO	FACTOR DEL INSTRUMENTO
UNICA	OBE	100 uSv	92 uSv	2,09

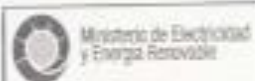
NOTA: LAS MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO DEBEN SER MULTIPLICADAS POR EL FACTOR INDICADO PARA TENER UN VALOR MÁS EXACTO

El laboratorio de Patrones Secundarios (LPS) del Ecuador, certifica que el instrumento ha sido calibrado bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Calibrado por: E. Arévalo, Y. Pastor
 Fecha de Emisión: 08/05/2017

Responsable del L.P.S.

SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
 Ing. Enrique Arévalo
 Firma de Responsabilidad



Ministerio de Electricidad
y Energía Renovable

SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES



Gobierno Nacional
de la República
del Ecuador

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DETECTORES DE RADIACIÓN

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE
SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No.: CAL 839 - 2017

INSTITUCIÓN:			FECHA DE CALIBRACIÓN:			FECHA DE PRÓXIMA CALIBRACIÓN:	
I.E.S.S. HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARIN			2017-05-09			2018-05-09	
INSTRUMENTO:	EQUIPO DIGITAL	Marca:	RADOS TECHNOLOGY	Modelo:	RAD-60R	Serie:	805325
DETECTOR:	GEGER MÜLLER						

Condiciones ambientales durante la calibración:

Temperatura (°C) 23,3 Presión (mbic) 709,7 Humedad rel. (%) 46%

Instrumentos de Referencia:

Cámara de Ionización Marca - Modelo N.E. - 2570C Serie No: 470
Electrometro Marca - Modelo FARMER - 2570/1B Serie No: 1124
Multímetro Marca - Modelo FLUKE - 189 Serie No: 94200084

Revisión de Características del instrumento:

Chequeo Mecánico: OK
Chequeo Audio y/o Alarma: OK

Condiciones de pruebas realizadas al instrumento:

Fuentes de Calibración: 086
Abusadores (mm): 0.0

DATOS DE CALIBRACIÓN PARA DOSIS EQUIVALENTE POR RADIACIÓN GAMA CON CESIO 137

ESCALA	FUENTE DE REFERENCIA	DOSIS EQUIVALENTE DE REFERENCIA	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO	FACTOR DEL INSTRUMENTO
(0 - 100) mR/h	086	100 µSv	83 µSv	1,07

NOTA: LAS MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO DEBEN SER MULTIPLICADAS POR EL FACTOR INDICADO PARA TENER UN VALOR MÁS EXACTO

El Laboratorio de Patrones Secundarios (LPS) del Ecuador, certifica que el instrumento ha sido calibrado bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Calibrado por: E. Arávalo/M. Fajardo
Fecha de Emisión: 09/05/2017

Responsable del L.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DETECTORES DE RADIACIÓN

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE
SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No.: CAL 832 - 2017

INSTITUCIÓN			FECHA DE CALIBRACIÓN:		FECHA DE PRÓXIMA CALIBRACIÓN:		
I.E.S.S HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARIN			2017-05-02		2018-05-02		
INSTRUMENTO:	EQUIPO DIGITAL	Marca:	RADOS TECHNOLOGY	Modelo:	RAD-808	Serie:	304930
DETECTOR:	Energy compensated Si-Diode						

Condiciones ambientales durante la calibración:

Temperatura (°C): 23,3 Presión (mbar): 709,7 Humedad rel. (%): 46%

Instrumentos de Referencia:

Cámara de Ionización Marca - Modelo: N.E. - 2570C Serie No. 470
 Electrómetro Marca - Modelo: FARMER - 25701B Serie No. 1124
 Multímetro Marca - Modelo: FLUKE - 189 Serie No. 9420084

Revisión de Características del instrumento:

Chequeo Mecánico: OK
 Chequeo Audio y/o Alarma: OK

Condiciones de pruebas realizadas al instrumento:

Fuentes de Calibración: 086
 Atenuadores (mm): 0.0

DATOS DE CALIBRACIÓN PARA DOSIS EQUIVALENTE POR RADIACIÓN GAMA CON CESIO 137

ESCALA	FUENTE DE REFERENCIA	DOSIS EQUIVALENTE DE REFERENCIA	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO	FACTOR DEL INSTRUMENTO
µSvCA	086	100 µSv	91 µSv	1,10

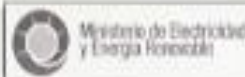
NOTA: LAS MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO DEBEN SER OBLIGATORIAMENTE MULTIPLICADAS POR EL FACTOR INDICADO PARA DETERMINAR EL VALOR REAL

El Laboratorio de Patrones Secundarios (LPS) del Ecuador, certifica que el instrumento ha sido calibrado bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Calibrado por: E. Arévalo/Y.Pastor
 Fecha de Emisión: 08/05/2017

Responsable del LPS





Ministerio de Electricidad
y Energía Renovable

SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES



Gobierno Nacional
de la República
del Ecuador

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DETECTORES DE RADIACIÓN

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE
SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No.: **CAL 834 - 2017**

INSTITUCIÓN:			FECHA DE CALIBRACIÓN:			FECHA DE PRÓXIMA CALIBRACIÓN:		
I.E.S.S HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARIN			2017-05-08			2018-05-08		
INSTRUMENTO:	EQUIPO DIGITAL	Marca:	RADOS TECHNOLOGY	Modelo:	RAD-60R	Serie:	304944	
DETECTOR:	Energy compensated Si-Diode							

Condiciones ambientales durante la calibración:

Temperatura (°C): 23,3 Presión (mbar): 709,7 Humedad rel. (%): 46%

Instrumentos de Referencia:

Cámara de Ionización Marca - Modelo: **N.E. - 2570C** Serie No: **470**
 Electómetro Marca - Modelo: **FARMER - 2570/1B** Serie No: **1124**
 Multímetro Marca - Modelo: **FLUKE - 189** Serie No: **9420084**

Revisión de Características del instrumento:

Chequeo Mecánico: **OK**
 Chequeo Audio y/o Alarm: **OK**

Condiciones de pruebas realizadas al instrumento:

Fuente de Calibración: **ORR**
 Atenuadores (mm): **0.0**

DATOS DE CALIBRACIÓN PARA DOSIS EQUIVALENTE POR RADIACIÓN GAMA CON CESIO 137

ESCALA	FUENTE DE REFERENCIA	DOSIS EQUIVALENTE DE REFERENCIA	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO	FACTOR DEL INSTRUMENTO
UNICA	ORR	100 µSv	94 µSv	1,07

NOTA: LAS MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO DEBEN SER MULTIPLICADAS POR EL FACTOR INDICADO PARA TENER UN VALOR MÁS EXACTO

El Laboratorio de Patrones Secundarios (LPS) del Ecuador, certifica que el instrumento ha sido calibrado bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Calibrado por: **E. Arévalo/M. Fajardo**
 Fecha de Emisión: **08/05/2017**

Responsable del L.P.S.:





Ministerio de Electricidad
y Energía Renovable

SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES



Centro Nacional
de la Radiación
del Ecuador

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DETECTORES DE RADIACIÓN

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE
SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No.: **CAL 833 - 2017**

INSTITUCIÓN:		FECHA DE CALIBRACIÓN:		FECHA DE PRÓXIMA CALIBRACIÓN:	
I.E.S.S. HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARIN		2017-05-08		2018-05-08	
INSTRUMENTO:	EQUIPO DIGITAL	Marca:	RADOS TECHNOLOGY	Modelo:	RAD-60R
				Serie:	304533
DETECTOR:	Energy compensated Si-Diode				

Condiciones ambientales durante la calibración:

Temperatura (°C): 23,3 Presión (mbar): 299,7 Humedad rel. (%): 46%

Instrumentos de Referencia:

Cámara de Ionización Marca - Modelo: N.E. - 2570C Serie No: 470
 Electrómetro Marca - Modelo: FARMER - 25701B Serie No: 1124
 Multímetro Marca - Modelo: FLUKE - 189 Serie No: 94200684

Revisión de Características del instrumento:

Chequeo Mecánico: OK
 Chequeo Audio y/o Alarma: OK

Condiciones de pruebas realizadas al instrumento:

Fuente de Calibración: 086
 Aisladores (mm): 0.0

DATOS DE CALIBRACIÓN PARA DOSIS EQUIVALENTE POR RADIACIÓN GAMA CON CESIO 137

ESCALA	FUENTE DE REFERENCIA	DOSIS EQUIVALENTE DE REFERENCIA	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO	FACTOR DEL INSTRUMENTO
LINICA	086	500 uSv	87 uSv	3,25

NOTA: LAS MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO DEBEN SER OBLIGATORIAMENTE MULTIPLICADAS POR EL FACTOR INDICADO PARA DETERMINAR EL VALOR REAL

El Laboratorio de Patrones Secundarios (LPS) del Ecuador, certifica que el instrumento ha sido calibrado bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Calibrado por: E. Arévalo/M. Fajardo
 Fecha de Emisión: 08/05/2017

Responsable del L.P.S.:





Ministerio de Electricidad
y Energía Renovable

SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES



Gobierno Nacional
de la República
del Ecuador

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DETECTORES DE RADIACIÓN

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE
SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No.: CAL 838 - 2017

INSTITUCIÓN:			FECHA DE CALIBRACIÓN:		FECHA DE PRÓXIMA CALIBRACIÓN:		
I.E.S.S. HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARIN			2017-05-09		2018-05-09		
INSTRUMENTO:	EQUIPO DIGITAL	Marca:	RADOS TECHNOLOGY	Modelo:	RAD-60R	Serie:	305326
DETECTOR:		Energy compensated Si-Diode					

Condiciones ambientales durante la calibración:

Temperatura (°C): 23,3 Presión (mbar): 709,7 Humedad rel. (%): 46%

Instrumentos de Referencia:

Cámara de Ionización Marca - Modelo: N.E. - 2570C Serie No: 470
 Electrómetro Marca - Modelo: FARMER - 2570/1B Serie No: 1124
 Multímetro Marca - Modelo: FLUKE - 189 Serie No: 94200084

Revisión de Características del Instrumento:

Chequeo Mecánico: OK
 Chequeo Audio y/o Alarma: OK

Condiciones de pruebas realizadas al instrumento:

Fuentes de Calibración: OBE
 Alasuedoras (mm): 0.0

DATOS DE CALIBRACIÓN PARA DOSIS EQUIVALENTE POR RADIACIÓN GAMA CON CESIO 137

ESCALA	FUENTE DE REFERENCIA	DOSIER EQUIVALENTE DE REFERENCIA	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO	FACTOR DEL INSTRUMENTO
UNICA	OBE	100 uSv	93 uSv	1,07

NOTA: LAS MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO DEBEN SER MULTIPLICADAS POR EL FACTOR INDICADO PARA TENER UN VALOR MÁS EXACTO

El Laboratorio de Patrones Secundarios (LPS) del Ecuador, certifica que el instrumento ha sido calibrado bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

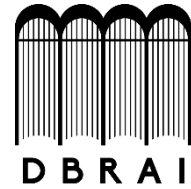
Calibrado por: E. Arevalo/Y.Pastor
 Fecha de Emisión: 09/05/2017

Responsable del L.P.S.





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 19 / 02 / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Glenda Maritza López Quishpi
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Biofísica
Título a optar: Biofísica
f. Analista de Biblioteca responsable: