



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BIOFÍSICA

**“COMPARACIÓN DE LA DOSIS EFECTIVA DEBIDO A LA
INHALACIÓN DE GAS RADÓN (^{222}Rn) EN LAS UNIDADES
EDUCATIVAS DE LOS DISTRITOS DE EDUCACIÓN 16D01
PASTAZA – MERA - SANTA CLARA Y 05D01 LATACUNGA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para obtener el grado académico de:

BIOFÍSICA

AUTORA: GISELL PAOLA ALLAUCA YUMISEBA

DIRECTORA: Ing. PhD. GABRIELA VIVIANA TUBÓN USCA

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Gisell Paola Allauca Yumiseba

Se autoriza la adquisición parcial o total, con fines académicos, de la misma forma pueden tener acceso a las citas bibliográficas del documento, tomando en cuenta siempre los Derechos de Autor.

Yo, Gisell Paola Allauca Yumiseba, manifiesto que el presente trabajo investigativo es de mi autoría, de igual forma los datos obtenidos son verdaderos y auténticos. Ciertas ideas tomadas como guías están debidamente referenciadas y citadas.

Assumo como autora la responsabilidad de los contenidos e ideas plasmadas en este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de noviembre del 2019

Paola Allauca

Gisell Paola Allauca Yumiseba

060487179-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BIOFÍSICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación tipo experimental: **“COMPARACIÓN DE LA DOSIS EFECTIVA DEBIDO A LA INHALACIÓN DE GAS RADÓN (^{222}Rn) EN LAS UNIDADES EDUCATIVAS DE LOS DISTRITOS DE EDUCACIÓN 16D01 PASTAZA – MERA - SANTA CLARA Y 05D01 LATACUNGA”** realizado por la Señorita Gisell Paola Allauca Yumiseba, 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
Biof. Quingatuña Cali Dalinda Ileana PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2019/11/27
Ing. PhD. Gabriela Viviana Tubon Usca DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2019/11/27
Dr. Richard Willians Pachacama Choca MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2019/11/27

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado con infinito amor a mis padres Enrique Allauca y Graciela Yumiseba y a mis hermanitos Jacqueline Allauca y Marlon Allauca, quienes, siempre me han apoyado en toda mi vida, ya sea en lo académico y profesionalmente, siempre con sus buenos consejos hacia el futuro. También lo dedicó a mi único abuelito que vive aún conmigo Julián Yumiseba.

Paola

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a Dios por brindarme la Salud y sabiduría en el transcurso de mi vida estudiantil en la ESPOCH. Luego agradeceré de todo corazón a mis papitos Enrique Allauca y Graciela Yumiseba y mis hermanitos Jacqueline Allauca y Marlon Allauca quienes me ayudaron y acompañaron tanto a la ciudad del Puyo como Latacunga, para complementar mi trabajo de titulación. De igual forma estoy agradecida con toda mi familia quienes de una u otra manera me apoyan, ya sea con su amor o lecciones de vida. A mis amigos Shakira Cuadrado y David Talla, quienes siempre me han ayudado, en los buenos o malos momentos durante toda la etapa estudiantil, con lo mejor que se tiene una sonrisa sincera. A todos los docentes de la carrera de Biofísica agradecerles por los conocimientos impartidos, paciencia y habilidades que han formado en mí, ahora más que profesores-alumna somos amigos.

Finalmente agradezco al grupo “RADÓN” de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, exclusivamente a la Ing. Gabriela Tubón Ph.D directora de mi trabajo de titulación quienes me colaboraron prestando los detectores, los mismo que utilice en mi investigación.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO REFERENCIAL	3
1.1. Antecedentes de la investigación.	3
1.2. Identificación del problema	4
1.3. Justificación del problema	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	6
CAPÍTULO II	
2) MARCO TEÓRICO	7
2.1. Radiactividad	7
2.1.1. <i>Radiación Ionizante</i>	7
2.1.2. <i>Fuentes de radiación</i>	7
2.1.3. <i>Decaimiento Alpha</i>	8
2.2. Generalidades del Radón	9
2.2.1. <i>Historia del Radón</i>	9
2.2.2. <i>Propiedades Físicas y Químicas del Radón</i>	12
2.2.3. <i>Efectos Biológicos por inhalación del ²²²Radón</i>	14
2.2.4. <i>Mecanismo de transporte de radón</i>	14
2.3. Detectora E-PERM	15

CAPÍTULO III

3) MARCO METODOLÓGICO	17
3.1. Unidades Educativas a investigar.....	17
3.2. Descripción de las Unidades Educativas.....	19
<i>3.2.1. Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01 Pastaza – Mera - Santa Clara</i>	<i>19</i>
<i>3.2.2. Unidades Educativas del Distrito de Educación 05D01 Latacunga</i>	<i>28</i>
3.3. Detectores E-PERM.....	37
3.4. Concentración de Radón	38
3.5. Dosis efectiva por inflación de Radón	40

CAPÍTULO IV

4) ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	41
4.1. Identificación del lugar de estudio	41
Primera etapa de colocación de detectores Pastaza – Puyo	41
Segunda etapa de colocación Pastaza – Puyo.....	43
Tercera etapa de colocación Cotopaxi – Latacunga	44
Cuarta etapa de colocación	46
Quinta etapa de colocación	47
4.2. Clasificación de los resultados	48
4.3. Análisis de los resultados.....	65
4.3. Estudio Estadístico de la Dosis Efectiva Anual.....	66
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	71

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Dosis efectiva anual debido a la exposición de fuentes naturales.....	8
Tabla 2-2: Valores de dosis efectivas anuales de diferente procedencia.....	8
Tabla 3-2: Características de los tres isótopos naturales.....	12
Tabla 4-2: Propiedades químicas del radón.....	13
Tabla 1-3: Unidades Educativas del Distrito De Educación Pastaza-Mera-Santa Clara.	17
Tabla 2-3: Unidades Educativas Del Distrito De Educación Latacunga.....	18
Tabla 3-3: Cronograma de etapas de colocación de los detectores.....	38
Tabla 4-3: Constante para calcular la concentración de gas radón, A, B, y C.....	39
Tabla 5-3: Factor de corrección para la altitud.....	39
Tabla 1-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito Pastaza – Mera – Santa Clara.....	41
Tabla 2-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito de Educación Pastaza – Mera – Santa Clara.....	43
Tabla 3-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito de Educación de Latacunga.....	44
Tabla 4-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito de Educación de Latacunga.....	46
Tabla 5-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito de Educación de Latacunga.....	47
Tabla 6-4: Dosis Efectivas Anuales del Distrito de Educación 16D01 Pastaza – Mera – Santa Clara, lugares abiertos.....	49
Tabla 7-4: Dosis Efectivas anuales del Distrito de Educación 05D01 Latacunga, lugares abiertos.....	52
Tabla 8-4: Dosis Efectivas anuales del Distrito de Educación Pastaza – Mera – Santa Clara, lugares cerrados.....	55
Tabla 9-4: Dosis Efectivas anuales del Distrito de Educación 05D01 Latacunga, lugares cerrados.....	58
Tabla 10-4: Datos que no se relacionan con el análisis estadístico.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Poder de penetración de las partículas.....	9
Figura 2-2: Cadena de desintegración del Uranio 238.	11
Figura 3-2: Difusión bidimensional de la concentración	15
Figura 1-3: Unidad Educativa Provincia de Pastaza.....	19
Figura 2-3: Unidad Educativa PCEI. Monseñor Alberto Zambrano Palacios.....	20
Figura 3-3: Unidad Educativa Bilingüe Amauta Ñanpi.	20
Figura 4-3: Unidad Educativa Fray Álvaro Valladares.	21
Figura 5-3: Unidad Educativa Nuestra Señora de Pompeya.	21
Figura 6-3: Unidad Educativa 12 de mayo.	22
Figura 7-3: Unidad Educativa Primero de Mayo.	22
Figura 8-3: Unidad Educativa Francisco de Orellana.	23
Figura 9-3: Unidad Educativa Andoas.	23
Figura 10-3: Unidad Educativa San Vicente Ferrer.	24
Figura 11-3: Unidad Educativa Ing. Eduardo Vásconez.	24
Figura 12-3: Unidad Educativa CECIB. Ñucanchi Allpa.....	25
Figura 13-3: Unidad Educativa Vera Cruz.	25
Figura 14-3: Unidad Educativa Monseñor Leónidas Proaño.	25
Figura 15-3: Escuela General Básica Enrique Vacas Galindo.	26
Figura 16-3: Colegio PCEI. Latinoamérica.....	26
Figura 17-3: Unidad Educativa Particular Amazónica.....	27
Figura 18-3: Unidad Educativa PCEI. Harvard.....	27
Figura 19-3: Unidad Educativa PCEI. 13 de abril.....	28
Figura 20-3: Escuela General Básica Magic School	28
Figura 21-3: Unidad Educativa Ana Páez.	29
Figura 22-3: Unidad Educativa Juan Abel Echeverría.	29
Figura 23-3: Unidad Educativa FAE N ^o 5.	30
Figura 24-3: Unidad Educativa Jorge Icasa.....	30
Figura 25-3: Unidad Educativa Once de noviembre.	30
Figura 26-3: Unidad Educativa Luis Fernando Ruiz.....	31
Figura 27-3: Unidad Educativa Victoria Vásconez – Simón Bolívar – Elvia.....	31
Figura 28-3: Unidad Educativa Isidro Ayora.	32

Figura 29-3: Unidad Educativa Vicente León.....	32
Figura 30-3: Escuela de Educación Básica Luis Fernando	33
Figura 31-3: Unidad Educativa Primero de abril.	33
Figura 32-3: Escuela de Educación Básica Club Rotario.....	34
Figura 33-3: Escuela de Educación Básica Lic. Jaime Andrade	34
Figura 34-3: Unidad Educativa Sagrado Corazón de Jesús.....	35
Figura 35-3: Unidad Educativa Hermano Miguel.	35
Figura 36-3: Unidad Educativa San José La Salle.	35
Figura 37-3: Unidad Educativa Dr. Trajano Naranjo Iturralde.	36
Figura 38-3: Unidad Educativa Dr. José María Velasco Ibarra.	36
Figura 39-3: Unidad Educativa 14 de julio – Juan Abel Echeverría.....	37
Figura 40-3: Unidad Educativa César Viera.	37
Figura 41-3: Detector E-PERM.....	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Dosis Efectiva Anual debido a inhalación de los lugares abiertos de las Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01.	51
Gráfico 2-4: Dosis Efectiva Anual debido a inhalación de los lugares abiertos de las Unidades Educativas del Distrito de Educación 05D01.	54
Gráfico 3-4: Dosis Efectiva Anual debido a inhalación de los lugares cerrados de las Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01.	57
Gráfico 4-4: Dosis Efectiva Anual debido a inhalación de los lugares abiertos de las Unidades Educativas del Distrito de Educación 05D01.	60
Gráfico 5-4: Comparación de las Dosis Efectivas Anuales de los lugares abiertos y cerrados del Distrito de Educación 16D01.	61
Gráfico 6-4: Comparación de las Dosis Efectivas Anuales de los lugares abiertos y cerrados del Distrito de Educación 05D01.	62
Gráfico 7-4: Comparación de las Dosis Efectivas Anuales de los lugares abiertos del Distrito de Educación 05D01 y 16D01.....	63
Gráfico 8-4: Comparación de las Dosis Efectivas Anuales de los lugares cerrados del Distrito de Educación 05D01 y 16D01.....	64

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A** AUTORIZACIÓN DEL DISTRITO DE EDUCACIÓN 16D01
PASTAZA-MERA-SANTA CLARA.
- ANEXO B** AUTORIZACIÓN DEL DISTRITO DE EDUCACIÓN 05D01
LATACUNGA.
- ANEXO C** CERTIFICACIÓN DEL DETECTOR E-PERM.
- ANEXO D** MODELO DE ENCUESTA A REALIZARSE.
- ANEXO E** MODELO DE HOJA DE TRABAJO PARA RECOGER DATOS.

RESUMEN

El presente trabajo consiste en comparar la Dosis Efectiva debido a la inhalación de gas Radón (^{222}Rn) en las Unidades Educativas de los Distritos de Educación 16D01 Pastaza-Mera-Santa Clara y 05D01 Latacunga, este estudio se llevó a cabo en las provincias de Pastaza y Cotopaxi. Se eligió 20 Unidades Educativas de cada Distrito de Educación, tomando en cuenta la infraestructura, fecha de creación y población estudiantil. Para llevar a cabo la recolección de datos, se usó los detectores pasivos E-PERM que poseen una configuración SLT, es decir está compuesta por una cámara de ionización de corto tiempo (S) y un detector de largo tiempo (LT). En cada establecimiento se ubicó dos detectores, seleccionando el lugar de recolección, considerando parámetros como: ventilación, tipo de material de construcción y acceso público, en base a estos parámetros se denominó lugar cerrado, es decir su acceso es limitado y el otro en un lugar abierto, en la cual existe fluctuación de gente. Los detectores se dejaron en cada institución durante un período de 15 días. Los datos obtenidos en ambos Distritos de Educación nos dieron Dosis Efectivas, las cuales no sobrepasan el límite establecido de 0.1 mSv/año. Para establecer una comparación estadística entre las Dosis Efectivas se usó la prueba T de Student, la misma dio como resultado, que las Dosis Efectivas debido a la inhalación de Gas Radón obtenidas en el Distrito de Educación 16D01 Pastaza-Mera-Santa Clara son mayores que las Dosis Efectivas debido a la inhalación de Gas Radón del Distrito de Educación 05D01 Latacunga. Se recomienda capacitar al personal de las Unidades Educativas respecto a la procedencia u origen del Gas Radón (^{222}Rn) en donde se puede concentrar y las consecuencias que, el mismo puede provocar a la salud.

Palabras claves: <BIOFÍSICA>, <GAS RADÓN (^{222}Rn)>, <DETECTORES E-PERM>, <DOSIS EFECTIVA>, <INHALACIÓN> <UNIDADES EDUCATIVAS>, <PASTAZA (PROVINCIA)>, <COTOPAXI (PROVINCIA)>.

SUMMARY

The present work consists in comparing the Effective Dose due to the inhalation of Radon gas (^{222}Rn) in the Educational Units of the Education Districts 16D01 Pastaza-Mera-Santa Clara and 05D01 Latacunga, this study was carried out in the provinces of Pastaza and Cotopaxi. 20 Educational Units of each Education District were chosen, taking into account their infrastructure, creation date, and student population. To carry out data collection, passive E-PERM detectors that have an SLT configuration were used, that is, it is composed of a short-time ionization chamber (S) and a long-time detector (LT). In each establishment two detectors were located, selecting the place of collection, considering parameters such as: ventilation, type of construction material and public access, based on these parameters it was called a closed place, that is, its access is limited and the other in an open place, in which there is fluctuation of people. The detectors were left at each institution for a period of 15 days. The data obtained in both Education Districts gave us effective doses, which do not exceed the established limit of 0.1 mSv / year. To establish a statistical comparison between the Effective Dose, the Student's T-test was used, which resulted in the fact that the Effective Dose due to the inhalation of Radon Gas obtained in the Education District 16D01 Pastaza-Mera-Santa Clara is greater than Effective Doses due to the inhalation of Radon Gas from Education District 05D01 Latacunga. It is recommended to train the staff of the Educational Units regarding origin of Radon Gas (^{222}Rn) where it can be concentrated and the consequences that it can cause to health.

Key words: <BIOPHYSICS>, <RADON GAS (^{222}Rn)>, <E-PERM DETECTORS>, <EFFECTIVE DOSE>, <INHALATION> <EDUCATIONAL UNITS>, <PASTAZA (PROVINCE)>, <COTOPAXI (PROVINCE)>.

INTRODUCCIÓN

Cuando se formó la Tierra los isótopos de Uranio ya se encontraban en la corteza terrestre, el viento o la lluvia fragmentan las rocas, por lo cual el Uranio pasa a formar parte del suelo, el ^{238}U decae a través de una cadena radiactiva, la cual emite radiación. El Uranio es un elemento de origen, mientras que el torio resulta de un decaimiento, dichos elementos resultantes se denominan productos de transformación, este decaimiento terminará al llegar a un elemento estable. El radón resulta de la desintegración del ^{238}U , es gas inerte y se lo denomina gas noble. El Uranio está en el suelo en forma sólida, al decaer se transforma en Radón, pero este elemento es un gas, por lo cual emerge hasta la superficie (ATSDR 1999, p. 5-6).

El Radón con la ayuda del aire tiende a estar disperso en la atmósfera, el porcentaje de radiación artificial constituye un 13%, mientras que la radiación natural corresponde a un 87% respectivamente. Es importante el estudio del radón, debido a que proporciona un 47 % de la dosis equivalente total que recibe el ser humano, al estar expuesto a radiación natural (NTP 533 1999, p. 2).

En vista que el Uranio decae sobre la superficie terrestre el valor medio de la concentración de gas radón depende de los materiales de construcción usados para cada edificación, tipo de ventilación y características propias de la zona como lo son; temperatura, presión y ubicación geográfica. Dicha exposición puede provocar lesiones a los tejidos vivos, tomando en cuenta que el cuerpo posee un mecanismo para reparar o reconstruir hasta un cierto límite, al exceder dicho límite puede dar origen a la aparición de cáncer, esto va a depender de la cantidad de dosis que este recibiendo o inhalado (NTP 533 1999, p. 4-5).

Las causas de altas concentraciones de Radón se han reportado debido a condiciones especiales de los espacios habitables (hermetismo, o la carencia de ventanas y ventilación), puesto que el gas radón puede ingresar al tracto respiratorio mediante inhalación y acumularse en nuestro organismo, esto puede conllevar a producir un efecto probabilístico o determinístico, dicho efecto se manifiesta después de haber transcurrido un determinado tiempo.

El gas Radón fue declarado en 1998 por la Agencia Internacional de la Investigación sobre el Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de la Salud como elemento cancerígeno Tipo I, para los seres vivos (Santillán 2018). Las investigaciones más frecuentes en todo el mundo para determinar la concentración de gas radón se han dado en escuelas y jardines, debido a que los niños son más radiosensibles que las personas adultas.

Este trabajo se llevó a cabo en las Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01 Pastaza-Mera-Santa Clara en la ciudad del Puyo, así como también en los establecimientos educativos del Distrito de Educación 05D01 Latacunga en la provincia de Cotopaxi, se realizó una comparación de dosis efectivas (H) de gas radón, para establecer niveles de dosis efectiva a la que están expuestos los maestros, estudiantes y trabajadores de cada Unidad Educativa, tomando en cuenta la ubicación geográfica.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación.

Según (Canoba, A. C., Arnaud, M.I., López, F.O. y Oliveria 1998) se realizó un estudio para medir las concentraciones de gas radón en el interior de viviendas en Argentina, se analizaron 1630 viviendas desde el año 1983 hasta 1998. Las ciudades donde se realizó el estudio fueron elegidas debido a sus diferencias geológicas, la recolección de datos se obtuvo usando métodos como: detectores de carbón activado, detectores de traza nucleares y detectores electrets. Por otro lado, los materiales de construcción de las viviendas fueron: hormigón armado y ladrillo; como resultado se obtuvo que, la media promedio hallada en cada ciudad no superaban los 50 Bq/m³, pero el valor promedio de la República de Argentina es de 33 Bq/m³ y estarían expuestos a una dosis anual de 0.83 mSv.

Según (Canoba et al. 2002) se realizó mediciones de gas radón intramuros en las viviendas de distintos países Latinoamericanos como lo son: Ecuador (68 viviendas), Perú (66 viviendas), Argentina (2062 viviendas), Brasil (250 viviendas), Venezuela (69 viviendas) y México (382 viviendas) para lo cual se utilizaron técnicas diferentes que complementaron el estudio y se reportó niveles bajos de radón en el interior de las viviendas. Al analizar la media de la concentración de Radón dio como resultado un valor por debajo de los límites permisibles de 148 Bq/m³.

Según (Ďurčik et al. 1997) se realizó un estudio en las escuelas y jardines de infancia de la República de Eslovaca para determinar las concentraciones de radón equivalentes (EER), dicha investigación se lo llevo a cabo en 645 edificaciones. Los datos dieron como resultados que el nivel de acción de EER es superior en 16 establecimientos educativos, estos datos fueron tomados a largo plazo. La dosis efectiva anual que se estima para las personas que acuden con frecuencia al jardín de infancia era de 7 mSv y 10 mSv respectivamente.

En algunas regiones las escuelas y jardines de niños presentan concentraciones de radón más altas que el promedio de concentración en viviendas, las mediciones se llevó a cabo en 2173 escuelas de seis regiones italianas, utilizaron dosímetros pasivos, de igual forma se realizaron encuestas

para complementar información referente al suelo y ubicación geográfica. Estos resultados sirvieron para obtener un mapeo de radón en las distintas regiones (Gaidolfi et al. 1998).

Según (Santillán C., 2019) se realizó un monitoreo de gas radón en las Unidades Educativas con infraestructura antigua en la ciudad de Riobamba, la muestra estudiada es de 23 establecimientos educativos. Se utilizó detectores pasivo ALPHA-E, al recolectar datos, los dosímetros fueron colocados en la primera planta de cada institución, se monitoreaba durante 8 días las escuelas con infraestructura antigua, en cambio para las escuelas con infraestructura moderna se monitoreaba durante 4 días. La concentración hallada en 22 unidades Educativas fue menor a la mitad de los niveles de referencia excepto la Unidad Educativa San Felipe Neri que superó los niveles de referencia.

1.2. Identificación del problema

No existe un reglamento para la radiación natural pero la Agencia de Protección Ambiental (EPA) sugiere que la concentración de gas radón dentro de viviendas sea menor a 4 pCi/L (NTP 440 2000, p. 1-2)

La radiación natural es una característica intrínseca del ambiente: rayos cósmicos, elementos radiactivos que se encuentran en la corteza terrestre, en el interior del cuerpo humano (como es ^{40}K y ^{14}C), en los alimentos, entre otros. El suelo es una de las principales fuentes de radiación de origen natural (dependiendo de la composición geológica del lugar), el principal elemento que aporta a la exposición de la población es el radón (^{222}Rn), este radioisótopo surge de la descomposición de Uranio (^{238}U). El radón es un gas noble imperceptible, debido a sus características: incoloro, inodoro e inerte. Migra del suelo, agua y materiales de construcción por distintos procesos: difusión molecular o convección y tiende a acumularse en lugares cerrados como residencias, lugares de trabajo, minas, escuelas, etc.

El radón (gas) emite partículas alfa, sus descendientes de vida corta (sólidos): ^{218}Po , ^{218}At , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po , son emisores de partículas alfa. Las partículas alfa, debido a su masa, son poco penetrantes, pero a su paso producen una gran cantidad de iones debido a su doble carga positiva. Cuando el radón o sus descendientes ingresan al tracto respiratorio, las partículas alfa interaccionan con los tejidos internos produciéndose la ionización del tejido y/o dependiendo de la energía de la partícula, la ruptura de cadenas de ADN. Si las células que contienen el ADN alterado se replican, se pueden convertir en tejido cancerígeno.

Los niveles más altos de concentración de radón se encuentran en viviendas, específicamente en cuartos o pisos subterráneos, la concentración difiere del lugar de la edificación, en lugares profundas como en minas existe más cantidad de gas radón (NTP 440 2000)

El radón ha sido clasificado dentro de la lista de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el Agente cancerígeno número uno. Es la primera causa de cáncer de pulmón para los no fumadores y en el caso de los fumadores duplica las probabilidades de adquirir la enfermedad (OMS, 2017). El cáncer de pulmón varía entre un 3% y un 14%, en función de la concentración media de radón.

1.3. Justificación del problema

En las ciudades del Puyo y Latacunga no se han realizado estudios que permitan la determinación de la concentración de gas radón en viviendas y lugares de trabajo, por lo cual es de suma importancia llevar a cabo la realización de estos estudios en dichas ciudades, específicamente por sus características y ubicación geográfica, Por este motivo el presente estudio propone el cálculo y monitoreo de la dosis efectiva de gas Radón en los establecimientos educativos con infraestructura antigua.

La ciudad del Puyo es la capital de la Provincia de Pastaza, pertenece a la región oriental, tiene un clima cálido-húmedo, la misma que varía desde 18 °C a 24 °C, con una altura de 940 a 952 m.s.n.m. Latacunga posee un clima templado-frío de 13 °C, pertenece a la región Sierra y su altitud es de 2850 m.s.n.m.

Cada distrito goza de características particulares, por lo que se propone realizar una comparación entre la dosis efectiva monitoreada para confirmar si existe diferencia tomando en cuenta parámetros como: gradiente de temperatura, humedad y presión.

Para medir la concentración de radón se utilizará la técnica de largo tiempo, la cual implica exponer al detector E-PERM durante un período previamente establecido de 15 días.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Comparar la dosis efectiva debido a la inhalación de gas Radón (^{222}Rn) en las Unidades Educativas de los Distritos de Educación 16D01 Pastaza – Mera - Santa Clara y 05D01 Latacunga.

1.4.2. Objetivos específicos

- Clasificar y seleccionar las Unidades Educativas de los Distritos de Educación Pastaza-Mera-Santa Clara y Latacunga de acuerdo a la antigüedad que posee su infraestructura y su ubicación geográfica.
- Realizar las mediciones de la concentración de gas Radón (^{222}Rn) en las Unidades Educativas previamente seleccionadas.
- Calcular la dosis efectiva que reciben las personas que frecuentan los lugares estudiados debido a la inhalación del gas.
- Establecer una comparación adecuada entre las dosis efectivas calculadas, en base a un modelo estadístico adecuado.

CAPÍTULO II

2) MARCO TEÓRICO

2.1. Radiactividad

2.1.1. Radiación Ionizante

La radiación ionizante se encuentra dispersa en la Tierra la misma, está constituida por rayos cósmicos, provenientes del espacio, también se encuentra en el aire, agua, suelo en forma de emisiones de Uranio y sus hijos, como es el ^{222}Rn (Cherry 2002).

La radiación es ionizante cuando las partículas interactúan con la materia (NTP 614 2005), es decir se produce la separación del electrón, ya sea del átomo o de la molécula, dicha interacción se da en base a la fuerza de Coulomb. Esta fuerza realiza la función de atraer o repeler los electrones de los átomos y moléculas (Cherry 2002).

2.1.2. Fuentes de radiación

La radiación está presente en todo el ambiente y proviene de distintas fuentes, ya sea, natural o artificial, a la cual están expuestos los seres vivos diariamente (Crick 2016). El uso de la radiación ionizante se lo permitirá siempre que exista un factor de riesgo-beneficio para el ser humano (NTP 614 2005, p. 6)

2.1.2.1. Radiación Natural

Desde que se originó la Tierra, el hombre ha estado expuesto a radiación natural, procedente del espacio exterior en forma de rayos cósmicos, material radiactivo que constituye la corteza terrestre, en los alimentos (^{40}K) y materiales de construcción, estos últimos que se utilizan para la elaboración de edificios, en los cuales el ser humano pasará la mayor parte del tiempo, ya sea por trabajo o vivienda; también otra fuente de radiación natural es el (^{14}C) el mismo que se encuentra en el interior del ser humano (ENRE S. A. 2003, p. 3-5-6). No se puede evitar la exposición de la radiación ionizante por medio de fuentes naturales, debido a que se encuentra dispersa en todo el ecosistema e incluso en nuestro cuerpo, la dosis efectiva anual media es de 2.4 mSv por persona a nivel mundial, tomando en cuenta que existirá una incertidumbre dependiendo del lugar donde habiten (Crick 2016, p. 28-29-30)

Tabla 1-2: Dosis efectiva anual debido a la exposición de fuentes naturales.

Dosis efectiva anual debido a fuentes naturales		
Exposición	Fuente	Dosis efectiva (mSv/año)
Externa	Rayos cósmicos	0.4
	Rayos gamma terrestres	0.5
Interna	Inhalación	1.2
	Ingestión	0.3
Total		2.4

Fuente : (UNSCEAR, 2000) referenciado en (ENRE S. A. 2003)

Realizado por: Allauca, Paola;2019

2.1.2.2. Radiación Artificial

Estas fuentes son creadas o manipuladas por medio de herramientas, máquinas, creadas por la mano del hombre durante el transcurso del tiempo, aumentado su utilización de manera evidente, en la medicina tenemos: rayos X para diagnóstico, radioterapia, medicina nuclear y braquiterapia para tratar enfermedades cancerígenas, otras aplicaciones como en la industria, centrales nucleares para la producción de energía y para realizar investigaciones (Medina y Reyes 2002, p. 1-2).

Tabla 2-2: Valores de dosis efectivas anuales de diferente procedencia.

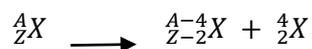
Fuente	Dosis efectiva anual (mSv)
Fondo Natural	2.4
Diagnóstico médico	0.4
Pruebas con explosiones nucleares en la atmósfera.	0.005
Accidente de Chernobyl	0.002
Producción de energía nuclear	0.0002

Fuente: (ENRE S. A. 2003, p. 3-4)

Realizado por: Allauca, Paola;2019

2.1.3. Decaimiento Alpha

La desintegración Alpha (α) es la emisión de un núcleo de Helio, el cual posee dos protones con carga positiva unidos a dos neutrones (Mook 2002, p. 3).



[1]

Esta desintegración se lleva a cabo en elementos pesados como, por ejemplo: las series del Uranio (U) y Torio (Th) o Radio (Ra), los mismos que tienen energías que oscilan entre 3 Mev a 9 Mev. Las partículas alfa se caracterizan por tener alta transferencia lineal de energía (LET), pero un poder de penetración bajo, debido a ello, pueden ser detenidas o frenadas por una hoja de papel y por la capa exterior del cuerpo humano denominado epidermis, por lo cual no es perjudicial, siempre que no se introduzca por otros medios como son heridas y alimentos. Son muy ionizantes, lo cual les permite interactuar con cualquier partícula que se encuentre durante el recorrido o átomos que componen el aire (Medina y Reyes 2002).

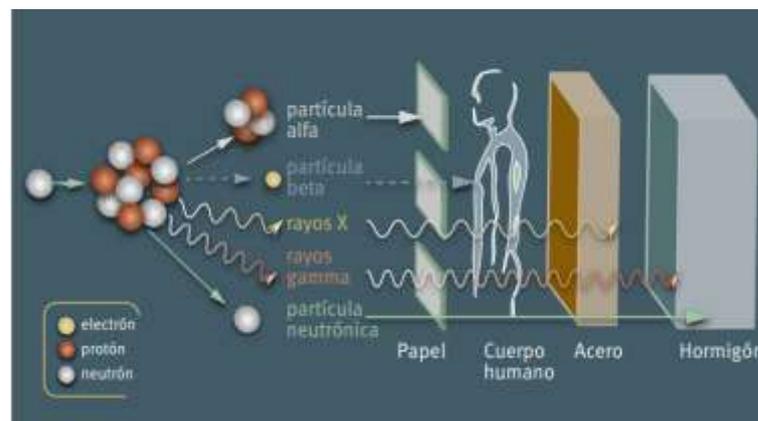


Figura 1-2: Poder de penetración de las partículas
Fuente : Crick, 2016, fig. 6)

2.2. Generalidades del Radón

2.2.1. Historia del Radón

Otorgarle el crédito verdadero al descubridor de un elemento no es sencillo, debido a que existen varias personas que contribuyen a dicho estudio, pero el renombre se lo lleva la persona que primero publique su artículo. De acuerdo a la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada informó que el descubrimiento del radón fue en el siglo XX, por el físico alemán Ernst Friedrich Dorn, en 1900, tras estudiar la radiación emitida por elementos radiactivos, de igual forma se observó que el radio y torio emite la misma sustancia radiactiva, este fenómeno se lo considera como “emanación” (Marshall y Marshall 2003) (Santillán 2018).

Aunque hay sugerencias las cuales dicen que deberían compartir el crédito con Ernst Rutherford y los Curie. A finales de la primera década del siglo XX, Ramsay y Whytlav -Gray lograron aislar por primera vez gas radón, la misma serviría para conocer distintas propiedades de este elemento

como: peso atómico, densidad y concluyeron que las propiedades radiactivas son distintas a la de su progenie (Barros 2006) (García y Moreno 2018).

De acuerdo al tiempo su nombre varió: “emanación del radio”, “nitón”, “L-niteno”, “brillante” y por último se lo nombra hoy en día “radón”. Posee el Radón 16 isótopos, los cuales se dividen en tres naturales (^{219}Rn , ^{220}Rn y ^{226}Rn) y trece obtenidos en laboratorio (^{204}Rn , ^{206}Rn , ^{207}Rn , ^{208}Rn , ^{209}Rn , ^{210}Rn , ^{211}Rn , ^{212}Rn , ^{215}Rn , ^{216}Rn , ^{217}Rn , ^{218}Rn y ^{221}Rn) (Garzón 2009).

El Radón en 1912, fue incluido por la Comisión Internacional de Pesos Atómicos como un nuevo elemento, de la misma manera en 1923 autorizaron los nombres de Radón (Rn), Torón (Tn) y Actinón (An), forman parte de los gases nobles y se encuentran en la parte inferior de la tabla periódica (Laughlin 2012)

2.2.2. Propiedades Físicas y Químicas del Radón

Propiedades Físicas

Se determina al Radón con el isótopo ^{222}Rn , la misma que forma parte de la cadena de desintegración del ^{238}U . Existen también dos isótopos más de origen natural que proviene de la cadena radiactiva del Thorio (^{232}Th) y del Uranio (^{235}U), los cuales son el ^{220}Rn o también conocido como torón y el ^{219}Rn o actinon, los elementos que se encuentran en la cadena radiactiva como muestra la Figura 2-2, varían los tiempos de vida media desde los microsegundos hasta miles de años (NTP 533 1999).

Las cadenas radiactivas del (^{238}U), (^{232}Th) y (^{235}U) respectivamente se encuentra en desequilibrio, por ende, tiende a desintegrarse hasta llegar a un elemento radiactivamente estable, como lo son (^{206}Pb), (^{207}Pb) y (^{208}Pb). Al determinar la masa molecular se concluyó que el gas radón es monoatómico (Garzón 2009).

El ^{219}Rn tiene un tiempo de vida media de 3.98 segundos y la del ^{220}Rn es de 55.8 segundos por lo cual no es perjudicial para la salud, debido a que decaerá rápidamente, en cambio el ^{222}Rn tiene un tiempo de vida media de 3.8232 días, el cual puede ser peligroso para la salud al estar expuesto a altas concentraciones.

Tabla 3-2: Características de los tres isótopos naturales.

Parámetros	Simbología	^{222}Rn	^{220}Rn	^{219}Rn
Denominación		Radón	Torón	Actinón
Tiempo de vida media	$T_{1/2}$	3.8232 d	55.8 s	3.98 s.
Constante de decaimiento	λ	$2.098\text{E-}6\text{ s}^{-1}$	$1.242\text{E-}2\text{ s}^{-1}$	$1.742\text{E-}1\text{ s}^{-1}$
Promedio de energía de retroceso	E_r	86 keV	103 keV	104 keV
Actividad específica	A_m	$5.69\text{E}15$ Bq/g	$34.00\text{E}18$ Bq/g	$478.9\text{E}18$ Bq/g
Coefficiente de difusión en aire	D_a	$1\text{E-}5\text{ m}^2/\text{s}$		
Coefficiente de difusión en agua	D_w	$1\text{E-}9\text{ m}^2/\text{s}$		
Energía alfa	Q^α	5590.3keV	6404.7 keV	6946.1 keV

Fuente: (Tene, 2017: pp. 6), referenciado en (Guapizaca 2018).

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Propiedades Químicas

El Rn es un gas radiactivo incoloro, insípido, soluble en agua, pero denso en el aire. El radón en la tabla periódica forma parte de los gases nobles a pesar que presenta un comportamiento como metaloide (Santillán 2018).

No interactúa con ningún otro elemento debido a que es un gas inerte, posee una densidad (0 °C y 1 at) de 9.73 kg/m, Hoy en día se sintetiza gas radón, los cuales son utilizados en el campo médico para tratar enfermedades como el reumatismo y radiculitis (Garzón 2009)

Tabla 4-2: Propiedades químicas del radón.

Características	Especificación
Fórmula molecular	Rn
Número atómico	86
Peso molecular	222
Configuración electrónica	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶
Niveles electrónicos	2, 8, 18, 32, 18, 8
Orbital externo	6p ⁶
Número de valencia	Se postulan: +4, +6, +8
Primer potencial de ionización	10.75 eV
Temperatura de fusión	-71 °C
Temperatura de ebullición	-61 °C
Densidad en estado gaseoso	9.73 g/L
Gravedad específica en estado líquido	4.4 (-62 °C)
Gravedad específica en estado sólido	4.0
Compuestos complejos	Rn.6H ₂ O, Rn. 2C ₆ H ₅ OH, Rn. 2C ₆ H ₅ CH ₃
Compuestos inorgánicos	RnF ₂ , RnF ₄ , RnCl ₄
Propiedades organolépticas	Incoloro, inodoro, insaboro

Fuente: (Garzón 2009, p. 21)

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

2.2.3. Efectos Biológicos por inhalación del ²²²Radón

El radón proporciona un riesgo biológico a la salud, debido a su origen natural no se lo puede evitar, tiene gran facilidad de ingresar al cuerpo humano mediante inhalación, dicho gas es radiactivo, es decir sufre varias desintegraciones, las mismas que dan origen a distintos elementos derivados del radón conocidos como: hijos del radón, los mismos que tienen características radiactivas que pueden causar alteraciones en las células basales sensibles, esta desintegración se llevará a cabo hasta decaer en un elemento estable, el proceso de desintegración lleva consigo, una liberación de energía la cual es perjudicial para el ser humano (Barros et al. 2002).

Los productos de desintegración del radón (PDR), producen partículas que se acoplan a productos aerosol o se combinan en el aire y se mantienen como átomos libres en el ambiente, mediante la inhalación dichos átomos son transportados por las vías respiratorias y se sedimentan en las células blanco del epitelio bronquial, ionizando partes del ADN de las células, dando origen a un reordenamiento cromosómico que conllevará a una mutación en la célula, la misma que dará como consecuencia cáncer de pulmón a largo tiempo (UNSCEAR 2008) (Hidrovo 2019).

2.2.4. Mecanismo de transporte de radón

Un producto de desintegración del ²²⁶Ra es el ²²²Rn, el cual puede transportarse de un lugar a otro mediante dos procesos: convección y difusión. La convección depende del gradiente de presión. Los mecanismos encargados en la obtención de dicho gradiente son: (Robinson, 1996: pp. 39-42) referenciado (Hidrovo 2019).

- La interacción del viento con el suelo
- La calefacción

Se asume que el radón es un fluido, por ende, obedece a la Ley de Fick, el cual nos dice que el flujo [j], migra desde regiones de alta concentración a regiones de baja concentración, con una magnitud proporcional al gradiente de concentración de radón. El flujo fluctuante [u'] en una dirección es compensado por otro flujo u' de la misma magnitud en dirección opuesta (Keskikuru 2018).

A continuación, se detalla una ecuación de flujo bidimensional:

$$j = c_1 u' - c_2 u' = -u' \Delta c \quad [2]$$

Donde:

j : cantidad de radón por unidad de área por unidad de tiempo.

c : Concentración de radón

u' : flujo fluctuante

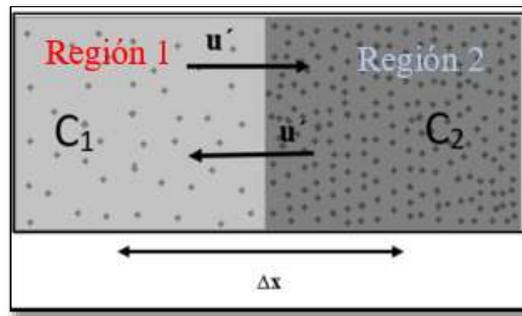


Figura 3-2: Difusión bidimensional de la concentración de radón en distintas regiones.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

2.3. Detectora E-PERM

Son dispositivos pasivos que están compuestos por una cámara de ionización y un electret. Un E-PERM es un recipiente en forma de taza, que tiene en su parte inferior un electret y en la parte superior tiene una abertura que posee un filtro.

El material con el cual está construido el electret es de teflón, el cual ayudará a recolectar y medir los iones producidos dentro de la cámara de ionización, de igual forma, dicho material contribuye para que permanezca estable e incluso en condiciones bajas externas de humedad y temperatura. Los electrets están cargados positivamente, lo cual repelen los productos de desintegración cargados de gas Radón (^{222}Rn) a la superficie de las paredes, de la misma manera una pequeña cantidad de los productos de desintegración que se vuelven neutrales bajo condiciones húmedas, se ubican en las paredes, mediante el proceso de difusión. El gas radón (^{222}Rn) y los productos de desintegración entran por la parte superior, a través del filtro, en su interior se generan iones que son capturados debido a un fuerte campo electroestático producido por la carga del electret. La reducción de la carga del electret es debido a la exposición a gas radón durante un intervalo de

tiempo. El proceso de recolección de iones en los detectores E-PERM, es independiente de la humedad hasta un potencial de superficie de 100 V.

Se cuantifica los valores mediante la medición de las ionizaciones producidas dentro de la cámara PERM, por el gas radón y sus progenies. La lectura de los detectores E-PERM se lo realiza de manera inmediata, de igual forma se puede medir repetidamente el proceso de lectura sin que se produzca un daño en la señal del electret.

Potencial del electret

El potencial del electret está relacionado aproximadamente con la carga total del electret, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$Qa = \left(\frac{E0 * A * E * V}{T} \right)$$

Donde:

Qa: Es la densidad de carga

E0: Permitividad del espacio

A: Área del electret

E: Constante dieléctrica del teflón

V: Potencial superficial

T: Espesor del electret

Sensibilidad de los E-PERM

Los parámetros principales que ocasionan variación en la sensibilidad y el rango de E-PERMS depende de:

- El espesor del electret.
- El volumen de la cámara del electret.

Si el E-PERM tiene mayor volumen es más sensible, porque abarca mayor cantidad de gas radón (^{222}Rn).

CAPÍTULO III

3) MARCO METODOLÓGICO

3.1. Unidades Educativas a investigar

Se escogieron 20 Unidades Educativas del Distrito de Educación Pastaza Mera-Santa Clara y Latacunga. Para la selección se tomó en cuenta el año de creación, así como el número de estudiantes que asisten normalmente a clases.

Tabla 1-3: Unidades Educativas del Distrito de Educación Pastaza-Mera-Santa Clara.

Nº	Nombre del establecimiento educativo	Fecha de creación	Nº de estudiantes
1	U.E. Provincia de Pastaza	11/11/1980	747
2	U.E. PCEI. Alberto Zambrano Palacios	07/02/1990	661
3	U.E. Bilingüe Amauta Ñanpi	15/10/1991	690
4	U.E. Fray Álvaro Valladares	15/05/1914	1490
5	U.E. Nuestra Señora de Pompeya	30/05/1949	2294
6	U.E. 12 de Mayo	25/02/1976	1498
7	U.E. Primero de Mayo	24/09/1985	1625
8	U.E. Francisco de Orellana	15/03/1970	1746
9	U.E. Andoas	30/10/1949	1257
10	U.E. San Vicente Ferrer	22/09/1959	1586
11	U.E. Ing. Eduardo Vásquez	17/07/1997	242
12	U.E. CECIB. Ñucanchi Allpa	15/10/1997	98
13	U.E. Vera Cruz	24/09/1980	620
14	U.E. Monseñor Leónidas Proaño	28/10/1989	175
15	E.G.B. Enrique Vacas Galindo	11/09/1914	980

16	Colegio PCEI Latinoamericana	24/01/2002	77
17	U.E. Particular Amazónica	04/03/2005	
18	U.E. PCEI. Harward	22/01/2010	407
19	U.E.PCEI. 13 de Abril	17/06/1974	130
20	E.G.B. Magic School	15/06/2010	81

Realizado por: Allauca, Paola;2019

Tabla 2-3: Unidades Educativas del Distrito de Educación Latacunga.

Nº	Nombre del establecimiento educativo	Fecha de creación	Nº de estudiantes
1	U.E. Ana Páez	12/08/1867	2300
2	U.E. Juan Abel Echeverría	10/10/1980	1300
3	U.E. FAE N° 5	09/09/1941	1543
4	U.E. Jorge Icaza	08/11/1970	993
5	U.E. Once de Noviembre	25/09/1925	1812
6	U.E. Luis Fernando Ruíz	08/09/1980	1909
7	U.E. Victoria Vásquez - Simón Bolívar - Elvira Ortega	21/11/1962	4279
8	E.G.B. Isidro Ayora	12/10/1935	2300
9	U.E. Vicente León	24/05/1843	1200
10	E.G.B. Luis Fernando Vivero	07/10/1901	360
11	U.E. Primero de Abril	30/09/1971	1900
12	E.G.B. Club Rotario	03/10/1982	816
13	E.G.B. Lic. Jaime Andrade Fabára	07/10/1985	602
14	U.E. Sagrado Corazón de Jesús	16/05/1888	530
15	U.E. San José la Salle	18/02/1869	1488
16	U.E. Dr. Trajano Naranjo Iturralde	09/04/1987	950
17	U.E. Dr. José María Velasco Ibarra	10/10/1960	1800

18	U.E. 14 de Julio – Juan Abel Echeverría	17/07/1977	560
19	U.E. Hermano Miguel	24/05/1992	1200
20	U.E. César Viera	07/08/1987	420

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

3.2. Descripción de las Unidades Educativas

3.2.1. Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01 Pastaza – Mera - Santa Clara

Unidad Educativa Provincia de Pastaza

Esta institución fue creada el 11 de noviembre de 1980, cuenta con 747 estudiantes, los mismos que difieren sus edades desde los 3 años hasta los 20 años de edad. Su infraestructura está compuesta por concreto y bloque, su ubicación es Av. Carlo Magno y Gonzáles Suárez.

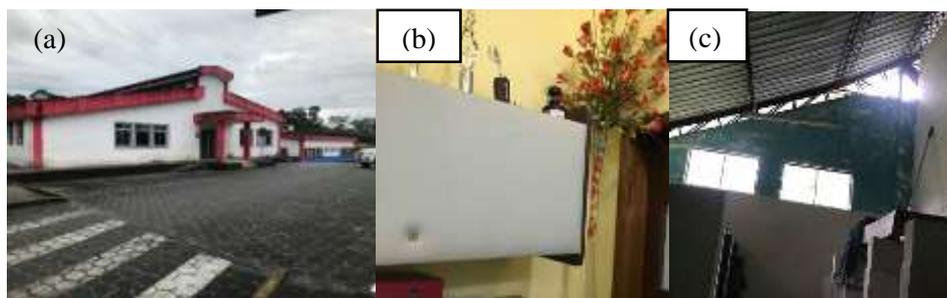


Figura 1-3: Unidad Educativa Provincia de Pastaza.
(b) Secretaría y (c) gimnasio

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa PCEI. Monseñor Alberto Zambrano Palacios

Esta institución fue creada el 7 de febrero de 1990, cuenta con 661 estudiantes, los mismos que difieren sus edades desde los 15 años hasta los 22 años de edad. Su infraestructura está compuesta por concreto y bloque, su ubicación es Av. Gonzáles Suárez.



Figura 2-3: Unidad Educativa PCEI. Monseñor Alberto Zambrano Palacios.
 (a) Secretaría y (b)Rectorado.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Bilingüe Amauta Ñanpi

Esta institución fue creada el 15 de octubre de 1991, cuenta con 690 estudiantes, los mismos que difieren sus edades desde los 3 años hasta los 20 años de edad. Su infraestructura está compuesta por concreto, bloque y piedra, se encuentra ubicada en la Av. Gonzáles Suárez.



Figura 3-3: Unidad Educativa Bilingüe Amauta Ñanpi.
 (b) Inspección y (c) Bodega del coliseo.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Fray Álvaro Valladares

Esta institución fue creada el 15 de mayo de 1914, cuenta con 1490 estudiantes. La Unidad Educativa consta con dos infraestructuras distintas, es decir primaria y secundaria. Los detectores fueron ubicados en la escuela, las edades de los alumnos difieren desde los 3 años hasta los 12 años de edad. Su infraestructura está compuesta por concreto, bloque y estructura metálica, se encuentra ubicada en la Av. 9 de octubre entre Alberto Zambrano.



Figura 4-3: Unidad Educativa Fray Álvaro Valladares.
 (a) Secretaría y (b) Bodega del coliseo.
 Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Nuestra Señora de Pompeya

Esta institución fue creada el 30 de mayo de 1949, cuenta con 2300 estudiantes. La Unidad consta con dos infraestructuras distintas, las mismas que están divididas en primaria y secundaria. Los detectores fueron ubicados en el colegio, las edades de los estudiantes difieren desde los 12 años hasta los 17 años de edad. Su infraestructura está compuesta por hormigón y kilo con cemento, se encuentra ubicada en la Av. 9 de octubre.

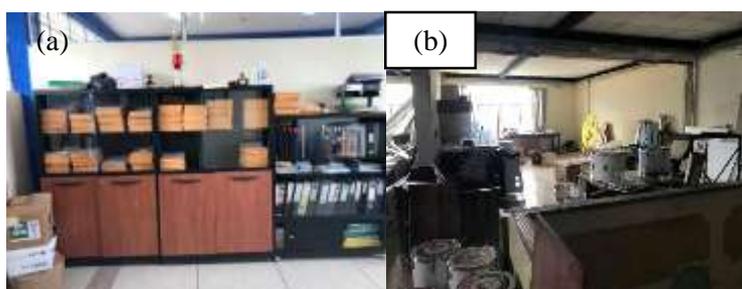


Figura 5-3: Unidad Educativa Nuestra Señora de Pompeya.
 (a) Secretaría y (b) Bodega de instrumentos.
 Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa 12 de Mayo

Esta institución fue creada el 25 de febrero de 1976, cuenta con 1498 estudiantes. En la Unidad las edades de los estudiantes difieren desde los 10 años hasta los 18 años de edad. Su infraestructura está compuesta por bloque y cemento, se encuentra ubicada en la Av. Alberto Zambrano y Amazonas.



Figura 6-3: Unidad Educativa 12 de mayo.

(b) Bodega y (c) Secretaría.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Primero de Mayo

Esta institución fue creada el 24 de septiembre de 1985, cuenta con 1625 estudiantes. Esta Unidad cuenta con dos distintas edificaciones, para la primaria y secundaria. Los detectores fueron ubicados en el colegio, las edades de los estudiantes difieren desde los 12 años hasta los 18 años de edad. Su infraestructura está compuesta por bloque, madera y cemento, se encuentra ubicada en la Av. Cotopaxi y Manabí.



Figura 7-3: Unidad Educativa Primero de Mayo.

(a) Inspección y (b) Colecturía.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Francisco de Orellana

Esta institución fue creada el 15 de marzo de 1970, cuenta con 1746 estudiantes. Esta Unidad cuenta con dos distintas edificaciones, tanto para la primaria y secundaria. Los detectores fueron ubicados en el colegio, las edades de los estudiantes difieren desde los 12 años hasta los 18 años de edad. Su infraestructura es mixta, es decir está compuesta por concreto, bloque y hormigón, se encuentra ubicada en la Calle Sucumbíos y Pindos.



Figura 8-3: Unidad Educativa Francisco de Orellana.

(a) Rectorado y (b) Bodega del coliseo.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Andoas

Esta institución fue creada el 30 de octubre de 1949, cuenta con 1257 estudiantes. En la Unidad las edades de los estudiantes difieren desde los 3 años hasta los 18 años de edad. Su infraestructura es mixta, es decir está compuesta por concreto, bloque, madera y cemento, se encuentra ubicada en la Calle Francisco de Orellana y Cumandá.

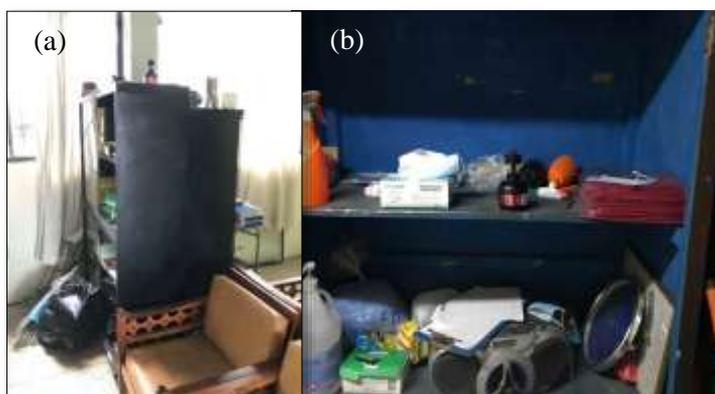


Figura 9- (a) Secretaría y (b) Bodega de limpieza.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa San Vicente Ferrer

Esta institución fue creada el 22 de septiembre de 1959, cuenta con 1586 estudiantes. En la Unidad las edades de los estudiantes difieren desde los 4 años hasta los 17 años de edad. Su infraestructura está compuesta por concreto, hormigón y bloque, se encuentra ubicada en la Calle Seslao Marín y Álvaro Valladares.



Figura 10-3: Unidad Educativa San Vicente Ferrer.
(a) Rectorado y (b) Bodega de alimentos.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Ing. Eduardo Vásconez

Esta institución fue creada el 17 de julio de 1997, cuenta con 242 estudiantes. En la Unidad las edades de los estudiantes difieren desde los 3 años hasta los 12 años de edad. Su infraestructura está compuesta por concreto y bloque, se encuentra ubicada en la Calle Miramelindos y Buyanbillos.



Figura 11-3: Unidad Educativa Ing. Eduardo Vásconez.
(a) Dirección y (b) Bodega.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa CECIB. Ñucanchi Allpa

Esta institución fue creada el 15 de octubre de 1997, cuenta con 98 estudiantes. En la Unidad las edades de los estudiantes difieren desde los 3 años hasta los 13 años de edad. Su infraestructura está compuesta por concreto y bloque, se encuentra ubicada en el sector Ñucanchi Allpa.



Figura 12-3: Unidad Educativa CECIB. Ñucanchi Allpa.
(b) Centro de computación y (c) Secretaría.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Vera Cruz

Esta institución fue creada el 24 de septiembre de 1980, cuenta con 620 estudiantes. La Unidad posee dos edificaciones distintas para la primaria y secundaria. Los detectores fueron ubicados en el colegio y las edades de los estudiantes difieren desde los 11 años hasta los 18 años de edad. Su infraestructura está compuesta por hormigón y madera, se encuentra ubicada en la parroquia Vera Cruz, vía al Tena.



Figura 13-3: Unidad Educativa Vera Cruz.
(b) Secretaría y (c) Departamento de DECE.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Monseñor Leónidas Proaño

Esta institución fue creada el 28 de octubre de 1989, cuenta con 175 estudiantes. las edades de los estudiantes difieren desde los 11 años hasta los 18 años de edad. Su infraestructura está compuesta por hormigón y madera, se encuentra ubicada en la parroquia Vera Cruz, vía al Tena.



Figura 14-3: Unidad Educativa Monseñor Leónidas Proaño.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Escuela General Básica Enrique Vacas Galindo

Fue creada el 11 de septiembre de 1914, cuenta con 980 alumnos, los mismo que varían sus edades desde los 5 años hasta los 15 años de edad. Su infraestructura está construida a base de cemento y bloque, la ubicación de la unidad es Av. Manabí y Bolívar.



Figura 15-3: Escuela General Básica Enrique Vacas Galindo.
(b) Dirección y (c) Bodega de alimentos.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Colegio PCEI. Latinoamericana

Esta institución fue creada el 24 de enero del 2002, su población estudiantil es de 77 alumnos, mismos que varían sus edades desde los 15 años en adelante. Los materiales que se utilizaron para la edificación es hormigón, madera y cerámica. Está ubicada en la Calle Sucre y 9 de octubre.



Figura 16-3: Colegio PCEI. Latinoamérica.
(b) Aula y (c) Secretaría.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Particular Amazónica

Fue creada el 04 de marzo del 2005, cuenta con 68 alumnos, sus edades varían desde los 12 años en adelante. La infraestructura está compuesta por hormigón y bloque. Se encuentra ubicada en la Calle 27 de febrero y 24 de mayo.

(a)

(b)



Figura 17-3: Unidad Educativa Particular Amazónica.

(a) Pasillo y (b) Secretaría.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa PCEI. Harvard

Fue creada el 22 de enero del 2010, cuenta con una población estudiantil de 81 alumnos, sus edades varían desde los 16 años en adelante. La infraestructura está compuesta por hormigón y bloque. Se encuentra ubicada en la Calle 27 de febrero y 24 de mayo.



Figura 18-3: Unidad Educativa PCEI. Harvard.

(b) Aula y (c) Secretaría.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa PCEI. 13 de Abril

Esta Unidad se creó el 7 de junio de 1974, cuenta con 130 alumnos, los cuales varían sus edades a partir de ellos 15 años en adelante. Su jornada de estudio empieza a partir de las 17:00 hasta las 22:00. La edificación está construida con bloque y cemento. Se encuentra entre la Calle Manabí y Chimborazo.



Figura 19-3: Unidad Educativa PCEI. 13 de abril.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Escuela General Básica Magic School

La Escuela fue creada el 15 de junio del 2010, cuentan con 81 estudiantes, los mismos que varían sus edades los 18 meses de edad hasta los 5 años de edad. La institución está construida con concreto y bloque y se encuentra ubicada en la Calle Tungurahua y Cumandá.



Figura 20-3: Escuela General Básica Magic School
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

3.2.2. Unidades Educativas del Distrito de Educación 05D01 Latacunga

Unidad Educativa Ana Páez

Esta institución nace en el año 1867, cuenta con 2300 alumnos, las edades de los mismos varían entre 3 años hasta los 18 años de edad, es decir ofrece los siguientes niveles de educación: Inicial, Educación Básica y Bachillerato. Cuenta con tres establecimientos educativos en distintos lugares, su infraestructura está conformada por hormigón y losa. Se encuentra ubicada en la Av. Iberoamericana y 5 de junio.

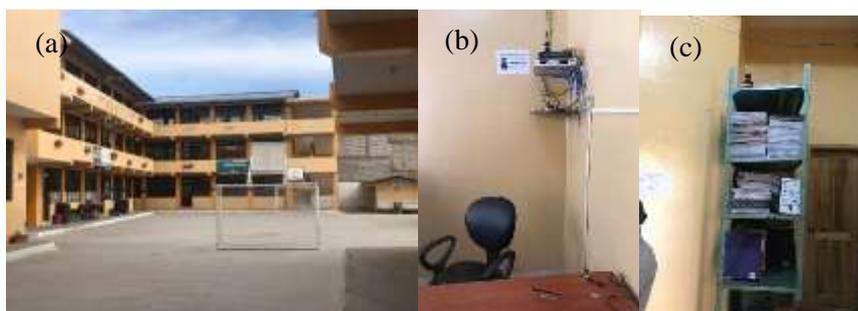


Figura 21-3: Unidad Educativa Ana Páez.

(b) Inspección y (c) Secretaría.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Juan Abel Echeverría

Esta Unidad fue creada el 10 de octubre de 1980, cuenta con 1300 alumnos, las edades de los estudiantes varían desde los 3 años hasta los 18 años de edad. La edificación está compuesta por bloque, hormigón y estructura metálica. Se encuentra ubicada en la Av. Simón Rodríguez y Honduras.



Figura 22-3: Unidad Educativa Juan Abel Echeverría.

(b) Sala de profesores y (c) Bodega de alimentos.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa FAE N° 5

La Unidad fue creada en septiembre de 1941, su población estudiantil es de 1543, sus edades oscilan entre los 4 años hasta los 17 años de edad. La infraestructura está conformada por bloque y concreto, Se encuentra ubicada en la Calle Los Aguiluchos.



Figura 23-3: Unidad Educativa FAE N° 5.
 (b) Sala de profesores y (c) Secretaría.
 Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Jorge Icaza

La Unidad fue creada el 8 de noviembre de 1970, cuenta con 993 alumnos, sus edades varían desde 3 años hasta los 17 años de edad. La infraestructura está conformada por bloque y hormigón, se encuentra ubicada en la Calle Tanicuchi entre Saquisilí y Salcedo, ciudadela Maldonado Toledo.



Figura 24-3: Unidad Educativa Jorge Icaza.
 (b) Sala de computación y (c) Rectorado.
 Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Once de Noviembre

La Unidad Educativa fue creada el 25 de septiembre de 1925, cuenta con 1812 estudiantes. Las edades de los estudiantes varían entre 3 años hasta los 14 años de edad, los niveles educativos que ofrece la institución son: Inicial y Educación Básica. La infraestructura está compuesta por hormigón, bloque y ladrillo. Está ubicada en la Av. Santiago Zamora y Atahualpa.



Figura 25-3: Unidad Educativa Once de noviembre.
 (b) Rectorado y (c) Bodega de alimentos.
 Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Luis Fernando Ruíz

La Unidad fue creada el 8 de septiembre de 1980, cuenta con una población estudiantil de 1909 alumnos, sus edades varían desde 3 años hasta los 18 años de edad. La infraestructura está conformada por estructura mixta, se encuentra ubicada en la Calle Once de noviembre y Av. Dr. Trajano Naranjo.

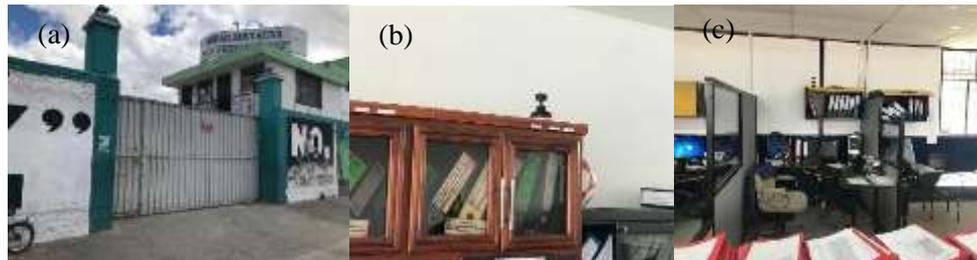


Figura 26-3: Unidad Educativa Luis Fernando Ruíz.
(b) Vicerrectorado y (c) Secretaría.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Victoria Vásconez – Simón Bolívar – Elvia Ortega

La Unidad fue creada en el año de 1962, cuenta con una infraestructura compuesta de concreto, bloque y hormigón. Su población estudiantil es de 4279 alumnos, los mismos que varían sus edades desde los 3 años hasta los 18 años de edad. Se encuentra ubicada en la Calle Félix Valencia y Quito.



Figura 27-3: Unidad Educativa Victoria Vásconez – Simón Bolívar – Elvia Ortega. (a) Vicerrectorado y (b) Bodega.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Isidro Ayora

La Unidad Educativa fue creada el 12 de octubre de 1935, cuenta con 2300 alumnos, sus edades varían desde los 5 años hasta los 12 años de edad. La edificación está construida de cascajo, bloque y cemento. Se encuentra ubicada en la Calle Jijáno y Ordóñez y Tarqui.



Figura 28-3: Unidad Educativa Isidro Ayora.

(b) Secretaría y (c) Rectorado.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Vicente León

La Unidad fue creada el 24 de mayo de 1843, cuenta con una población estudiantil de 1200 alumnos, sus edades varían desde los 3 años hasta los 17 años de edad. La edificación está compuesta por hormigón y bloque, se encuentra ubicada en la Calle Tahuantinsuyo entre Cañaris y Panzaleos.



Figura 29-3: Unidad Educativa Vicente León.

(b) Sala de profesores y (c) Vicerrectorado.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Escuela de Educación Básica Luis Fernando Vivero

La Escuela fue creada el 7 de octubre de 1901, las edades de los estudiantes varían desde los 5 años hasta los 14 años de edad. La infraestructura está compuesta de hormigón armado y estructura metálica, se encuentra ubicada en la Calle Isla Seymour y Juan Abel Echeverría.



Figura 30-3: Escuela de Educación Básica Luis Fernando Vivero. (b) Pasillo y (c) Dirección
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Primero de Abril

La Unidad fue creada el 30 de septiembre de 1971, cuenta con una población estudiantil de 1900, sus edades varían desde los 4 años hasta los 17 años de edad. La edificación está construida con hormigón armado, se encuentra ubicada en la Av. Oriente y Hermanas Páez.

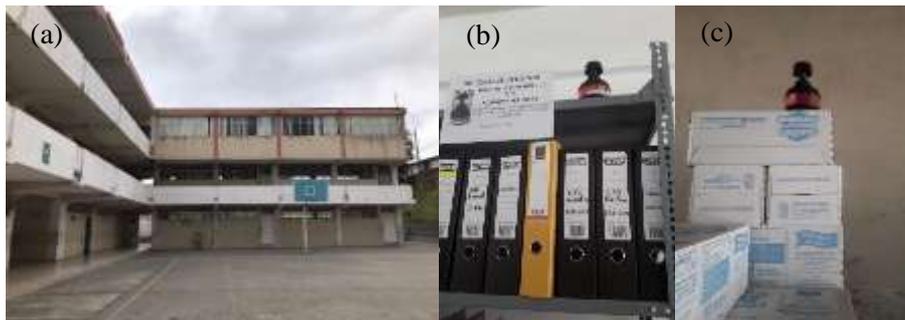


Figura 31-3: Unidad Educativa Primero de abril.
 (b) Secretaría y (c) Bodega de alimentos.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Escuela de Educación Básica Club Rotario

La Unidad Educativa fue creada el 3 de octubre de 1982, cuenta con 816 alumnos, sus edades varían desde los 3 años hasta los 14 años de edad. La infraestructura está conformada de bloque, cemento y estructura metálica, se encuentra ubicada en la Calle Alberto Varea Quevedo.



Figura 32-3: Escuela de Educación Básica Club Rotario.

(a) Rectorado y (b) Bodega

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Escuela de Educación Básica Lic. Jaime Andrade Fabara

La Unidad fue creada el 7 de octubre de 1985, cuenta con una población estudiantil de 602, sus edades varían desde los 3 años hasta los 13 años de edad. La edificación está conformada de hormigón y estructura metálica, la institución se encuentra ubicada en la Av. Río Yanayacu y Río Pita.



Figura 33-3: Escuela de Educación Básica Lic. Jaime Andrade

Favára. (a) Inspección y (b) Bodega.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Sagrado Corazón de Jesús

La Unidad Educativa fue creada en el año 1888, en sus primeros años funcionaba como orfanato, cuenta con una población estudiantil de 530 alumnas, las edades de las mismas varían entre 4 años hasta los 18 años de edad. La infraestructura está conformada por piedra pómez, cemento y ladrillo, la institución se encuentra ubicada en la Calle Sánchez de Orellana 17-14 y Guayaquil.



Figura 34-3: Unidad Educativa Sagrado Corazón de Jesús.
 (a) Secretaría y (b) Bodega.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Hermano Miguel

La Unidad fue fundada el 29 de mayo de 1992, cuenta con una población estudiantil de 1200 alumnos, sus edades varían desde los 3 años hasta los 18 años de edad. La edificación está construida de bloque, ladrillo y cemento. Se encuentra ubicada en la Calle Francisco de Caldas y Luis Vargas Torres.

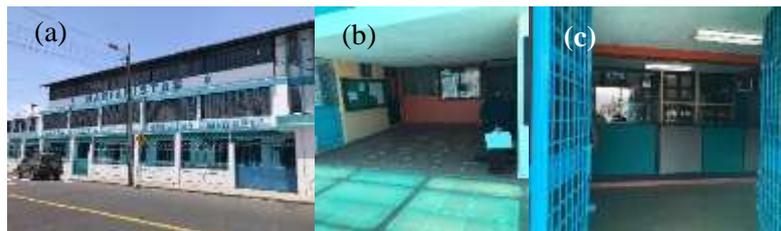


Figura 35-3: Unidad Educativa Hermano Miguel.
 (b) Secretaría y (c) Pasillo.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa San José La Salle

La Unidad fue creada el 18 de febrero de 1869, cuenta con 1488 alumnos, sus edades oscilan entre 4 años hasta los 17 años de edad. La edificación está construida de cemento armado, y piedra pómez. Se encuentra ubicada en el barrio San Francisco en la Calle Quijano y Ordóñez y General Maldonado.



Figura 36-3: Unidad Educativa San José La Salle.
 (b) Inspección.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Dr. Trajano Naranjo Iturralde

El establecimiento educativo fue creado el 9 de abril de 1987, cuenta con una población estudiantil de 950 alumnos, sus edades varían desde los 4 años hasta los 17 años de edad. La infraestructura está construida de hormigón y bloque, se encuentra ubicada en la Av. Trajano Naranjo y Cuyaveno.



Figura 37-3: Unidad Educativa Dr. Trajano Naranjo Iturralde.

(b) Inspección y (c) Bodega.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa Dr. José María Velasco Ibarra

La Unidad Educativa fue creada el 10 de octubre de 1960, cuenta con 1800 alumnos, sus edades varían desde 3 años hasta los 18 años de edad. La edificación está construida de bloque y cemento, se encuentra ubicada en la Calle Atahualpa y Quito.



Figura 38-3: Unidad Educativa Dr. José María Velasco Ibarra.

(b) Secretaría y (c) Sala de profesores.

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa 14 de julio – Juan Abel Echeverría

La Unidad fue creada el 17 de julio de 1977, cuenta con una población estudiantil de 560 alumnos, sus edades varían desde los 3 años hasta los 18 años de edad. La edificación está construida de hormigón, bloque y estructura mixta, se encuentra ubicada en la Av. Miguel Iturralde y Las Águilas.

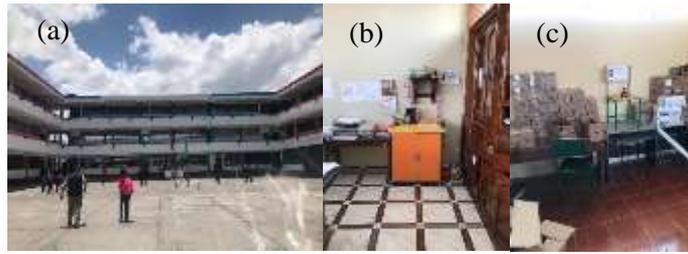


Figura 39-3: Unidad Educativa 14 de julio – Juan Abel Echeverría.
(b) Secretaría y (c) Bodega.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Unidad Educativa César Viera

La Unidad fue creada el 7 de agosto de 1986, cuenta con una población estudiantil 420 alumnos, sus edades varían desde los 13 años hasta los 18 años de edad. La edificación está construida de bloque y cemento armado. Se encuentra ubicada en la Av. Eloy Alfaro y Benjamín Terán.



Figura 40-3: Unidad Educativa César Viera.
Realizado por: Allauca, Paola; 2019

3.3. Detectores E-PERM.

Los detectores se colocaron en las Unidades Educativas del Puyo y Latacunga, por un Intervalo de 15 días.

El tiempo estimado se lo asignó en relación a las cámaras y electrets que posee la institución. Las cámaras que se ocuparon eran de corto tiempo o también denominadas short y electrets de largo tiempo también denominados (large), debido a ello la configuración de los detectores E-PERM es SLT. Al desarrollar la investigación se contó con 20 detectores E-PERM, se distribuyó dos detectores para cada Unidad Educativa, es decir para un lugar abierto y cerrado, por ende, en la primera colocación se abarcó 10 establecimiento educativos.

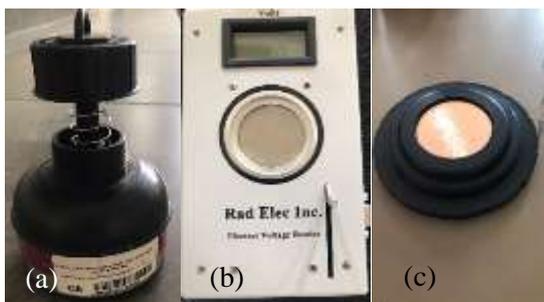


Figura 41-3: Detector E-PERM
 (a) cámara de ionización, (b) equipo para medir el electret y (c) electret.
 Realizado por: Allauca, Paola;2019

Tabla 3-3: Cronograma de colocación de los detectores.

Etapas	Nº de escuelas	Fecha de inicio	Fecha de finalización
Primera colocación	10	17/06/2019	02/07/2019
Segunda colocación	10	04/07/2019	19/07/2019
Tercera colocación	9	22/07/2019	06/08/2019
Cuarta colocación	9	09/09/2019	24/09/2019
Quinta colocación	2	26/09/2019	11/10/2019

Realizado por: Allauca, Paola;2019

3.4. Concentración de Radón

La concentración se debe hallar mediante la siguiente fórmula:

$$RnC(Bqm^{-3}) = \left(\frac{I - F}{CF * D} - BG \right) * H \quad [3]$$

Donde:

I es el voltaje inicial y F es el voltaje final del electret, Cf se calcula con la fórmula (4), BG es un factor de conversión gamma, H es un factor de corrección para la latitud.

Fórmula para calcular CF (Penzo 2006):

$$CF \left[\frac{\text{volts} * m^3}{Bq * \text{día}} \right] = \left(A + B * \frac{I + F}{2} \right) * 1/37 \quad [4]$$

BG se calcula de la siguiente manera:

$$BG = C * R\gamma \quad [5]$$

Donde:

C, es una constante que viene establecido en la Tabla 4-3, R γ es el factor de conversión.

Tabla 4-3: Constante para calcular la concentración de gas radón, A, B, y C.

Configuración	Constante A	Constante B	Constante C
SST	1.6978	0.0005742	0.35
SLT	0.1400	0.0000525	0.35
LST	0.2613	0.0001386	0.59
LLT	0.02383	0.0000112	0.59

Fuente : (Penzo 2006)

Realizado por: Allauca, Paola; 2019

Dónde:

S (short) y L (large)

SST: cámara S con electret ST

SLT: cámara S con electret LT

LST: cámara L con electret ST

LLt: cámara L con electret LT

Tabla 5-3: Factor de corrección para la altitud.

Altitud (s.l.m.)	Factor de conversión (cámara S)	Factor de conversión (cámara L)
0	1.00	1.00
300	1.00	1.05
600	1.00	1.09
900	1.00	1.14
1200	1.03	1.18
1500	1.09	1.22
1800	1.15	1.28
2100	1.21	1.33

2400	1.27	1.39m
------	------	-------

Fuente : (Torri 2013)

Realizado por: Allauca, Paola;2019

3.5. Dosis efectiva por inflación de Radón

Para estimar la dosis efectiva por inhalación en establecimientos educativos, la dosis efectiva anual (H_{inh}) se calcula mediante la fórmula (UNSCEAR 2000, p. 153):

$$Rn_{inh}(mSv \text{ año}^{-1}) = C_{Rn} * R_A * F * O * DCF \quad [6]$$

Dónde:

R_A: es la relación de radón en el aire, **C_{Rn}**: la concentración de radón, **F**: es el factor de equilibrio, **O**: factor de ocupación promedio global, **DCF**: es la dosis factor de conversión.

CAPÍTULO IV

4) ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Identificación del lugar de estudio

Para codificar los datos de manera adecuada de las Unidades Educativas de los Distritos de Educación 05D01 Latacunga y 16D01 Pastaza – Mera - Santa Clara, se clasificaron mediante las siguientes características: antigüedad y ubicación geográfica. Posteriormente se tabulan los datos mediante tablas con información detallada, la misma que se obtuvo al culminar la investigación.

Primera etapa de colocación de detectores Pastaza – Puyo

Tabla 1-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito Pastaza – Mera – Santa Clara

Unidades Educativas	Ubicación del detector	Codificación del detector	Sigla	Localización		
				Provincia	Cantón	Parroquia
U.E. Provincia de Pastaza	Secretaría	LW7462	P1.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Coliseo	LW7620	P1.C	Pastaza	Puyo	
U.E. PCEI. Alberto Zambrano Palacios	Secretaría	LW7652	P2.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Rectorado	LW7844	P2.C	Pastaza	Puyo	
U.E. Bilingüe Amauta Ñanpi	Inspección	LW7432	P3.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Coliseo-Bodega	LW7597	P3.C	Pastaza	Puyo	

Realizado por: Allauca, Paola;2019

U.E. Fray Álvaro Valladares	Colecturía	LW7588	P4.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Coliseo	LW7490	P4.C	Pastaza	Puyo	
U.E. Nuestra Señora de Pompeya	Secretaría	LW7845	P5.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Bodega- Instrumentos	LW7648	P5.C	Pastaza	Puyo	
U.E. 12 de Mayo	Secretaría	LW7613	P6.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Bodega- Archivos	LW7614	P6.C	Pastaza	Puyo	
U.E. Primero de Mayo	Inspección	LW7371	P7.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Colecturía	LW7452	P7.C	Pastaza	Puyo	
U.E. Francisco de Orellana	Vicerrectora do	LW7502	P8.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Coliseo- bodega	LW7362	P8.C	Pastaza	Puyo	
U.E. Andoas	Secretaría	LW7635	P9.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Bodega- limpieza	LW7582	P9.C	Pastaza	Puyo	
U.E. San Vicente Ferrer	Rectorado	LW7571	P10.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Bodega	LW7639	P10.C	Pastaza	Puyo	

Segunda etapa de colocación Pastaza – Puyo

Tabla 2-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito de Educación Pastaza – Mera – Santa Clara.

Unidades Educativas	Ubicación del detector	Codificación del detector	Sigla	Localización		
				Provincia	Cantón	Parroquia
U.E. Ing. Eduardo Vásconez	Secretaría	LW7613	P11.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Bodega-limpieza	LW7371	P11.C	Pastaza	Puyo	
U.E. CECIB. Ñucanchi Allpa	Rectorado	LW7571	P12.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Bodega	LW7614	P12.C	Pastaza	Puyo	
U.E. Vera Cruz	Secretaría	LW7844	P13.A	Pastaza	Puyo	Vera Cruz
	Departament o psicología	LW7652	P13.C	Pastaza	Puyo	
U.E. Monseñor Leónidas Proaño	Secretaría	LW7588	P14.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Aula	LW7582	P14.C	Pastaza	Puyo	
E.G.B. Enrique Vacas Galindo	Secretaría	LW7432	P15.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Bodega-alimentos	LW7462	P15.C	Pastaza	Puyo	
U.E. Particular Amazónica	Secretaría	LW7502	P16.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Pasillo	LW7362	P16.C	Pastaza	Puyo	
U.E. PCEI. Harward	Aula	LW7490	P17.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Colecturía	LW7620	P17.C	Pastaza	Puyo	

U.E. PCEI. 13 de Abril	Secretaría	LW7597	P18.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Bodega- alimentos	LW7639	P18.C	Pastaza	Puyo	
Colegio PCEI Latinoameri cana	Secretaría	LW7452	P19.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Aula	LW7635	P19.C	Pastaza	Puyo	
E.G.B. Magic School	Zona recreativa	LW7648	P20.A	Pastaza	Puyo	Puyo
	Bodega- limpieza	LW7845	P20.C	Pastaza	Puyo	

Realizado por: Allauca, Paola;2019

Tercera etapa de colocación Cotopaxi – Latacunga

Tabla 3-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito de Educación de Latacunga.

Unidades Educativas	Ubicación del detector	Codificación del detector	Sigla	Localización		
				Provincia	Cantón	Parroquia
U.E. Ana Páez	Inspección	LW7614	L1.A	Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro
	Secretaría	LW7620	L1.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. Juan Abel Echeverría	Sala de profesores	LW7432	L2.A	Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro
	Bodega de alimentos	LW7452	L2.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. FAE Nº 5	Secretaría	LW7639	L3.A	Cotopaxi	Latacunga	San Buena Aventura
	Sala de profesores	LW7462	L3.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. Jorge Icaza	Rectorado	LW7502	L4.A	Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro
	Sala de computo	LW7371	L4.C	Cotopaxi	Latacunga	

U.E. Once de Noviembre	Rectorado	LW7490	L5.A	Cotopaxi	Latacunga	Ignacio Flores
	Bodega-alimentos	LW7844	L5.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. Luis Fernando Ruíz	Secretaría	LW7588	L6.A	Cotopaxi	Latacunga	Juan Montalvo
	Vicerrectorado	LW7652	L6.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. Victoria Vásconez - Simón Bolívar - Elvira Ortega	Inspección	LW7597	L7.A	Cotopaxi	Latacunga	La Matriz
	Bodega	LW7582	L7.C	Cotopaxi	Latacunga	
E.G.B. Isidro Ayora	Secretaría	LW7845	L8.A	Cotopaxi	Latacunga	La Matriz
	Dirección	LW7648	L8.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. Vicente León	Vicerrectorado	LW7613	L9.A	Cotopaxi	Latacunga	Juan Montalvo
	Secretaría	LW7571	L9.C	Cotopaxi	Latacunga	

Realizado por: Allauca, Paola;2019

Cuarta etapa de colocación

Tabla 4-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito de Educación de Latacunga.

Unidades Educativas	Ubicación del detector	Codificación del detector	Sigla	Localización		
				Provincia	Cantón	Parroquia
E.G.B. Luis Fernando Vivero	Pasillo	LW7588	L10.A	Cotopaxi	Latacunga	Juan Montalvo
	Bodega	LW7648	L10.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. Primero de Abril	Secretaría	LW7652	L11.A	Cotopaxi	Latacunga	La Matriz
	Bodega	LW7613	L11.C	Cotopaxi	Latacunga	
E.G.B. Club Rotario	Dirección	LW7571	L12.A	Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro
	Bodega	LW7462	L12.C	Cotopaxi	Latacunga	
E.G.B. Lic. Jaime Andrade Fabara	Inspección	LW7845	L13.A	Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro
	Bodega	LW7432	L13.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. Sagrado Corazón de Jesús	Secretaría	LW7639	L14.A	Cotopaxi	Latacunga	La Matriz
	Bodega	LW7582	L14.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. San José la Salle	Inspección	LW7490	L15.A	Cotopaxi	Latacunga	La Matriz
	Bodega	LW7452	L15.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. Dr. Trajano Naranjo Iturralde	Inspección	LW7620	L16.A	Cotopaxi	Latacunga	Juan Montalvo
	Bodega	LW7844	L16.C	Cotopaxi	Latacunga	
	Secretaría	LW7502	L17.A	Cotopaxi	Latacunga	El Loreto

U.E. Dr. José María Velasco Ibarra						
	Sala de profesores	LW7614	L17.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. 14 de Julio – Juan Abel Echeverría	Secretaría	LW7597	L18.A	Cotopaxi	Latacunga	San Buena Aventura
	Bodega	LW7371	L18.C	Cotopaxi	Latacunga	

Realizado por: Allauca, Paola;2019

Quinta etapa de colocación

Tabla 5-4: Colocación de los detectores en las Unidades Educativas del Distrito de Educación de Latacunga.

Unidades Educativas	Ubicación del detector	Codificación del detector	Sigla	Localización		
				Provincia	Cantón	Parroquia
U.E. Hermano Miguel	Secretaría	LW7490	L19.A	Cotopaxi	Latacunga	La Matriz
	Bodega	LW7588	L19.C	Cotopaxi	Latacunga	
U.E. César Viera	Inspección	LW7462	L20.A	Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro
	Bodega	LW7597	L20.C	Cotopaxi	Latacunga	

Realizado por: Allauca, Paola;2019

4.2. Clasificación de los resultados

En cada Unidad Educativa se colocó dos detectores en distintos lugares; lugar abierto y cerrado. Los resultados están clasificados en las Tablas 6-4 y 8-4: representa a los lugares abiertos y cerrados de las Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01 y las Tablas 7-4 y 9-4: representan a las Unidades Educativas del Distrito de Educación 05D01.

En cada tabla se muestra la concentración e incertidumbre de gas radón [Bq/m^3], de la misma forma se encuentra detallado la dosis efectiva anual por inhalación y la incertidumbre en [$\text{mSv}/\text{año}$].

Tabla 6-4: Dosis Efectivas Anuales del Distrito de Educación 16D01 Pastaza – Mera – Santa Clara, lugares abiertos.

Unidades Educativas	Conc. Rn Bq/L	Sigma Conc. Rn	Dosis Efectiva [Sv/año]	Dosis Efectiva [mSv/año]	Sigma Dosis Efectiva [Sv/año]	Sigma Dosis Efectiva [mSv/año]
P1.A	0,099	0,2022	2,4948E-07	0,00024948	5,09544E-10	5,09544E-07
P2.A	0,1588	0,1333	4,0018E-07	0,00040018	3,35916E-10	3,35916E-07
P3.A	0,129	0,1595	3,2508E-07	0,00032508	4,0194E-10	4,0194E-07
P4.A	0,4865	0,0653	1,226E-06	0,00122598	1,64556E-10	1,64556E-07
P5.A	0,2023	0,1092	5,098E-07	0,0005098	2,75184E-10	2,75184E-07
P6.A	0,0993	0,2021	2,5024E-07	0,00025024	5,09292E-10	5,09292E-07
P7.A	0,0843	0,2351	2,1244E-07	0,00021244	5,92452E-10	5,92452E-07
P8.A	0,5206	0,0638	1,3119E-06	0,00131191	1,60776E-10	1,60776E-07
P9.A	0,2255	0,114	5,6826E-07	0,00056826	2,8728E-10	2,8728E-07
P10.A	0,1294	0,1594	3,2609E-07	0,00032609	4,01688E-10	4,01688E-07
P11.A	0,0249	0,7666	6,2748E-08	6,2748E-05	1,93183E-09	1,93183E-06
P12.A	0,498	0,0634	1,255E-06	0,00125496	1,59768E-10	1,59768E-07
P13.A	0,5393	0,0617	1,359E-06	0,00135904	1,55484E-10	1,55484E-07
P14.A	0,0386	0,4896	9,7272E-08	9,7272E-05	1,23379E-09	1,23379E-06
P15.A	0,2445	0,0912	6,1614E-07	0,00061614	2,29824E-10	2,29824E-07
P16.A	0,9707	0,0543	2,4462E-06	0,00244616	1,36836E-10	1,36836E-07
P17.A	0,1115	0,1786	2,8098E-07	0,00028098	4,50072E-10	4,50072E-07

P18.A	0,7339	0,0573	1,8494E-06	0,00184943	1,44396E-10	1,44396E-07
P19.A	0,0255	0,7596	6,426E-08	0,00006426	1,91419E-09	1,91419E-06
P20.A	0,0228	0,7987	5,7456E-08	5,7456E-05	2,01272E-09	2,01272E-06

Realizado por: Allauca, Paola;2019

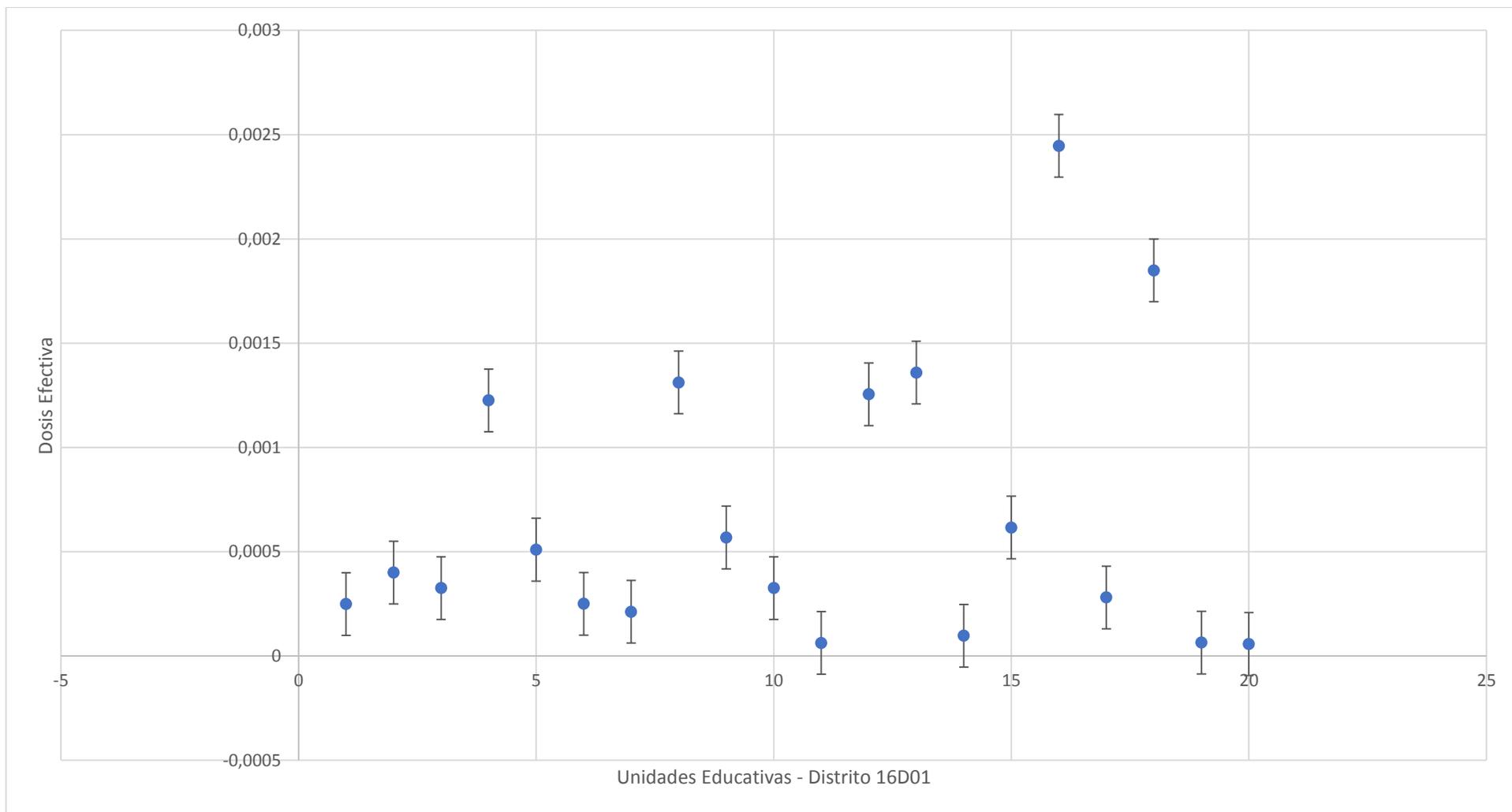


Gráfico 1-4: Dosis Efectiva Anual debido a inhalación de los lugares abiertos de las Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01.
Realizado por: Allauca, Paola;20

Tabla 7-4: Dosis Efectivas anuales del Distrito de Educación 05D01 Latacunga, lugares abiertos.

Unidades Educativas	Conc. Rn Bq/L	Inc. Conc. Rn [Bq/L]	Dosis Efectiva [Sv/año]	Dosis Efectiva [mSv/año]	Sigma Dosis Efectiva [Sv/año]	Sigma Dosis Efectiva [mSv/año]
L1.A	0,0531	0,4878	1,33812E-07	0,00013381	1,22926E-09	1,22926E-06
L2.A	0,0879	0,2873	2,21508E-07	0,00022151	7,23996E-10	7,23996E-07
L3.A	7,6806	0,0502	1,93551E-05	0,01935511	1,26504E-10	1,26504E-07
L4.A	0,0518	0,4917	1,30536E-07	0,00013054	1,23908E-09	1,23908E-06
L5.A	0,0683	0,3643	1,72116E-07	0,00017212	9,18036E-10	9,18036E-07
L6.A	0,0909	0,285	2,29068E-07	0,00022907	7,182E-10	7,182E-07
L7.A	0,1337	0,2025	3,36924E-07	0,00033692	5,103E-10	5,103E-07
L8.A	0,0515	0,4928	1,2978E-07	0,00012978	1,24186E-09	1,24186E-06
L9.A	7,54	0,0502	1,90008E-05	0,0190008	1,26504E-10	1,26504E-07
L10.A	0,0521	0,491	1,31292E-07	0,00013129	1,23732E-09	1,23732E-06
L11.A	0,0584	0,4731	1,47168E-07	0,00014717	1,19221E-09	1,19221E-06
L12.A	0,1669	0,1761	4,20588E-07	0,00042059	4,43772E-10	4,43772E-07
L13.A	0,0908	0,2851	2,28816E-07	0,00022882	7,18452E-10	7,18452E-07
L14.A	0,1017	0,2781	2,56284E-07	0,00025628	7,00812E-10	7,00812E-07
L15.A	0,0495	0,4996	1,2474E-07	0,00012474	1,25899E-09	1,25899E-06
L16.A	0,0536	0,4862	1,35072E-07	0,00013507	1,22522E-09	1,22522E-06
L17.A	0,7402	0,0621	1,8653E-06	0,0018653	1,56492E-10	1,56492E-07
L18.A	0,0146	1,7962	3,6792E-08	3,6792E-05	4,52642E-09	4,52642E-06

L19.A	0,0118	2,0667	2,9736E-08	2,9736E-05	5,20808E-09	5,20808E-06
L20.A	0,0336	0,7694	8,4672E-08	8,4672E-05	1,93889E-09	1,93889E-06

Realizado por: Allauca, Paola;2019

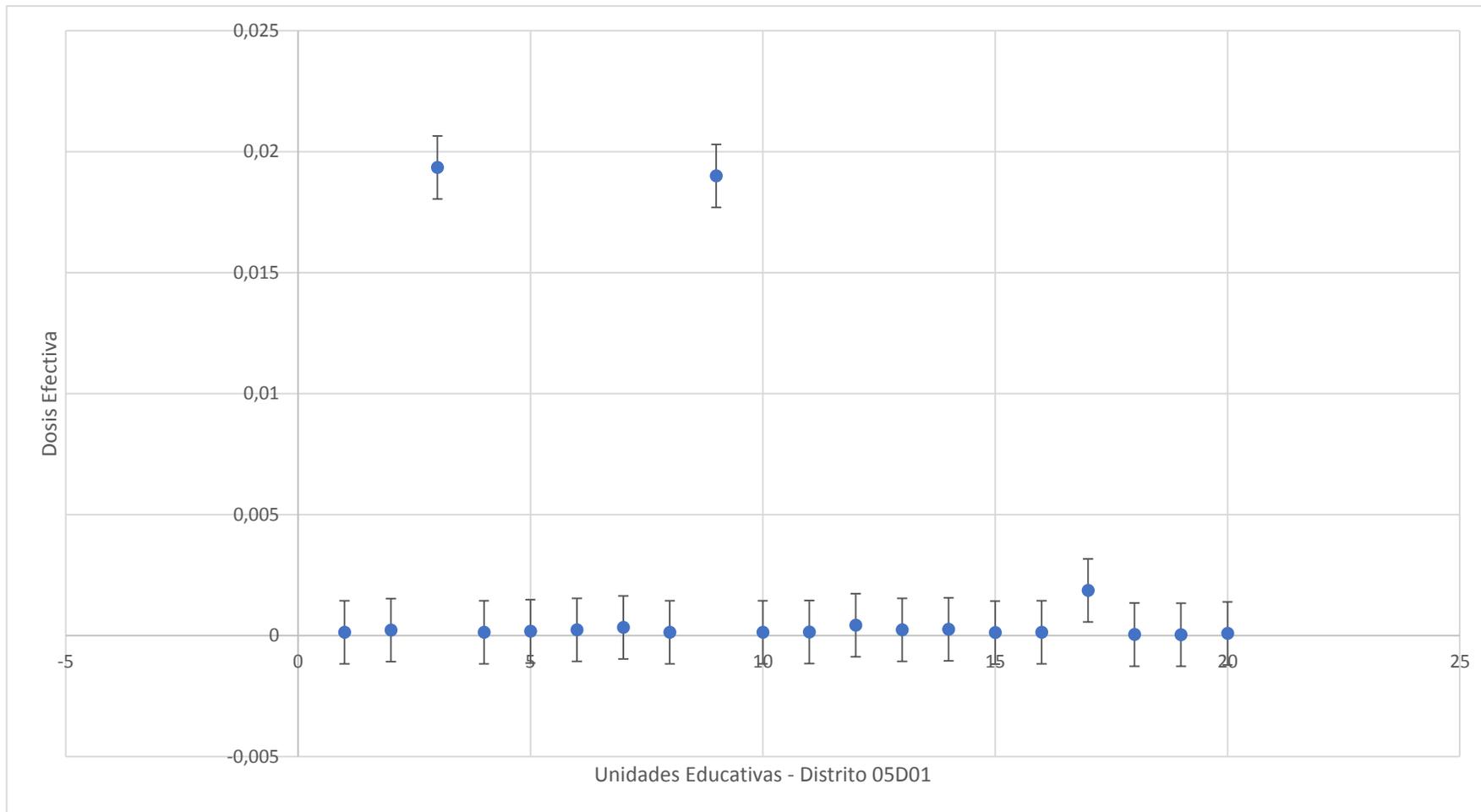


Gráfico 2-4: Dosis Efectiva Anual debido a inhalación de los lugares abiertos de las Unidades Educativas del Distrito de Educación 05D01.
 Realizado por: Allauca, Paola;2019

Tabla 8-4: Dosis Efectivas anuales del Distrito de Educación Pastaza – Mera – Santa Clara, lugares cerrados.

Unidades Educativas	Conc. Rn Bq/L	Inc. Conc. Rn [Bq/L]	Dosis Efectiva [Sv/año]	Dosis Efectiva [mSv/año]	Sigma Dosis Efectiva [Sv/año]	Sigma Dosis Efectiva [mSv/año]
P1.C	0,779	0,0568	1,9631E-06	0,00196308	1,43136E-10	1,43136E-07
P2.C	0,1133	0,1781	2,8552E-07	0,00028552	4,48812E-10	4,48812E-07
P3.C	0,0841	0,2353	2,1193E-07	0,00021193	5,92956E-10	5,92956E-07
P4.C	0,1731	0,1238	4,3621E-07	0,00043621	3,11976E-10	3,11976E-07
P5.C	0,1585	0,1333	3,9942E-07	0,00039942	3,35916E-10	3,35916E-07
P6.C	0,1887	0,1158	4,7552E-07	0,00047552	2,91816E-10	2,91816E-07
P7.C	0,115	0,1777	2,898E-07	0,0002898	4,47804E-10	4,47804E-07
P8.C	0,0701	0,282	1,7665E-07	0,00017665	7,1064E-10	7,1064E-07
P9.C	0,5757	0,0615	1,4508E-06	0,00145076	1,5498E-10	1,5498E-07
P10.C	0,532	0,0632	1,3406E-06	0,00134064	1,59264E-10	1,59264E-07
P11.C	0,0781	0,2388	1,9681E-07	0,00019681	6,01776E-10	6,01776E-07
P12.C	0,0391	0,4877	9,8532E-08	9,8532E-05	1,229E-09	1,229E-06
P13.C	3,0775	0,0507	7,7553E-06	0,0077553	1,27764E-10	1,27764E-07
P14.C	0,052	0,3608	1,3104E-07	0,00013104	9,09216E-10	9,09216E-07
P15.C	2,6912	0,0508	6,7818E-06	0,00678182	1,28016E-10	1,28016E-07
P16.C	3,0766	0,145	7,753E-06	0,00775303	3,654E-10	3,654E-07
P17.C	0,2017	0,1043	5,0828E-07	0,00050828	2,62836E-10	2,62836E-07

P18.C	0,0364	0,4998	9,1728E-08	9,1728E-05	1,2595E-09	1,2595E-06
P19.C	0,6329	0,0618	1,5949E-06	0,00159491	1,55736E-10	1,55736E-07
P20.C	0,3213	0,078	8,0968E-07	0,00080968	1,9656E-10	1,9656E-07

Realizado por: Allauca, Paola;2019

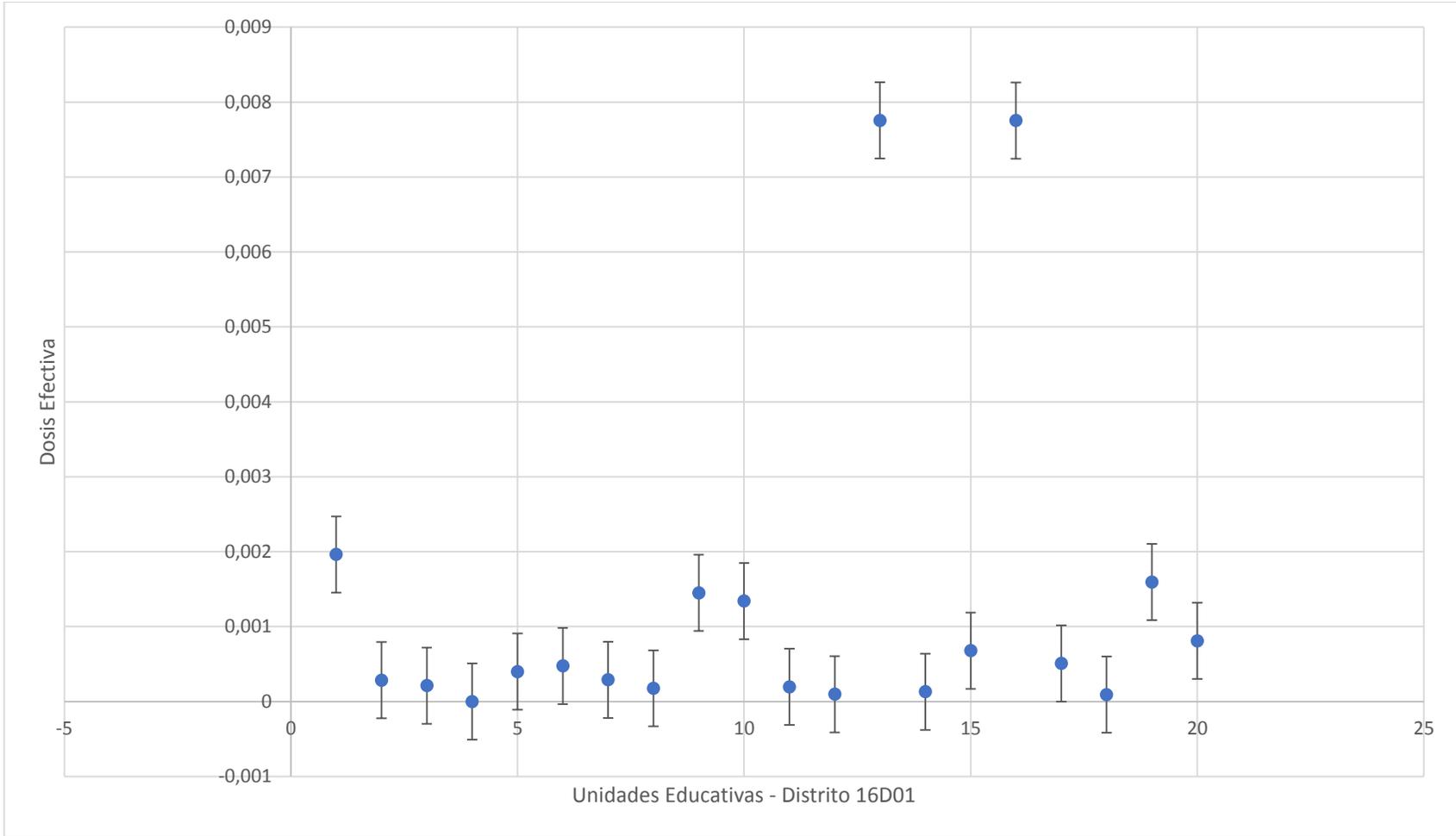


Gráfico 3-4: Dosis Efectiva Anual debido a inhalación de los lugares cerrados de las Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01.
Realizado por: Allauca, Paola;2019

Tabla 9-4: Dosis Efectivas anuales del Distrito de Educación 05D01 Latacunga, lugares cerrados.

Unidades Educativas	Conc. Rn Bq/L	Inc. Conc. Rn [Bq/L]	Dosis Efectiva [Sv/año]	Dosis Efectiva [mSv/año]	Sigma Dosis Efectiva [Sv/año]	Sigma Dosis Efectiva [mSv/año]
L1.C	0,1115	0,2364	2,8098E-07	0,00028098	5,95728E-10	5,95728E-07
L2.C	0,0345	0,7607	8,694E-08	0,00008694	1,91696E-09	1,91696E-06
L3.C	0,0137	1,871	3,4524E-08	3,4524E-05	4,71492E-09	4,71492E-06
L4.C	0,0497	0,4991	1,2524E-07	0,00012524	1,25773E-09	1,25773E-06
L5.C	0,0498	0,4986	1,255E-07	0,0001255	1,25647E-09	1,25647E-06
L6.C	0,0373	0,7365	9,3996E-08	9,3996E-05	1,85598E-09	1,85598E-06
L7.C	0,0892	0,2862	2,2478E-07	0,00022478	7,21224E-10	7,21224E-07
L8.C	0,0502	0,4972	1,265E-07	0,0001265	1,25294E-09	1,25294E-06
L9.C	0,0743	0,3561	1,8724E-07	0,00018724	8,97372E-10	8,97372E-07
L10.C	0,0692	0,363	1,7438E-07	0,00017438	9,1476E-10	9,1476E-07
L11.C	0,0141	1,8374	3,5532E-08	3,5532E-05	4,63025E-09	4,63025E-06
L12.C	0,0734	0,3572	1,8497E-07	0,00018497	9,00144E-10	9,00144E-07
L13.C	0,0315	0,7926	7,938E-08	0,00007938	1,99735E-09	1,99735E-06
L14.C	0,1082	0,2379	2,7266E-07	0,00027266	5,99508E-10	5,99508E-07
L15.C	0,0548	0,4826	1,381E-07	0,0001381	1,21615E-09	1,21615E-06
L16.C	0,0882	0,287	2,2226E-07	0,00022226	7,2324E-10	7,2324E-07
L17.C	0,0136	1,88	3,4272E-08	3,4272E-05	4,7376E-09	4,7376E-06

L18.C	0,0893	0,2862	2,2504E-07	0,00022504	7,21224E-10	7,21224E-07
L19.C	0,0326	0,7805	8,2152E-08	8,2152E-05	1,96686E-09	1,96686E-06
L20.C	0,034	0,766	8,568E-08	0,00008568	1,93032E-09	1,93032E-06

Realizado por: Allauca, Paola;2019

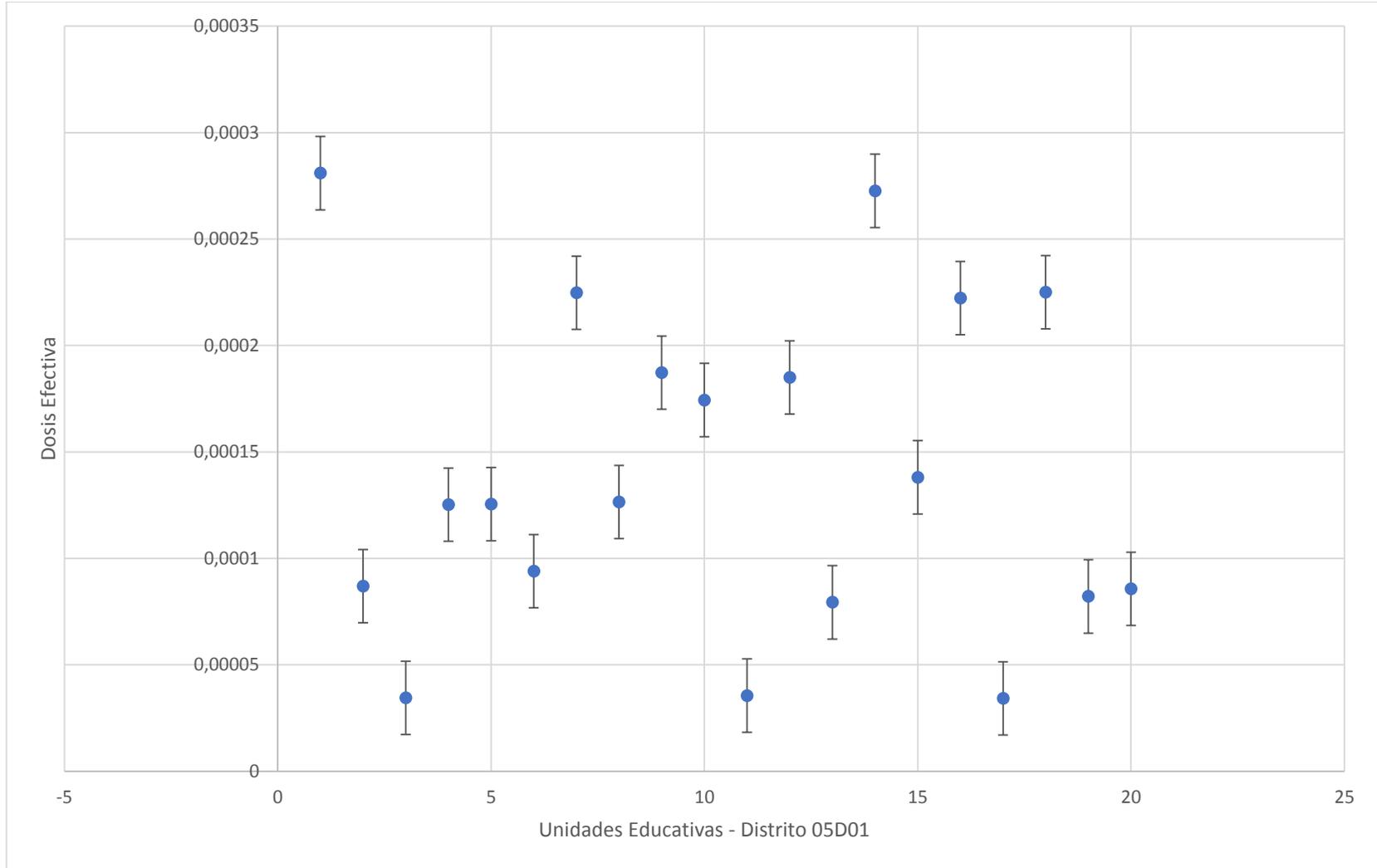


Gráfico 4-4: Dosis Efectiva Anual debido a inhalación de los lugares abiertos de las Unidades Educativas del Distrito de Educación 05D01.
 Realizado por: Allauca, Paola;201

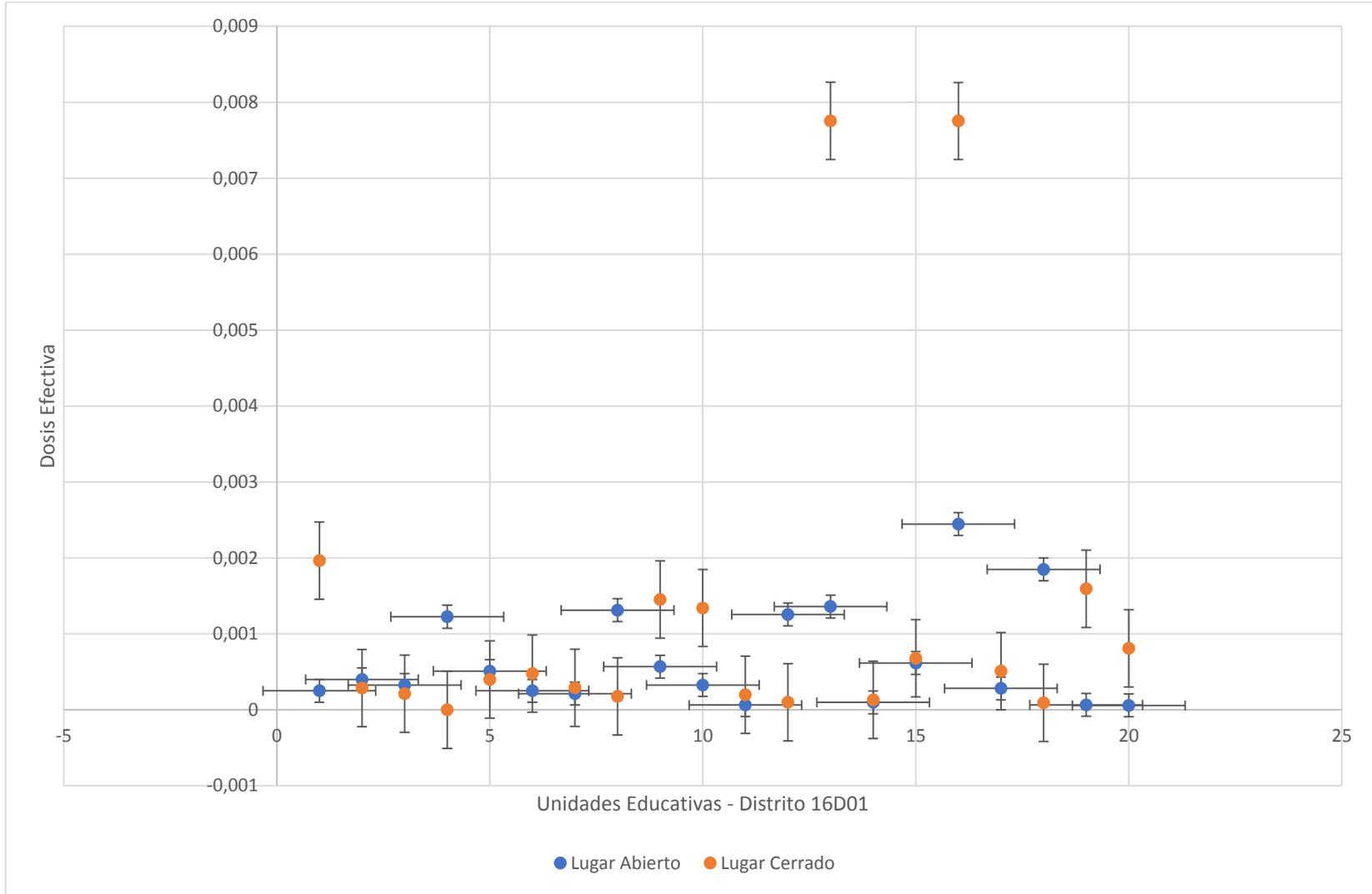


Gráfico 5-4: Comparación de las Dosis Efectivas Anuales de los lugares abiertos y cerrados del Distrito de Educación 16D01.
 Realizado por: Allauca, Paola; 2019

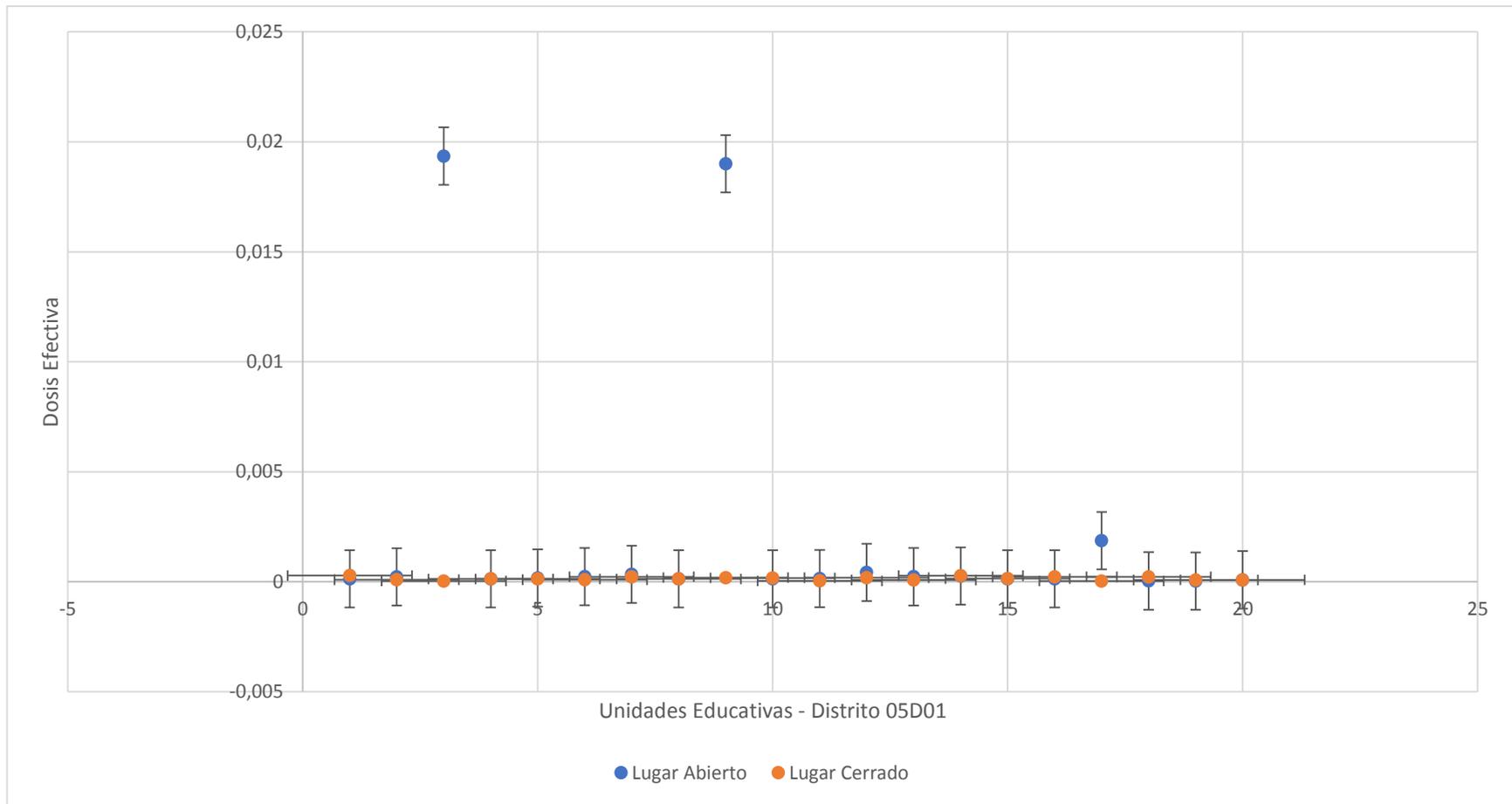


Gráfico 6-4: Comparación de las Dosis Efectivas Anuales de los lugares abiertos y cerrados del Distrito de Educación 05D01.
 Realizado por: Allauca, Paola;2019

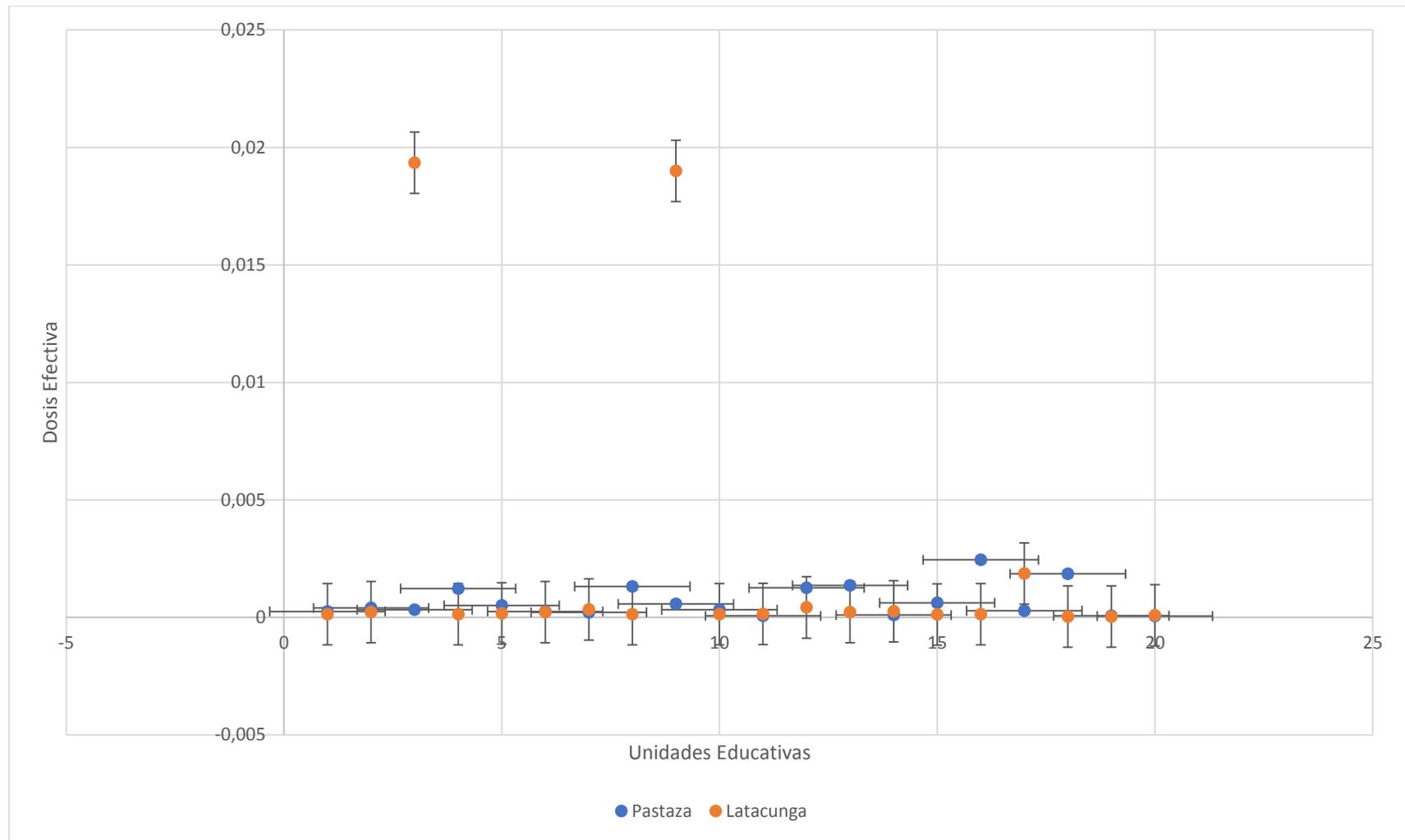


Gráfico 7-4: Comparación de las Dosis Efectivas Anuales de los lugares abiertos del Distrito de Educación 05D01 y 16D01.
Realizado por: Allauca, Paola;2019

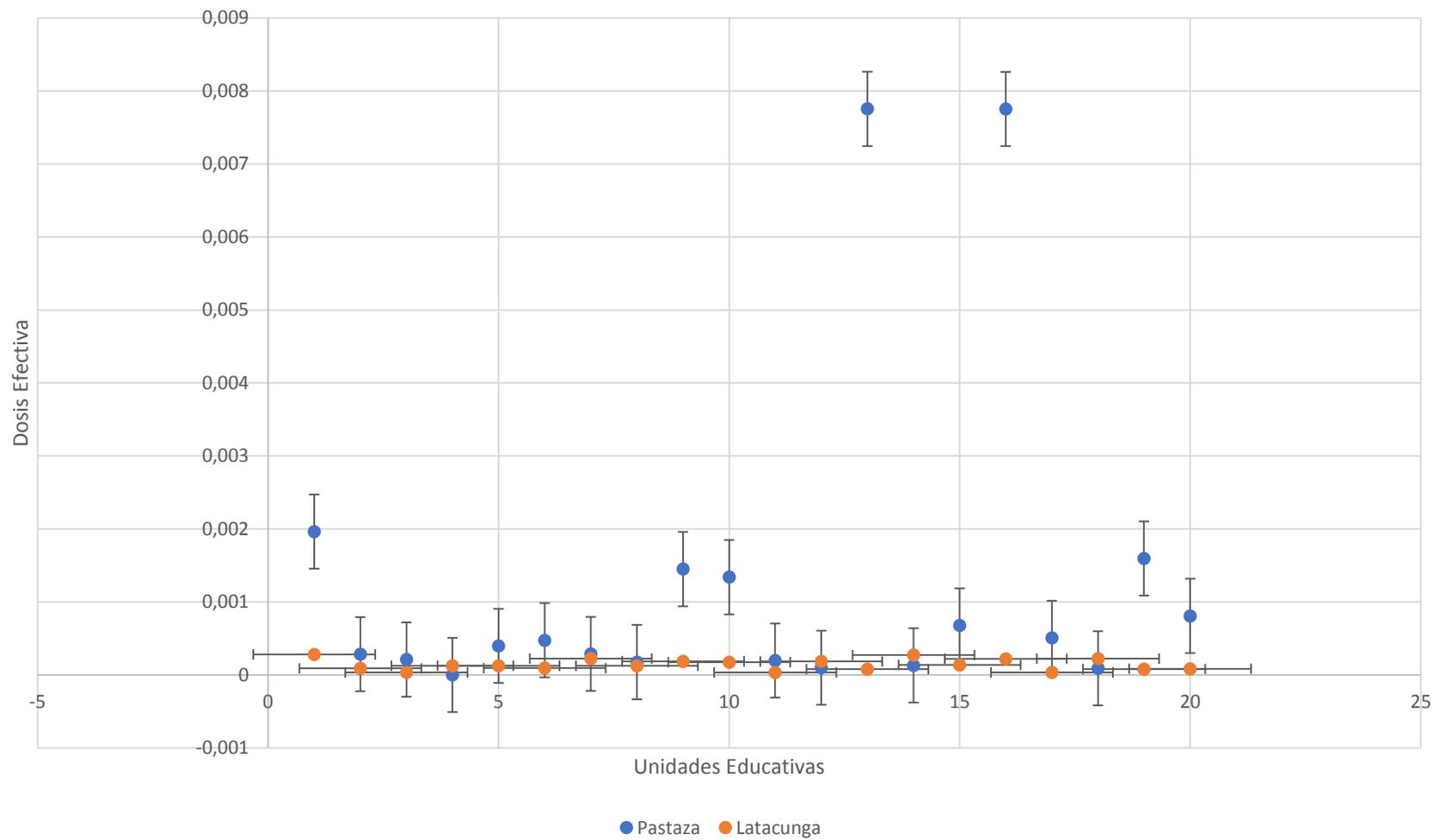


Gráfico 8-4: Comparación de las Dosis Efectivas Anuales de los lugares cerrados del Distrito de Educación 05D01 y 16D01.
Realizado por: Allauca, Paola;2019

Al comparar la dosis efectiva anual de los lugares abiertos y cerrados del Distrito de Educación 16D01 Y 05D01, se puede notar que existe una variación en las gráficas 5-4 y 6-4, es debido a la distinta ventilación que posee cada lugar estudiado y el clima que lo caracteriza.

En la gráfica 7-4, se muestra las dosis efectivas anuales de los lugares abiertos de los Distritos de Educación 05D01 y 16D01. Se puede notar que existen dos picos en la gráfica, los mismo que representan a la Unidad Educativa FAE N° 5 (L3A) y a la Unidad Educativa Vicente león (L9 A). La L3A está ubicada a 2850 msnm, se colocó en la secretaría, debido a que existe mayor concurrencia del personal, al instalar el detector tenía un voltaje inicial de 716 [V] y al terminar el periodo de estudio se volvió a medir y poseía un voltaje de 331 [V], por consiguiente, la dosis efectiva anual sufrió un incremento notable. En la L9A se colocó en el Vicerrectorado, en la parte superior de un anaquel, al situar el detector tenía un voltaje inicial de 700 [V], después de haber transcurrido 15 días se realizó la respectiva medición, la cual dio como resultado un voltaje final de 325 [V]. Los detectores tenían esa extensa variación en los voltajes debido a la manipulación inadecuada del personal de la institución, es decir se alteró la medida por distintas causas como son: lo cerraban y abrían constantemente y lo cambiaban de lugar en el cual se dejó.

En la gráfica 8-4, se está comparando la dosis efectiva anual de los lugares cerrados de los Distritos de Educación 05D01 y 16S01, en la cual se puede observar, de igual manera que en la gráfica 7-4, existen dos puntos que sobresalen durante el comportamiento y pertenecen a los siguientes establecimientos: Unidad Educativa Particular Amazónica (P16 C) y a la Unidad Educativa Vera Cruz (P13 C). En la P16 C el detector se situó en una aula (periodo vacaciones) de la institución durante 15 días, al inicio el detector tenía un voltaje inicial de 737 [V] y un voltaje final de 147 [V], la Unidad Educativa (P13.C) poseía un voltaje inicial de 578[V], después de 15 días se procedió a retirar y al leer el detector nos dio un voltaje final de 373[V]. En la provincia de Pastaza específicamente en los dos establecimientos hubo una disminución en los voltajes de los detectores, como consecuencia de la exagerada humedad, que es propia de la ciudad.

4.3. Análisis de los resultados.

Las Dosis Efectivas Anuales obtenidas en los Distrito de Educación 16D01 Y 05D01, los mismos que se muestran en las Tablas 6-4,7-4,8-4 y 9-4, son inferiores al límite de seguridad que es de 0.1 mSv/año, según lo establecido en la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004) y el Consejo Europeo (UR, 1998).

4.3. Estudio Estadístico de la Dosis Efectiva Anual

Para este trabajo se utilizó la prueba estadística *T de Student* para muestras independientes, se la eligió debido a que se trabajó con una sola variable la cual es, Dosis Efectiva Anual. El estudio estadístico nos ayudará a comparar la dosis efectiva anual de los Distritos de Educación Pastaza – Mera – Santa Clara y Latacunga respectivamente.

Los resultados de dosis efectiva anual obtenidos son valores cuantitativos, debido a la comparación de dos Distritos de Educación muy distintos, ya sea en el clima, humedad, altitud y ubicación geográfica, existen datos dispersos los cuales deberán normalizarse para llevar a cabo dicha prueba estadística.

Las dosis calculadas varían desde el orden de 10^{-2} hasta 10^{-5} . Se observó el comportamiento de las dosis de ambos Distritos de Educación y se optó por disminuir 6 muestras en cada Distrito, debido a que son muy pequeñas y no se comportan linealmente, de esta manera se llevará a cabo la prueba estadística *T de Student*. La prueba *T de Student*, se lo realizó en el software IBM SPSS Statistics Base.

Tabla 10-4: Datos que no se relacionan con el análisis estadístico.

Unidad Educativa	Provincia	Ciudad	Temperatura	Altitud m.s.n.m.	Dosis Efectiva Anual [mSv/año]
P8.A	Pastaza	Puyo	24 °C	950	0.00131191
P12.A	Pastaza	Puyo	24 °C	950	0.00125496
P1.C	Pastaza	Puyo	24 °C	950	0.00196308
P10.C	Pastaza	Puyo	24 °C	950	0.00134064
P13.C	Pastaza	Puyo	24 °C	950	0.0077553
P16.C	Pastaza	Puyo	24 °C	950	0.00775303
L18.A	Cotopaxi	Latacunga	12 °C	2850	3.6792E-05
L20.A	Cotopaxi	Latacunga	12 °C	2850	8.4672E-05
L6.C	Cotopaxi	Latacunga	12 °C	2850	9.3996E-05
L17.C	Cotopaxi	Latacunga	12 °C	2850	3.4272E-05
L9.A	Cotopaxi	Latacunga	12 °C	2850	0.0190008
L3.A	Cotopaxi	Latacunga	12 °C	2850	0.01935511

Realizado por: Allauca, Paola;2019

Los datos que se muestran en la tabla 10-4, se decidió que no ingresen en el conjunto de datos, al cual se le realizará el análisis estadístico, tomando en cuenta que todos los datos

obtenidos en los Distritos de Educación 16D01 y 05D01 no sobrepasan el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud, que es de 0.1 mSv/año. Las dosis efectivas anuales calculadas son demasiado pequeñas, por ende, no se pueden ajustar a una distribución normal. En las Unidades Educativas de Latacunga se obtuvo valores de dosis que oscilan en el orden de 10^{-2} y 10^{-5} , dicho orden tiene una variación grande estadísticamente, pero macroscópicamente no existe mucha diferencia, debido a lo explicado se retiró 6 datos de cada Distrito para que exista un equilibrio al realizar el análisis.

Planteamiento de la hipótesis

- Hipótesis alterna (H_a). Existe una diferencia significativa entre la Dosis Efectiva Anual del Distrito de Educación 16D01 Pastaza – Mera – Santa Clara con el Distrito de Educación 05D01 Latacunga.
- Hipótesis nula (H_0). No existe una diferencia significativa entre la Dosis Efectiva Anual del Distrito de Educación 16D01 Pastaza – Mera – Santa Clara con el Distrito de Educación 05D01 Latacunga.

Establecer en nivel α (porcentaje de error)

Porcentaje de error	$\alpha = 5\%$
----------------------------	----------------

Elección de la prueba Estadística

El estudio es transversal porque se están analizando dos grupos al mismo momento, es decir se está comparando la dosis efectiva anual de los Distritos de Educación 16D01 Y 05D01.

Estudio	Prueba Paramétrica
Estudio Transversal	T de Student Muestras independientes

Normalidad

Criterio para determinar la Normalidad

- P. valor $\Rightarrow \alpha$. Acepta H_0 = Los datos provienen de una distribución normal
- P. valor $< \alpha$. Acepta H_a = Los datos NO provienen de una distribución normal

	ciudad	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
cantidad de dosis efectiva de gas radon	pastaza	,117	27	,200 [*]	,946	27	,167
	latacunga	,182	27	,022	,940	27	,120

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

NORMALIDAD			
P. valor Distrito de Educación 16D01	0.167	>	$\alpha = 0.05$
P. valor Distrito de Educación 05D01	0.120	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: P. valor $\Rightarrow \alpha$. Acepta H_0 = Los datos provienen de una distribución normal. La variable Dosis Efectiva Anual en ambos grupos se comporta normalmente.			

Igualdad de varianza

Se lo comprobará con la prueba de *Levene*

- P. valor $\Rightarrow \alpha$. Aceptar H_0 = Las varianzas son iguales.
- P. valor $< \alpha$. Aceptar H_a = Existen diferencias significativas entre las varianzas.

Prueba de muestras independientes										
Prueba de Levene de igualdad de varianzas					prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									inferior	superior
cantidad de dosis efectiva de gas radon	Se asumen varianzas iguales	2,158	,148	2,748	52	,008	504250618	183523710	135863273	872817968
	No se asumen varianzas iguales			2,748	49,667	,008	504250618	183523710	135538117	872817129

IGUALDAD DE VARIANZAS		
P. valor = 0.148	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: P. valor $\Rightarrow \alpha$. Aceptar H_0 = Las varianzas son iguales. Las varianzas de ambos grupos son iguales.		

Valor de significación T de Student

Criterios para decidir:

- Si la probabilidad obtenida P. valor $\leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_a)
- Si la probabilidad obtenida P. valor $> \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0)

Prueba de muestras independientes										
Prueba de Levene de igualdad de varianzas					prueba t para la igualdad de medias			95% de intervalos de confianza de la diferencia		
		F	Sig.	t	df	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	inferior	superior	
cantidad de dosis efectiva de gas natural	Se asumen varianzas iguales	2,158	,148	2,748	82	.008	304250618	183523750	130883273	872817969
	No se asumen varianzas iguales			2,748	88,667	.008	304250618	183523750	130538117	872671229

T de Student		
P. valor =0.008	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: Si la probabilidad obtenida P. valor $\leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_a).		

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0) es decir, no existe una diferencia significativa entre la Dosis Efectiva Anual del Distrito de Educación 16D01 Pastaza – Mera – Santa Clara con el Distrito de Educación 05D01 Latacunga y se acepta la *Hipótesis alterna* (H_a), la cual nos indica que existe una diferencia significativa entre la Dosis Efectiva Anual del Distrito de Educación 16D01 Pastaza – Mera – Santa Clara con el Distrito de Educación 05D01 Latacunga.

CONCLUSIONES

- El estudio realizado en los Distritos de Educación 16D01 Pastaza – Mera – Santa Clara y en el Distrito de Educación 05D01 Latacunga, los detectores (E-PERM) utilizados tienen una configuración SLT, por ende el tiempo de muestreo es de 15 días en cada Unidad Educativa a estudiar, al leer los detectores nos dan valores de voltajes, los mismos que se transformaban en concentraciones de gas Radón (Bq/m^3), finalmente se calculó la Dosis Efectiva Anual perteneciente a cada Establecimiento Educativo, a la cual están expuestos los maestros y estudiantes debido a sus actividades cotidianas.
- Las Dosis Efectivas Anuales calculadas a lo largo de esta investigación no superan el límite establecido que es de 0.1 mSv/año , según lo establecido en la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014).
- La Dosis Efectiva Anual debido a la inhalación de gas Radón (^{222}Rn) en las Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01 Pastaza – Mera – Santa Clara ubicado en la Provincia de Pastaza, ciudad Puyo, varían entre $5.7456\text{E-}05 \text{ mSv/año}$ hasta $0.00122598 \text{ mSv/año}$, la misma posee una media aritmética de $1.155\text{E-}03 \text{ mSv/año}$ y una varianza de $3,6564\text{E-}06 \text{ mSv/año}$.
- La Dosis Efectiva Anual debido a la inhalación de gas Radón (^{222}Rn) en las Unidades Educativas del Distrito de Educación 05D01 Latacunga ubicado en la provincia de Cotopaxi, ciudad Latacunga, varían entre $2.9736\text{E-}05 \text{ mSv/año}$ hasta 0.0190 mSv/año , la misma posee una media aritmética de $1.149\text{E-}03 \text{ mSv/año}$ y una varianza de $1.762\text{E-}07 \text{ mSv/año}$.
- En la gráfica 5-4 se muestra que existe una diferencia significativa entre las Dosis Efectivas Anuales de los lugares abiertos con los lugares cerrados del Distrito de Educación 16D01, en la gráfica 6-4 no existe una variación significativa entre las Dosis Efectivas Anuales de los lugares abiertos con los lugares cerrados del Distrito de Educación 05D01, dichas variaciones dependen del tipo de ventilación, clima y ubicación geográfica.
- Con el análisis estadístico se concluyó que las Dosis Efectivas Anuales obtenidos en las Unidades Educativas del Distrito de Educación 16D01 son mayores que las Dosis Efectivas Anuales de los Establecimientos Educativos del Distrito de Educación 05D01.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el estudio de gas radón (^{222}Rn) ya sea de concentración o dosis efectiva anual solo de una provincia o provincias que tengan características semejantes en cuanto a la ubicación geográfica, clima, temperatura y altitud.
- Se recomienda capacitar al personal de las Unidades Educativas respecto al gas radón su procedencia, en donde se puede concentrar gas radón y las consecuencias que, el mismo puede provocar.
- Se recomienda realizar el mismo estudio en las Unidades Educativas, pero específicamente en las aulas, dado que los alumnos se exponen a un tiempo estándar de 6 horas de clases todos los días laborables.
- Cuando se vaya a realizar la prueba estadística T de Student y los datos sean sumamente pequeños tratar de eliminarlos explicando su respectiva justificación, los datos deberán normalizarse, caso contrario no se podrá realizar un análisis estadístico certero.
- Al calcular la dosis efectiva debido a la inhalación, los detectores E-PERM se deberán colocar en la mitad del cuarto, esto quiere decir que al mismo tiempo se encuentre distante de las paredes y el piso.
- Al colocar los detectores, tener mucho cuidado con la manipulación errónea del electret, específicamente de la parte inferior central (teflón).

GLOSARIO

²³⁸U	Uranio 238
⁴⁰K	Potasio 40
¹⁴C	Carbono 14
²²²Rn	Radón 222
²¹⁸Po	Polonio 218
²¹⁸At	Astato 218
²¹⁴Bi	Bismuto 214
²¹⁴Po	Polonio 214
²¹⁴Pb	Plomo 214
²³²Th	Torio 232
ATSDR	Agencia para sustancias tóxicas y el Registro de Enfermedades.
NTP	Network Time Protocol
IARC	Agencia Internacional de la Investigación sobre el Cáncer
OMS	Organización Mundial de la Salud
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
16D01	Distrito de Educación Pastaza – Mera – Santa Clara
05D01	Distrito de Educación de Latacunga
EPA	Agencia de Protección Ambiental
ADN	Ácido desoxirribonucleico
PDR	Productos de desintegración del radón
Bq/L	Bequerelio /litro
pCi/L	picoCurie/litro
Ci	Curie
Kg/m	Kilogramo / metro
H_{inh}	Dosis efectiva anual
LET	Transferencia Lineal de Energía
m.s.n.m.	Altitud
Msv	miliSievert
Mev	megaelectrovoltio
U.E.	Unidad Educativa

CECIB	Centro de Educación Comunitario Intercultural Bilingüe
E.G.B	Educación General Básica
PCEI.	Personas con Escolaridad Inconclusa
A	Lugar abierto
B	Lugar cerrado
P1	U.E. Provincia de Pastaza
P2	U.E. PCEI. Alberto Zambrano Palacios
P3	U.E. Bilingüe Amauta Ñanpi
P4	U.E. Fray Álvaro Valladares
P5	U.E. Nuestra Señora de Pompeya
P6	U.E. 12 de Mayo
P7	U.E. Primero de Mayo
P8	U.E. Francisco de Orellana
P9	U.E. Andoas
P10	U.E. San Vicente Ferrer
P11	U.E. Ing. Eduardo Vásconez
P12	U.E. CECIB. Ñucanchi Allpa
P13	U.E. Vera Cruz
P14	U.E. Monseñor Leónidas Proaño
P15	E.G.B. Enrique Vacas Galindo
P16	U.E. Particular Amazónica
P17	U.E. PCEI. Harward
P18	U.E. PCEI. 13 de Abril
P19	Colegio PCEI Latinoamericana
P20	E.G.B. Magic School
L1	U.E. Ana Páez
L2	U.E. Juan Abel Echeverría
L3	U.E. FAE N ^o 5
L4	U.E. Jorge Icasa
L5	U.E. Once de Noviembre
L6	U.E. Luis Fernando Ruiz
L7	U.E. Victoria Vásconez - Simón Bolívar - Elvira Ortega
L8	E.E.B. Isidro Ayora
L9	U.E. Vicente León

L10	E.G.B. Luis Fernando Vivero
L11	U.E. Primero de Abril
L12	E.G.B. Club Rotario
L13	E.G.B. Lic. Jaime Andrade Fabara
L14	U.E. Sagrado Corazón de Jesús
L15	U.E. San José la Salle
L16	U.E. Dr. Trajano Naranjo Iturralde
L17	U.E. Dr. José María Velasco Ibarra
L18	U.E. 14 de Julio – Juan Abel Echeverría
L19	U.E. Hermano Miguel
L20	U.E. César Viera

BIBLIOGRAFÍA

ATSDR. *Resumen de Salud Pública Uranio.* 1999 , pp. 11.

BARROS, M. *Propiedades del Radón.* [En línea] 2006. Disponible en: <http://www.usc.es/ampsp/GGR/radon_residencial.htm>.

BARROS, M. et al. *Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: a population-based case-control study.* *ResearchGate.* [En línea] 2002. [Consulta: 15 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/11163642_Exposure_to_residential_radon_and_lung_cancer_in_Spain_a_population-based_case-control_study>.

CANOBA, A. et al. *Mediciones de gas radón en el interior de viviendas de la República Argentina.* no. 1998.

CANOBA, A. et al. *Indoor radon measurements in six Latin American countries.* *Geofísica Internacional.* 2002, vol. 41, no. 4, pp. 453-457. ISSN 00167169.

CHERRY, R. *Radiaciones Ionizantes.* [En línea] 2002. S.l.: s.n. Disponible en: <<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Capítulo+48.+Radiaciones+ionizantes>>.

CRICK, M. *Radiación efectos y fuentes.* [En línea] 2016. S.l.: s.n. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7790/Radiation_Effects_and_sources-2016Radiation_-_Effects_and_Sources_SP.pdg.pdf?sequence=7&isAllowed=y>.

ĎURČÍK, M. et al. *Radon risk assessment in Slovak kindergartens and basic schools.* *Radiation Protection Dosimetry.* 1997, vol. 71, no. 3, pp. 201-206. ISSN 01448420. DOI 10.1093/oxfordjournals.rpd.a032053. 1

ENRE S. *Radiaciones Ionizantes.* [En línea] 2003. S.l.: Disponible en: <http://www.ffis.es/ups/ResponsabilidadGrupal/11_Radiaciones_ionizantes.pdf>.

GAIDOLFI, L. et al. *Radon measurements in kindergartens and schools of six Italian regions.* *Radiation Protection Dosimetry.* 1998, vol. 78, no. 1, pp. 73-76. ISSN 01448420. DOI 10.1093/oxfordjournals.rpd.a032337.

GARCÍA, E. & MORENO, C. *"Elementos radiactivos de la tabla periódica: descubrimiento y nucleosíntesis artificial".* (tesis) (pregrado). Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España, 2018. Disponible en:

<<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LUIS%20ENRIQUE%20GARCIA%20MORENO%20CEZAR.pdf>>.

GARZÓN, G. *El Radón - Manual Teórico Práctico*. [En línea] 2009. S.l.: [Consulta: 15 octubre 2019]. Disponible en: <<http://rgdoi.net/10.13140/2.1.1932.4800>>.

GUAPIZACA, C. "Implementación de un método de detección del gas ^{222}Rn en agua proveniente de las vertientes naturales del volcán Carihuairazo". (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2018. Disponible en: <<http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/8357>>.

HIDROVO, D. "Determinación del coeficiente de exhalación másico de los materiales de construcción más usados en el cantón Riobamba". (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2019. Disponible en: <<http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/10271>>.

KESKIKURU, T. *Various Factors of Pressure-Driven Entry of Soil Gas into a Detached House Through Concrete Foundation*. 2018, vol. 1596, pp. 164.

LAUGHLIN, J. *An historical overview of radon and its progeny: applications and health effects*. *Radiation Protection Dosimetry*. 2012, vol. 152, no. 1-3, pp. 2-8. ISSN 0144-8420, 1742-3406. DOI 10.1093/rpd/ncs189.

MARSHALL, J. & MARSHALL, V. *Ernest Rutherford, the "true discoverer" of Radon*. [En línea] 2003. Disponible en: <<http://acshist.scs.illinois.edu/awards/OPA%20Papers/2003-Marshall.pdf>>.

MEDINA, S. & REYES, P. *Radiación ionizantes y efectos sobre la materia*. [En línea] 2002. Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/911/91101203.pdf>>.

MOOK, W. *Desintegración Nuclear y Producción*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. 2002, ISBN 978-84-7840-465-0.

NTP 440. *Radón en ambientes interiores*. 2000. España.

NTP 533. *NTP 533: El radón y sus efectos sobre la salud*. 1999. España.

NTP 614. *Radiaciones ionizantes: normas de protección*. 2005.

PENZO, S. *Il radon sua misurazione*. [En línea] 2006. [Consulta: 22 octubre 2019]. Disponible en: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/38/096/38096495.pdf>.

SANTILLÁN, C. "*Detección de gas Radón (222RN) en las Unidades Educativas de nivel superior del distrito de Educación 06d01 Chambo Riobamba con infraestructura antigua de la ciudad de Riobamba*". (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2018. Disponible en: <<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9059>>.

TORRI, G. 2013. *Il Monitoraggio Del Gas Radon nel Lazio.* , pp. 56.

ANEXOS

**ANEXO A. . AUTORIZACIÓN DEL DISTRITO DE EDUCACIÓN 16D01
PASTAZA-MERA-SANTA CLARA.**

MINISTERIO DE EDUCACIÓN



Oficio Nro. MINEDUC-CZ3-16D01-2019-0791-O
Pastaza, 13 de junio de 2019

Asunto: COMPROMISO CIUDADANO: AUTORIZACION PARA ESTUDIO

Señor
Richard Willians Pachacama Choca
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al Documento No. 307 .EFM.FC.19 de fecha 2019-07-05 en el cual solicita autorización para realizar el Estudio en las unidades educativas del Distrito Pastaza Mera Santa Clara; se le comunica que se autoriza la entrada a las Unidades Educativas del Listado a la Señorita Gisell Paola Allauca Yumiseba. Para lo cual se comunicará a los responsables de las unidades educativas y se facilite el acceso para dicho estudio, por un periodo de 60 días.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,



Atg. Juan Alfonso Vallejo Diaz
DIRECTOR DISTRITAL DE EDUCACIÓN 16D01 -PASTAZA - MERA - SANTA CLARA - (E)

Referencias:
- MINEDUC-CZ3-16D01-UDAC-2019-2150-E

Anexos:
- 2150-e0552777001560172693.pdf

af

Dirección: Av. Amazonas 1934-451 y Av. Atahualpa • Código Postal: 170507 / Quito - Ecuador • Teléfono: 993-2 396 1300
www.educacion.gob.ec

Documento generado por Quilac

1/1

**ANEXO B. AUTORIZACIÓN DEL DISTRITO DE EDUCACIÓN 05D01
LATACUNGA.**

Original

MINISTERIO DE EDUCACIÓN



Oficio Nro. MINEDUC-CZ3-05D01-2019-1438-OF

Latacunga, 07 de junio de 2019

**Asunto: SOLICITA REALIZAR ESTUDIOS CUANTITATIVOS DE LA
CONCENTRACIÓN DEL GAS RÁDON**

Señor
Richard Willians Pachacama Choca
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al Documento No. CC-1297-05D01, en el cual solicita autorización para el ingreso de la Señorita **GISELL PAOLA ALLAUCA YUMISEBA**, estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a las Instituciones Educativas que detalla en el documento adjunto, las mismas que corresponden al Distrito de esta jurisdicción, con el objeto de realizar un estudio cuantitativo de la Concentración de Gas Radón; para lo que se colocarán 2 detectores de gas radón en cada Unidad Educativa, lo que permitirá conocer que cantidad de dosis efectiva están recibiendo anualmente los estudiantes y profesores de los establecimientos.

Esta Dirección Distrital, informa a usted, que su requerimiento ha sido atendido de manera favorable, recalcando que deberá presentarse con la respectiva identificación y coordinar de manera oportuna con las autoridades de las Instituciones Educativas.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Mgs. Victor Mantufo Olivo Pallo
DIRECTOR DISTRITAL DE EDUCACIÓN 05D01 - LATACUNGA

Referencias:

- MINEDUC-CZ3-05D01-UDAC-2019-4019-E

Anexos:

- SOLICITUD

ANEXO C. CERTIFICACIÓN DEL DETECTOR E-PERM.



Rad Elec Inc.

5716-A Industry Lane
Frederick, MD 21704 USA
(800) 526-5482 • (301) 694-0011
Fax (301) 694-0013
www.radelec.com

**CERTIFIED READINGS OF REFERENCE
ELECTRETS**

Date Certified: 09/07/2018

SPER-1 Reader #: E1132

ELECTRET SERIAL NUMBER	READING VOLTS
RE6458	265
RE6526	263

Reference Electrets read and certified by:

Rad Elec Inc.

September 07, 2018

Next certification due date: 9/07/2019



Rad Elec Inc.

www.radelec.com

5716-A Industry Lane

Frederick, MD 21704 USA

Ph: 301-694-0011 Fax: 301-694-0013

SPER-1 READER CALIBRATION CERTIFICATE

Calibration Date: **09/07/18**

Next Calibration Due: **09/07/19**

Reader Serial #: **E1132**

Reference Instrument: Fluke 189, Serial No. 91920602

Calibration Conditions: Temperature: **73°** Relative Humidity: **48%**

NIST Traceable Voltage Source Volts	SPER 1 Reading Volts
000	0
250	250
350	350
450	450
550	550
650	650
750	750

Rad Elec Inc. certifies that the above SPER-1 Reader, s/n **E1132** has been calibrated using a reference instrument whose accuracies are traceable to the National Institute of Standards and Technology. This reader meets Rad Elec Inc.'s QA/QC Standards to an accuracy of + or - 1 volt, as specified in the E-PERM® System Manual.

Certifying Technician:

John Davis

Date: **09/07/18**

ANEXO D. MODELO DE ENCUESTA A REALIZARSE.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
ENCUESTA PARA COMPLEMENTAR LA INVESTIGACION



Nombre de la Unidad Educativa.....
Nombre de la persona encuestada.....
Cargo que ocupa en la institución.....
Ubicación de la escuela.....

- 1.- ¿De qué material está fabricada la unidad educativa?

- 2.- ¿Cuál es el tipo de ventilación de la Unidad Educativa?

- 3.- ¿Consta con algún sistema de calentamiento o enfriamiento?

- 4.- ¿Qué tiempo pasan los docentes en las instituciones?

- 5.- ¿Qué tiempo pasan los estudiantes en la institución?

- 6.- ¿Cuál es el rango de edad que tiene la institución?

- 7.- ¿Cuál es el tipo de abastecimiento del agua?

- 8.- ¿Cuál es el plano del colegio?

ANEXO E. MODELO DE HOJA DE TRABAJO PARA RECOGER DATOS.



FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Lugar: _____

Fecha: _____

Nombre de la Unidad Educativa: _____

Croquis de la institución _____

	Datos
Voltaje inicial	
Voltaje final	
Hora de inicio de la medida	
Hora de finalización de la medida	
Temperatura del aire	