



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EN LA DENSIDAD DE LA
ACTIVIDAD DEL RADÓN DOMÉSTICO EN VIVIENDAS DE ARQUITECTURA
VERNÁCULA Y CONVENCIONAL EN LA PARROQUIA NAZÓN DEL CANTÓN
BIBLIÁN

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: EDITH LUCILA ENCALADA CASTRO
TUTOR: TONY JESÚS VILORIA ÁVILA, PhD.

Cuenca - Ecuador
2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edith Lucila Encalada Castro con documento de identificación N° 0104783899, manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 4 de agosto de 2022.

Atentamente,



Edith Lucila Encalada Castro

0104783899

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Edith Lucila Encalada Castro con documento de identificación N° 0104783899, expreso mi voluntad y por medio de este presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo experimental: “Influencia de las condiciones climatológicas en la densidad de la actividad del radón doméstico en viviendas de arquitectura vernácula y convencional en la parroquia Nazón del cantón Biblián”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 4 de agosto de 2022.

Atentamente,



Edith Lucila Encalada Castro

0104783899

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Tony Jesús Viloría Ávila, con documento de identificación N° 0151688264, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EN LA DENSIDAD DE LA ACTIVIDAD DEL RADÓN DOMÉSTICO EN VIVIENDAS DE ARQUITECTURA VERNÁCULA Y CONVENCIONAL EN LA PARROQUIA NAZÓN DEL CANTÓN BIBLIÁN, realizado por Edith Lucila Encalada Castro, con documento de identificación N° 0104783899, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 4 de agosto de 2022.

Atentamente:



Tony Jesús Viloría Ávila, PhD.

0151688264

Dedicatoria

La vida se compone de diferentes retos, entre ellos la finalización de la etapa universitaria, la misma que es parte de la formación personal, académica y profesional. Por este motivo y este gran logro dedico este trabajo a mi padre Hernán Encalada y a mi madre la Licda Edith Castro quienes han sido los pilares muy esenciales durante toda mi vida, que con sabios consejos y su amor incondicional supieron apoyarme hasta alcanzar la meta. A si también a mi esposo Josué Sacoto por estar a mi lado apoyándome incondicionalmente junto con mi hija Yolanda que han sido un pilar fundamental en esta etapa de mi vida.

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la vida y llenarme de sabiduría para así poder afrontar cada adversidad que se nos presenta en el camino y alcanzar la meta propuesta. Del mismo modo, expresar a mi familia por ser un gran apoyo en todo momento, especialmente a mi padre y madre quienes sembraron buenos valores para que pueda crecer como persona.

A mi tutor PhD. Tony Vilorio, gracias a su gran conocimiento académico me ha brindado su tiempo y con mucha paciencia me ha sabido guiar durante el desarrollo de este trabajo experimental.

Resumen

El presente trabajo de investigación fue llevado a cabo en la parroquia de Nazón perteneciente al cantón Biblián, en donde se realizaron mediciones de variables climatológicas en época de lluvia (invierno) y época seca (seca) para determinar la actividad del radón en viviendas convencionales y vernáculas. Las viviendas muestreadas corresponden a un total de 50, las cuales fueron divididas en dos grupos. Para el primer grupo (viviendas vernáculas) la densidad de la actividad del radón fue en promedio en el interior de la vivienda de 307.12 Bq/m^3 en época de lluvia, 220.85 Bq/m^3 en época seca y para el exterior de la vivienda 1574.0 Bq/m^3 en época de lluvia y 1679.54 Bq/m^3 en época seca. Para el grupo dos (viviendas convencionales) la densidad de la actividad del radón fue en promedio en el interior de la vivienda de 65.38 Bq/m^3 en época de lluvia, 61.66 Bq/m^3 en época seca y para el exterior de la vivienda 1679.54 Bq/m^3 en época de lluvia y 1549.29 Bq/m^3 en época seca. En cuanto a las variables climatológicas estas presentaron temperaturas en un rango de $11.09 \pm 4.24^\circ\text{C}$ a $20.96 \pm 4.92^\circ\text{C}$ y precipitaciones de $18.59 \pm 37.49 \text{ mm}$ a 147.26 mm . Se destaca que las viviendas vernáculas fueron las que presentaron densidades de la actividad de radón mayores que las viviendas convencionales.

Palabras claves: Radón, Climatologías, Viviendas Vernáculas, densidad de la actividad del radón

Abstract

The present research work was carried out in the parish of Nazón belonging to the Biblián canton, where climatological measurements were made in the rainy season (winter) and the dry season (dry). to determine radon activity in conventional and vernacular dwellings. The sampled dwellings correspond to a total of 50, which were divided into two groups. For the first group (vernacular dwellings) the density of radon activity was an average of 307.12 Bq/m³ inside the dwelling in the rainy season, 220.85 Bq/m³ in the dry season and 1574.0 Bq outside the dwelling. /m³ in the rainy season and 1679.54 Bq/m³ in the dry season. For group two (conventional homes), the density of radon activity was an average of 65.38 Bq/m³ inside the house in the rainy season, 61.66 Bq/m³ in the dry season, and 1679.54 Bq outside the house. /m³ in the rainy season and 1549.29 Bq/m³ in the dry season. As for the climatological variables, these present temperatures in a range of 11.09±4.24°C to 20.96±4.92°C and rainfall from 18.59±37.49 mm to 147.26 mm. It stands out that the vernacular dwellings were the ones with densities of radon activity higher than the conventional dwellings.

Keywords: Radon, Climatologies, Vernacular Dwellings, radon activity density

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1 Problemática	1
1.2. Justificación	2
1.3 Antecedentes	4
1.4 Delimitación	5
1.4.1 Delimitación geográfica	5
1.4.2 Delimitación sectorial	5
1.5. Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Radiactividad natural y artificial	6
2.2 Radiaciones ionizantes	7
2.2.1 Tipos de radiaciones ionizantes	8
2.2.2 Impacto a la salud	11
2.3 Exposición a la radiación natural	12
2.3.1 Exposición externa	13
2.3.2 Exposición interna	14
2.4 Decaimiento radioactivo	15
2.4.1 Ley de decaimiento radioactivo	15

2.5 Radón -222	17
2.5.1 Densidad de la actividad del radón en interiores	18
2.5.2 Dosimetría	19
2.6 Arquitectura vernácula	20
2.6.1 Arquitectura vernácula en Ecuador	20
2.7 Influencia de los parámetros meteorológicos en la densidad de la actividad del radón	21
2.7.1 Temperatura	22
2.7.2 Precipitación atmosférica	22
3. MARCO METODOLÓGICO	23
3.1 Selección de la población	23
3.1.1 Tamaño de la muestra	24
3.2 Desarrollo Experimental	25
3.2.1 Muestreo en viviendas	25
3.2.2 Método de cámara de difusión para mediciones de radón en suelo	25
3.2.3 Tratamiento químico de los detectores.	27
3.2.4 Conteo de trazas.....	28
3.2.5 Medición de la concentración de ^{222}Rn	28
3.3 Registro de datos climatológicos de temperatura y precipitación	30
3.4 Análisis estadístico	31
3.4.1 Modelo de regresión lineal múltiple	31
4	RESULTADOS
.....	32

4.1 Componente climático	32
4.1.1 Temperatura y precipitación viviendas de adobe	32
4.1.2 Temperatura y precipitación viviendas de cemento	36
4.2 Densidad de la actividad del radón.....	39
4.2.1 Densidad de la actividad del radón en viviendas de adobe	40
4.2.2 Densidad de la actividad del radón en viviendas de cemento	46
4.3 Tasa de dosis anual en viviendas de adobe y cemento	51
4.4 Análisis estadístico inferencial de las variables climatológicas y la densidad de la actividad del radón en las viviendas de adobe y cemento	52
4.4.1 Estadísticos de prueba para las variables medidas en el interior de las viviendas de adobe y sus parámetros climáticos.....	52
4.4.2 Estadísticos de prueba para las variables medidas en el interior de las viviendas de cemento y sus parámetros climáticos.....	56
4.4.3 Estadísticos de prueba para las variables medidas en el exterior de las viviendas de adobe y cemento	58
4.5 Modelo de regresión múltiple de las variables medidas en las viviendas de adobe y cemento	62
4.5.1 Modelo de regresión múltiple en viviendas de adobe con respecto a sus parámetros climatológicos	62
4.5.2 Modelo de regresión múltiple en viviendas de cemento con respecto a sus parámetros climatológicos	67
5. DISCUSIÓN	71
6. CONCLUSIONES	74
7. RECOMENDACIONES.....	76

8. BIBLIOGRAFÍA	77
9. ANEXOS.....	89
8.1 Información meteorológica diaria por estaciones (época lluvia y seca) Precipitación (mm) y temperatura (°C).....	89
8.2 Densidades de la actividad de radón	97
8.3 Dosis anual (absorbida, equivalente, efectiva)	105
8.5 Mapas	130

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Valores promedio de los parámetros climáticos en las 4 estaciones de muestreo	32
.....	32
Tabla 2. Registro de variables meteorológicas en viviendas de adobe	33
Tabla 3. Registro de variables meteorológicas en viviendas de cemento	36
Tabla 4. Densidad de la actividad del radón y error en cocinas en viviendas de adobe	41
Tabla 5. Densidad de la actividad del radón Rn-222 y error en dormitorio en viviendas de adobe	42
.....	42
Tabla 6. Densidad de la actividad del radón y error en suelo en viviendas de adobe	43
Tabla 7. Densidad de la actividad del radón y error en cocinas en viviendas de cemento	47
Tabla 8. Densidad de la actividad del radón y error en dormitorio en viviendas de cemento	48
Tabla 9. Densidad de la actividad del radón y error en suelo en viviendas de cemento	49
Tabla 10. Dosis en viviendas de adobe	52
Tabla 11. Dosis anual en viviendas de cemento	52
Tabla 12. Resultado del test de normalidad para las variables climatológicas y densidades de la actividad del radón en el interior de las viviendas de adobe	53
Tabla 13. Resultados del test de homocedasticidad entre variables climatológicas y densidad de la actividad del radón en el interior de las viviendas de adobe	54
Tabla 14. Comparación de medias entre variables climatológicas y densidad de la actividad del radón en el interior de las viviendas de adobe	54
Tabla 15. Resultado del test de normalidad para las variables climatológicas y densidades de la actividad del radón en el interior de las viviendas de cemento	56

Tabla 16. Resultado del test de homocedasticidad entre variables climatológicas y densidad de la actividad del radón en el interior de las viviendas de cemento.....	57
Tabla 17. Comparación de medias entre variables climatológicas y densidades de la actividad del radón en el interior de las viviendas de cemento	57
Tabla 18. Resultado del test de normalidad para las densidades de la actividad del radón en el exterior de las viviendas de adobe y cemento.....	60
Tabla 19. Resultado del test de homocedasticidad entre las densidades de la actividad del radón en el exterior de las viviendas de adobe y cemento	60
Tabla 20. Comparación de medias entre las densidades de la actividad del radón en el exterior de las viviendas de adobe y cemento	61
Tabla 21. Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en cocinas en época de lluvia y seca en viviendas de adobe..	64
Tabla 22. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en cocinas en época de lluvia y seca en viviendas de adobe..	64
Tabla 23. Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en dormitorio en época de lluvia y seca en viviendas de adobe	64
Tabla 24. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en dormitorio en época de lluvia y seca en viviendas de adobe	65
Tabla 25. . Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en suelo en época de lluvia y seca en viviendas de adobe	65

Tabla 26. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en suelo en época de lluvia y seca en viviendas de adobe	65
Tabla 27. Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en cocinas en época de lluvia y seca en viviendas de cemento	68
Tabla 28. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en cocinas en época de lluvia y seca en viviendas de cemento	68
Tabla 29. Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en dormitorio en época de lluvia y seca en viviendas de cemento	69
Tabla 30. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en dormitorio en época de lluvia y seca en viviendas de cemento	69
Tabla 31. . Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en suelo en época de lluvia y seca en viviendas de cemento .	69
Tabla 32. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en suelo en época de lluvia y seca en viviendas de cemento .	70
Tabla 34. Densidad de actividad de radón (indoor y outdoor) en diferentes países, en época de verano e invierno.....	73

1. Introducción

1.1 Problemática

El radón es un gas radiactivo y ha sido clasificado como un contaminante natural importante en los edificios y debe incluirse en cualquier evaluación destinada a estimar la calidad del aire interior (Sabbarese et al., 2021), la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que el radón es la segunda causa más importante de cáncer de pulmón, después del humo del cigarrillo (OMS, 2016), además menciona que los propietarios de viviendas deben tomar medidas cuando las densidades de la actividad de radón superen los 100 Bq/m^3 mientras que la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, 2010) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 2018) recomiendan las densidades de la actividad de radón en interiores para estar por debajo de 300 Bq/m^3 .

El radón está presente en todos los entornos terrestres en cantidades variables en tres isótopos; el más abundante es el ^{222}Rn , este isótopo, producido por ^{226}Ra , pertenece a las cadenas de desintegración natural de ^{238}U , que es uno de los principales elementos que constituyen la corteza terrestre (Ambrosino et al., 2020). La contribución de radón exhalado de los materiales de construcción puede ser aún mayor cuando se utilizan NORM (materiales radiactivos de ocurrencia natural) para la producción de vivienda, es así que la emisión de radón del suelo, y en general de un medio, está influenciada por varios factores como la porosidad, granulometría, permeabilidad, humedad relativa y temperatura, por ello es importante comprender las características del suelo y el material de construcción permite estimar la densidad de la actividad del radón de radón en interiores en las viviendas y los riesgos asociados para la salud humana (Leonardi et al., 2018)(Szajerski & Zimny, 2020).

El tipo de construcción civil y las diversas características también pueden influir en las densidades de la actividad de radón en interiores, estudios han demostrado que las casas con mayor climatización pueden contener las densidades de la actividad de radón significativamente mayores debido a que se evita que se mezcle el aire interior con el aire exterior, además se ha descubierto que las casas más nuevas contienen las densidades de la actividad de radón significativamente más altas que las casas más viejas debido al aumento de las prácticas de aislamiento energéticamente eficientes (Stanley et al., 2017) (Pigg et al., 2018). Según (Ali et al., 2019) el efecto de la humedad sobre el coeficiente de difusión y la longitud del gas radón en el suelo y los materiales de construcción puede tener un efecto decreciente del coeficiente de difusión del radón.

1.2. Justificación

Según la UNSCEAR, el ^{222}Rn es la principal fuente de radiación natural para el ser humano, ya que más del 50% de la dosis efectiva anual se debe al radón y sus productos de desintegración (UNSCEAR, 2000), además es considerado como el factor secundario del cáncer de pulmón, después del tabaquismo (OMS, 2009), y las características habitacionales son un factor fundamental en la densidad de la actividad del radón de este gas radiactivo, pues en las últimas décadas, el gran cambio de estructura de los materiales de construcción, así como la promoción de viviendas de conservación de energía ha sido clave para constatar un aumento en los niveles de radón en interiores (Yanchao et al., 2021).

Estudios han demostrado las densidades de la actividad de radón en viviendas, de hasta 410 000 Bq m^{-3} , por lo tanto, el radón es un peligro para la salud, cuya densidad de la actividad del radón en las viviendas está fuertemente influenciada por la geología y los parámetros ambientales, incluido el clima local, materiales de construcción y la ventilación de los edificios (Nazaroff, 1992) (Baeza et al., 2017). Para predecir dónde se puede concentrar el radón y reducir esto y los efectos

en la salud asociados, es crucial comprender cómo se comporta el radón en un ambiente cerrado y ventilado (Chung et al., 2020).

El presente estudio se emplaza en los sistemas habitacionales de arquitectura vernácula y convencional, considerando que las de arquitectura vernácula son viviendas que están construidas por adobe, pues son característicos por su resistencia térmica y fácil elaboración, señalando además que fue el primer sistema constructivo del ser humano antiguo el cual fue reconocido arquitectónicamente en 1965 (Rodríguez., 2014). Es así que hasta la actualidad se pueden encontrar casas modernas que aún conservan ese estilo constructivo y lo han adaptado a las nuevas necesidades y requerimientos sociales, y los de arquitectura convencional, aludiendo a construcciones donde se utiliza materiales de construcción como ladrillo, cemento, arena, y otros materiales.

Por otro lado, las densidades de la actividad de radón en interiores ven variaciones por factores climáticos, los cuales pueden presentar correlaciones fuertes y débiles al momento de su comparación (Rey et al., 2022). De esta manera, el presente estudio trata en determinar si las variables climáticas como la temperatura, y la precipitación del sector de estudio, influyen de manera directa en las mediciones de radón-222 en época de lluvia y época seca.

A su vez, la importancia de este tipo de investigaciones, radica en la necesidad de general conocimiento en el campo de la radioactividad, ya que al trabajar con períodos estacionales (Kikaj et al., 2020), esto nos ayudará a monitorear de una mejor manera el decaimiento de otros radionúclidos (Amestoy et al., 2021). Es decir, el abrir nuevos campos de investigación relacionados con el medio ambiente, permite generar conocimiento sobre los efectos del cambio

climático (Toader et al., 2019), y de esta manera tener una mejor interpretación del entorno en el que nos estamos desarrollando.

1.3 Antecedentes

La influencia de los parámetros climáticos sobre el gas radón se da principalmente por los fenómenos meteorológicos que se dan en la parte más baja de la tropósfera, debido a que en esta zona se dan la mezcla de varios gases. Un estudio realizado por (Zoran et al., 2019) en *Bucharest* Rumania, analizó a lo largo de una año, la influencia del clima sobre las concentraciones de varios gases contaminantes, entre ellos el radón, donde este gas presentó niveles más altos en invierno que en verano.

Por otra parte, las densidades de la actividad de radón ven variaciones estacionales según parámetro climático. En Australia se llevó a cabo un estudio en *New South Wales* donde los valores medidos de radón presentaron tendencias distintas por estación, más una relación inversa lineal entre las densidades de la actividad de radón y la precipitación y la temperatura (Tait et al., 2015).

Del mismo modo (Lebel et al., 2022) indica que, las variables climáticas influyen en la densidad de la actividad del radón del gas radón en construcciones con sistemas de climatización. A su vez (Yamada et al., 2021) señala que la fluctuación de valores de Rn 222 de invierno a verano se da también por las condiciones de ventilación de donde fueron medidas.

Para el contexto de la investigación y al no contar con estudios previos en la zona de trabajo, referentes a como el clima influye sobre el radón, se plantea dividir el monitoreo en dos etapas estacionales que serán descritas en la metodología.

1.4 Delimitación

1.4.1 Delimitación geográfica

El presente estudio se llevó a cabo en el cantón Biblián, parroquia Nazón perteneciente a la provincia del Cañar, donde se realizó el muestreo en viviendas de arquitectura vernácula.

1.4.2 Delimitación sectorial

El revelado químico de los detectores LR-115 se lo realizó en el laboratorio de Radiactividad y Toxicología Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Analizar la influencia de las condiciones climatológicas en la densidad de la actividad del radón doméstico en viviendas de arquitectura vernácula y convencional en la parroquia Nazón del Cantón Biblián.

1.5.2 Objetivos específicos

- Estimar la densidad de la actividad del radón doméstico en viviendas vernáculas y convencionales en la parroquia rural de Nazón del Cantón Biblián en época de lluvia y sequía.
- Registrar la relación de los parámetros climatológicos en las épocas de lluvia y sequía.
- Relacionar estadísticamente la densidad de la actividad del radón doméstico en épocas de lluvia y sequía con el fin de generar comparativas con estudios similares.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Radiactividad natural y artificial

Radiactividad natural

La radiactividad natural está muy extendida en la tierra y está presente en diferentes formaciones geológicas ambientales en el suelo y las rocas (Günay et al., 2019), esta se debe principalmente a la desintegración de ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th (y sus cadenas de elementos hijos), ^{87}Rb (27,8% de Rb natural) y ^{40}K (0,012% de K natural). Todos estos son isótopos primordiales formados antes del origen del sistema solar. La lista de radioisótopos naturales también incluye ^{147}Sm y ^{187}Re primordiales e isótopos cosmogénicos de vida corta como ^{10}Be , ^{14}C y ^{26}Al . De todos estos elementos, solo U, Th (incluidos los elementos hijos) Rb y K representan fuentes importantes de radiactividad natural terrestre. U, Th e hijas son emisores de partículas alfa y beta y rayos gamma; ^{87}Rb emite partículas beta, ^{40}K es un emisor beta y gamma. Otra fuente de NR son los rayos cósmicos, predominantemente protones (y núcleos menores de He) con una gama muy amplia de energías (Hofmann, 2011).

La mayor cantidad de dosis anual de un ser humano se obtiene de la radiactividad natural, los valores medios anuales de dosis de radiación natural son del 9,5% al 10% en los alimentos, del 8.7% en las bebidas, del 8,7% al 9% en los rayos gamma, del 17,5% al 18% en los cosméticos, del 14.8% al 15% en los rayos cósmicos y del 48% al 49,4% en el radón, la tasa de densidad de la actividad del radón de radionucleidos en el suelo, el agua y el aire aumenta debido a las pruebas nucleares o los accidentes de reactores nucleares (Kaya et al., 2020). Dado que el radio (^{226}Ra) y su progenie producen el 98,5% de los efectos radiológicos de las series de uranio, normalmente se ignora la contribución de ^{238}U y los precursores de ^{226}Ra . Por lo tanto, la referencia de este radionúclido en serie es a menudo ^{226}Ra en lugar de ^{238}U (Muntean et al., 2014).

La tasa de dosis equivalente ambiental (componente de origen terrestre) es constante en periodos secos, mientras que, en periodos húmedos se reduce por la presencia de agua en el terreno; al actuar como blindaje frente a la radiación terrestre (Márquez et al., 2015).

Radiactividad artificial

Frédéric Joliot descubrió la radiactividad artificial el 11 de enero de 1934, cuando bombardeó aluminio con partículas alfa de polonio y produjo un isótopo radiactivo de fósforo que decayó emitiendo un positrón. Lo detectó con un contador Geiger-Müller que Wolfgang Gentner le había construido. La transformación de un neutrón en un protón en un núcleo debería crear un electrón, por lo que, para aumentar su número y por ende la probabilidad de crear un electrón, se bombardeó varios elementos con intensas fuentes de neutrones, y el 20 de marzo de 1934, con aluminio y se observó los electrones creados y, por lo tanto, se descubrió la radiactividad artificial inducida por neutrones (Stuewer, 2018).

Muchos radionucleidos artificiales se liberan al medio ambiente como resultado de las actividades humanas, uno de los radionucleidos artificiales más importantes es el cesio-137 (^{137}Cs). Por ejemplo, el desastre de Chernobyl en 1986 provocó la liberación de aproximadamente 90 PBq de ^{137}Cs en el ambiente, y aproximadamente de 3 a 27 PBq de Cesio 137 . Se liberaron en el medio marino como resultado del desastre de Fukushima en 2011 (Salahel Din, 2020) (Aközcan, 2014).

2.2 Radiaciones ionizantes

La radiación ionizante [RI] es una radiación de alta energía que es lo suficientemente potente como para provocar el desplazamiento de electrones de los átomos y la rotura de enlaces químicos. Es capaz de introducir roturas de cadenas de ADN, introducir mutaciones y provocar la muerte

celular. La RI es principalmente genotóxica y es un carcinógeno bien descrito. Aunque existe cierta incertidumbre en los niveles de dosis bajos, existe evidencia acumulada de estudios en adultos de que la relación entre la RI y el cáncer se describe mejor con un modelo lineal sin umbral, es decir, un aumento monótono del riesgo al aumentar la exposición a partir de las dosis más bajas (Erdmann et al., 2019)

2.2.1 Tipos de radiaciones ionizantes

Muchos isótopos naturales y artificiales tienen la propiedad de la radiactividad, que es la desintegración espontánea del núcleo con la emisión de una partícula, en un período de tiempo determinado, cada núcleo de una especie isotópica determinada tiene la misma probabilidad de descomposición. Muchos elementos que se encuentran en la naturaleza o son artificiales son radiactivos, emitiendo partículas alfa, partículas beta y rayos gamma (Previtalli, 2021).

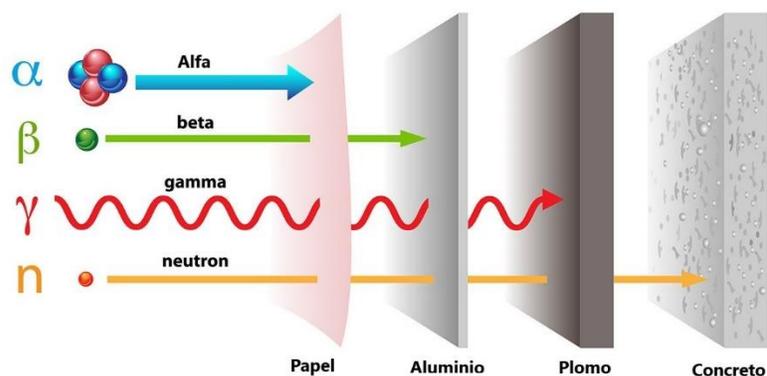


Ilustración 1. Radiación nuclear y blindaje

Fuente: (FlinnScientific, n.d.)

Partículas alfa

En la desintegración alfa (α), que solo es posible con núcleos atómicos grandes, se emite un núcleo atómico de helio doble positivo a alta velocidad, esta partícula se llama partícula alfa. El alcance de este tipo de radiación es corto (en el aire unos centímetros), por lo que incluso una hoja de papel es suficiente para blindar. Por esta razón, la radiación alfa que llega al cuerpo desde el exterior es inofensiva. Sin embargo, si la partícula alfa se libera en el cuerpo después de la incorporación del material radiactivo, la energía depositada por distancia es alta ya que los eventos de ionización son muy densos juntos. Por lo tanto, la radiación alfa es particularmente dañina después de la incorporación (L'Annunziata, 2007) (Temujin et al., 2019).

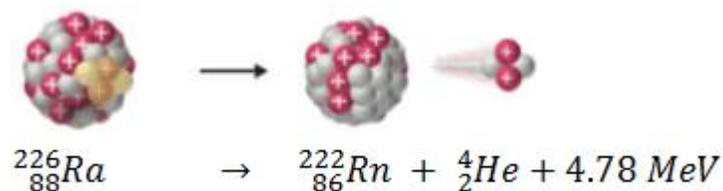


Ilustración 2. Desintegración alfa del ${}^{226}\text{Ra}$

Fuente: (Nuclear Power, n.d.)

Partículas beta

Partículas beta (β) consisten en electrones con carga negativa o positiva que pueden emitirse a gran velocidad desde un núcleo atómico, el rango es mucho mayor en comparación con la radiación alfa (hasta unos pocos metros en el aire), por lo que las partículas beta como exposición a la radiación externa pueden alcanzar la capa germinal sensible de la piel y, por lo tanto, llevar a un aumento de la dosis de órganos de la piel. Por lo general, la radiación beta no alcanza los órganos más profundos en el caso de la radiación externa. Después de la incorporación de un nucleido emisor de beta, la descomposición puede resultar en una dosis después de la incorporación (Temujin et al., 2019).

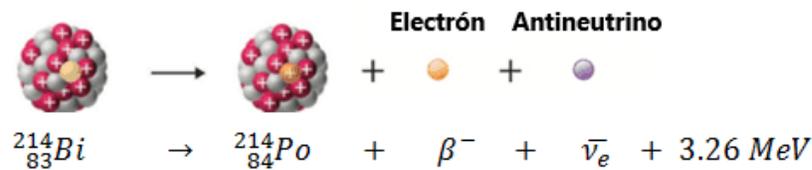


Ilustración 3. Desintegración beta del 214Bi

Fuente: (Nuclear Power, n.d.)

Radiación gamma

La radiación gamma es mucho más penetrante que la radiación beta o alfa. Es similar a los rayos X en que forma parte del espectro electromagnético y tiene una longitud de onda muy corta. Como tal, se puede considerar que los rayos gamma están compuestos de fotones, viaja a la velocidad de la luz y atraviesa el cuerpo humano muy rápidamente, afectando todos los órganos y tejidos.

Generalmente ocurre como consecuencia de una desintegración alfa o beta previa, ya que un núcleo excitado cambia al estado fundamental por emisión de un quantum gamma. Dado que la radiación gamma, a diferencia de la radiación alfa o beta, no es radiación de partículas sino una onda electromagnética, dicho de otra manera, consiste en fotones que viajan a la velocidad de la luz, el rango de radiación gamma es mucho mayor por ende más penetrante que la radiación beta o alfa. Incluso en el caso de exposición a radiación externa, se puede llegar a cada órgano. Después de la incorporación de un nucleido que irradia gamma, la dosis depende en gran medida de las propiedades físicas y químicas del radionúclido (Vallero & Letcher, 2013) (Temuujin et al., 2019).

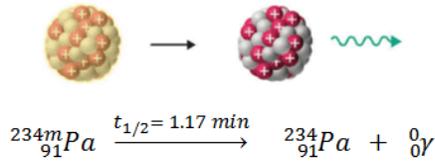


Ilustración 4. Desintegración gamma del ${}^{234m}\text{Pa}$

Fuente: (Connor, 2020)

2.2.2 Impacto a la salud

La radiación ionizante puede dirigirse a células que se dividen rápidamente en múltiples órganos, incluidos los testículos y los ovarios, así como al embrión y al feto en desarrollo (Evans, 2020). Las dosis más altas de RI son una causa establecida de cáncer infantil, estudios han demostrado mayores riesgos de segundas neoplasias hematológicas, pero también se observan algunos cánceres sólidos en niños que han recibido radioterapia de su cáncer primario. Se han identificado mayores tasas de cáncer de tiroides en pacientes con radioterapia previa de cabeza y cuello, los resultados de los estudios de dosis bajas de RI son más controvertidos. Los estudios realizados antes de la década de 1980 sobre el cáncer infantil después de la exposición prenatal a los rayos X arrojaron asociaciones con algunos cánceres pediátricos, especialmente la leucemia (Erdmann et al., 2019).

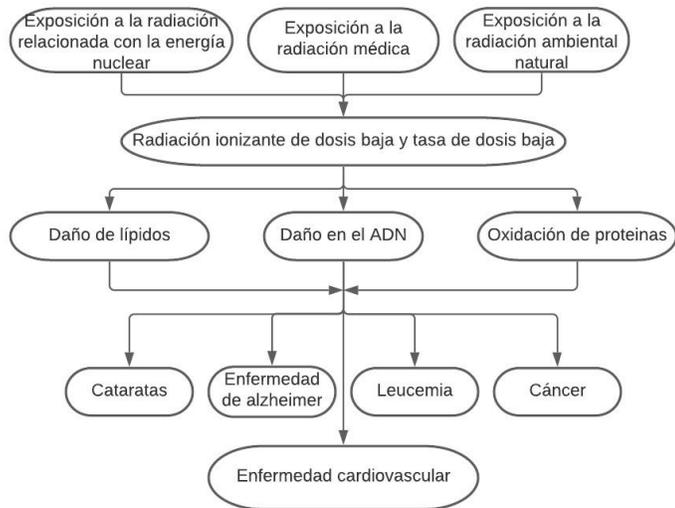


Ilustración 5. Efectos en la salud de la radiación ionizante a dosis bajas y tasas de dosis bajas

Fuente:(Mu et al., 2018), tomado de (Hernández, 2021)

2.3 Exposición a la radiación natural

Según Kovler y otros investigadores (Kovler et al., 2017), la principal radiación de la humanidad proviene de la radiación natural. La dosis anual varía mucho entre las diferentes áreas. Para la mayoría de las personas en Europa, la dosis efectiva anual se encuentra entre 2 y 5,5 mSv. La distribución de las fuentes se puede ver en la siguiente ilustración, pero incluso la distribución de las fuentes de exposición difiere de un área a otra y de una persona a otra. Se puede observar que más del 80% de la dosis es de origen natural y, además de la medicina, solo alrededor del 1% proviene de radiactividad artificial.

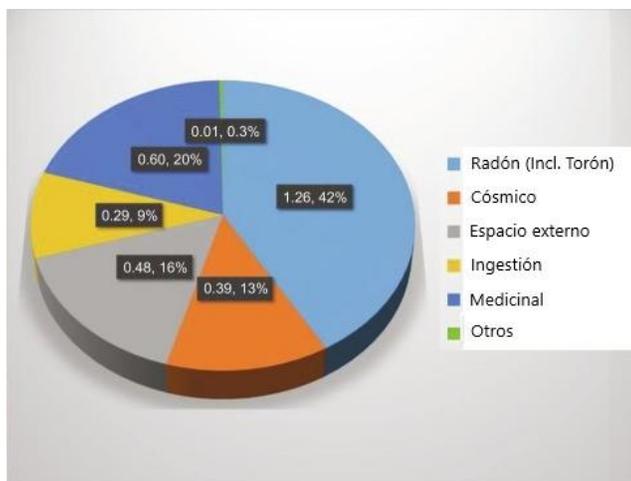


Ilustración 6. Exposición a la radiación*

*Estimaciones de las exposiciones anuales mundiales y distribución de las fuentes de exposición, tanto en mSv como en porcentaje de la exposición total (UNSCEAR, 2008). "Otros" incluye la exposición debida a la lluvia radiactiva resultante de las pruebas nucleares, al accidente de Chernobyl y a las emisiones de las plantas de energía nuclear.

Fuente: (Kovler et al., 2017)

2.3.1 Exposición externa

De acuerdo con la UNSCEAR (UNSCEAR, 2000), las exposiciones externas al aire libre surgen de radionucleidos terrestres presentes en niveles traza en todos los suelos. Los niveles específicos están relacionados con los tipos de rocas de las que se originan los suelos. Los niveles altos de radiación están asociados con rocas ígneas, como el granito, y niveles más bajos con rocas sedimentarias. El contenido de radionúclidos emisores de rayos gamma en las series ^{238}U y ^{232}Th y ^{40}K , hacen contribuciones aproximadamente iguales a la dosis de radiación gamma incidente externamente a los individuos en situaciones típicas tanto al aire libre y en interiores.

Suppes y Storvick (Suppes & Storvick, 2016), enfatizan que la preocupación a la exposición varía en función a los tipos de radiación especificando lo siguiente:

- Preocupación limitada por las partículas alfa. No pueden penetrar la capa externa de la piel, pero si tiene alguna herida abierta, puede estar en riesgo.

- Mayor preocupación por las partículas beta. Pueden quemar la piel en algunos casos o dañar los ojos.
- La mayor preocupación es la radiación gamma. Los diferentes radionucleidos emiten rayos gamma de diferente intensidad, pero los rayos gamma pueden viajar largas distancias y penetrar por completo a través del cuerpo.

2.3.2 Exposición interna

Las exposiciones internas surgen de la ingesta de radionucleidos por inhalación e ingestión. Las dosis por inhalación resultan de la presencia de partículas de polvo que contienen radionúclidos de las cadenas de desintegración ^{238}U y ^{232}Th y que están en el aire, y de acuerdo a las dosis por ingestión se deben principalmente a los radionucleidos de las series ^{40}K y ^{238}U y ^{232}Th presentes en los alimentos y el agua de consumo humano (UNSCEAR, 2000).

Así mismo Suppes y Storvick (Suppes & Storvick, 2016), corroboran que las principales fuentes de preocupación relacionado a la inhalación de radionucleidos son el polvo, el humo o los radionucleidos gaseosos, como el radón, contaminados con radiactividad, estas partículas radiactivas pueden alojarse en los pulmones y permanecer durante mucho tiempo, y mientras permanezca y continúe decayendo, la exposición continúa, además en el caso de los radionucleidos que se desintegran lentamente, la exposición continúa durante mucho tiempo, por ende la inhalación es lo que más preocupa con la presencia de radionúclidos que son emisores de partículas alfa o beta. La exposición por vía de ingestión ocurre cuando se ingiere materiales radiactivos, y de igual manera los radionúclidos emisores alfa y beta son los más preocupantes para los materiales radiactivos ingeridos, considerando que estos liberan grandes cantidades de energía directamente a los tejidos.

2.4 Decaimiento radioactivo

Los nucleones, como los electrones en un átomo, ocurren en diferentes estados de energía dependiendo de su disposición dentro del núcleo. Cuando un núcleo sufre una transformación en su estructura interna de un estado excitado superior a uno inferior, tiene lugar una emisión acompañante de partículas o rayos gamma. Este proceso se conoce como desintegración nuclear o desintegración radiactiva (Glascock, 2013).

2.4.1 Ley de decaimiento radiactivo

Según Glascock (Glascock, 2013), la desintegración radiactiva es un proceso estadístico, para cualquier muestra con un gran número de átomos para un radionúclido particular, no hay forma de predecir qué átomo será el próximo en desintegrarse, pero se pueden describir las características de desintegración de toda la muestra. El número de átomos que se desintegran por unidad de tiempo (es decir, la tasa de desintegración) se define como la actividad, A , y se define por la ley fundamental de la radiactividad:

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

Donde N es el número de átomos radiactivos y λ es la constante de desintegración.

El valor de λ es diferente para cada especie de radionúclido. Una ecuación que describe la dependencia del tiempo del número de átomos de un radionúclido es:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Donde N_0 es el número de átomos radiactivos en el tiempo $t=0$. Por lo tanto, el proceso de desintegración radiactiva es una ley exponencial, y la actividad del nucleido está controlada por

una propiedad característica conocida como vida media (es decir, el período de tiempo durante el cual se desintegra la mitad de los átomos originales de ese nucleido).

Dado que la actividad es proporcional al número de átomos radiactivos, también disminuye exponencialmente con el tiempo:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

La vida media está relacionada con la constante de desintegración según la ecuación:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

Las tasas de desintegración de radionúclidos se expresan generalmente en términos de semivida. Este es el tiempo, t , necesario para que una determinada cantidad de radionúclido pierda el 50% de su actividad. En otras palabras, es el tiempo necesario para que se descomponga la mitad de cierto número de núcleos. A manera de ejemplo en la siguiente ilustración, se muestra la curva de desintegración de ^{32}P , donde se ilustra el concepto de vida media. Puede verse que, después de cada intervalo de 14,3 días, la radiactividad del ^{32}P se reduce a la mitad. Por tanto, la vida media, $t_{1/2}$, de ^{32}P es 14,3 días (L'Annunziata, 2016).

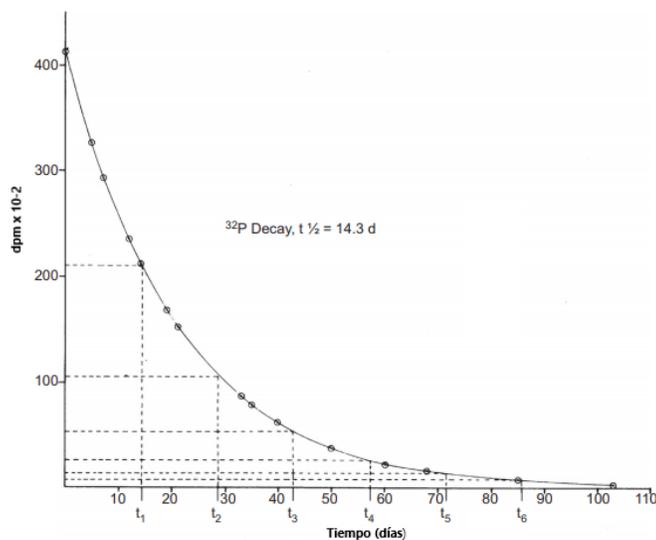


Ilustración 7. Curva de desintegración*

*La desintegración de ^{32}P representada como un gráfico lineal de actividad en desintegraciones por minuto (dpm) frente al tiempo en días. Las líneas horizontales y verticales entre las ordenadas y las abscisas delimitan las actividades de ^{32}P (dpm) después de seis semividas identificadas por los símbolos t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5 , t_6

Fuente: (L'Annunziata, 2016)

2.5 Radón -222

El radón y sus productos de descomposición de corta duración en la atmósfera son los contribuyentes más importantes a la exposición humana a fuentes naturales. El radón es el elemento gaseoso más pesado en las series de desintegración secuencial natural de uranio, torio y actinio, el aire exterior normalmente contiene niveles bajos de radón. Sin embargo, puede acumularse a niveles de densidad de la actividad del radón más altos en la atmósfera interior cuando no puede dispersarse. Este gas noble se desintegra por la actividad alfa, aunque el radón es químicamente inerte y no tiene carga eléctrica cuando se forman los átomos resultantes, llamados progenie del radón, están cargados eléctricamente y pueden adherirse a pequeñas partículas de polvo en el aire interior. Estas partículas de polvo se pueden inhalar fácilmente hacia los pulmones y pueden adherirse al revestimiento del pulmón. Los átomos depositados se desintegran o cambian

al emitir partículas alfa., que tiene el potencial de dañar las células del pulmón (Kapdan & Altinsoy, 2012).

2.5.1 Densidad de la actividad del radón en interiores

El gas radón ingresa al interior de diferentes fuentes, como el suelo o la roca adyacente a la casa, materiales de construcción a base de tierra, suministros de agua y gas natural. Sin embargo, se considera que el suelo y los materiales de construcción son la principal fuente de radón presente en el aire interior. Los principales mecanismos de entrada del radón desde el suelo son la difusión y la advección; el radón de los materiales de construcción, se introduce en el interior principalmente debido a la difusión (Ujić et al., 2010).

(Carrasco & Cuadrado, 2016) en su estudio, midieron los niveles de Rn y tomaron datos del tipo de material de la construcción, la ventilación y la edad de la edificación, en donde, mostraron que las mediciones de densidad de la actividad del radón en viviendas y lugares de trabajo se encuentran bajo los niveles que indica la OMS. La contribución de los materiales de construcción a la densidad de la actividad del radón en interiores puede determinarse mediante mediciones de la tasa de exhalación del radón. La tasa de exhalación de radón es la cantidad de actividad de radón liberada por unidad de área por unidad de tiempo. La tasa de exhalación de radón depende del contenido de radio, el factor de emanación de radón y el coeficiente de difusión de radón en el material dado. El factor de emanación y el coeficiente de difusión dependen a su vez de las propiedades físicas de los materiales de construcción, como la distribución espacial de los átomos de radio en el grano mineral, la textura, el contenido de humedad, la porosidad, la densidad y la temperatura ambiente (Hosoda et al., 2007) (Ujić et al., 2010).

2.5.2 Dosimetría

Las unidades dosimétricas usadas en radiología son: la dosis absorbida (Gy o rad), la dosis equivalente (Sv o REM) y la dosis efectiva (Sv o REM), tal como el autor (Piedecausa García et al., 2011) describe en este apartado, basado en el GSR Parte 3 del Organismo Internacional de Energía Atómica.

- Dosis anual absorbida (D)

La dosis absorbida se define como la cantidad de energía que la radiación ionizante cede a la unidad de masa de material irradiado. Su unidad es el Gray (Gy) julios/kilogramo, ecuación expresada a continuación:

$$D(mSv \text{ año}^{-1}) = C_{Rn} * D * H * F * T$$

Donde:

Donde, CRn corresponde a la concentración de radón en Bqm⁻³; D es el factor de conversión de dosis correspondiente a 9x10⁻⁶ mSvh⁻¹Bqm⁻³; H es el factor de ocupación interior; F es el factor de equilibrio interior entre el radón y su progenie el mismo que corresponde a 0.4; T es el tiempo de exposición en interiores (h año⁻¹) correspondiente al siguiente valor:

$$T = 0.8 * 24h * 365.25 \text{ días} = 7013 \text{ h año}^{-1}$$

- Dosis anual equivalente (H)

La dosis equivalente es la cantidad obtenida de la dosis absorbida (D) por un factor de ponderación del daño (WR) en función de las diferentes radiaciones ionizantes, la unidad de medida es el Sievert (Sv) expresada en la siguiente ecuación:

$$H_E \left(\frac{mSv}{\text{año}} \right) = D * W_R$$

- **Dosis anual efectiva (E)**

Es la medida del riesgo de efectos a largo plazo de las radiaciones ionizantes en el cuerpo, los órganos y los tejidos humanos, teniendo en cuenta su sensibilidad a la radiación (Krivosheev & Kolbasov, 2018).

$$E \left(\frac{mSv}{año} \right) = D * W_T * W_R$$

Donde, D representa la tasa de dosis absorbida anual; W_T es factor de ponderación para el pulmón igual a 0.12; W_R es el factor de ponderación correspondiente a partículas alfa cuyo valor es 20.

2.6 Arquitectura vernácula

Oliver (como se citó en Gómez, 2010), describe la arquitectura vernácula como una ciencia nativa de construcción, realizada por sociedades campesinas y populares donde no se requiere de un arquitecto. La relación entre arquitectura y cultura está en función de los materiales locales que se usan, siendo un indicador importante para determinar si un edificio se considera o no vernáculo.

La arquitectura de característica vernácula mantiene el intercambio entre hombre y medio ambiente a través de la vivienda y es valorada como patrimonio cultural tangible. Este tipo de construcción se diferencia por los materiales como: adobe, piedra, teja, madera y barro, que conservan características ancestrales y que son aprovechados según la accesibilidad de cada región (Leyva, 2018).

2.6.1 Arquitectura vernácula en Ecuador

Una vivienda vernácula es aquella que se diseña y construye de forma empírica desarrollados por los propios miembros de la comunidad, sin un costo económico relevante y con “todas” las

comodidades acordes a sus necesidades, a través del uso de materiales sin deterioro del medio ambiente como piedra, madera y derivados, tierra, caña, paja. Las casas construidas con tierra están expuestas a un mayor deterioro, por la exposición a factores de lluvia y humedad característicos de la región andina, a diferencia de aquellas estructuras más sólidas cuyo mantenimiento precisa disponer de recursos (Leyva, 2018).

Como describe (Arrata, 2014) la vivienda vernácula fue habitual en la sierra ecuatoriana aproximadamente hasta la década de 1960, que luego se reemplazó, por el uso de materiales de construcción y diseños no compatibles y ajenos al entorno.

2.7 Influencia de los parámetros meteorológicos en la densidad de la actividad del radón

Las variaciones de densidad de la actividad del radón están en función de parámetros meteorológicos como la presión atmosférica, la temperatura, presión, humedad relativa (Singh et al., 2017).

Fuente (Fuente, 2016), señala que las condiciones meteorológicas como la presión, temperatura, velocidad del viento y precipitaciones; representan un rol importante en el estudio de la exhalación de radón del suelo. Por otra parte, en zonas continentales de radón significativo, bajo condiciones meteorológicas como la inversión térmica o épocas de baja precipitación, se puede alcanzar valores elevados en la densidad de la actividad del radón en la atmósfera, a diferencia de las zonas costeras que, por lo general, es menor.

La acumulación de radón en interiores (al ser un gas) depende de variables meteorológicas (Guillén., et al 2020), debido a que su densidad de la actividad del radón no es constante en el tiempo. Estos parámetros se describen a continuación:

2.7.1 Temperatura.

La temperatura exterior puede ser uno de los que más influye en la densidad de la actividad del radón en el interior de las edificaciones. A menores temperaturas el terreno se suele compactar y existe una menor exhalación de radón, en las edificaciones, las variaciones de temperatura producen un efecto chimenea (temperatura interior es inferior a la exterior, modificándose el gradiente de presiones), lo que crea una pequeña depresión en el interior de la vivienda, que favorece la succión del radón presente en el terreno.

La variación de temperatura, en verano, ocasiona la disminución en la densidad de la actividad del radón en el interior de las viviendas por el aumento de la temperatura exterior. Las diferentes densidades de la actividad de radón en el transcurso del día presentan un máximo a primeras horas de la mañana cuando las temperaturas son más bajas. Como señala (Groves-Kirkby et al., 2006) en su estudio, la densidad de la actividad del radón y la temperatura interna presentan una buena correlación, mientras que con la temperatura externa ambiental la correlación es baja.

2.7.2 Precipitación atmosférica

En periodos de alta precipitación se saturan los poros del terreno, el radón se disuelve bien en el agua y se desplaza a grandes distancias provocando la disminución de la cantidad de radón en la superficie del suelo. Por otra parte, (Frutos et al., 2011) en su trabajo menciona que, existe una correlación directa de las variables de precipitación y la densidad de la actividad del radón; es decir los valores de ambas variables tienden a incrementar o disminuir a la par.

2.9 Periodos Estacionales

Según (Arias, 2018) las variaciones en el clima tienen una gran influencia en los niveles de radón. En los periodos de otoño e invierno, se produce más radón que en la primavera y verano; donde,

los niveles de radón pueden llegar a ser mínimos. Los cambios estacionales se consideran, como el factor con mayor efecto en las densidades de la actividad de radón.

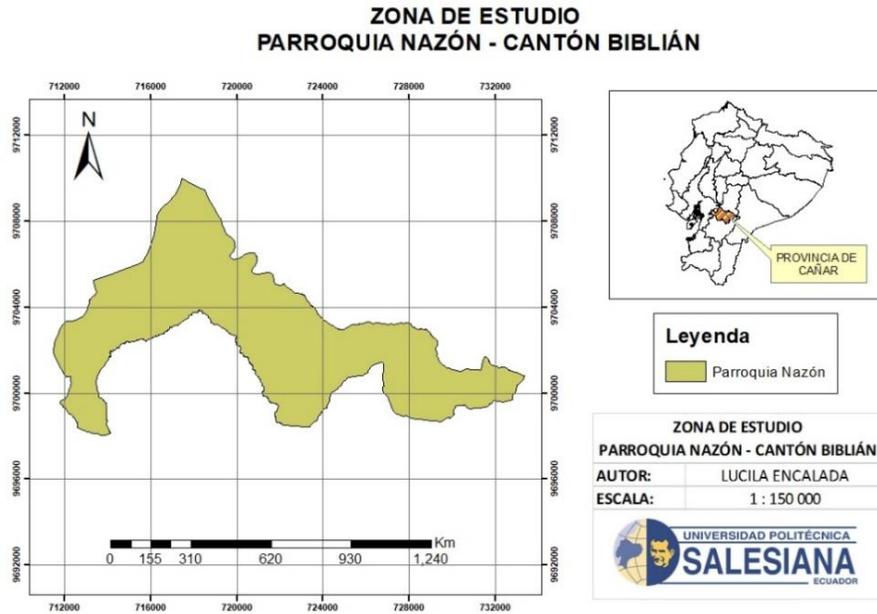
3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Selección de la población

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la variación de la densidad de la actividad del radón que se pueden presentar en función a las condiciones climáticas dentro del territorio del cantón Biblián, al cual están expuestas las personas cuyas construcciones habitacionales se basan en estructuras arquitectónicas convencionales y vernáculas.

El cantón Biblián, ubicado en la provincia del Cañar, cuenta con un total de 9.624 viviendas distribuidas a lo largo y ancho su geografía, de las cuales 2.021 son de arquitectura vernácula, representando así un 21 % del total de viviendas, razón por lo cual se tomó este cantón para realizar el presente estudio (INEC, 2010).

Mapa 1. Parroquia Nazón del cantón Biblián



3.1.1 Tamaño de la muestra.

De acuerdo a estudios realizados, para calcular el tamaño de muestra de una población finita, se recomienda utilizar la siguiente ecuación (Aguilar-Barojas, 2005) (García-García et al., 2013):

$$n = \frac{NZ^2pq}{(N - 1)E^2 + Z^2pq}$$

Donde,

Z = valor relacionado con la confianza.

E = error (no en porcentaje, por ejemplo 0,03, si es el 3%).

p = probabilidad que ocurra el evento. Si este valor no se conoce, entonces $p = 0,5$).

q = es el complemento de p, es decir el porcentaje de que no ocurra el evento, en el caso que no se conozca la probabilidad de ocurrencia, $p = q = 0,5$.

N = número de la población.

3.2 Desarrollo Experimental

3.2.1 Muestreo en viviendas

Para realizar el muestreo en las viviendas del cantón Biblián, se utilizarán detectores del tipo LR-115. Estos se colocarán de acuerdo a las recomendaciones emitidas por la (EPA, 1993) & la (UNSCEAR, 2000) en lo que respecta a la colocación de detectores del tipo antes mencionado en edificaciones.

Estas recomendaciones nos dicen:

- 2 Las primeras mediciones que se realicen, deben ser a corto plazo.
- 3 Se debe tratar de recabar la mayor cantidad de información posible de las edificaciones a muestrear, previo a colocar los dispositivos.
- 4 El detector se debe colocar en un lugar con suficiente espacio y en una posición donde no pueda ser afectado por calor excesivo o luz solar directa.
- 5 El punto de medición debe estar a un metro de cualquier abertura en la pared (ventanas, puertas) y a 10 cm de cualquier pared.
- 6 Los detectores deben estar a una altura ideal donde se produce la respiración, entre 1 y 2 metros de altura.

3.2.2 Método de cámara de difusión para mediciones de radón en suelo

En la determinación de los niveles de Rn-222 en el suelo, se empleará métodos propuestos por algunos expertos (Abd-Elzaher, 2012) (Sandoval-Garzón et al., 2021) donde se utiliza cámaras de difusión las mismas que consisten en envases de aluminio de 20 cm de altura y 7 cm de diámetro,

en cuyo interior de esta lata se colocará una base de espuma-flex de 1 cm de espesor en cada cámara. Se fijará una pieza de detector LR-115 de tamaño 1.5 cm x 2 cm en el interior de la lata junto a la base de espuma flex, de tal manera que la parte sensible del detector quede expuesto. Ésta lata será sellada herméticamente con una membrana plástica semipermeable, cuyo propósito es que el detector LR-115 solamente detecte Rn-222.

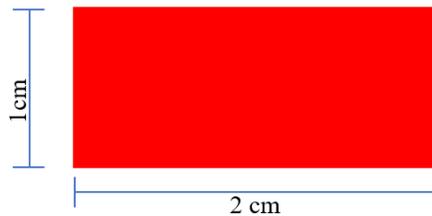


Ilustración 8. Dimensiones del detector LR 115

Una vez que se hayan preparado todas las cámaras de difusión, estas se colocarán en tubos de PVC de 11 cm de diámetro y 60 cm de largo, los mismos que se introducirán en el suelo, cada uno de ellos en huecos de 60 cm de profundidad y de 11.5 cm de diámetro. El tiempo de medición será de 45 días considerando las estaciones de invierno y verano.

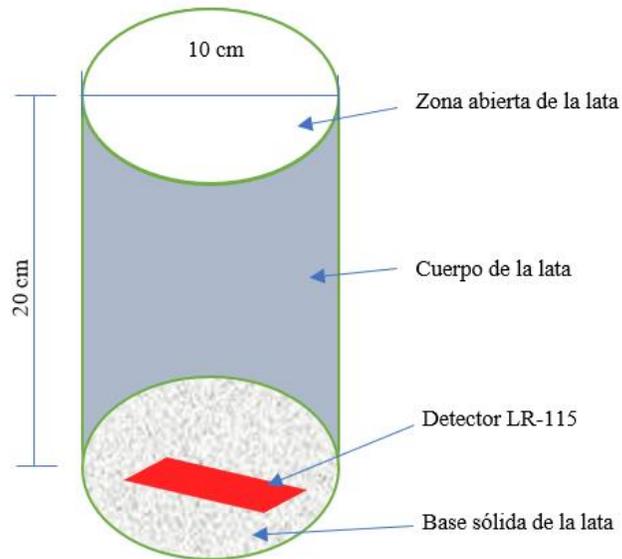


Ilustración 9. Cámara de difusión

3.2.3 Tratamiento químico de los detectores.

Los detectores LR-115 tienen la capacidad de absorber la energía depositada por las partículas de radón al entrar en contacto, esta energía a su vez causa daño en el detector. Para poder observar las trazas que deja el daño, es necesario realizar un proceso químico de bañado del detector a base de Hidróxido de Sodio (NaOH), este proceso es también conocido como revelado (Pressyanov et al., 2018) (Antignani et al., 2021).

El proceso para el revelado de los detectores LR-115 es el siguiente:

- 7 Encender el baño maría y dejar calentar el agua destilada que se encuentra en su interior, hasta que este alcance una temperatura de $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, verificar que la temperatura se mantenga constante durante todo el proceso.
- 8 Prepara en un vaso de precipitación, una solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) 1 N.

- 9 Colocar 10 ml de la solución por cada tubo de ensayo e introducirlo en el baño maría, hasta que la solución dentro del tubo, alcance una temperatura de $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 10 Introducir los detectores dentro de la solución (1 por cada tubo de ensayo), comprobando que estos no toquen los bordes del tubo.
- 11 Se deja actuar la solución sobre el detector en el baño maría durante un tiempo aproximado de 90 minutos.
- 12 Luego del tiempo determinado se procede a sacar los detectores y colocarlos en un vaso de precipitación el cual debe contener agua destilada, esto con la finalidad de enjuagarlos con la ayuda de un agitador magnético y por un tiempo determinado de 20 minutos.
- 13 Finalmente se dejan secar los detectores por ventilación y a temperatura ambiente, por un periodo aproximado de 24 horas.

3.2.4 Conteo de trazas

Para determinar la densidad de la actividad de radón en las viviendas muestreadas, se debe determinar la densidad de las trazas que se encuentran en los detectores. Para ello se los debe analizar los detectores con la ayuda de un microscopio óptico. En el cual se procederá a determinar el número de campos de visión (dependiendo del objetivo seleccionado y del tamaño del detector) y posteriormente se realizará el conteo (Sharma et al., 2015).

3.2.5 Medición de la concentración de ^{222}Rn

Densidad de trazas

Dado que un detector de huellas de plástico mide el valor integrado en el tiempo de la expresión anterior, es decir, el número total de desintegraciones alfa en volumen unitario de la lata con una

sensibilidad K durante el tiempo de exposición T, por lo tanto, la densidad de huellas observada viene dada por la ecuación (Al-Alawy & Hasan, 2018)

$$\rho \left(\frac{T}{cm^2} \right) = \frac{\sum T}{A}$$

Donde $\sum T$ es la sumatoria de todas las trazas detectadas; A es el área del campo de visión determinado por el microscopio para el detector LR-115.

Exhalación por área y masa

La tasa de exhalación de radón en la superficie en términos de área E A ($mBq m^{-2} h^{-1}$) se calculó utilizando la ecuación dada por varios investigadores (Abd-Elzaher, 2012) (Yousef et al., 2016) (Hatungimana et al., 2019):

$$E_A \left(\frac{Bq * h}{m^3} \right) = \frac{C * V * \lambda}{A \left[t + \frac{1}{\lambda} (e^{-\lambda t} - 1) \right]}$$

Donde, E_A es la tasa de exhalación de radón en términos de área ($mBq m^{-2} h^{-1}$), C es la concentración de radón medida por el detector de huellas de plástico LR-115 ($Bq m^{-3}$), T es el tiempo de exposición (horas), V el volumen de la lata (m^3), λ la constante de desintegración del radón (hora), A el área de la lata (m^2) (Yousef et al., 2016).

Concentración de Rn

De acuerdo con Gupta (Gupta et al., 2010), la concentración de ^{222}Rn en el aire en una habitación típica está determinada por el equilibrio entre la ganancia de ^{222}Rn (exhalación de las paredes y el suelo) y la pérdida (ventilación y desintegración radiactiva de ^{222}Rn). Todos los materiales de construcción que contienen ^{226}Ra liberan radón al aire circundante, por tanto, los materiales de construcción provocan un exceso de concentración de radón en el aire interior, que se puede describir con la ecuación:

$$C_{Rn} \left(\frac{Bq}{m^3} \right) = \frac{\rho}{K * d}$$

Donde “ ρ ” es la densidad de la pista observada, “K” es el factor de calibración ($0.020 \frac{T \cdot m^3}{cm^2 \cdot Bq \cdot d}$)

y “d” es el número de días de exposición (Ferreira et al., 2011).

WL – Nivel de trabajo

Según (Moharram et al., 2012), se utiliza una unidad especial, el nivel de trabajo (WL), para describir la exposición a productos de desintegración radiactiva de corta duración de ^{222}Rn . La exposición a ^{222}Rn (WL) en interiores se puede calcular a partir de la relación ($1 \text{ Bq m}^{-3} = 0,27 \text{ mWL}$).

$$WL = \frac{CE_{Rn} * 0.4}{3700}$$

Donde, CE_{Rn} es la concentración equivalente de ^{222}Rn , utilizando el factor de equilibrio (F) (0,4 para interiores y 0,6 para exteriores) según lo recomienda el UNSCEAR (UNSCEAR, 2000), que se define como la relación del equilibrio concentración de ^{222}Rn equivalente (CE_{Rn}) y la concentración de ^{222}Rn (C_{Rn}) (Moharram et al., 2012).

3.3 Registro de datos climatológicos de temperatura y precipitación

Para el estudio, se seleccionará las variables meteorológicas de temperatura y precipitación (mayor influencia en los niveles de densidad de la actividad del radón), la toma de datos se realiza de forma diaria por un periodo de tiempo de 6 meses, que corresponde a la época de invierno y verano distribuidos de abril a junio y de julio a septiembre respectivamente. Los meses de análisis tienen como base los datos que se observan en la gráfica (Parra, 2010) de precipitación mensual acumulada del cantón Biblián.

Se realizará una revisión de información mensual de las variables seleccionadas, en el portal meteorológico de la NASA, de los meses de abril a septiembre. La determinación de estos periodos se debe a la disponibilidad de datos de las estaciones y también, porque es el periodo en común del proyecto de investigación.

A través de ArcMap se construyen mapas de precipitación y temperatura y se obtiene valores para cada parámetro meteorológico de los tres puntos de muestreo a través de la herramienta IDW, Cañada (como se citó en (Murillo et al., 2012)) lo define como “un método matemático de interpolación, que usa una función inversa de la distancia y parte del supuesto que las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar”.

3.4 Análisis estadístico

3.4.1 Modelo de regresión lineal múltiple

En base a la información de registro de precipitación y temperatura, se realizará un modelo teórico mediante una regresión lineal múltiple (Márquez et al., 2015), entre los datos meteorológicos (variables independientes) y los de radón como variable dependiente; seguido de un estadístico de prueba (Mann–Whitney) para comparar la diferencia de densidad de la actividad del radón por época.

En la siguiente ecuación se plasma el modelo de regresión que relaciona las variables dependientes como independientes (García, 2014) :

$$C_{Rn} = a_0 + a_1 \cdot P + a_2 \cdot T \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

C_{Rn} : Densidad de la actividad del radón [Bq/m^3].

a_0, a_1, a_2 : Peso de cada uno de las k variables independientes dentro de la regresión

P : Variable independiente de precipitación [mm].

T : Variable independiente de temperatura [$^{\circ}C$].

4 RESULTADOS

4.1 Componente climático

Para determinar la influencia de los parámetros climáticos (precipitación y temperatura) en las viviendas de adobe y cemento de la parroquia Nazón del cantón Biblián se procedió a registrar las mediciones por época. Es decir, tanto para época de lluvia y seca. Se tomaron registros de la zona de interés dando como resultado las siguientes mediciones:

Tabla 1. Valores promedio de los parámetros climáticos en las 4 estaciones de muestreo

Leyenda	Temperatura época lluvia (°C)	Temperatura época seca (°C)	Precipitación época lluvia (mm)	Precipitación época seca (mm)
Estación 1	11,36	10,51	139,46	98,25
Estación 2	20,90	21,59	85,40	13,90
Estación 3	11,92	11,28	150,92	45,99
Estación 4	11,84	10,62	121,42	63,05

Elaboración: Autora

Los valores indicados en la Tabla 1, fueron usados para generar los datos meteorológicos viviendas (modelo IDW descrito en la metodología) muestreada. Por otro lado, el modelo generado nos permitió construir la base de datos climática necesaria para determinar la diferencia entre época (los mapas elaborados formarán parte de los anexos). De esta manera, se cuenta con la siguiente información.

4.1.1 Temperatura y precipitación viviendas de adobe

Para las mediciones de temperatura y precipitación en época de lluvia y época seca en viviendas de tipo adobe se tiene los siguientes registros:

Tabla 2. Registro de variables meteorológicas en viviendas de adobe

Viviendas	Temperatura [°C]		Precipitación [mm]	
	Época seca	Época de lluvia	Época seca	Época de lluvia
1	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	132.64±14.61	74.83±18.75
2	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	132.64±14.61	84.2±28.12
3	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	132.64±14.61	74.83±18.75
4	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	147.26±29.23	93.65±37.57
5	12.35 ± 3.69	12.96±3.18	136±17.97	46.71±9.37
6	12.35 ± 3.69	12.96±3.18	118.02±0.01	56.08±0.00
7	14.05 ± 1.99	15.08±1.06	118.02±0.01	37.33±18.75
8	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	118.02±0.01	68.5±12.42
9	20.96 ± 4.92	20.39±4.25	88.8±29.23	18.59±37.49
10	20.96 ± 4.92	20.39±4.25	88.8±29.23	18.59±37.49
11	18.5 ± 2.46	18.26±2.12	99±19.03	27.96±28.12
12	20.96 ± 4.92	20.39±4.24	88.8±29.23	18.59±37.49
13	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	147.26±29.23	93.65±37.57
14	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	147.26±29.23	93.65±37.57
15	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	132.64±14.61	93.65±37.57
16	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	147.26±29.23	93.65±37.57
17	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	147.26±29.23	93.65±37.57
18	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	147.26±29.23	93.65±37.57
19	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	118.02±0.01	68.5±12.42
20	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	118.02±0.01	68.5±12.42
21	12.35 ± 3.69	12.96±3.18	132.64±14.61	46.71±9.37
22	13.58 ± 2.46	14.02±2.12	132.64±14.61	46.71±9.37
23	12.35 ± 3.69	12.96±3.18	136±17.97	46.71±9.37
24	12.35 ± 3.69	12.96±3.18	118.02±0.01	56.08±0.00
25	16.04 ± 0.00	16.14±0.00	103.42±14.61	37.33±18.75
Mínimo	11.12 ± 4.92	11.9±4.24	88.8±29.23	18.59±37.49
Media	13.25± 3.27	13.76± 4.24	125.13± 28.4	62.09±25.6
Máximo	20.96 ± 4.92	20.39±4.25	147.26±29.23	93.65±37.57
Desviación	3.40	2.94	26.61	19.28

* Temperatura época seca; **Temperatura época lluvia; ***Precipitación época lluvia; ****Precipitación época seca

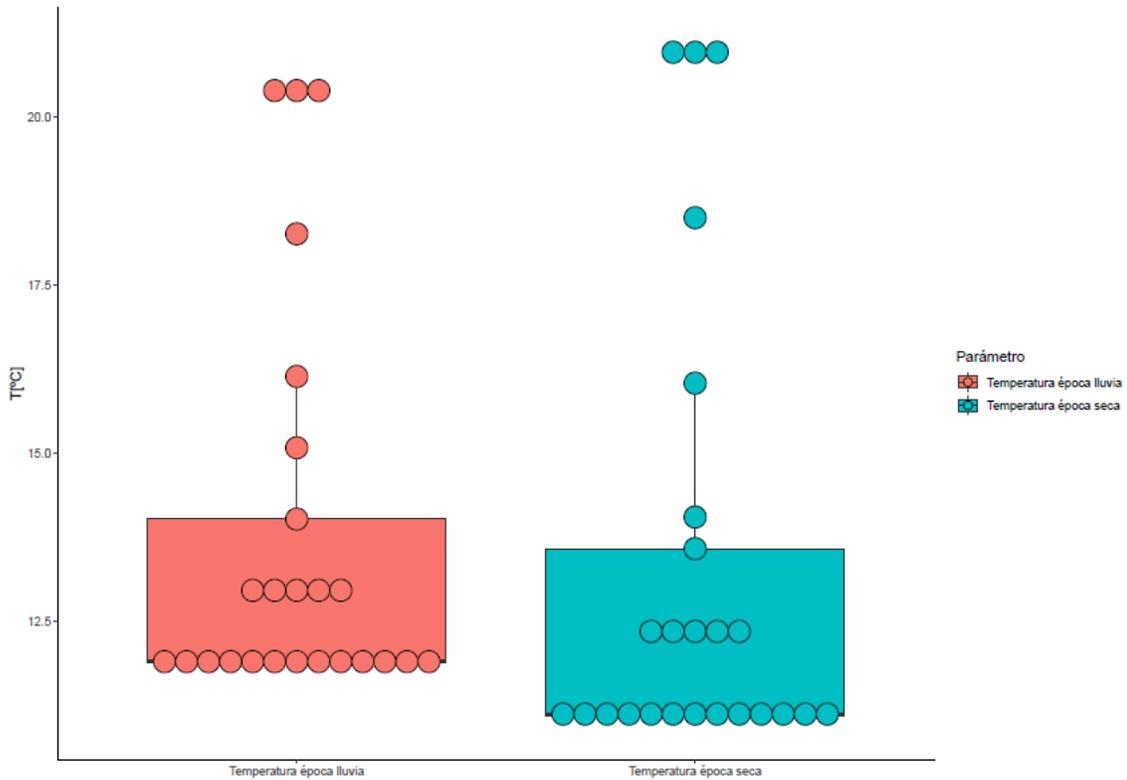
Elaboración: Autora

Como se puede observar en la Tabla 2. Cada valor obtenido por época, corresponde a las mediciones tomadas en las viviendas de adobe. Los valores indicados responde a datos calculados a través de mapas climáticos (anexo mapas climáticos), donde se determinó áreas ponderadas que

permitieron cuantificar la temperatura y precipitación de la parroquia Nazón. De esta manera, se pudo obtener los registros medios de cada vivienda ubicadas en el área de estudio.

A su vez, también se procedió a realizar diagrama de cajas para observa la distribución y la tendencia central de los valores de temperatura y precipitación.

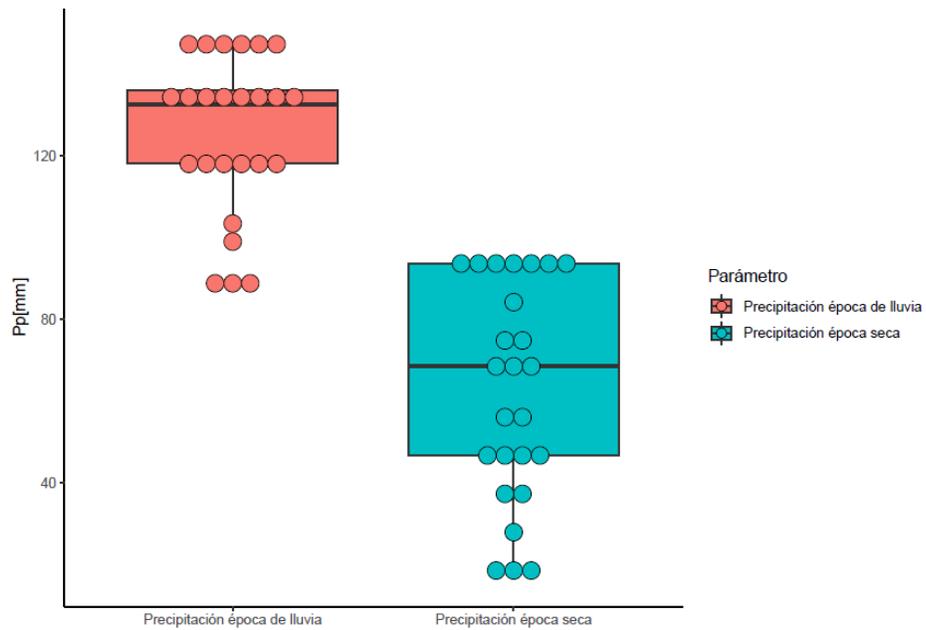
Gráfico 1. Distribución de datos de las temperaturas en viviendas de adobe



Elaboración: Autora

Como se observa en la Gráfica 1 es pertinente resaltar que, las temperaturas registradas en la época de lluvia y época seca, presentan una distribución de datos similares en cuanto a la distribución de sus datos. Por otra parte, se puede distinguir una variación mínima entre sus valores medios; debido a que estos se posicionan entre su primer y tercer cuartil. Es decir, al observar la distribución de los datos y compararlos entre sí, se evidencia que tanto la temperatura media en época seca (13.25°C) y la temperatura media en época de lluvia (13.77°C) presentan valores similares con respecto a la totalidad de sus datos.

Gráfico 2. Distribución de datos de las precipitaciones en viviendas de adobe



Elaboración: Autora

Del mismo modo, para los datos de precipitación por época, la Gráfica 2. Nos permite denotar, de manera parcial, que los valores registrados respecto a su media no coinciden para cada muestreo; esto debido a que el rango de los datos es diferente. Por una parte, se tiene una media de 125.1 mm en época lluvia y 62.09 mm en época seca.

4.1.2 Temperatura y precipitación viviendas de cemento

Las mediciones en viviendas construidas con cemento, en cuanto a la temperatura y precipitación fueron las siguientes:

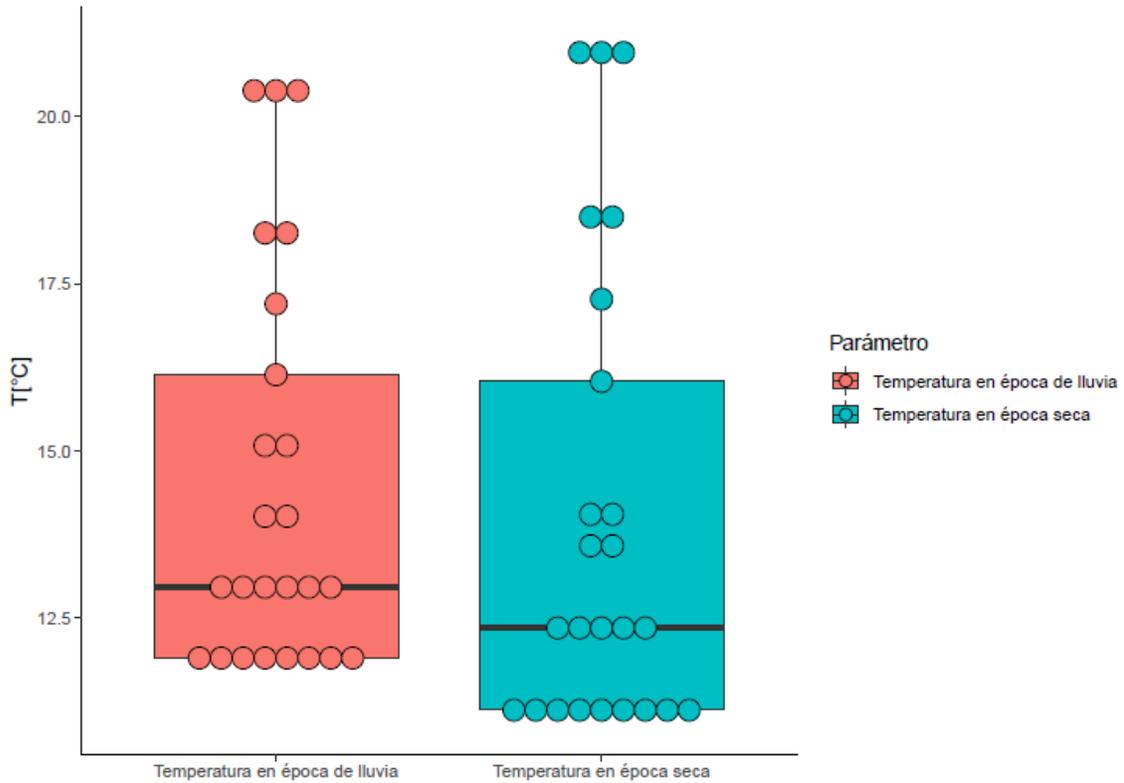
Tabla 3. Registro de variables meteorológicas en viviendas de cemento

Viviendas	Temperatura [°C]		Precipitación [mm]	
	Época seca	Época de lluvia	Época seca	Época de lluvia
1	11.12±4.92	11.9±4.24	118.02±0.01	68.5±12.42
2	11.12±4.92	11.9±4.24	110.73±7.3	68.5±12.42
3	11.12±4.92	12.96± -3.18	118.02± -0.01	56.08± 0.00
4	11.12± -4.92	11.9±4.24	110.73±7.3	68.5±12.42
5	14.05±1.99	15.08±1.06	110.73±7.3	37.33±18.75
6	16.04±0.00	16.14±0.00	110.73±7.3	37.33±18.75
7	18.5±2.46	18.26±2.12	99±19.03	27.96±28.12
8	14.05±1.99	15.08±1.06	118.02±0.01	37.33±18.75
9	20.96±4.92	20.39±4.25	88.8±29.23	18.59±37.49
10	20.96±4.92	20.39±4.25	88.8±29.23	18.59±37.49
11	20.96±4.92	20.39±4.25	88.8±29.23	18.59±37.49
12	12.35±3.69	12.96±3.18	118.02±0.01	56.08±0.00
13	12.35±3.69	12.96±3.18	136±17.97	46.71±9.37
14	13.58±2.46	14.02±2.12	118.02±0.01	46.71±9.37
15	11.12±4.92	11.9±4.24	118.02±0.01	68.5±12.42
16	13.58±2.46	14.02±2.12	132.64±14.61	46.71±9.37
17	11.12±4.92	11.9±4.24	147.26±29.23	46.71±9.37
18	17.27±1.23	17.2±1.06	103.42±14.61	37.33±18.75
19	18.5±2.46	18.26±2.12	99±19.03	27.96±28.12
20	11.12±4.92	11.9±4.24	110.73±7.3	68.5±12.42
21	11.12±4.92	11.9±4.24	110.73±7.3	68.5±12.42
22	11.12±4.92	11.9±4.24	118.02±0.01	68.5±12.42
23	12.35±3.69	12.96±3.18	132.64±14.61	56.08±0.00
24	12.35±3.69	12.96±3.18	118.02±0.01	56.08±0.00
25	12.35±3.69	12.96±3.18	132.64±14.61	46.71±9.37
Mínimo	11.12±4.92	11.9±4.24	88.8±29.23	18.59±37.49
Media	14.01±3.92	14.48±4.5	47.93±29	114.30±25
Máximo	20.96±4.92	20.39±4.25	147.26±29.23	68.5±12.42
Desviación	3.47	2.97	17.15	14.84

* Temperatura época seca; **Temperatura época lluvia; ***Precipitación época lluvia; ****Precipitación época seca

Los valores de la Tabla 3. Para las viviendas de cemento de la parroquia Nazón fueron obtenidas de manera similar que las viviendas de adobe. Por lo tanto, a continuación se presentará las gráficas correspondientes a la distribución de los datos:

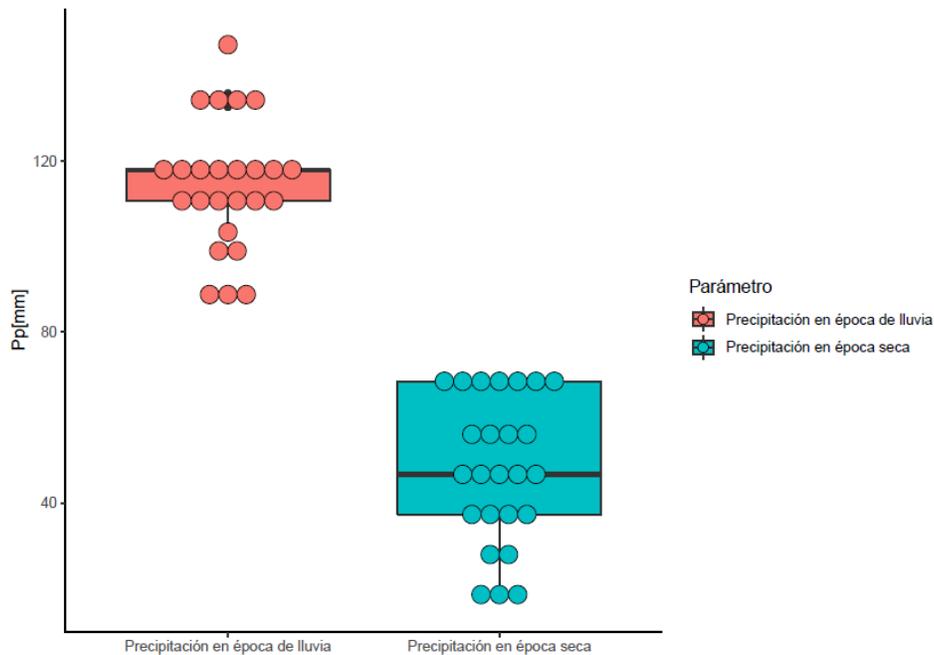
Gráfico 3. Distribución de datos de las temperaturas en viviendas de cemento



Elaboración: Autora

Con respecto a la distribución de los datos de la Gráfica 3. Se puede realizar un análisis preliminar donde, los valores medios de la temperatura se los puede apreciar en un rango similar. Esto debido a que los registros de manera similar para cada época se agrupan en su primera y tercer cuartil. Por otra parte, el valor máximo y mínimo en época de lluvia responden a valores de $20.39^{\circ}C$ - $11.90^{\circ}C$ respectivamente y para época seca se tiene un máximo de $20.96^{\circ}C$ y mínimo de $11.12^{\circ}C$

Gráfico 4. Distribución de datos de las precipitaciones en viviendas de cemento



Elaboración: Autora

En cuanto a los datos presentados en la Gráfica 4. Se denota valores medios de 114.3 mm para época de lluvia y 47.94 mm para época seca; lo que nos indica una diferencia considerable en los registros. Del mismo modo, bajo este análisis inicial se puede observar que cada diagrama responde a rangos de valores distintos. Es decir, la variación estacional del área de estudio es considerable en el período de toma de datos.

4.2 Densidad de la actividad del radón

En cuanto a las mediciones de Radón 222 en las viviendas de adobe y cemento de la parroquia Nazón, estas fueron registradas en dos períodos. Por una parte, se midió en época de lluvia correspondiente a los meses de mayo-junio, y en época seca entre los meses de julio-agosto; a su vez, los datos faltantes fueron estimados al promediar el total de la muestra por tipo de parámetro seleccionado (Zeeb et al., 2015). De esta manera, el análisis correspondiente fue dividido por el tipo de vivienda analizada.

4.2.1 Densidad de la actividad del radón en viviendas de adobe

Las densidad de la actividad del radón en viviendas de adobe fueron registradas en dos períodos, tanto para época de lluvia y seca; las cuales fueron tomadas en el interior de la vivienda (dormitorios y cocina), como en el exterior (suelo de la vivienda). A continuación, se presentan los resultados:

Tabla 4. Densidad de la actividad del radón y error en cocinas en viviendas de adobe

Viviendas	Época de lluvia	Época Seca
	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]
1	-	-
2	391,9±37,56	125,84±21,27
3	424,26±39,08	86,29±17,62
4	467,4±41,02	233,7±29
5	514,14±43,02	233,7±29
6	654,36±48,54	532,12±43,77
7	294,82±32,57	564,48±45,08
8	363,14±36,15	622,01±47,33
9	-	97,08±18,68
10	179,77±25,43	86,29±17,62
11	118,65±20,66	194,15±26,43
12	136,63±22,17	97,08±18,68
13	133,03±21,87	97,08±18,68
14	219,32±28,09	-
15	248,08±29,87	75,5±16,48
16	262,46±30,73	97,08±18,68
17	600,43±46,5	197,75±26,67
18	884,47±56,45	201,34±26,91
19	388,3±37,38	-
20	111,46±20,02	194,15±26,43
21	-	212,13±27,62
22	298,42±32,77	237,3±29,22
23	255,278±30,31	373,92±36,68
24	402,69±38,07	168,98±24,65
25	823,35±54,46	269,66±31,15
Mínimo	111,46±20,02	75,5±16,48
Media	371,47±32	221,35±25
Máximo	884,47±56,45	622,01±47,33
Desviación	203,01	151,55

Los datos faltantes fueron estimados a partir de la metodología indicada en el manual de la OMS sobre radón en interiores.

Elaboración: Autora

Tabla 5. Densidad de la actividad del radón Rn-222 y error en dormitorio en viviendas de adobe

Viviendas	Época de lluvia	Época Seca
	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]
1	284,04±31,97	133,03±21,87
2	190,56±26,18	122,24±20,96
3	251,68±30,09	111,46±20,02
4	284,04±31,97	133,03±21,87
5	190,56±26,18	122,24±20,96
6	251,68±30,09	111,46±20,02
7	456,62±40,54	341,56±35,04
8	302,01±32,96	-
9	319,99±33,93	269,66±31,14
10	226,51±28,55	244,49±29,65
11	-	248,08±29,87
12	82,69±17,24	190,56±26,17
13	79,1±16,87	284,04±31,96
14	242,8±29,26	220,3±27,53
15	89,89±17,98	186,96±25,93
16	510,55±42,87	-
17	86,29±17,62	280,44±31,75
18	118,65±18,68	345,16±35,23
19	607,62±20,66	140,22±22,45
20	244,49±46,78	172,58±24,91
21	208,53±29,66	391,9±37,54
22	183,37±27,39	115,05±20,34
23	-	220,3±27,53
24	215,72±25,68	118,65±20,65
25	269,66±49,86	115,05±20,34
Mínimo	79,1±16,87	111,46±20,02
Media	242,78±32	220,34±26
Máximo	607,62±20,66	391,9±37,54
Desviación	130,93	87,06

Los datos faltantes fueron estimados a partir de la metodología indicada en el manual de la OMS sobre radón en interiores.

Elaboración: Autora

Tabla 6. Densidad de la actividad del radón y error en suelo en viviendas de adobe

Viviendas	Época de lluvia	Época Seca
	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]
1	1423,52±99,27	1966,05±107,74
2	2261,48±125,22	2101,84±111,4
3	-	2007,37±108,87
4	1877,84±114,06	1603,1±96,62
5	-	1157,19±82,66
6	1650,68±106,92	1050,92±78,77
7	1246,85±92,89	2916,6±131,22
8	2963,15±143,42	1015,5±77,43
9	-	926,93±73,98
10	1573,89±101,55	-
11	767,29±72,84	2036,89±109,66
12	-	1895,2±105,78
13	843,01±76,35	2095,93±111,24
14	1802,12±111,73	-
15	-	1169±83,08
16	656,23±67,36	909,22±73,27
17	1918,22±115,29	2172,69±113,26
18	1574,24±102,14	1995,57±108,54
19	1585,06±104,77	-
20	-	1287,08±87,17
21	1973,75±116,95	1145,38±82,23
22	-	974,17±75,84
23	1564,87±104,1	-
24	883,39±78,16	1635,42±98,26
25	1766,78±110,63	-
Mínimo	656,23±67,36	909,22±73,27
Media	1574.01±67	1603.10±88
Máximo	2963,15±143,42	2916,6±131,22
Desviación	478.81	497.75

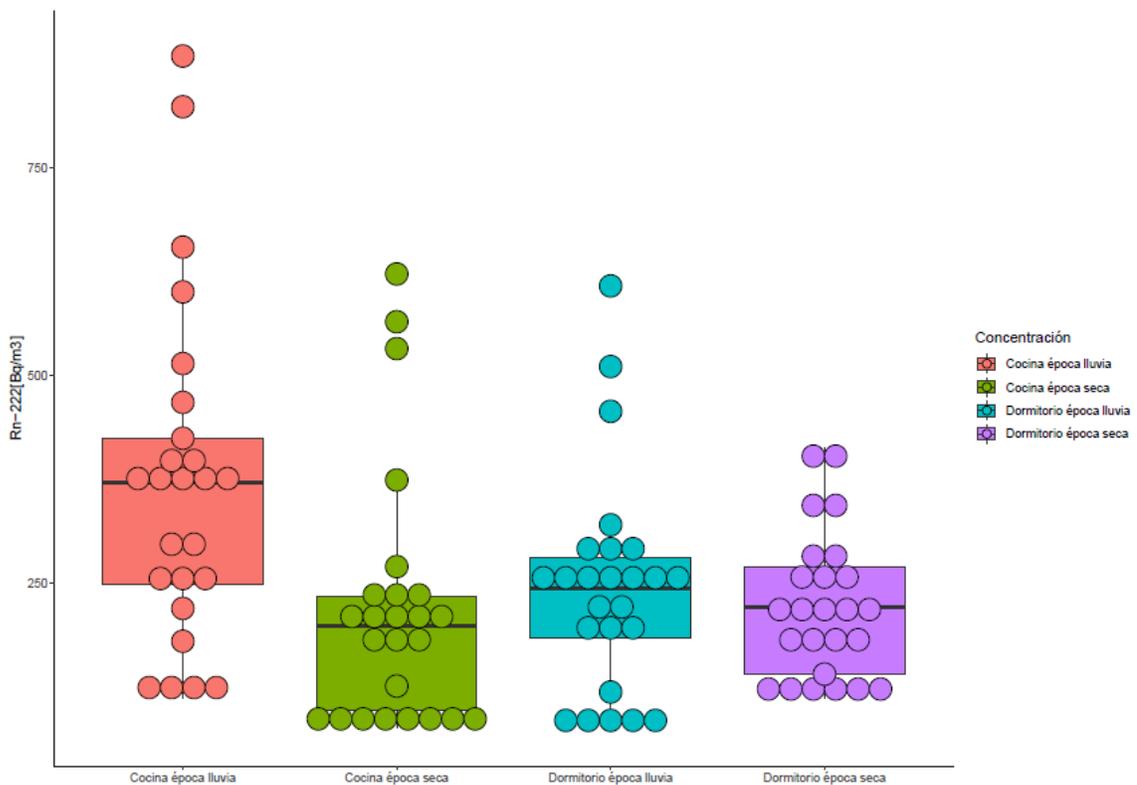
Los datos faltantes fueron estimados a partir de la metodología indicada en el manual de la OMS sobre radón en interiores.

Elaboración: Autora

De esta manera se tiene que la densidad de la actividad del radón en el interior de la vivienda en época de lluvia registraron medias de 371,71 Bq/m³; 221,35 Bq/m³; 242,78 Bq/m³; 220,35 Bq/m³ respecto a cocina época de lluvia, cocina época seca, dormitorio época de lluvia y en dormitorio época seca, respectivamente. Por otra parte, los valores medios registrados en el exterior de la vivienda en época de lluvia corresponde a 1574,02 Bq/m³ y en época seca a 1603,10 Bq/m³

En cuanto a la distribución de los datos de densidad de la actividad del radón en el interior de la vivienda se tiene:

Gráfico 5. Distribución de datos de las densidades de la actividad del radón de radón en el interior de las viviendas de adobe



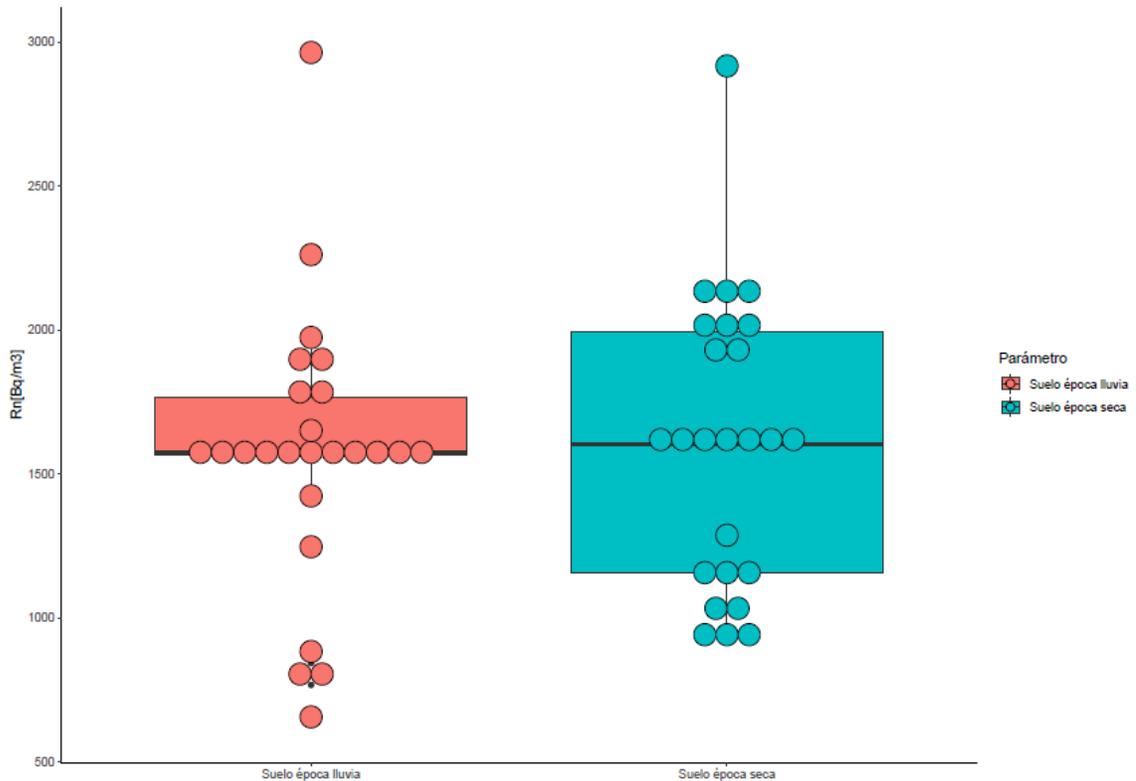
Elaboración: Autora

De forma preliminar se puede observar en la Gráfica 5., que los valores medios para cada muestreo presenta valores de densidad de la actividad del radón similar entre cocina época seca, dormitorio época de lluvia y dormitorio época seca. Sin embargo, para el valor medio registrado

en cocina en época de lluvia se puede observar que este se sitúa sobre el tercer cuartil de los demás registros.

Por otra parte, con respecto a las densidades de la actividad del radón en el exterior de la vivienda de adobe se muestra la siguiente distribución:

Gráfico 6. Distribución de datos de las densidades de la actividad del radón en el exterior de las viviendas de adobe



Elaboración: Autora

De acuerdo a la Gráfica 6., y considerando que las medias de ambas mediciones se encuentran entre los segundos y terceros cuartiles de ambas distribuciones, podemos inferir de manera preliminar que no existe una diferencia significativa entre las densidades de la actividad del radón en suelo en época de lluvia y seca; mientras que los valores máximos corresponden a 2963.2 Bq/m³ y 2916.6 Bq/m³ respectivamente

4.2.2 Densidad de la actividad del radón en viviendas de cemento

Las veinte y cinco observaciones de las densidades de la actividad del radón se realizaron en tres áreas de las viviendas de cemento, dos son en el interior, correspondientes a la cocina y el dormitorio y la tercera en el exterior (suelo). Los valores obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 7. Densidad de la actividad del radón y error en cocinas en viviendas de cemento

Viviendas	Época de lluvia	Época Seca
	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]
1	57,53±14,38	46,74±12,96
2	79,10±16,87	57,53±14,38
3	100,67±19,03	-
4	-	17,98±8,04
5	158,20±23,85	25,17±9,51
6	17,98±8,04	86,29±17,62
7	35,95±11,37	17,98±8,04
8	10,79±6,23	125,84±21,27
9	21,57±8,81	25,17±9,51
10	17,98±8,04	61,12±14,83
11	111,46±20,02	25,17±9,51
12	61,12±14,83	64,72±15,26
13	61,12±14,83	21,57±8,81
14	89,89±17,98	32,36±10,79
15	-	97,08±18,68
16	61,12±14,83	89,89±17,98
17	21,57±8,81	-
18	111,46±20,02	25,17±9,51
19	122,24±20,97	-
20	17,98±8,04	136,63±22,17
21	86,29±17,62	100,67±19,03
22	-	104,27±19,36
23	14,38±7,19	86,29±17,62
24	75,50±16,48	17,98±8,04
25	43,14±12,46	71,91±16,08
Mínimo	10,79±6,23	17,98±8,04
Media	62.59±9	60.79±14
Máximo	158,20±23,85	136,63±22,17
Desviación	38.80	35.47

Los datos faltantes fueron estimados a partir de la metodología indicada en el manual de la OMS sobre radón en interiores.

Elaboración: Autora

Tabla 8. Densidad de la actividad del radón y error en dormitorio en viviendas de cemento

Viviendas	Época de lluvia	Época Seca
	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]
1	39,55±11,93	133,03±21,87
2	14,38±7,19	46,74±12,96
3	32,36±10,79	-
4	28,76±10,17	115,05±20,34
5	64,72±15,26	46,74±12,96
6	53,93±13,93	43,14±12,46
7	64,72±15,26	28,76±10,17
8	32,36±10,79	25,17±9,51
9	25,17±9,51	32,36±10,79
10	32,36±10,79	39,55±11,93
11	68,16±18,42	-
12	57,53±14,38	35,95±11,37
13	140,22±22,46	25,17±9,51
14	57,53±14,38	21,57±8,81
15	61,12±14,83	32,36±10,79
16	118,65±20,66	-
17	71,91±16,08	32,36±10,79
18	-	35,95±11,37
19	104,27±19,36	82,69±17,24
20	93,48±18,34	46,74±12,96
21	118,65±20,66	165,39±24,39
22	86,29±17,62	68,31±15,67
23	21,57±8,81	143,82±22,74
24	75,50±16,48	-
25	172,58±24,92	86,29±17,62
Mínimo	14,38±7,19	21,57±8,81
Media	68,15±12	62,55±14
Máximo	172,58±24,92	165,39±24,39
Desviación	39,35	39,06

Los datos faltantes fueron estimados a partir de la metodología indicada en el manual de la OMS sobre radón en interiores.

Elaboración: Autora

Tabla 9. Densidad de la actividad del radón y error en suelo en viviendas de cemento

Viviendas	Época de lluvia	Época Seca
	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]	Densidad de la actividad del radón [Bq/m ³]
1	1499,63±94,20	-
2	-	1109,96±81,02
3	1558,67±96,04	1688,56±99,97
4	1641,32±98,56	-
5	1570,48±96,41	2273,06±116,05
6	1629,52±98,21	1440,59±92,33
7	1594,09±97,13	1511,43±94,57
8	1682,65±99,80	-
9	1458,30±92,89	856,09±71,14
10	1074,54±79,72	1074,54±79,72
11	1582,28±96,77	-
12	1712,17±100,67	832,47±70,15
13	-	1476,01±93,46
14	1771,21±102,40	1298,89±87,66
15	1871,58±105,27	-
16	-	1966,05±107,90
17	2261,25±115,74	2025,09±109,51
18	2090,03±111,26	2243,54±115,29
19	2219,92±114,68	-
20	-	1942,43±107,25
21	1481,91±93,64	1647,23±98,74
22	1824,35±103,93	-
23	-	1298,89±87,66
24	1042,7±107,85	1653,13±98,92
25	1387,45±90,60	1440,6±91.83
Mínimo	1074,54±79,72	832,47±70,15
Media	1679.54±94	1549.29±96
Máximo	2261,25±115,74	2273,06±116,05
Desviación	248.76	362.68

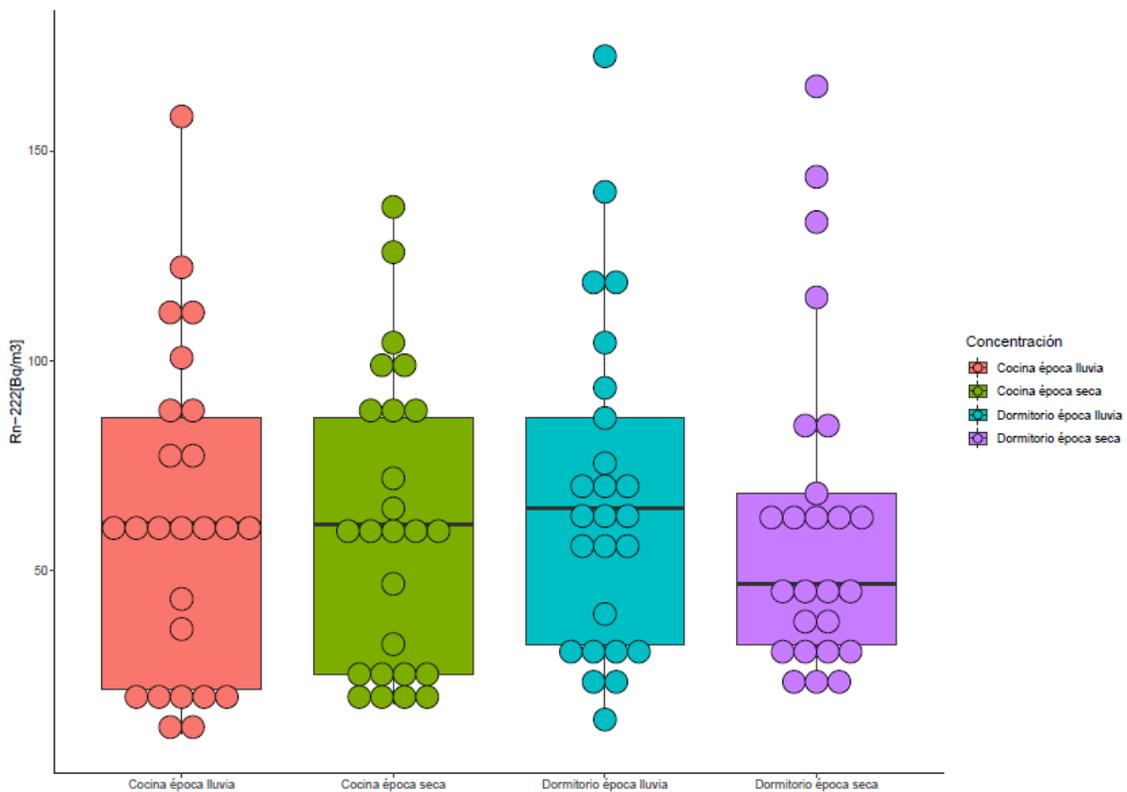
Los datos faltantes fueron estimados a partir de la metodología indicada en el manual de la OMS sobre radón en interiores.

Elaboración: Autora

Con respecto a los registros en el interior de las viviendas de cemento de las densidades de la actividad del radón medias en cocinas fueron de 371.5 Bq/m³, 221.35 Bq/m³, para las cocinas época de lluvia y seca, en dormitorios de 242.8 Bq/m³, 220.3 Bq/m³ para época de lluvia y seca. En cuanto a los valores medios en el exterior fueron de 1574 Bq/m³ en época de lluvia y 1603.1 en época seca

Del mismo modo, a continuación se presentan la distribución de los datos para cada registro tomados en las viviendas de cemento:

Gráfico 7. Distribución de datos de las densidades de la actividad del radón en el interior de las viviendas de cemento

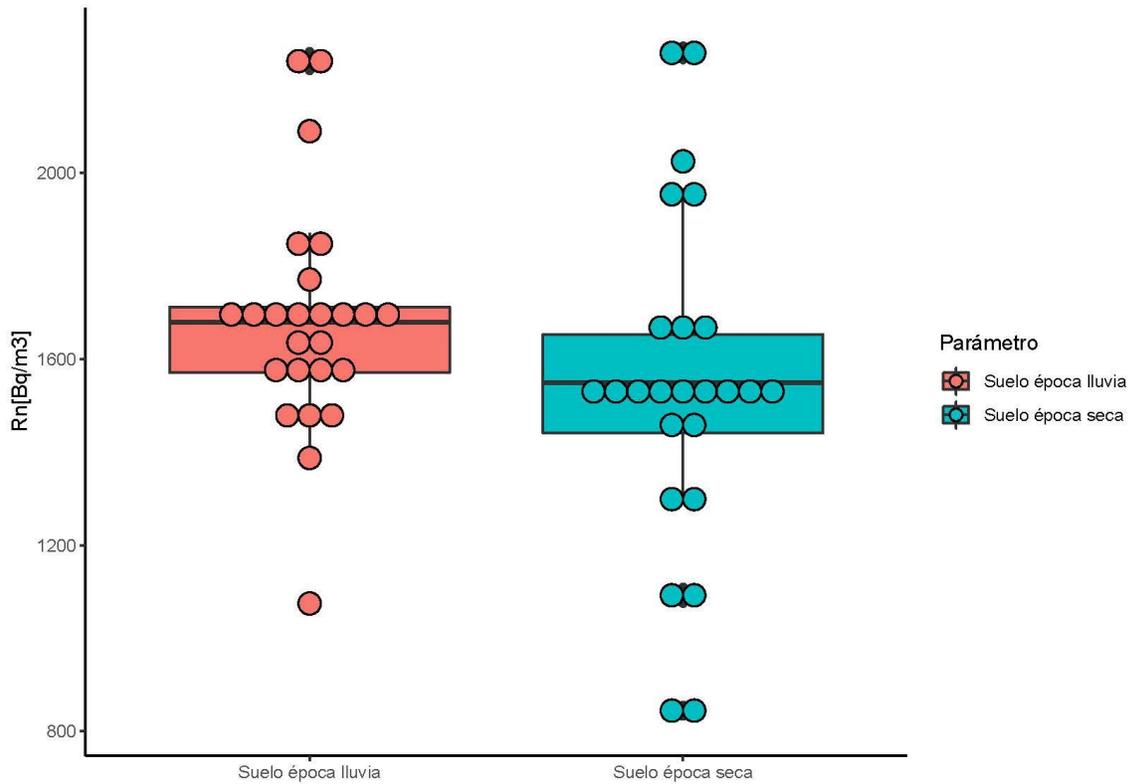


Elaboración: Autora

Como se puede apreciar en la Gráfica 7., existe una relación significativa entre las distribución de los datos para cada muestreo. Es decir, un análisis inicial nos indica que los valores medios se registran entre su primer y tercer cuartil. Adicionalmente, los valores máximos de cada grupo corresponden a 884.5 Bq/m³ en cocinas época de lluvia, 622.01 884.5 Bq/m³ en cocina época

seca, 607.6 884.5 Bq/m³ en dormitorio en época de lluvia y 413.5 884.5 Bq/m³ en dormitorio en época seca.

Gráfico 8. Distribución de datos de las densidades de la actividad del radón en el exterior de las viviendas de cemento



Elaboración: Autora

La Gráfica 8, nos permite realizar un análisis preliminar entre las medias de las densidades de la actividad del radón en el exterior de las viviendas. De donde se deriva que existe una aparente similitud de las mismas en sus valores máximos de en suelo en época de lluvia y en suelo en época. Del mismo modo, se observa que los valores medio para cada registro corresponde a 1679.54 Bq/m³ y 1549.29 Bq/m³ respectivamente.

4.3 Tasa de dosis anual en viviendas de adobe y cemento

En cuanto a las dosis se tienen los siguientes resultados:

Tabla 10. Dosis en viviendas de adobe

Espacio	Época Lluvia (LL)			Época Seca (S)		
	Absorbida (mSv/a)	Equivalente (mSv/a)	Efectiva (mSv/a)	Absorbida (mGv/a)	Equivalente (mSv/a)	Efectiva (mSv/a)
Cocina	4,69	93,72	0,56	2,79	55,84	0,34
Dormitorio	3,06	61,25	0,37	2,78	55,59	0,33
Suelo	4,56	91,16	0,55	20,55	411,03	2,47

Elaboración: Autora

Como se presenta en la tabla 10, en viviendas de adobe se observa que en época lluviosa la tasa de dosis anual absorbida, equivalente y efectiva es mayor a la época seca en espacios de interior (cocina y dormitorios). Sin embargo, en suelo los valores más altos registrados corresponden a la época seca.

Tabla 11. Dosis anual en viviendas de cemento

Espacio	Época Lluvia (LL)			Época Seca (S)		
	Absorbida (mGv/a)	Equivalente (mSv/a)	Efectiva (mSv/a)	Absorbida (mGv/a)	Equivalente (mSv/a)	Efectiva (mSv/a)
Cocina	0,63	12,70	0,076	0,77	15,34	0,09
Dormitorio	1,34	26,76	0,16	0,77	15,46	0,09
Suelo	18,21	364,19	2,19	19,54	390,87	2,35

Elaboración: Autora

Por otra parte, para el análisis de viviendas de cemento como se indica en la tabla 11, se observa que en espacios de cocina y suelo los valores más altos registrados corresponden a la época seca, a diferencia del espacio de dormitorios que presenta valores mayores en época lluviosa.

4.4 Análisis estadístico inferencial de las variables climatológicas y la densidad de la actividad del radón en las viviendas de adobe y cemento

4.4.1 Estadísticos de prueba para las variables medidas en el interior de las viviendas de adobe y sus parámetros climáticos

Para determinar la influencia del clima en las densidades de la actividad del radón en el interior de las viviendas vernáculas se procedió a realizar la comparación entre parámetros medidos;

por un lado, se realizó pruebas de normalidad y homocedasticidad, seguido de un test inferencial para las variables meteorológica y por otro para las densidades de la actividad del radón. Donde los criterios responden a los siguientes puntos:

1. Distribución de los datos bajo un shapiro-test.
2. Variación de la varianza bajo un levene-test.
3. Diferencia significativa entre muestras pareadas un test Mann–Whitney o un t-student.

De esta manera, las muestras analizadas se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 12. Resultado del test de normalidad para las variables climatológicas y densidades de la actividad del radón en el interior de las viviendas de adobe

Variable	w	Valor-p
Temperatura época seca	0.6611	2.277E-06
Temperatura época de lluvia	0.6682	2.799E-06
Precipitación época seca	0.8966	0.0145
Precipitación época de lluvia	0.8801	0.0069
Densidad de la actividad del radón en cocina en época de lluvia	0.9122	0.0340
Densidad de la actividad del radón en cocina en época de seca	0.7921	0.0001
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época de lluvia	0.8785	0.0064
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época seca	0.9281	0.0783

*Shapiro-test. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos son normales y si el valor-p es menor los datos no son normales.

Elaboración: Autora

Tabla 13. Resultados del test de homocedasticidad entre variables climatológicas y densidad de la actividad del radón en el interior de las viviendas de adobe

Variable	F	Valor-p
Temperatura época seca	0.0885	0.7673
Temperatura época de lluvia		
Precipitación época seca	3.6524	0.0619
Precipitación época de lluvia		
Densidad de la actividad del radón en cocina en época de lluvia	3.1268	0.08337
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época de lluvia		
Densidad de la actividad del radón en cocina en época seca	1.7614	0.1907
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época seca		

*Levene-test. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos son homocedásticos y si el valor-p es menor los datos no son normales homocedásticos.

Elaboración: Autora

Tabla 14. Comparación de medias entre variables climatológicas y densidad de la actividad del radón en el interior de las viviendas de adobe

Variable	W	*Mann-Whitney	Mediana	Intervalo de confianza	
		Valor-p		Inferior	Superior
Temperatura época seca	17	7.131E-05	-0.69	-0.78	-0.27
Temperatura época de lluvia					
Precipitación época seca	325	1.253E-05	61.91	55.71	69.79
Precipitación época de lluvia					
Densidad de la actividad del radón en cocina en época de lluvia	263	0.0055	116.85	32.36	206.74
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época de lluvia					
Densidad de la actividad del radón en cocina en época seca	142.5	0.599	-13.10	-70.11	61.12

Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época seca

*Mann-Whitney. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos no presentan variación y si el valor-p es menor, los datos sí presentan variación

Elaboración: Autora

Para los parámetros analizados se puede discernir lo siguiente:

- En cuanto a la comparación de temperaturas por época, se tiene que no responden a una distribución normal. Sin embargo, si presentan una tendencia homocedástica. Esto nos permitió determinar a través de la prueba Mann-Whitney que si existe variación de temperatura entre época de lluvia y época seca.
- Para las precipitaciones, los datos no responden a una distribución normal; pero si, son homocedásticos. Es decir, al evaluar el tipo de distribución de los datos la prueba Mann-Whitney indica que si existe diferencia entre época de lluvia y época seca en sus mediciones.
- Para las mediciones de radón en cocina y dormitorio en época de lluvia, en las viviendas de adobe, estas presentaron que no respondes a una distribución normal, pero si son homocedásticos. De esta manera se pudo determinar que los datos no están organizados de forma normal. En canto a la prueba inferencial, esta nos indica que las densidades de la actividad del radón si presentaron diferencia. Es decir, existe una variación en los valores registrados dentro de la vivienda.
- Del mismo modo, para las mediciones en época seca, las densidades de la actividad del radón en cocinas y dormitorios de las viviendas de adobe no presentaron diferencias. Esto indica que, los registros obtenidos en este período del año no fueron significativos. En otras palabras, los sitios muestreados dentro de la vivienda permanecieron constantes. De la misma forma a evaluar la normalidad, esta nos indica que los registros para las cocinas no

presentaron una distribución normal, pero si en dormitorios, y al comparar sus varianzas esta si presentaron homocedasticidad

4.4.2 Estadísticos de prueba para las variables medidas en el interior de las viviendas de cemento y sus parámetros climáticos

Para determinar la influencia del clima en las densidades de la actividad del radón en viviendas convencionales se realizará pruebas de normalidad, homocedasticidad y un análisis inferencial.

Los criterios a considerar se enumeran a continuación:

1. Distribución de los datos bajo un shapiro-test.
2. Variación de la varianza bajo un levene-test.
3. Diferencia significativa entre dos grupos bajo un Mann–Whitney o un t-student.

En las siguientes tablas se muestran los registros de las muestras analizadas:

Tabla 15. Resultado del test de normalidad para las variables climatológicas y densidades de la actividad del radón en el interior de las viviendas de cemento

Variable	w	Valor-p
Temperatura época seca	0.7880	0.0001
Temperatura época de lluvia	0.8051	0.0002
Precipitación época seca	0.8982	0.0168
Precipitación época de lluvia	0.9387	0.1378
Densidad de la actividad del radón en cocina en época de lluvia	0.9378	0.1316
Densidad de la actividad del radón en cocina en época de seca	0.9213	0.0549
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época de lluvia	0.9287	0.0810
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época seca	0.8409	0.0012

*Shapiro-test. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos son normales y si el valor-p es menor los datos no son normales.

Elaboración: Autora

Tabla 16. Resultado del test de homocedasticidad entre variables climatológicas y densidad de la actividad del radón en el interior de las viviendas de cemento

Variable	F	Valor-p
Temperatura época seca	0.2022	0.6549
Temperatura época de lluvia		
Precipitación época seca	1.0968	0.300
Precipitación época de lluvia		
Densidad de la actividad del radón en cocina en época de lluvia	0.0076	0.9311
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época de lluvia		
Densidad de la actividad del radón en cocina en época seca	0.006	0.9388
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época seca		

*Levene-test. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos son homocedásticos y si el valor-p es menor los datos no son normales homocedásticos.

Elaboración: Autora

Tabla 17. Comparación de medias entre variables climatológicas y densidades de la actividad del radón en el interior de las viviendas de cemento

Variable	W	*Mann-Whitney	Mediana	Intervalo de confianza	
		Valor-p		Inferior	Superior
Temperatura época seca	32	0.0004	-0.60	-0.74	-0.23
Temperatura época de lluvia					
Precipitación época seca	325	1.278E-05	66.49	59.39	73.39
Precipitación época de lluvia					
Densidad de la actividad del radón en cocina en época de lluvia	** -0.54	** 0.5905	** -5.56	** -26.62	** 15.49
Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época de lluvia					
Densidad de la actividad del radón en cocina en época seca	155.5	0.8611	-1.79	-23.17	19.06

Densidad de la actividad del radón en dormitorio en época seca

*Mann-Whitney. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos no presentan variación y si el valor-p es menor, los datos si presentan variación.
**t-student. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos no presentan variación y si el valor-p es menor, los datos si presentan variación.

Elaboración: Autora

- En función de la comparativa tanto de temperatura como precipitación por épocas, se observa que los datos no corresponden en su mayoría a una distribución normal, pero sí presentan una tendencia homocedástica. En cuanto a la prueba no paramétrica empleada, nos muestra que si existe variación de temperatura y precipitación entre la época lluviosa y la época seca.
- De los muestreos de radón realizados en cocina y dormitorio en época seca, en las viviendas de cemento, se denotó que los datos son homocedásticos, sin embargo, no muestran una variación en su densidad de la actividad del radón; es decir, no presentaron diferencias significativas en sus registros. A su vez, los datos correspondientes a las cocinas si presentaron una distribución normal.
- Así también los muestreos de radón realizados en cocina y dormitorio en época de lluvia, se evidenció que los datos son homocedásticos y normales; sin embargo, no muestran una variación en su densidad de la actividad del radón; es decir, no presentaron diferencias significativas en sus registros.

4.4.3 Estadísticos de prueba para las variables medidas en el exterior de las viviendas de adobe y cemento

Para determinar la influencia del clima en las densidades de la actividad del radón de radón en el exterior de las viviendas convencionales y vernáculas se realizará pruebas de normalidad (shapiro-test), homocedasticidad (levene-test) y un análisis inferencial (prueba paramétrica o no paramétrica según sea el caso). Los valores resultantes se presentan a continuación:

Tabla 18. Resultado del test de normalidad para las densidades de la actividad del radón en el exterior de las viviendas de adobe y cemento

Variable	w	Valor- p
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas de adobe	0.8816	0.0074
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de adobe	0.9286	0.0805
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas cemento	0.9061	0.0249
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de cemento	0.9368	0.1246

*Shapiro-test. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos son normales y si el valor-p es menor los datos no son normales.

Elaboración: Autora

Tabla 19. Resultado del test de homocedasticidad entre las densidades de la actividad del radón en el exterior de las viviendas de adobe y cemento

Variable	F	Valor-p
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas de adobe	0.912	0.3444
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de adobe		
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas cemento	1.6728	0.2021
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de cemento		
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas de adobe	2.4257	0.1259
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas cemento		
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de adobe	2.9735	0.0910
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de cemento		

*Levene-test. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos son homocedásticos y si el valor-p es menor los datos no son normales homocedásticos.

Elaboración: Autora

Tabla 20. Comparación de medias entre las densidades de la actividad del radón en el exterior de las viviendas de adobe y cemento

Variable	W	*Mann–Whitney	Mediana	Intervalo de confianza	
		Valor-p		Inferior	Superior
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas de adobe	152	0.791	-38.23	-350.57	273.54
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de adobe					
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas cemento	226	0.090	131.80	-15.97	276.27
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de cemento					
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas de adobe	200	0.325	107.11	-100.92	327.08
Densidad de la actividad del radón en suelo en época de lluvia viviendas cemento					
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de adobe	**0.44	**0.661	**53.81	** -196.97	**304.59
Densidad de la actividad del radón en suelo en época seca viviendas de cemento					

*Mann–Whitney. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos no presentan variación y si el valor-p es menor, los datos si presentan variación.

**t-student. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) los datos no presentan variación y si el valor-p es menor, los datos si presentan variación.

Elaboración: Autora

Como se puede observar en la Tabla 18 y Tabla 19, para las pruebas de normalidad y homocedasticidad, se tiene el siguiente análisis:

- La comparación entre las densidades de la actividad del radón por época en viviendas de adobe y cemento estas no son normales y si son homosedásticas.

- Para las densidades de la actividad del radón en viviendas de cemento y adobe en época de lluvia estas presentaron que no son normales, pero sí, homocedásticas.
- Para la última comparación correspondiente a las densidades de la actividad del radón en época seca en viviendas de adobe y cemento sus datos fueron normales y homocedásticos.

En cuanto al test estadístico para determinar la variación de los registros se tiene:

- Que las densidades de la actividad del radón entre épocas en viviendas de adobe y cemento y entre tipo de vivienda en época seca no presentaron variación en sus registros.
- Así también, respecto a las densidades de la actividad del radón entre épocas en viviendas de cemento y entre tipo de vivienda en época de lluvia sus valores medidos no presentaron cambios en sus registros.

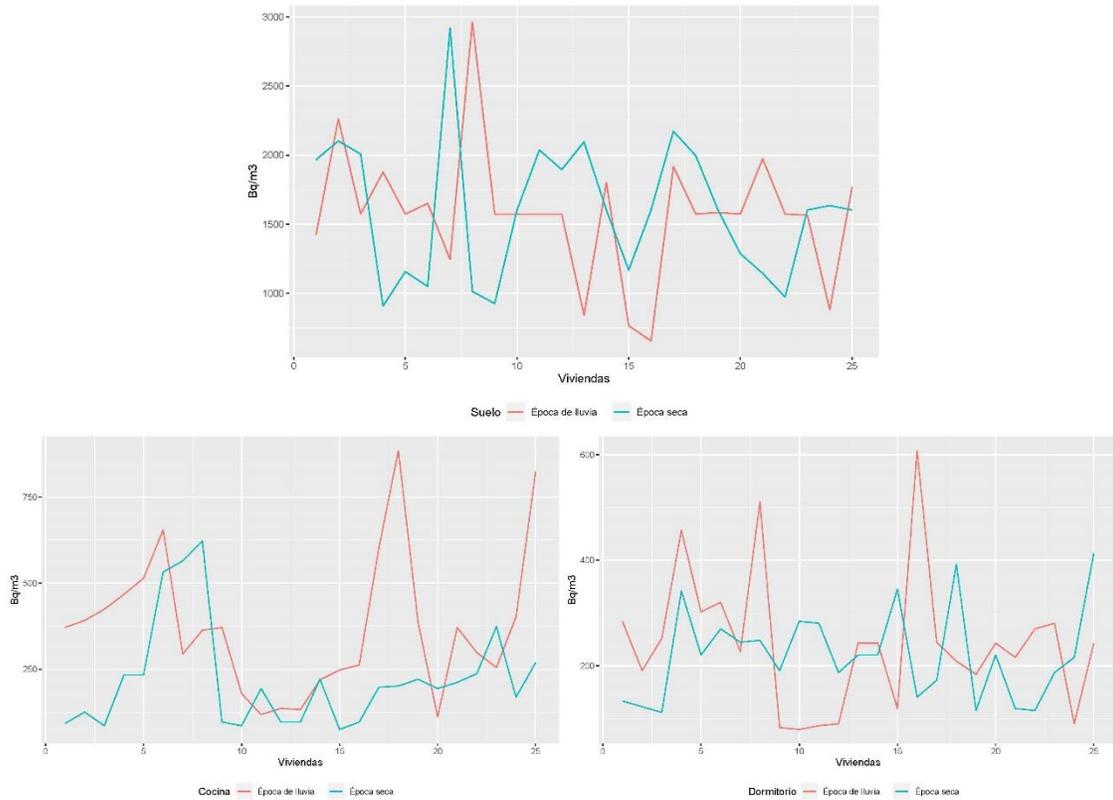
4.5 Modelo de regresión múltiple de las variables medidas en las viviendas de adobe y cemento

Por otra parte, se llevó a cabo un modelo de regresión múltiple para determinar si los valores registrados del clima permiten estimar valores futuros de radón para cada valor medido. Es decir, se realizaron modelos en base a los registros en cada época para cada grupo muestreado segmentado por el tipo de vivienda.

4.5.1 Modelo de regresión múltiple en viviendas de adobe con respecto a sus parámetros climatológicos

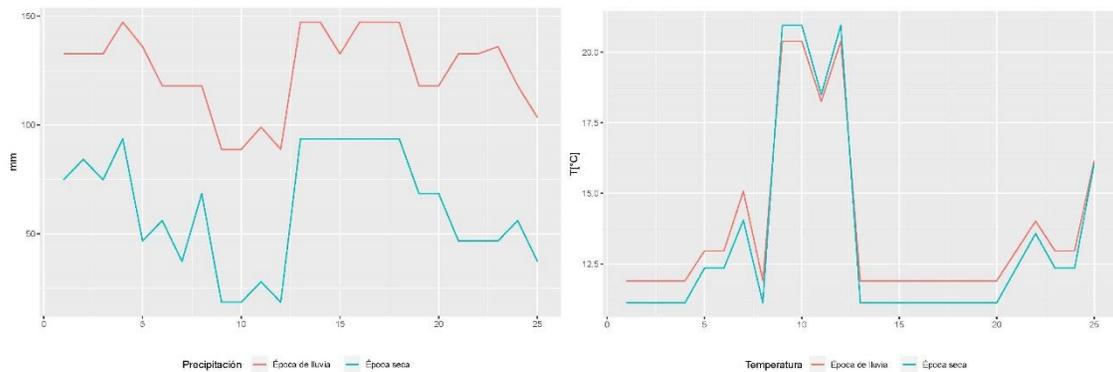
Se realizó una regresión múltiple para determinar cuál de los modelos se adaptaba mejor al momento de predecir datos en los diferentes puntos muestreados de las viviendas. A continuación, se presenta la gráfica donde se ilustran todas las mediciones para viviendas de adobe en época de lluvia y seca por parámetro.

Gráfico 9. Variación de la densidad de la actividad del radón por época en interior y exterior de las viviendas de adobe



Elaboración: Autora

Gráfico 10. Variación de los parámetros meteorológicos de las viviendas de adobe por época



Elaboración: Autora

El modelo planteado para la predicción de datos se los llevó a cabo con los dos períodos. Es decir, se tomaron las 50 mediciones de cada parámetro medido. El análisis correspondiente fue llevado a cabo como variable dependiente (Y) a las densidad de la actividad del radón y como

variables independientes (X1, X2) a la temperatura y precipitación. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para cada modelo de las viviendas de adobe:

Tabla 21. Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en cocinas en época de lluvia y seca en viviendas de adobe

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	*Valor- p
Regresión	2	206073.99	103036.99	2.99	0.06
Residuos	47	1616047.83	34383.99		
Total	49	1822121.83			

*F-fisher. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 22. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en cocinas en época de lluvia y seca en viviendas de adobe

	Coefficientes	Error típico	t	*Valor- p	Límite inferior	Límite superior
a₀(constante)	153.07	169.90	0.90	0.37	-188.74	494.88
a₁(temperatura)	-0.66	9.29	-0.07	0.94	-19.35	18.02
a₂(precipitación)	1.62	0.75	2.18	0.03	0.12	3.13

*t-studen. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no influyen la variación en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, las variables climatológicas influyen la variación en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 23. Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en dormitorio en época de lluvia y seca en viviendas de adobe

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	*Valor- p
Regresión	2	44243.82	22121.91	1.87	0.17
Residuos	47	555383.19	11816.66		
Total	49	5996227.01			

*F-fisher. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 24. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en dormitorio en época de lluvia y seca en viviendas de adobe

	Coefficientes	Error típico	t	*Valor-p	Límite inferior	Límite superior
a₀(constante)	255.74	99.61	2.57	0.013	55.35	456.12
a₁(temperatura)	-5.17	5.45	-0.95	0.35	-16.13	5.79
a₂(precipitación)	0.49	0.44	1.11	0.27	-0.39	1.36

*t-studen. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no influyen la variación en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, las variables climatológicas influyen la variación en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 25. . Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en suelo en época de lluvia y seca en viviendas de adobe

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	*Valor-p
Regresión	2	14371.86	7185.93	0.029	0.97
Residuos	47	11444644.2	243503.06		
Total	49	11459016.1			

*F-fisher. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 26. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en suelo en época de lluvia y seca en viviendas de adobe

	Coefficientes	Error típico	t	*Valor-p	Límite inferior	Límite superior
a₀(constante)	1684.61	452.16	3.725	0.00	774.98	2594.24
a₁(temperatura)	-3.87	24.72	-0.16	0.87	-53.61	45.86
a₂(precipitación)	-0.46	1.98	-0.23	0.81	-4.47	3.53

*t-studen. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no influyen la variación en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, las variables climatológicas influyen la variación en las densidades de la actividad del radón.

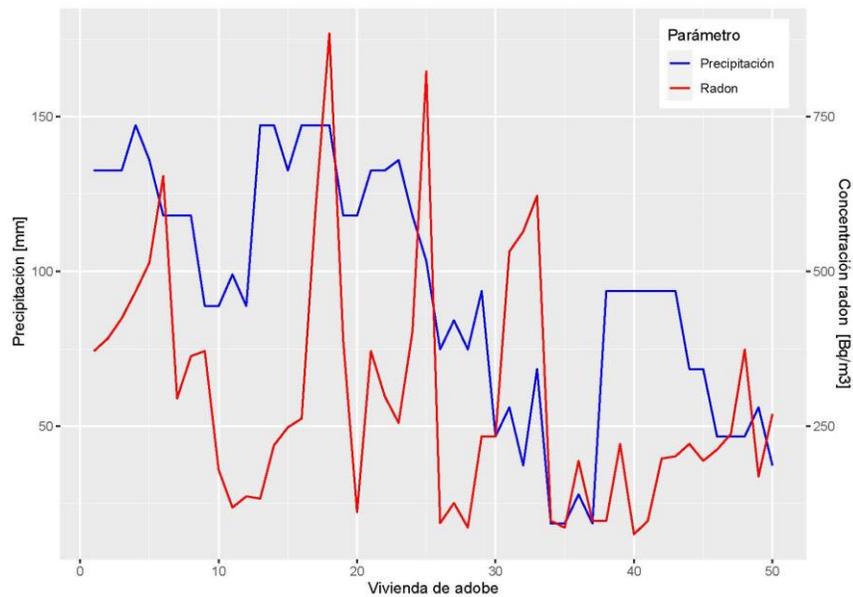
Elaboración: Autora

Los valores registrados nos indica que únicamente la precipitación fue relevante a la hora de predecir datos en el área de cocinas de las viviendas de adobe; donde por cada unidad de aumento de la precipitación las densidades de la actividad del radón incrementará en 1.63 Bq/m³. A demás, el modelo de regresión múltiple nos da a conocer que al estimar nuevos datos a partir de la precipitación y temperatura, estos no son representativos al momento de generar datos. Es decir,

el resultado obtenido al usar las dos variables climáticas en la estimación de la densidad de la actividad del radón en cocina, dormitorio y suelo se salen del criterio de análisis (valor- $p \leq 0.05$).

A continuación, se presenta una gráfica comparativa de la precipitación y las densidades de la actividad del radón en las mediciones hechas en cocinas.

Gráfico 11. Densidad de la actividad del radón en viviendas de adobe y su variación por época respecto a la precipitación



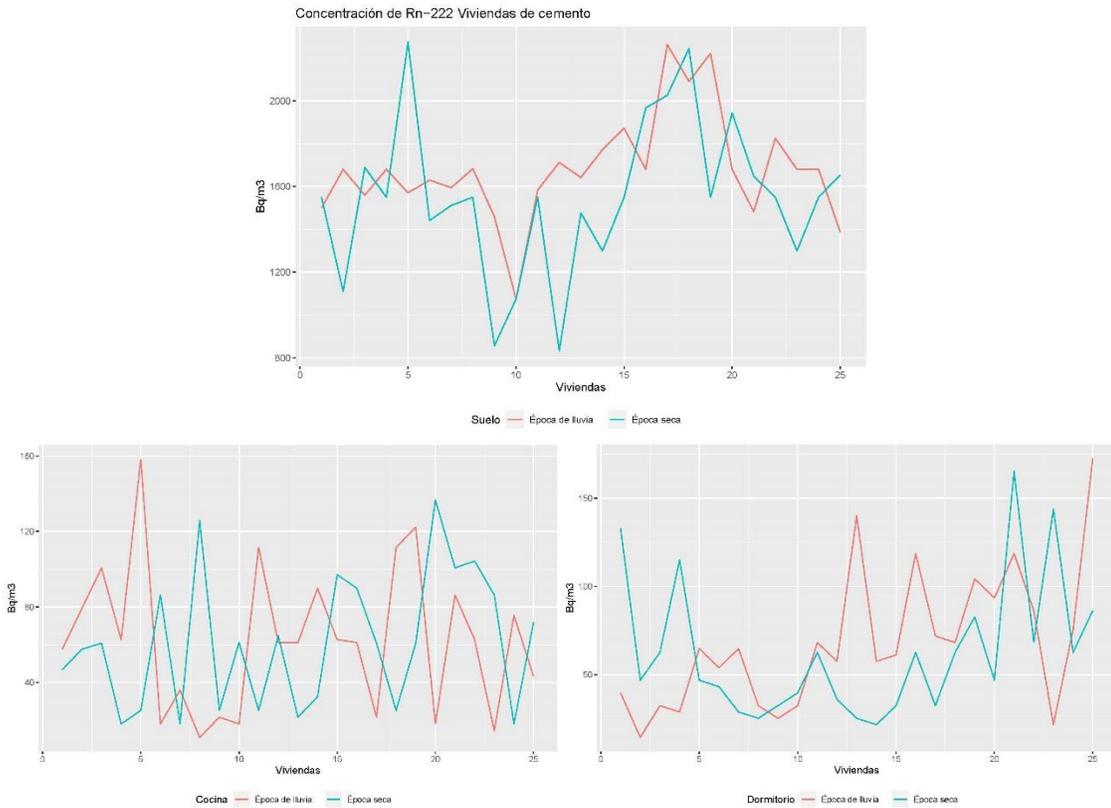
Elaboración: Autora

Como se puede observar en la Gráfica 11, la variación del radón-222 a lo largo del período de muestreo evidencia valores máximo cuando la precipitación es alta y valores mínimos cuando las precipitaciones están en su media

4.5.2 Modelo de regresión múltiple en viviendas de cemento con respecto a sus parámetros climatológicos

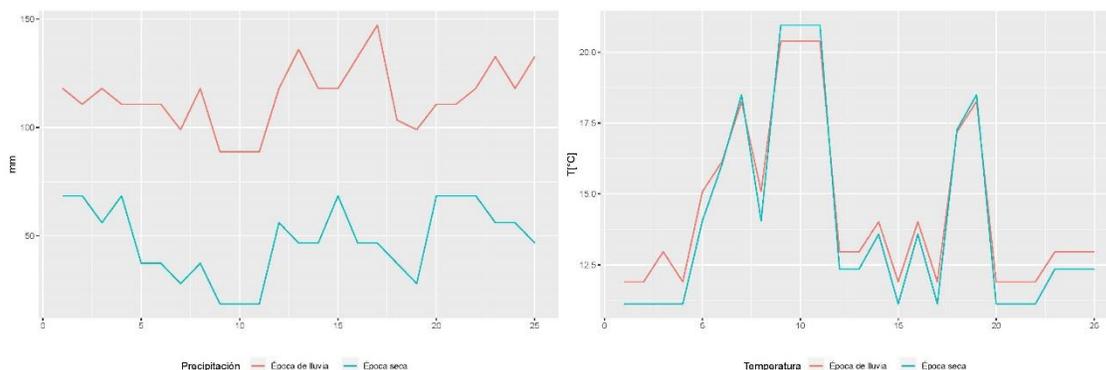
Se utilizó los mismos criterios presentados en el modelo de las viviendas de adobe. A continuación, se presentan la gráficas donde se ilustran todas las mediciones para viviendas de adobe en época de lluvia y seca por parámetro.

Gráfico 12. Variación de las densidades de la actividad del radón por época en interior y exterior de las viviendas de cemento



Elaboración: Autora

Gráfico 13. Variación de los parámetros meteorológicos de las viviendas de cemento por época



Elaboración: Autora

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para cada modelo de las viviendas de cemento:

Tabla 27. Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en cocinas en época de lluvia y seca en viviendas de cemento

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	*Valor- p
Regresión	2	1691.92	845.96	0.61	0.54
Residuos	47	64678.96	1376.15		
Total	49	66370.88			

*F-fisher. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 28. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en cocinas en época de lluvia y seca en viviendas de cemento

	Coefficientes	Error típico	t	*Valor-p	Límite inferior	Límite superior
a₀(constante)	85.69	30.96	2.76	0.00	23.41	147.98
a₁(temperatura)	-1.77	1.72	-1.02	0.31	-5.25	1.71
a₂(precipitación)	0.02	0.15	0.10	0.91	-0.28	0.31

*t-studen. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no influyen la variación en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, las variables climatológicas influyen la variación en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 29. Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en dormitorio en época de lluvia y seca en viviendas de cemento

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	*Valor- p
Regresión	2	5838.64	2919.32	2.01	0.16
Residuos	47	68337.99	1453.99		
Total	49	74176.63			

*F-fisher. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 30. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en dormitorio en época de lluvia y seca en viviendas de cemento

	Coefficientes	Error típico	t	*Valor- p	Límite inferior	Límite superior
a₀(constante)	79.36	31.82	2.49	0.02	15.34	143.38
a₁(temperatura)	-2.05	1.78	-1.15	0.25	-5.63	1.52
a₂(precipitación)	0.19	0.15	1.22	0.22	-0.12	0.49

*t-studen. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no influyen la variación en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, las variables climatológicas influyen la variación en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 31. . Resultado del modelo de regresión múltiple de las variables climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en suelo en época de lluvia y seca en viviendas de cemento

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	*Valor- p
Regresión	2	401375.26	200687.63	2.12	0.13
Residuos	47	4452871.1	94741.94		
Total	49	4854246.3			

*F-fisher. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, pueden predecir nuevos valores en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Tabla 32. Resultado de los pesos de las variables independientes climatológicas sobre la variación de la densidad de radón en suelo en época de lluvia y seca en viviendas de cemento

	Coefficientes	Error típico	t	*Valor-p	Límite inferior	Límite superior
a₀(constante)	1634.17	256.90	6.36	0.00	1117.35	2150.98
a₁(temperatura)	-12.24	14.35	-0.85	0.39	-41.12	16.62
a₂(precipitación)	1.92	1.24	1.53	0.13	-0.59	4.40

*t-studen. Si el valor-p es mayor al valor crítico ($\alpha=0.05$) las variables climatológicas no influyen la variación en las densidades de la actividad del radón y si el valor-p es menor, las variables climatológicas influyen la variación en las densidades de la actividad del radón.

Elaboración: Autora

Para el modelo en viviendas de cemento Los valores registrados nos indican que la precipitación y la temperatura para la predicción de datos en el interior y exterior no son representativos. Esto debido a que, el valor-p del modelo y los coeficientes exceden el umbral de aceptación.

5. DISCUSIÓN

En esta sección encontraremos algunos de los resultados más recientes publicados en revistas especializadas referentes a las variables climatológicas y su incidencia en la variación de la densidad de la actividad del radón doméstico, tanto al interior como al exterior de la vivienda. Se compararon los hallazgos encontrados en el presente estudio y se correlacionaron con resultados publicados en la literatura.

Con respecto a los valores medidos en viviendas de adobe, la densidad de la actividad de radón más alta en promedio fue registrada en el grupo de cocinas en época de lluvia, con una media de 371.5 ± 35 Bq/m³, mientras que la más baja fue de 221.4 ± 27 Bq/m³ en cocinas para época seca. A su vez (Park et al., 2018) en su estudio registro mediciones de la densidad de radón en viviendas de Corea en verano de 53.9 ± 1.9 Bq/m³ y para invierno de 86.1 ± 2.1 Bq/m³. Del mismo modo, (Senitkova & Kraus, 2019) en su estudio en viviendas en República Checa tanto en verano (época seca), como en invierno (época de lluvia) obtuvo valores de 58.2 ± 4.7 Bq/m³ y 152.8 ± 6.4 Bq/m³ respectivamente. Por lo tanto, se identifica que en época de lluvia la densidad del radón aumentan respecto a la de verano.

Así también para las mediciones de la densidad de radón en viviendas convencionales (para efectos del estudio denominadas de cemento) de la parroquia Nazón, presentó valores promedio en el interior de la vivienda de 65.37 ± 9.5 Bq/m³ para época de lluvia y 61.67 ± 8.9 Bq/m³ más para época seca. Por otro lado (Kellenbenz & Shakya, 2021) en sus registros tomados en viviendas en Pennsylvania fueron de 181 ± 21.2 Bq/m³ en invierno y 143 ± 17.2 Bq/m³ en verano. Por parte estudios llevados a cabo en viviendas en la India (Kamalakar et al., 2022) en época de verano y en Turquía (KOC et al., 2018) en época de invierno presentaron valores promedios de 21.8 Bq/m³ y 108 Bq/m³ respectivamente. Esto nos indica que la variación por épocas analizadas, tanto de los

estudios de caso y los estudios comparativos especializados muestran que en invierno la densidad de radón radón-222 es mayor que en las de época de verano.

A su vez, los registros en el exterior de las viviendas de adobe y cemento presentaron valor en rangos de 1549 Bq/m³ a 1679.54 Bq/m³. Donde, la densidad del radón en viviendas de adobe fue menor en invierno con un valor promedio de 1574.02±102Bq/m³ y mayor en viviendas de cemento con un valor de 1679.54±92Bq/m³; en cambio, en verano presentaron valores de 1603.10±97 Bq/m³ y 1549.29±95Bq/m³. Por otra parte, en los estudios realizados en exteriores en Turquía (Özen et al., 2018), Italia (Garbero et al., 2009), Eslovenia (Kikaj & Vaupotič, 2019) y Brazil (Magalhães et al., 2003) se determinó que en invierno la variación del radón-222 era superior que en verano, con la excepción en el estudio de Eslovenia donde los valores medidos fueron en su época de verano.

Con respecto a la dosis efectiva tanto en viviendas de adobe y cemento se evidencia que los valores medio referentes a los datos obtenidos en cocinas y dormitorio no superan los 1.26 mSv/a valor establecido por el UNSCEAR. Por otro lado, la dosis efectiva en suelo es de 2.47 mSv/a en viviendas de adobe en época seca, 2.19 mSv/a y 2.35 mSv/a en viviendas de cemento en época de lluvia y época seca respectivamente.

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los diferentes estudios realizados correspondientes a las mediciones de radon-222, junto con los valores obtenidos en el presente caso de estudio. De esta manera se tiene:

Tabla 33. Densidad de actividad de radón (indoor y outdoor) en diferentes países, en época de verano e invierno

País	Lugar de medición	Época	Promedio diario Bq/m3	Fuente
Turquía	Indoor	Invierno	108	(KOC et al., 2018)
India	Indoor	Verano	21.8	(Kamalakar et al., 2022)
Korea	Indoor	Invierno	86.1	(Park et al., 2018)
		Verano	32.8	
República Checa	Indoor	Invierno	152.8	(Senitkova & Kraus, 2019)
		Verano	58.2	
USA	Indoor	Invierno	181	(Kellenbenz & Shakya, 2021)
		Verano	143	
Turquía	Outdoor	Invierno	34.10	(Özen et al., 2018)
		Verano	15.34	
Italia	Outdoor	Invierno	9	(Garbero et al., 2009)
		Verano	2	
Eslovenia	Outdoor	Invierno	15	(Kikaj & Vaupotič, 2019)
		Verano	22	
Brazil	Outdoor	Invierno	15	(Magalhães et al., 2003)
		Verano	1.5	
Italia	Outdoor	Invierno	15	(Sesana et al., 2003)
		Verano	5	
Ecuador viviendas de adobe	Indoor	Invierno	307.12	(Elaboración Propia)
		Verano	220.85	
Ecuador viviendas de cemento	Indoor	Invierno	65.38	(Elaboración Propia)
		Verano	61.66	
Ecuador exterior viviendas de adobe	Outdoor	Invierno	1574.02	(Elaboración Propia)
		Verano	1603.102	
Ecuador exterior viviendas de cemento	Outdoor	Invierno	1679.54	(Elaboración Propia)
		Verano	1549.29	

Elaboración: Autora

6. CONCLUSIONES

Con la información bibliográfica revisada y resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que, la parroquia Nazón presenta una temperatura media anual que oscila entre los 12 a 20 °C. Acorde al tiempo de muestreo desarrollado en el estudio, las viviendas monitoreadas (vernáculos y convencionales) presentan temperaturas medias de 14.13 °C en época de lluvia y 13.63 °C en época seca. A su vez, se dispone de una, media de precipitación, en los periodos de muestreo e 119.72 mm en época lluviosa y 55.02 mm en época seca, con respecto a la media anual de la parroquia establecida de 500 - 1000 mm de lluvia.

Por otra parte, en cuanto a los registros por época en el interior de las viviendas (adobe y cemento), la mayor densidad de la actividad del radón corresponde a los obtenidos en el grupo de las viviendas de adobe con un valor de 884.47 Bq/m³. Por otro lado, la menor densidad de la actividad del radón en el exterior de las viviendas fue registrada en el grupo de las viviendas de cemento con un valor de 654,36 Bq/m³.

En cuanto al modelo de regresión lineal múltiple usado para determinar la influencia de las variables meteorológicas, se estableció lo siguiente.

- Los datos de temperatura y precipitación registrados en viviendas de adobe no presentaron una relación significativa que permita predecir nuevos valores con respecto a las mediciones en cocina, dormitorio y suelo. Sin embargo, al analizar los coeficientes de cada modelo se pudo determinar que únicamente los datos de precipitación se podrían usar para estimar nuevos valores de densidades de la actividad del radón.
- De mismo modo, para las viviendas de cemento el modelo predictivo indicó que no son relevante en la generación de nuevos valores partiendo de los datos de precipitación y temperatura.

En consecuencia, se tiene que, la influencia de la precipitación y temperatura en las densidades de la actividad del radón en las viviendas convencionales y vernáculas, ven relacionadas sus variables por el espacio donde se llevó a cabo los registros. Es decir, la condición de la vivienda es fundamental para determinar si existe o no esta relación de parámetros climatológicos.

Por otra parte, los grupos muestreados responden al hecho que se trata de determinar si las viviendas de adobe y cemento por conjuntos individuales veían algún cambio en las densidades de la actividad del radón por la época de registro. Donde, se pudo evidenciar que, si bien existen valores distintos entre estaciones, estos no presentan en su mayoría una variación significativa en el total de los registros de las viviendas analizadas. Es decir, estadísticamente se demostró en que sitio de las viviendas se dieron estos cambios con respecto a su conjunto y en cuáles no.

Así también, se evidenció que existe mayor densidad de radón-222 en época de lluvia (invierno) en la mayoría de los sitios muestreados, a excepción de los valores obtenidos en suelo en viviendas de adobe, sin embargo, al compararla estadísticamente con sus pares se determinó que no existe una variación significativa, es decir, los valores fueron similares al exterior de las viviendas vernáculas y convencionales. Cabe recalcar que los datos medidos al exterior responden únicamente al sitio espacial de la vivienda, más no se llevó a cabo un estudio morfológico ni litológico.

Por consiguiente, el trabajo experimental llevado a cabo, nos permitió conocer como incide la climatología en los registros de Radón-222 en las viviendas de la parroquia Nazón y sus diferencias temporales; que a su vez fueron corroboradas con todo el análisis expuesto.

7. RECOMENDACIONES

Una vez llevada a cabo la investigación, se recomienda poner en consideración de las partes interesadas dar a conocer los hallazgos encontrados, para que de esta manera exista retroalimentación académica con la población civil.

Por otro parte, es importante mencionar que para futuros trabajos de esta índole ambiental se sugiere tomar en consideración realizar estudios de geología que permitan determinar sobre que yacimiento están construidas las viviendas.

Por último, se recomienda plantear estrategias que permitan dar a conocer a la población los riesgos de la radioactividad y hasta que punto esta debe ser considerada como un peligro para la salud.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abd-Elzaher, M. (2012). An overview on studying ^{222}Rn exhalation rates using passive technique solid-state nuclear track detectors. *American Journal of Applied Sciences*, 9(10), 1653–1659. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2012.1653.1659>
- Aguilar-Barojas, S. (2005). *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud*. 11.
- Aközcan, S. (2014). Natural and artificial radioactivity levels and hazards of soils in the Küçük Menderes Basin, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 71(10), 4611–4614. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2861-6>
- Al-Alawy, I. T., & Hasan, A. A. (2018). *Radon Concentration And Dose Assessment In Well Water Samples From Karbala Governorate Of Iraq*. 12117. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1003/1/012117>
- Ali, F. S. A., Mahdi, K. H., & Jawad, E. A. (2019). Humidity effect on diffusion and length coefficient of radon in soil and building materials. *Energy Procedia*, 157, 384–392. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.203>
- Ambrosino, F., Stellato, L., & Sabbarese, C. (2020). A case study on possible radiological contamination in the Lo Uttaro landfill site (Caserta, Italy). *Journal of Physics: Conference Series*, 1548(1), 12001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1548/1/012001>
- Amestoy, J., Meslin, P. Y., Richon, P., Delpuech, A., Derrien, S., Raynal, H., Pique, É., Baratoux, D., Chotard, P., Van Beek, P., Souhaut, M., & Zambardi, T. (2021). Effects of environmental factors on the monitoring of environmental radioactivity by airborne gamma-ray spectrometry. *Journal of Environmental Radioactivity*, 237(June). <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2021.106695>

- Antignani, S., Venoso, G., Ampollini, M., Caprio, M., Carpentieri, C., Di Carlo, C., Caccia, B., Hunter, N., & Bochicchio, F. (2021). A 10-year follow-up study of yearly indoor radon measurements in homes, review of other studies and implications on lung cancer risk estimates. *Science of the Total Environment*, 762, 144150. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144150>
- Arias, G. (2018). Estudio De Distintos Parámetros Radiactivos Y Medidas De Mitigación Energéticamente Eficientes. In *TFM. Universidade da Coruña*.
- Arrata, M. (2014). Destrucción de la arquitectura vernácula campesina en los andes ecuatorianos. *AGUSVINNUS*.
- Baeza, A., García-Paniagua, J., Guillén, J., & Montalbán, B. (2017). Influence of architectural style on indoor radon concentration in a radon prone area: A case study. *Science of The Total Environment*, 610–611, 258–266. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.08.056>
- Carrasco, J., & Cuadrado, C. (2016). Measurement of the Concentration of 222-Rn in Residences and Workplaces in the Riobamba City. *XVI International Symposium on Solid State Dosimetry*, 3(September), 1–14.
- Chung, L. K., Mata, L. A., Carmona, M. A., Shubayr, N. A. M., Zhou, Q., Ye, Y., & Kearfott, K. J. (2020). Radon kinetics in a natural indoor radon chamber. *Science of the Total Environment*, 734, 139167. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139167>
- Connor, N. (2020). *Radiation Dosimetri - Radiación gamma*.
- EPA. (1993). *Radon Measurement In Schools - United States Environmental Protection Agency* (primera).
- Erdmann, F., Ghantous, A., & Schüz, J. (2019). Environmental agents and childhood cancer. In *Encyclopedia of Environmental Health* (pp. 347–359). Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11725-7>

Evans, T. J. (2020). Reproductive toxicity and endocrine disruption of potential chemical warfare agents. In *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents* (pp. 641–657). Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819090-6.00039-8>

Ferreira, A. O., Pecequilo, B. R. S., & Aquino, R. R. (2011). Application of a “sealed Can Technique” and CR-39 detectors for measuring radon emanation from undamaged granitic ornamental building materials. *Radioprotection*, 46(6 SUPPL.), S49–S54.

<https://doi.org/10.1051/radiopro/20116557s>

FlinnScientific. (n.d.). *360 Science: Nuclear Radiation and Shielding*.

Frutos, B., Olaya, M., & José, S. (2011). Rehabilitation Measures against radon gas entry Acciones de rehabilitación frente a la entrada de gas radón. *Revista Ingeniería de Construcción*, 26(1), 95.96.

Fuente, M. (2016). *Estudio de diferentes técnicas para la medida de exhalación de radón en suelos*. Universidad de Cantabria.

Garbero, V., Dellacasa, G., Bianchi, D., Magnoni, M., & Erbetta, L. (2009). Outdoor radon concentration measurements: Some correlation with major urban pollutants. *Radiation Protection Dosimetry*, 137(3–4), 332–335. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncp253>

García-García, J., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Inv Ed Med*, 2(8), 217–224.

[https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72715-7](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72715-7)

García, J. (2014). Influencia de las condiciones meteorológicas sobre el nivel de radón a corto plazo en un laboratorio subterráneo. *Nova Scientia*.

Gluscock, M. D. (2013). Nuclear Spectroscopy. In *Treatise on Geochemistry: Second Edition* (Vol.

- 15, pp. 273–290). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.01419-4>
- Gómez, J. (2010). Vivienda efímera urbana: ¿arquitectura vernácula? *DEARQ: Revista de Arquitectura de La Universidad de Los Andes*, 7, 136–143.
- Groves-Kirkby, C. J., Denman, A. R., Crockett, R. G. M., Phillips, P. S., & Gillmore, G. K. (2006). Identification of tidal and climatic influences within domestic radon time-series from Northamptonshire, UK. *Science of the Total Environment*, 367(1), 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.11.019>
- Guillén, Javier; Baeza, Antonio; Tejados, J. J. (2020). *Guía para la protección de gas Radón* (pp. 485–533). Junta de Extremadura.
- Günay, O., Saç, M. M., İçhedef, M., & Taşköprü, C. (2019). Natural radioactivity analysis of soil samples from Ganos fault (GF). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(9), 5055–5058. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1793-9>
- Gupta, M., Mahur, A. K., Sonkawade, R. G., Verma, K. D., & Prasad, R. (2010). Measurement of radon activity, exhalation rate and radiation doses in fly ash samples from NTPC Dadri, India. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 48, 520–523.
- Hatungimana, D., Taşköprü, C., İçhedef, M., Saç, M. M., & Yazıcı, Ş. (2019). Compressive strength, water absorption, water sorptivity and surface radon exhalation rate of silica fume and fly ash based mortar. *Journal of Building Engineering*, 23, 369–376. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2019.01.011>
- Hernández, J. B. (2021). *Elementos radiactivos de origen natural (NORM) en el cemento y los riesgos de radiación asociados como material de construcción en la ciudad de Cuenca, Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Hofmann, B. A. (2011). Radioactivity (natural). In *Encyclopedia of Earth Sciences Series* (Issue

9781402092114, pp. 751–754). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9212-1_171

Hosoda, M., Shimo, M., Sugino, M., Furukawa, M., & Fukushi, M. (2007). Effect of soil moisture content on radon and thoron exhalation. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 44(4), 664–672. <https://doi.org/10.1080/18811248.2007.9711855>

IAEA. (2018). *Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation* / IAEA. International Atomic Energy Agency.

ICRP. (2010). *Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon: Publication 115* (C. CH (ed.)). The International Commission on Radiological Protection.

Kamalakar, D. V., Vinutha, P. R., Kaliprasad, C. S., & Narayana, Y. (2022). Seasonal variation of indoor radon, thoron and their progeny in Belagavi district of Karnataka, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(4), 310. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09931-8>

Kapdan, E., & Altinsoy, N. (2012). A comparative study of indoor radon concentrations between dwellings and schools. *Radiation Physics and Chemistry*, 81(4), 383–386. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2011.12.032>

Kaya, S., Kaya, A., Çelik, N., Kara, R. T., Taşkın, H., & Koz, B. (2020). Determination of the environmental natural radioactivity and mapping of natural background radioactivity of the Gumushane province, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 326(2), 933–957. <https://doi.org/10.1007/s10967-020-07390-4>

Kellenbenz, K. R., & Shakya, K. M. (2021). Spatial and temporal variations in indoor radon concentrations in Pennsylvania, USA from 1988 to 2018. *Journal of Environmental Radioactivity*, 233(March), 106594. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2021.106594>

- Kikaj, D., Chambers, S. D., Kobal, M., Crawford, J., & Vaupotič, J. (2020). Characterizing atmospheric controls on winter urban pollution in a topographic basin setting using Radon-222. *Atmospheric Research*, 237(August 2019). <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104838>
- Kikaj, D., & Vaupotič, J. (2019). Effective Doses Due To Outdoor and Indoor Radon At a Mediterranean Site. *Radiation Protection Dosimetry*, 187(2), 215–219. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncz155>
- KOC, P., EKINCI, N., CINAN, E., & KAVAZ, E. (2018). Determination of Radon Concentration by Using CR-39 Plastic Track Detectors in Dwellings of Bingöl and Mus Provinces of Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 30(8), 1717–1722.
- Kovler, K., Friedmann, H., Michalik, B., Schroeyers, W., Tsapalov, A., Antropov, S., Bituh, T., & Nicolaides, D. (2017). Basic aspects of natural radioactivity. In *Naturally Occurring Radioactive Materials in Construction: Integrating Radiation Protection in Reuse (COST Action Tu1301 NORM4BUILDING)* (pp. 13–36). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102009-8.00003-7>
- Krivosheev, M. V., & Kolbasov, B. N. (2018). Safety of Fusion Reactors. In *Fundamentals of Magnetic Thermonuclear Reactor Design* (pp. 401–432). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102470-6.00014-7>
- L'Annunziata, M. F. (2007). Alpha Radiation. In *Radioactivity* (pp. 71–84). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-044452715-8.50004-9>
- L'Annunziata, M. F. (2016). Radionuclide Decay, Radioactivity Units, and Radionuclide Mass. In *Radioactivity* (pp. 621–638). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63489-4.00018-6>
- Lebel, L., John, A., & Korolevych, V. (2022). Dispersion Simulations of Radon Discharges

- between Neighboring Buildings and Their Sensitivity to Meteorology, Discharge Rate, and Building Geometry. *Health Physics*, 122(3), 383–401.
<https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001510>
- Leonardi, F., Bonczyk, M., Nuccetelli, C., Wysocka, M., Michalik, B., Ampollini, M., Tonnarini, S., Rubin, J., Niedbalska, K., & Trevisi, R. (2018). A study on natural radioactivity and radon exhalation rate in building materials containing norm residues: preliminary results. *Construction and Building Materials*, 173, 172–179.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.254>
- Leyva, Y. R. (2018). La arquitectura del silencio: lo vernáculo en las viviendas del Valle del Chota(1960-1990). *INNOVA Research Journal*, 3(2.1), 41–51.
<https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.1.2018.665>
- Magalhães, M. H., Amaral, E. C. S., Sachett, I., & Rochedo, E. R. R. (2003). Radon-222 in Brazil: An outline of indoor and outdoor measurements. *Journal of Environmental Radioactivity*, 67(2), 131–143. [https://doi.org/10.1016/S0265-931X\(02\)00175-3](https://doi.org/10.1016/S0265-931X(02)00175-3)
- Márquez, J. L., Sáez, J. C., Álvarez, A., & Quiñones, J. (2015). *Influencia de las Condiciones Meteorológicas en la Variación Anual de la Actividad de Rn Ambiental*.
- Moharram, B. M., Suliman, M. N., Zahran, N. F., Shennawy, S. E., & El Sayed, A. R. (2012). 238U, 232Th content and radon exhalation rate in some Egyptian building materials. *Annals of Nuclear Energy*, 45, 138–143. <https://doi.org/10.1016/J.ANUCENE.2012.03.008>
- Mu, H., Sun, J., Li, L., Yin, J., Hu, N., Zhao, W., Ding, D., & Yi, L. (2018). Ionizing radiation exposure: hazards, prevention, and biomarker screening. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 25, Issue 16, pp. 15294–15306). Springer Verlag.
<https://doi.org/10.1007/s11356-018-2097-9>

- Muntean, L. E., Cosma, C., & Moldovan, D. V. (2014). Measurement of natural radioactivity and radiation hazards for some natural and artificial building materials available in Romania. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 299(1), 523–532. <https://doi.org/10.1007/s10967-013-2837-8>
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A., & Rendon, J. (2012). A Comparison of Interpolation Methods for Creating Noise Maps in Urban Environments. *Ing. USBMed*, 3(1), 2027–5846.
- Nazaroff, W. W. (1992). Radon transport from soil to air. In *Reviews of Geophysics* (Vol. 30, Issue 2, pp. 137–160). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1029/92RG00055>
- Nuclear Power. (n.d.). *Desintegración alfa - Radiactividad alfa | Definición y teoría | nuclear-power.net*.
- OMS. (2009). WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. *WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective*.
- OMS. (2016). *Radon and health*. World Health Organization.
- Özen, S. A., Celik, N., Dursun, E., & Taskın, H. (2018). Indoor and outdoor radon measurements at lung cancer patients' homes in the dwellings of Rize Province in Turkey. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(3), 1111–1125. <https://doi.org/10.1007/s10653-017-9991-9>
- Park, J. H., Lee, C. M., Lee, H. Y., & Kang, D. R. (2018). Estimation of seasonal correction factors for indoor radon concentrations in Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/ijerph15102251>
- Parra, R. (2010). *Inventario de Emisiones en las Ciudades de Loja, Azogues, Babahoyo y Quevedo. Año Base 2010. September 2015*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1354.1607>
- Piedecausa García, B., Chinchón Payá, S., Morales Recio, M. A., & Sanjuán Barbudo, M. A.

- (2011). Radiactividad natural de los materiales de construcción. Aplicación al hormigón. Parte I. Radiación externa: índice de riesgo radiactivo. *Cemento Hormigón*, 82(946), 40–65.
- Pigg, S., Cautley, D., & Francisco, P. W. (2018). Impacts of weatherization on indoor air quality: A field study of 514 homes. *Indoor Air*, 28(2), 307–317. <https://doi.org/10.1111/ina.12438>
- Pressyanov, D., Dimitrov, D., & Dimitrova, I. (2018). Passive radon monitors with part-time sensitivity to radon. *Radiation Measurements*, 118, 72–76. <https://doi.org/10.1016/J.RADMEAS.2018.08.014>
- Previtali, E. (2021). Radioactive Decay. In *Encyclopedia of Nuclear Energy* (pp. 35–44). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819725-7.00100-8>
- Rey, J. F., Goyette, S., Gandolla, M., Palacios, M., Barazza, F., & Pernot, J. G. (2022). Long-Term Impacts of Weather Conditions on Indoor Radon Concentration Measurements in Switzerland. *Atmosphere*, 13(1), 1–19. <https://doi.org/10.3390/atmos13010092>
- Rodríguez., A. (2014). Arquitectura vernácula en viviendas de la parroquia Quisapincha, análisis espacial y formal. *Sistemas Inteligentes Para Domicilios y Edificios.*, 10. <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13279/1/FCHE-EBS-1519.pdf>^{0A}<http://es.slideshare.net/Andysebas1/domotica-42887798>
- Sabbarese, C., Ambrosino, F., & D’Onofrio, A. (2021). Development of radon transport model in different types of dwellings to assess indoor activity concentration. *Journal of Environmental Radioactivity*, 227, 106501. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106501>
- Salahel Din, K. (2020). Assessment of natural and artificial radioactivity in infants’ powdered milk and their associated radiological health risks. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 324(3), 977–981. <https://doi.org/10.1007/s10967-020-07170-0>
- Sandoval-Garzón, M. A., Ávila-Villa, L. A., Garcia-Rodriguez, A. M., Bermúdez, M. A.,

- Martínez-Ovalle, S. A., & Sajo-Bohus, L. (2021). A new graph of soil Rn-gas transport: Radon-rose plot. *Applied Radiation and Isotopes*, 169, 109521. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109521>
- Senitkova, I. J., & Kraus, M. (2019). Seasonal and Floor Variations of Indoor Radon Concentration. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 221(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/221/1/012127>
- Sesana, L., Caprioli, E., & Marcazzan, G. M. (2003). Long period study of outdoor radon concentration in Milan and correlation between its temporal variations and dispersion properties of atmosphere. *Journal of Environmental Radioactivity*, 65(2), 147–160. [https://doi.org/10.1016/S0265-931X\(02\)00093-0](https://doi.org/10.1016/S0265-931X(02)00093-0)
- Sharma, A., Mahur, A. K., Sonkawade, R. G., & Sharma, A. C. (2015). Measurement of Indoor Radon, Thoron in Dwelling of Delhi, India Using Double Dosimeter Cups with SSNTDS. *Physics Procedia*, 80, 125–127. <https://doi.org/10.1016/J.PHPRO.2015.11.074>
- Singh, S., Jaishi, H. P., Tiwari, R. P., & Tiwari, R. C. (2017). Time Series Analysis of Soil Radon Data Using Multiple Linear Regression and Artificial Neural Network in Seismic Precursory Studies. *Pure and Applied Geophysics*, 174(7), 2793–2802. <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1556-4>
- Stanley, F. K. T., Zarezadeh, S., Dumais, C. D., Dumais, K., MacQueen, R., Clement, F., & Goodarzi, A. A. (2017). Comprehensive survey of household radon gas levels and risk factors in southern Alberta. *CMAJ Open*, 5(1), E255–E264. <https://doi.org/10.9778/cmajo.20160142>
- Stuewer, R. H. (2018). *Artificial Radioactivity* (Vol. 1). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198827870.003.0011>
- Suppes, G. J., & Storvick, T. S. (2016). The Future in Nuclear Power. In *Sustainable Power*

Technologies and Infrastructure (pp. 247–343). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803909-0.00008-7>

Szajerski, P., & Zimny, A. (2020). Numerical analysis and modeling of two-loop experimental setup for measurements of radon diffusion rate through building and insulation materials. *Environmental Pollution*, 256, 113393. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113393>

Tait, D. R., Maher, D. T., & Santos, I. R. (2015). Seasonal and Diurnal Dynamics of Atmospheric Radon, Carbon Dioxide, Methane, $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$ and $\delta^{13}\text{C}\text{-CH}_4$ in a Proposed Australian Coal Seam Gas Field. *Water, Air, and Soil Pollution*, 226(10). <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2597-x>

Temuujin, J., Surenjav, E., Ruescher, C. H., & Vahlbruch, J. (2019). Processing and uses of fly ash addressing radioactivity (critical review). In *Chemosphere* (Vol. 216, pp. 866–882). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.112>

Toader, V. E., Biagi, P. F., Moldovan, I. A., Marmureanu, A., & Mihai, A. (2019). Evaluation of the Solar Radiation in a Seismic Zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 362(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/362/1/012069>

Ujić, P., Čeliković, I., Kandić, A., Vukanac, I., Durašević, M., Dragosavac, D., & Žunić, Z. S. (2010). Internal exposure from building materials exhaling ^{222}Rn and ^{220}Rn as compared to external exposure due to their natural radioactivity content. *Applied Radiation and Isotopes*, 68(1), 201–206. <https://doi.org/10.1016/J.APRADISO.2009.10.003>

UNSCEAR. (2000). Sources and effects of ionizing radiation, Report to the General Assembly with Scientific Annexes. *United Nations. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Volume I*.

UNSCEAR. (2008). *Sources and Effects of Ionizing Radiation* (Vol 1). United Nations Scientific

Committee on the Effects of Atomic Radiation.

- Vallero, D. A., & Letcher, T. M. (2013). Radiation. In *Unraveling Environmental Disasters* (pp. 299–320). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397026-8.00012-4>
- Yamada, R., Tamakuma, Y., Suzuki, T., Nakasone, S., Shiroma, Y., Furukawa, M., Hashimoto, H., Hosoda, M., Akata, N., & Tokonami, S. (2021). A preliminary study of radon equilibrium factor at a tourist cave in okinawa, japan. *Atmosphere*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/atmos12121648>
- Yanchao, S., Bing, S., Hongxing, C., & Yunyun, W. (2021). Study on the effect of air purifier for reducing indoor radon exposure. *Applied Radiation and Isotopes*, 173, 109706. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2021.109706>
- Yousef, H. A., Saleh, G. M., El-Farrash, A. H., & Hamza, A. (2016). Radon exhalation rate for phosphate rocks samples using alpha track detectors. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 9(1), 41–46. <https://doi.org/10.1016/J.JRRAS.2015.09.002>
- Zeeb, Ha., Shannoun, F., & OMS. (2015). *Manual de la OMS sobre Radón en interiores* (p. 100). <http://www.who.int/iris/handle/10665/161913#sthash.2WvJkXnR.dpuf>
- Zoran, A. M. A., Savastru, R. S., Savastru, D. M., & Penache, M. V. (2019). *Temporal trends of carbon monoxide (CO) and radon (. sup . 222Rn) tracers of urban air pollution . 2.*

9. ANEXOS

8.1 Información meteorológica diaria por estaciones (época lluvia y seca) Precipitación (mm) y temperatura (°C)

ESTACIÓN 1-ÉPOCA LLUVIOSA								
Fecha	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación
2021-04-01	12,40	2,18	2021-05-01	11,33	19,56	2021-06-01	11,99	0,00
2021-04-02	12,62	2,79	2021-05-02	11,45	5,45	2021-06-02	12,32	0,30
2021-04-03	12,41	8,12	2021-05-03	10,42	2,65	2021-06-03	11,83	0,40
2021-04-04	11,48	7,03	2021-05-04	12,40	7,64	2021-06-04	10,84	6,09
2021-04-05	11,51	0,27	2021-05-05	12,33	0,59	2021-06-05	11,31	0,09
2021-04-06	12,05	0,38	2021-05-06	11,84	0,76	2021-06-06	11,28	3,16
2021-04-07	11,51	3,89	2021-05-07	10,98	2,72	2021-06-07	10,65	5,48
2021-04-08	11,72	1,33	2021-05-08	10,85	21,64	2021-06-08	10,87	3,42
2021-04-09	12,45	3,61	2021-05-09	11,40	7,02	2021-06-09	11,11	2,46
2021-04-10	12,01	2,33	2021-05-10	10,83	0,36	2021-06-10	11,53	0,02
2021-04-11	11,65	6,36	2021-05-11	10,50	0,42	2021-06-11	11,22	8,77
2021-04-12	11,69	2,38	2021-05-12	10,37	0,73	2021-06-12	11,43	15,87
2021-04-13	11,59	1,03	2021-05-13	11,18	0,68	2021-06-13	11,41	18,14
2021-04-14	11,90	5,43	2021-05-14	11,60	3,34	2021-06-14	11,23	1,51
2021-04-15	11,45	8,70	2021-05-15	11,81	11,52	2021-06-15	10,81	4,34
2021-04-16	12,12	3,28	2021-05-16	11,44	6,11	2021-06-16	10,73	2,50
2021-04-17	12,31	1,88	2021-05-17	10,95	14,75	2021-06-17	10,57	1,87
2021-04-18	11,87	0,62	2021-05-18	11,11	2,91	2021-06-18	10,40	3,06
2021-04-19	12,03	3,85	2021-05-19	11,45	0,09	2021-06-19	10,61	7,12
2021-04-20	12,26	0,25	2021-05-20	11,96	0,00	2021-06-20	9,62	6,95
2021-04-21	12,44	2,55	2021-05-21	12,12	0,00	2021-06-21	9,83	2,35
2021-04-22	12,73	0,74	2021-05-22	12,27	0,00	2021-06-22	9,47	0,19
2021-04-23	12,50	8,75	2021-05-23	11,23	0,69	2021-06-23	10,14	0,79
2021-04-24	12,72	0,40	2021-05-24	10,52	9,43	2021-06-24	10,11	15,94
2021-04-25	12,95	2,93	2021-05-25	10,90	5,23	2021-06-25	10,03	13,31
2021-04-26	11,60	6,47	2021-05-26	11,32	2,56	2021-06-26	10,11	4,07
2021-04-27	11,94	6,29	2021-05-27	11,24	0,23	2021-06-27	9,38	0,51
2021-04-28	11,84	8,24	2021-05-28	11,90	0,00	2021-06-28	10,37	0,28
2021-04-29	11,87	25,85	2021-05-29	12,33	4,59	2021-06-29	10,04	2,60
2021-04-30	11,06	3,56	2021-05-30	11,60	5,79	2021-06-30	9,70	17,73
			2021-05-31	11,24	0,11			

ESTACIÓN 1 - ÉPOCA SECA								
Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación
2021-07-01	9,69	0,41	2021-08-01	10,36	0,17	2021-09-01	9,51	1,22
2021-07-02	9,33	0,01	2021-08-02	9,01	21,47	2021-09-02	11,09	0,24
2021-07-03	8,78	0,06	2021-08-03	9,12	10,33	2021-09-03	11,86	0,00
2021-07-04	8,50	0,05	2021-08-04	7,87	4,37	2021-09-04	11,88	0,00
2021-07-05	7,92	0,00	2021-08-05	7,99	2,10	2021-09-05	11,44	5,78
2021-07-06	8,60	0,01	2021-08-06	9,13	1,19	2021-09-06	10,51	5,81
2021-07-07	10,16	0,02	2021-08-07	10,05	2,56	2021-09-07	10,55	0,03
2021-07-08	10,71	2,39	2021-08-08	10,69	4,40	2021-09-08	11,67	2,11
2021-07-09	10,55	9,56	2021-08-09	11,33	7,32	2021-09-09	12,12	0,19
2021-07-10	10,08	3,32	2021-08-10	11,08	8,62	2021-09-10	11,60	0,01
2021-07-11	10,27	0,27	2021-08-11	10,59	9,18	2021-09-11	11,15	0,08
2021-07-12	10,23	0,24	2021-08-12	11,10	12,54	2021-09-12	11,11	1,64
2021-07-13	10,75	0,02	2021-08-13	10,70	9,21	2021-09-13	11,05	0,60
2021-07-14	10,54	0,00	2021-08-14	9,88	3,38	2021-09-14	11,30	0,00
2021-07-15	11,57	0,36	2021-08-15	10,36	8,16	2021-09-15	10,83	0,00
2021-07-16	11,34	4,10	2021-08-16	10,56	8,23	2021-09-16	9,38	0,17
2021-07-17	11,12	2,88	2021-08-17	10,40	4,80	2021-09-17	10,30	0,16
2021-07-18	10,69	3,59	2021-08-18	10,36	5,46	2021-09-18	10,23	0,01
2021-07-19	10,61	6,30	2021-08-19	11,29	11,36	2021-09-19	11,56	0,03
2021-07-20	10,71	3,32	2021-08-20	11,09	0,83	2021-09-20	11,82	0,21
2021-07-21	10,53	0,20	2021-08-21	9,82	0,78	2021-09-21	11,26	2,58
2021-07-22	9,54	0,44	2021-08-22	10,53	8,73	2021-09-22	9,57	2,61
2021-07-23	9,47	0,03	2021-08-23	10,91	1,26	2021-09-23	10,40	0,11
2021-07-24	9,33	0,04	2021-08-24	11,37	6,48	2021-09-24	10,77	0,23
2021-07-25	9,65	0,77	2021-08-25	11,68	10,94	2021-09-25	9,73	0,09
2021-07-26	10,65	0,45	2021-08-26	11,83	8,62	2021-09-26	10,98	0,14
2021-07-27	10,84	0,04	2021-08-27	11,23	3,00	2021-09-27	11,05	0,00
2021-07-28	11,07	0,06	2021-08-28	11,35	7,01	2021-09-28	9,96	1,07
2021-07-29	11,25	0,02	2021-08-29	10,50	4,46	2021-09-29	9,90	8,84
2021-07-30	11,37	0,01	2021-08-30	10,26	21,14	2021-09-30	11,15	7,83
2021-07-31	11,26	0,00	2021-08-31	10,76	5,91			

ESTACIÓN 2 - ÉPOCA LLUVIOSA								
Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación
2021-04-01	21,58	0,73	2021-05-01	20,40	12,61	2021-06-01	21,73	0,00
2021-04-02	21,32	2,53	2021-05-02	20,07	4,66	2021-06-02	21,58	0,09
2021-04-03	21,08	2,47	2021-05-03	19,34	1,81	2021-06-03	21,71	0,11
2021-04-04	21,14	1,33	2021-05-04	20,87	1,09	2021-06-04	21,73	0,70
2021-04-05	21,12	0,58	2021-05-05	21,05	0,37	2021-06-05	21,33	0,03
2021-04-06	21,19	0,26	2021-05-06	20,46	0,82	2021-06-06	20,58	1,14
2021-04-07	20,53	1,54	2021-05-07	20,67	1,93	2021-06-07	20,06	6,87
2021-04-08	21,08	1,72	2021-05-08	20,89	13,44	2021-06-08	20,03	13,65
2021-04-09	21,23	1,41	2021-05-09	21,74	3,34	2021-06-09	20,13	7,06
2021-04-10	21,14	0,51	2021-05-10	21,51	0,14	2021-06-10	20,55	0,08
2021-04-11	21,32	1,09	2021-05-11	21,24	0,14	2021-06-11	20,58	1,34
2021-04-12	21,81	0,39	2021-05-12	21,67	0,37	2021-06-12	20,83	4,54
2021-04-13	22,25	0,09	2021-05-13	21,62	0,51	2021-06-13	20,43	7,63
2021-04-14	21,55	0,82	2021-05-14	21,27	1,34	2021-06-14	20,23	1,40
2021-04-15	20,53	7,39	2021-05-15	21,44	4,56	2021-06-15	20,19	1,22
2021-04-16	20,98	2,66	2021-05-16	21,25	3,51	2021-06-16	20,92	1,36
2021-04-17	21,06	0,47	2021-05-17	21,08	14,70	2021-06-17	21,18	0,50
2021-04-18	20,75	0,59	2021-05-18	20,97	6,44	2021-06-18	20,99	0,84
2021-04-19	21,01	1,84	2021-05-19	21,45	0,06	2021-06-19	20,80	3,65
2021-04-20	21,55	0,13	2021-05-20	21,71	0,01	2021-06-20	20,80	4,02
2021-04-21	21,44	1,32	2021-05-21	21,16	0,00	2021-06-21	21,08	0,96
2021-04-22	21,16	0,29	2021-05-22	20,99	0,00	2021-06-22	20,69	0,11
2021-04-23	20,62	4,60	2021-05-23	21,15	0,21	2021-06-23	21,05	0,16
2021-04-24	21,71	0,45	2021-05-24	20,85	1,83	2021-06-24	20,12	41,24
2021-04-25	21,20	1,50	2021-05-25	21,16	0,92	2021-06-25	20,12	4,80
2021-04-26	19,65	6,20	2021-05-26	21,40	0,79	2021-06-26	19,62	0,78
2021-04-27	20,05	9,94	2021-05-27	21,33	0,27	2021-06-27	19,47	0,26
2021-04-28	20,58	3,12	2021-05-28	21,04	0,00	2021-06-28	20,58	0,13
2021-04-29	20,20	9,11	2021-05-29	20,51	1,14	2021-06-29	21,10	0,94
2021-04-30	19,46	2,44	2021-05-30	20,77	1,87	2021-06-30	20,72	3,07
			2021-05-31	20,99	0,33			

ESTACIÓN 2 - ÉPOCA SECA								
Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación
2021-07-01	20,69	0,25	2021-08-01	22,29	0,13	2021-09-01	21,99	0,21
2021-07-02	20,53	0,02	2021-08-02	21,87	0,46	2021-09-02	21,66	0,18
2021-07-03	20,65	0,03	2021-08-03	22,58	0,07	2021-09-03	22,29	0,01
2021-07-04	20,10	0,03	2021-08-04	21,86	0,00	2021-09-04	22,15	0,00
2021-07-05	19,83	0,02	2021-08-05	21,87	0,00	2021-09-05	21,75	3,24
2021-07-06	20,58	0,00	2021-08-06	21,89	0,00	2021-09-06	21,59	3,74
2021-07-07	20,80	0,00	2021-08-07	21,40	0,00	2021-09-07	21,76	0,07
2021-07-08	20,80	0,53	2021-08-08	21,25	0,00	2021-09-08	21,39	1,60
2021-07-09	20,56	6,52	2021-08-09	21,29	0,35	2021-09-09	22,10	0,04
2021-07-10	20,71	1,65	2021-08-10	21,44	1,03	2021-09-10	22,01	0,00
2021-07-11	20,47	0,27	2021-08-11	21,09	0,53	2021-09-11	20,91	0,10
2021-07-12	20,61	0,12	2021-08-12	21,03	1,56	2021-09-12	21,94	1,16
2021-07-13	21,18	0,02	2021-08-13	21,42	0,53	2021-09-13	21,40	0,55
2021-07-14	21,34	0,00	2021-08-14	21,76	0,04	2021-09-14	21,44	0,00
2021-07-15	21,02	0,31	2021-08-15	21,26	0,02	2021-09-15	21,57	0,00
2021-07-16	20,24	0,93	2021-08-16	21,37	0,20	2021-09-16	22,15	0,10
2021-07-17	20,82	1,22	2021-08-17	21,52	0,21	2021-09-17	22,72	0,10
2021-07-18	20,97	1,53	2021-08-18	21,57	0,91	2021-09-18	21,69	0,00
2021-07-19	21,81	1,94	2021-08-19	21,62	0,18	2021-09-19	21,96	0,02
2021-07-20	21,40	0,77	2021-08-20	21,55	0,00	2021-09-20	22,08	0,17
2021-07-21	21,98	0,09	2021-08-21	21,70	0,00	2021-09-21	22,23	1,57
2021-07-22	21,89	0,27	2021-08-22	21,85	0,03	2021-09-22	22,24	1,66
2021-07-23	21,54	0,03	2021-08-23	21,33	0,00	2021-09-23	22,83	0,09
2021-07-24	21,07	0,03	2021-08-24	21,29	0,35	2021-09-24	23,06	0,10
2021-07-25	20,55	0,42	2021-08-25	21,58	0,04	2021-09-25	23,02	0,04
2021-07-26	21,20	0,11	2021-08-26	21,28	0,25	2021-09-26	22,67	0,12
2021-07-27	21,45	0,00	2021-08-27	21,37	0,31	2021-09-27	22,85	0,01
2021-07-28	21,77	0,03	2021-08-28	21,79	0,11	2021-09-28	22,49	0,97
2021-07-29	21,81	0,01	2021-08-29	22,15	0,01	2021-09-29	21,96	0,75
2021-07-30	22,38	0,00	2021-08-30	21,68	0,13	2021-09-30	22,37	0,15
2021-07-31	22,15	0,00	2021-08-31	22,54	0,35			

ESTACIÓN 3 - ÉPOCA LLUVIOSA								
Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación
01/04/2021	12,87	20,72	01/05/2021	12,52	10,17	01/06/2021	11,71	8,14
02/04/2021	12,19	39,65	02/05/2021	12,01	9,84	02/06/2021	12,12	0,57
03/04/2021	12,24	3,92	03/05/2021	12,47	7,74	03/06/2021	12,54	0,45
04/04/2021	12,91	7,92	04/05/2021	12,26	9,99	04/06/2021	12,30	2,10
05/04/2021	13,22	13,08	05/05/2021	12,69	1,25	05/06/2021	11,50	6,10
06/04/2021	13,00	3,30	06/05/2021	12,43	8,46	06/06/2021	10,83	0,57
07/04/2021	12,95	6,29	07/05/2021	12,32	4,58	07/06/2021	11,02	2,88
08/04/2021	11,97	4,52	08/05/2021	12,46	24,70	08/06/2021	9,91	2,25
09/04/2021	12,16	2,66	09/05/2021	12,83	11,26	09/06/2021	10,84	0,50
10/04/2021	12,93	2,87	10/05/2021	12,87	0,41	10/06/2021	10,79	0,09
11/04/2021	13,29	6,77	11/05/2021	13,65	5,58	11/06/2021	11,01	0,00
12/04/2021	12,80	12,56	12/05/2021	13,73	11,38	12/06/2021	11,41	0,00
13/04/2021	13,23	1,95	13/05/2021	12,68	3,25	13/06/2021	11,94	1,90
14/04/2021	13,42	0,09	14/05/2021	12,51	1,06	14/06/2021	11,55	5,72
15/04/2021	11,81	3,45	15/05/2021	11,88	0,09	15/06/2021	11,01	4,85
16/04/2021	12,31	2,99	16/05/2021	12,26	0,05	16/06/2021	11,28	3,14
17/04/2021	11,10	4,81	17/05/2021	12,01	0,87	17/06/2021	11,69	3,03
18/04/2021	11,28	6,17	18/05/2021	11,89	2,19	18/06/2021	11,48	2,33
19/04/2021	11,40	1,08	19/05/2021	11,96	5,32	19/06/2021	10,94	11,32
20/04/2021	11,04	0,00	20/05/2021	11,25	0,74	20/06/2021	10,94	3,58
21/04/2021	11,23	0,00	21/05/2021	12,05	2,06	21/06/2021	9,78	4,35
22/04/2021	11,44	1,71	22/05/2021	11,84	3,27	22/06/2021	10,62	0,31
23/04/2021	12,11	1,37	23/05/2021	12,09	7,57	23/06/2021	10,62	3,82
24/04/2021	12,77	7,74	24/05/2021	10,68	14,04	24/06/2021	11,30	3,73
25/04/2021	13,10	7,84	25/05/2021	11,37	5,75	25/06/2021	11,34	4,34
26/04/2021	12,69	4,57	26/05/2021	11,26	0,81	26/06/2021	10,80	6,25
27/04/2021	12,13	6,89	27/05/2021	11,89	0,42	27/06/2021	10,92	3,00
28/04/2021	11,80	3,06	28/05/2021	12,28	0,07	28/06/2021	10,58	1,89
29/04/2021	12,26	3,08	29/05/2021	12,35	5,54	29/06/2021	10,94	4,53
30/04/2021	12,90	6,56	30/05/2021	12,44	6,06	30/06/2021	11,31	3,38
			31/05/2021	12,36	5,51			

ESTACIÓN 3 - ÉPOCA SECA								
Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación
01/07/2021	11,12	5,95	01/08/2021	11,18	0,42	01/09/2021	10,78	0,71
02/07/2021	10,61	2,83	02/08/2021	11,08	0,00	02/09/2021	10,98	0,05
03/07/2021	10,94	1,97	03/08/2021	10,80	0,01	03/09/2021	11,45	2,09
04/07/2021	10,64	0,86	04/08/2021	9,51	0,00	04/09/2021	11,56	0,94
05/07/2021	11,73	0,09	05/08/2021	9,87	0,23	05/09/2021	11,65	2,69
06/07/2021	11,08	3,49	06/08/2021	10,66	0,45	06/09/2021	11,55	0,15
07/07/2021	11,07	0,11	07/08/2021	9,49	0,44	07/09/2021	12,03	0,12
08/07/2021	12,12	0,53	08/08/2021	9,62	0,03	08/09/2021	12,24	2,31
09/07/2021	11,07	10,56	09/08/2021	10,53	0,00	09/09/2021	11,20	0,87
10/07/2021	10,40	17,59	10/08/2021	11,46	0,00	10/09/2021	10,80	0,01
11/07/2021	11,06	0,27	11/08/2021	12,10	0,05	11/09/2021	11,66	0,02
12/07/2021	11,20	2,06	12/08/2021	12,78	0,04	12/09/2021	11,54	0,00
13/07/2021	10,58	3,04	13/08/2021	12,65	2,72	13/09/2021	10,79	2,03
14/07/2021	10,06	11,03	14/08/2021	12,58	0,53	14/09/2021	11,26	0,45
15/07/2021	9,25	3,07	15/08/2021	12,40	0,05	15/09/2021	11,10	0,10
16/07/2021	9,30	0,06	16/08/2021	11,92	0,00	16/09/2021	12,19	1,11
17/07/2021	10,13	0,07	17/08/2021	12,66	0,00	17/09/2021	12,45	1,05
18/07/2021	10,09	4,23	18/08/2021	12,80	0,36	18/09/2021	12,89	0,33
19/07/2021	9,98	1,72	19/08/2021	12,92	1,06	19/09/2021	12,90	1,12
20/07/2021	10,71	1,39	20/08/2021	12,35	2,89	20/09/2021	12,22	2,58
21/07/2021	10,73	1,00	21/08/2021	10,53	6,15	21/09/2021	12,47	0,13
22/07/2021	10,92	0,62	22/08/2021	10,50	0,62	22/09/2021	12,77	1,46
23/07/2021	11,49	0,13	23/08/2021	10,44	0,07	23/09/2021	11,27	4,53
24/07/2021	11,55	0,84	24/08/2021	10,96	0,00	24/09/2021	10,84	7,75
25/07/2021	11,18	0,42	25/08/2021	11,73	0,00	25/09/2021	11,24	0,77
26/07/2021	10,27	0,57	26/08/2021	11,37	0,00	26/09/2021	11,36	0,04
27/07/2021	10,66	0,46	27/08/2021	10,67	0,21	27/09/2021	12,72	2,82
28/07/2021	10,65	0,05	28/08/2021	11,30	0,11	28/09/2021	13,08	1,76
29/07/2021	10,37	1,39	29/08/2021	11,88	0,36	29/09/2021	11,69	1,75
30/07/2021	10,76	0,93	30/08/2021	11,95	1,50	30/09/2021	12,27	0,63
31/07/2021	11,52	1,67	31/08/2021	10,33	0,29			

ESTACIÓN 4 - ÉPOCA LLUVIOSA								
Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación
01/04/2021	12,53	13,67	01/05/2021	11,86	1,77	01/06/2021	12,65	6,58
02/04/2021	13,15	8,00	02/05/2021	11,79	3,93	02/06/2021	11,94	4,58
03/04/2021	11,39	6,66	03/05/2021	12,20	7,21	03/06/2021	11,43	1,91
04/04/2021	12,87	1,99	04/05/2021	12,17	1,84	04/06/2021	10,80	8,52
05/04/2021	13,49	2,15	05/05/2021	11,91	5,93	05/06/2021	10,51	14,00
06/04/2021	12,89	6,14	06/05/2021	11,90	2,34	06/06/2021	9,66	0,10
07/04/2021	12,77	2,17	07/05/2021	11,65	1,10	07/06/2021	9,74	0,24
08/04/2021	12,54	2,45	08/05/2021	11,13	4,90	08/06/2021	10,68	1,77
09/04/2021	12,91	0,10	09/05/2021	11,54	2,01	09/06/2021	10,93	5,21
10/04/2021	13,69	0,00	10/05/2021	11,79	1,46	10/06/2021	10,67	2,01
11/04/2021	13,85	0,00	11/05/2021	12,71	5,07	11/06/2021	10,33	3,62
12/04/2021	13,10	4,10	12/05/2021	12,65	14,32	12/06/2021	11,15	0,78
13/04/2021	12,73	3,36	13/05/2021	11,95	7,93	13/06/2021	11,08	3,48
14/04/2021	12,63	0,15	14/05/2021	11,64	13,29	14/06/2021	10,37	1,09
15/04/2021	12,58	2,80	15/05/2021	11,23	8,21	15/06/2021	11,53	2,95
16/04/2021	12,40	0,10	16/05/2021	11,91	0,57	16/06/2021	11,63	5,24
17/04/2021	12,08	6,54	17/05/2021	11,87	0,90	17/06/2021	10,98	10,32
18/04/2021	12,44	11,33	18/05/2021	12,36	2,40	18/06/2021	11,01	5,75
19/04/2021	12,15	4,97	19/05/2021	12,83	4,32	19/06/2021	11,25	3,43
20/04/2021	12,33	8,01	20/05/2021	12,33	12,45	20/06/2021	11,24	7,88
21/04/2021	12,39	5,03	21/05/2021	12,02	0,94	21/06/2021	9,30	4,42
22/04/2021	12,71	6,83	22/05/2021	11,93	0,02	22/06/2021	9,67	1,48
23/04/2021	13,01	5,04	23/05/2021	11,80	2,16	23/06/2021	10,14	1,63
24/04/2021	12,45	2,29	24/05/2021	12,37	1,13	24/06/2021	11,15	0,12
25/04/2021	12,33	0,26	25/05/2021	11,82	6,69	25/06/2021	11,91	0,00
26/04/2021	12,23	1,21	26/05/2021	11,63	4,43	26/06/2021	11,89	0,97
27/04/2021	12,37	2,55	27/05/2021	12,61	0,00	27/06/2021	12,02	1,49
28/04/2021	12,29	2,45	28/05/2021	12,02	7,02	28/06/2021	11,33	1,17
29/04/2021	12,17	8,20	29/05/2021	11,17	3,52	29/06/2021	11,35	3,85
30/04/2021	12,08	1,94	30/05/2021	10,73	0,85	30/06/2021	10,42	7,94
			31/05/2021	12,24	2,52			

ESTACIÓN 4 - ÉPOCA SECA								
Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación	Día	Temperatura	Precipitación
01/07/2021	10,21	3,65	01/08/2021	10,05	0,00	01/09/2021	10,69	0,00
02/07/2021	10,81	0,15	02/08/2021	11,15	1,64	02/09/2021	11,29	0,00
03/07/2021	11,85	0,30	03/08/2021	10,90	9,90	03/09/2021	11,69	0,17
04/07/2021	11,73	0,96	04/08/2021	9,62	16,33	04/09/2021	11,28	0,48
05/07/2021	10,98	0,40	05/08/2021	8,82	0,13	05/09/2021	11,04	0,23
06/07/2021	10,66	1,50	06/08/2021	9,30	0,00	06/09/2021	10,94	1,39
07/07/2021	10,50	0,65	07/08/2021	9,31	0,00	07/09/2021	11,01	1,38
08/07/2021	10,31	1,52	08/08/2021	9,91	0,92	08/09/2021	9,65	1,67
09/07/2021	9,40	1,45	09/08/2021	10,47	0,27	09/09/2021	11,04	0,31
10/07/2021	9,32	0,09	10/08/2021	10,65	1,47	10/09/2021	11,69	0,00
11/07/2021	9,75	0,03	11/08/2021	9,76	0,41	11/09/2021	12,10	1,33
12/07/2021	10,20	1,48	12/08/2021	11,05	0,13	12/09/2021	11,75	3,17
13/07/2021	10,34	7,67	13/08/2021	9,80	3,94	13/09/2021	10,93	1,47
14/07/2021	10,35	3,78	14/08/2021	9,30	12,29	14/09/2021	10,73	0,99
15/07/2021	10,38	0,05	15/08/2021	9,33	2,98	15/09/2021	11,48	0,00
16/07/2021	10,01	7,44	16/08/2021	8,73	0,32	16/09/2021	11,52	0,00
17/07/2021	10,27	5,34	17/08/2021	10,19	0,00	17/09/2021	11,65	1,85
18/07/2021	10,86	1,75	18/08/2021	10,95	0,00	18/09/2021	12,12	3,09
19/07/2021	10,53	0,93	19/08/2021	10,54	8,78	19/09/2021	12,60	0,14
20/07/2021	10,58	7,38	20/08/2021	10,65	1,40	20/09/2021	11,10	0,33
21/07/2021	10,54	6,26	21/08/2021	10,72	3,09	21/09/2021	11,01	0,22
22/07/2021	10,92	0,42	22/08/2021	10,60	5,14	22/09/2021	11,05	0,31
23/07/2021	10,63	4,16	23/08/2021	10,60	1,15	23/09/2021	10,51	5,31
24/07/2021	10,68	1,53	24/08/2021	10,17	2,51	24/09/2021	10,75	2,55
25/07/2021	11,09	1,11	25/08/2021	10,05	0,46	25/09/2021	11,14	0,11
26/07/2021	10,62	0,12	26/08/2021	10,53	0,36	26/09/2021	11,82	0,00
27/07/2021	10,06	2,87	27/08/2021	10,33	4,94	27/09/2021	11,06	0,00
28/07/2021	10,43	0,71	28/08/2021	10,18	13,00	28/09/2021	11,79	0,02
29/07/2021	9,58	0,00	29/08/2021	10,51	0,30	29/09/2021	13,05	3,82
30/07/2021	8,58	0,00	30/08/2021	10,27	0,00	30/09/2021	12,64	2,54
31/07/2021	8,50	0,72	31/08/2021	10,33	0,00			

8.2 Densidades de la actividad de radón

Densidad de la actividad de radón en cocina época de lluvia Adobe

Muestra	Densidad de trazas [trazas/cm ²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m ³]
2	550	392±40
3	596	424±40
4	656	467±40
5	722	514±40
6	919	654±50
7	414	295±30
8	510	363±40
10	252	180±25
11	167	119±20
12	192	137±20
13	187	133±20
14	308	219±30
15	348	248±30
16	369	262±30
17	843	600±50
18	1242	884±60
19	545	388±40
20	156	111±20
22	419	298±30
23	358	255±30
24	565	403±40
25	1156	823±50

Densidad de la actividad de radón en dormitorio época de lluvia Adobe

Muestra	Densidad de trazas [trazas/cm ²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m ³]
1	399	284
2	268	191
3	353	252
4	641	457
5	424	302
6	449	320
7	318	227

8	717	511
9	116	83,
10	111	79
11	121	86
12	126	90
15	167	119
16	853	608
17	343	244
18	293	209
19	257	183
21	303	216
22	379	270
23	394	280
24	126	90

**Densidad de la actividad de radón en suelo
época de lluvia Adobe**

Muestra	Densidad de trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
1	282	329,82
2	448	523,98
4	372	435,09
6	327	382,46
7	247	288,89
8	587	686,55
10	263	307,60
13	167	195,32
14	357	417,54
15	152	177,78
16	130	152,05
17	380	444,44
19	314	367,25
21	175	204,68
22	310	362,57
23	391	457,31
25	350	409,36

**Densidad de la actividad de radón en cocina
época seca Adobe**

Muestra	Densidad de Trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
1	131	93
2	177	126
3	121	86
4	328	234
5	328	234
6	747	532
7	793	564
8	873	622
9	136	97
10	121	86
11	273	194
12	136	97
13	136	97
15	106	76
16	136	97
17	278	198
18	283	201
20	273	194
21	298	212
22	333	237
23	525	374
24	237	169
25	379	270

**Densidad de la actividad de radón en
dormitorio época seca Adobe**

Muestra	Densidad de Trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
1	187	133
2	172	122
3	156	111
4	480	342
6	379	270
7	343	244
8	348	248
9	268	191

10	399	284
11	394	280
12	262	187
15	485	345
16	197	140
17	242	173
18	550	392
19	162	115
21	167	119
22	162	115
23	262	187
24	303	216
25	581	413

**Densidad de la actividad de radón en suelo
época seca Adobe**

Muestra	Densidad de Trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
1	1681	1966
2	1797	2102
3	1716	2007
4	777	909
6	989	1157
7	899	1051
9	2494	2917
10	868	1015
11	793	927
12	1817	2125
13	1742	2037
15	1620	1895
16	1792	2096
17	1398	1635
18	999	1169
19	1858	2173
22	1706	1996
23	1100	1287
24	979	1145
25	833	974

**Densidad de la actividad de radón en cocina
época de lluvia Cemento**

Muestra	Densidad de Trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
1	81	58
2	111	79
3	141	101
5	222	158
6	25	18
7	50	36
8	15	11
9	30	22
10	25	18
11	156	111
12	86	61
13	86	61
14	126	90
16	86	61
17	30	22
18	156	111
19	172	122
20	25	18
21	121	86
23	20	14
24	106	76
25	61	43

**Densidad de la actividad de radón en
dormitorio época de lluvia Cemento**

Muestra	Densidad de Trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
1	56	40
2	20	14
3	45	32
4	40	29
5	91	65
6	76	54
7	91	65
8	45	32
9	35	25

10	45	32
12	81	58
13	197	140
14	81	58
15	86	61
16	167	119
17	101	72
19	146	104
20	131	93
21	167	119
22	121	86
23	30	22
24	106	76
25	242	173

**Densidad de la actividad de radón en suelo
época de lluvia Cemento**

Muestra	Densidad de Trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
1	1282	1500
3	1333	1559
5	1343	1570
6	1393	1630
7	1363	1594
8	1439	1683
9	1247	1458
10	919	1075
11	1353	1582
12	1464	1712
13	1403	1641
14	1514	1771
15	1600	1872
17	1933	2261
18	1787	2090
19	1898	2220
21	1267	1482
22	1560	1824
25	1186	1387

**Densidad de la actividad de radón en cocina
época seca Cemento**

Muestra	Densidad de Trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
1	66	47
2	81	58
4	25	18
5	35	25
6	121	86
7	25	18
8	177	126
9	35	25
10	86	61
11	35	25
12	91	65
13	30	22
14	45	32
15	136	97
16	126	90
18	35	25
20	192	137
21	141	101
22	146	104
23	121	86
24	25	18
25	101	72

**Densidad de la actividad de radón
dormitorio época seca Cemento**

Muestra	Densidad de Trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
1	187	133
2	66	47
4	162	115
5	66	47
6	61	43
7	40	29
8	35	25

9	45	32
10	56	40
12	50	36
13	35	25
14	30	22
15	45	32
17	45	32
18	50	36
19	116	83
20	66	47
21	232	165
22	96	68
23	202	144
25	121	86

**Densidad de la actividad de radón en suelo
época seca Cemento**

Muestra	Densidad de Trazas [trazas/cm²]	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]
2	949	1110
3	1444	1689
5	1943	2273
6	1232	1441
7	1292	1511
9	732	856
10	919	1075
12	712	832
13	1262	1476
14	1111	1299
16	1681	1966
17	1731	2025
18	1918	2244
20	1661	1942
21	1408	1647
23	1111	1299
25	1413	1653

8.3 Dosis anual (absorbida, equivalente, efectiva)

Dosis anual absorbida en cocinas época lluviosa adobe		
Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
2	392	4,94
3	424	5,35
4	467	5,90
5	514	6,49
6	654	8,25
7	295	3,72
8	363	4,58
10	180	2,27
11	119	1,50
12	137	1,72
13	133	1,68
14	219	2,77
15	248	3,13
16	262	3,31
17	600	7,57
18	884	11,16
19	388	4,90
20	111	1,41
22	298	3,76
23	255	3,22
24	403	5,08
25	823,35	10,39

Dosis anual absorbida en dormitorio época lluviosa adobe		
Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	284,04	3,58
2	190,56	2,40

3	251,68	3,17
4	456,62	5,76
5	302,01	3,81
6	319,99	4,04
7	226,51	2,86
8	510,55	6,44
9	82,69	1,04
10	79,10	1,00
11	86,29	1,09
12	89,89	1,13
15	118,65	1,50
16	607,62	7,66
17	244,49	3,08
18	208,53	2,63
19	183,37	2,31
21	215,72	2,72
22	269,66	3,40
23	280,44	3,54
24	89,89	1,13

**Dosis anual absorbida en suelo época
lluviosa adobe**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	1423,52	4,16
2	2261,48	6,61
4	1574,02	5,49
6	1877,84	4,82
7	1574,02	3,64
8	1650,68	8,66
10	1246,85	3,88
13	2963,15	2,46
14	1574,02	5,27
15	1573,89	2,24
16	767,29	1,92
17	1574,02	5,61
19	843,01	4,63
21	1802,12	2,58
22	1574,02	4,57
23	656,23	5,77

25	1918,22	5,16
----	---------	------

Dosis anual absorbida en cocina época seca adobe

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m ³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	93	1,18
2	126	1,59
3	86	1,09
4	234	2,95
5	234	2,95
6	532	6,71
7	564	7,12
8	622	7,85
9	97	1,22
10	86	1,09
11	194	2,45
12	97	1,22
13	97	1,22
15	76	0,95
16	97	1,22
17	198	2,49
18	201	2,54
20	194	2,45
21	212	2,68
22	237	2,99
23	374	4,72
24	169	2,13
25	270	3,40

Dosis anual absorbida en dormitorio época seca adobe

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m ³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	133	1,68
2	122	1,54
3	111	1,41
4	342	4,31

6	270	3,40
7	244	3,08
8	248	3,13
9	191	2,40
10	284	3,58
11	280	3,54
12	187	2,36
15	345	4,35
16	140	1,77
17	173	2,18
18	392	4,94
19	115	1,45
21	119	1,50
22	115	1,45
23	187	2,36
24	216	2,72
25	413	5,22

**Dosis anual absorbida en suelo época seca
adobe**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	1966	24,80
2	2102	26,51
3	2007	25,32
4	909	11,47
6	1157	14,60
7	1051	13,26
9	2917	36,79
10	1015	12,81
11	927	11,69
12	2125	26,81
13	2037	25,69
15	1895	23,91
16	2096	26,44
17	1635	20,63
18	1169	14,75
19	2173	27,41
22	1996	25,17
23	1287	16,24

24	1145	14,45
25	974	12,29

**Dosis anual equivalente en cocina época
lluviosa adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
2	4,94	98,87
3	5,35	107,04
4	5,90	117,92
5	6,49	129,71
6	8,25	165,09
7	3,72	74,38
8	4,58	91,61
10	2,27	45,35
11	1,50	29,93
12	1,72	34,47
13	1,68	33,56
14	2,77	55,33
15	3,13	62,59
16	3,31	66,22
17	7,57	151,48
18	11,16	223,14
19	4,90	97,96
20	1,41	28,12
22	3,76	75,29
23	3,22	64,40
24	5,08	101,59
25	10,39	207,72

**Dosis anual equivalente en dormitorio época
lluviosa adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	3,58	71,66
2	2,40	48,08

3	3,17	63,50
4	5,76	115,20
5	3,81	76,19
6	4,04	80,73
7	2,86	57,15
8	6,44	128,81
9	1,04	20,86
10	1,00	19,96
11	1,09	21,77
12	1,13	22,68
15	1,50	29,93
16	7,66	153,30
17	3,08	61,68
18	2,63	52,61
19	2,31	46,26
21	2,72	54,42
22	3,40	68,03
23	3,54	70,75
24	1,13	22,68

**Dosis anual equivalente en suelo época
lluviosa adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	4,16	83,21
2	6,61	132,19
4	5,49	109,77
6	4,82	96,49
7	3,64	72,88
8	8,66	173,21
10	3,88	77,60
13	2,46	49,28
14	5,27	105,34
15	2,24	44,85
16	1,92	38,36

17	5,61	112,13
19	4,63	92,65
21	2,58	51,64
22	4,57	91,47
23	5,77	115,37
25	5,16	103,28

**Dosis anual equivalente en cocina época seca
adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	1,18	23,58
2	1,59	31,75
3	1,09	21,77
4	2,95	58,96
5	2,95	58,96
6	6,71	134,25
7	7,12	142,41
8	7,85	156,92
9	1,22	24,49
10	1,09	21,77
11	2,45	48,98
12	1,22	24,49
13	1,22	24,49
15	0,95	19,05
16	1,22	24,49
17	2,49	49,89
18	2,54	50,80
20	2,45	48,98
21	2,68	53,52
22	2,99	59,87
23	4,72	94,34
24	2,13	42,63
25	3,40	68,03

**Dosis anual equivalente en dormitorio
época seca adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	1,68	33,56
2	1,54	30,84
3	1,41	28,12
4	4,31	86,17
6	3,40	68,03
7	3,08	61,68
8	3,13	62,59

9	2,40	48,08
10	3,58	71,66
11	3,54	70,75
12	2,36	47,17
15	4,35	87,08
16	1,77	35,38
17	2,18	43,54
18	4,94	98,87
19	1,45	29,03
21	1,50	29,93
22	1,45	29,03
23	2,36	47,17
24	2,72	54,42
25	5,22	104,31

**Dosis anual equivalente en suelo época seca
adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	24,80	496,01
2	26,51	530,27
3	25,32	506,44
4	11,47	229,39
6	14,60	291,95
7	13,26	265,13
9	36,79	735,82
10	12,81	256,20
11	11,69	233,85
12	26,81	536,23
13	25,69	513,88
15	23,91	478,14
16	26,44	528,78
17	20,63	412,60
18	14,75	294,92
19	27,41	548,14
22	25,17	503,46
23	16,24	324,72
24	14,45	288,97
25	12,29	245,77

**Dosis anual efectiva en cocina época lluviosa
adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
2	4,94	0,59
3	5,35	0,64
4	5,90	0,71
5	6,49	0,78
6	8,25	0,99
7	3,72	0,45
8	4,58	0,55
10	2,27	0,27
11	1,50	0,18
12	1,72	0,21
13	1,68	0,20
14	2,77	0,33
15	3,13	0,38
16	3,31	0,40
17	7,57	0,91
18	11,16	1,34
19	4,90	0,59
20	1,41	0,17
22	3,76	0,45
23	3,22	0,39
24	5,08	0,61
25	10,39	1,25

**Dosis anual efectiva en dormitorio época
lluviosa adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
1	3,58	0,43
2	2,40	0,29
3	3,17	0,38
4	5,76	0,69
5	3,81	0,46
6	4,04	0,48
7	2,86	0,34
8	6,44	0,77

9	1,04	0,13
10	1,00	0,12
11	1,09	0,13
12	1,13	0,14
15	1,50	0,18
16	7,66	0,92
17	3,08	0,37
18	2,63	0,32
19	2,31	0,28
21	2,72	0,33
22	3,40	0,41
23	3,54	0,42
24	1,13	0,14

**Dosis anual efectiva en suelo época
lluviosa adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
1	4,16	0,50
2	6,61	0,79
4	5,49	0,66
6	4,82	0,58
7	3,64	0,44
8	8,66	1,04
10	3,88	0,47
13	2,46	0,30
14	5,27	0,63
15	2,24	0,27
16	1,92	0,23
17	5,61	0,67
19	4,63	0,56
21	2,58	0,31
22	4,57	0,55
23	5,77	0,69
25	5,16	0,62

**Dosis anual efectiva en cocina época seca
adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
1	1,18	0,14
2	1,59	0,19
3	1,09	0,13
4	2,95	0,35
5	2,95	0,35
6	6,71	0,81
7	7,12	0,85
8	7,85	0,94
9	1,22	0,15
10	1,09	0,13
11	2,45	0,29
12	1,22	0,15
13	1,22	0,15
15	0,95	0,11
16	1,22	0,15
17	2,49	0,30
18	2,54	0,30
20	2,45	0,29
21	2,68	0,32
22	2,99	0,36
23	4,72	0,57
24	2,13	0,26
25	3,40	0,41

**Dosis anual efectiva en dormitorio época
seca adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
1	1,68	0,20
2	1,54	0,19
3	1,41	0,17
4	4,31	0,52
6	3,40	0,41
7	3,08	0,37
8	3,13	0,38

9	2,40	0,29
10	3,58	0,43
11	3,54	0,42
12	2,36	0,28
15	4,35	0,52
16	1,77	0,21
17	2,18	0,26
18	4,94	0,59
19	1,45	0,17
21	1,50	0,18
22	1,45	0,17
23	2,36	0,28
24	2,72	0,33
25	5,22	0,63

**Dosis anual efectiva en suelo época seca
adobe**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
1	24,80	2,98
2	26,51	3,18
3	25,32	3,04
4	11,47	1,38
6	14,60	1,75
7	13,26	1,59
9	36,79	4,41
10	12,81	1,54
11	11,69	1,40
12	26,81	3,22
13	25,69	3,08
15	23,91	2,87
16	26,44	3,17
17	20,63	2,48
18	14,75	1,77
19	27,41	3,29
22	25,17	3,02
23	16,24	1,95
24	14,45	1,73
25	12,29	1,47

**Dosis anual absorbida en cocina época
lluviosa cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	58	0,73
2	79	1,00
3	101	1,27
5	158	2,00
6	18	0,23
7	36	0,45
8	11	0,14
9	22	0,27
10	18	0,23
11	111	1,41
12	61	0,77
13	61	0,77
14	90	1,13
16	61	0,77
17	22	0,27
18	111	1,41
19	122	1,54
20	18	0,23
21	86	1,09
23	14	0,18
24	76	0,95
25	43	0,54

**Dosis anual absorbida en dormitorio época
lluviosa cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	40	0,50
2	14	0,18
3	32	0,41
4	29	0,36
5	65	0,82
6	54	0,68
7	65	0,82

8	32	0,41
9	25	0,32
10	32	0,41
12	58	0,73
13	140	1,77
14	58	0,73
15	61	0,77
16	119	1,50
17	72	0,91
19	104	1,32
20	93	1,18
21	119	1,50
22	86	1,09
23	22	0,27
24	76	0,95
25	173	2,18

**Dosis anual absorbida en suelo época
lluviosa cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	1500	18,92
3	1559	19,66
5	1570	19,81
6	1630	20,56
7	1594	20,11
8	1683	21,23
9	1458	18,40
10	1075	13,55
11	1582	19,96
12	1712	21,60
13	1641	20,70
14	1771	22,34
15	1872	23,61
17	2261	28,52
18	2090	26,36
19	2220	28,00
21	1482	18,69

22	1824	23,01
25	1387	17,50

**Dosis anual absorbida en cocina época
seca cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	47	0,59
2	58	0,73
4	18	0,23
5	25	0,32
6	86	1,09
7	18	0,23
8	126	1,59
9	25	0,32
10	61	0,77
11	25	0,32
12	65	0,82
13	22	0,27
14	32	0,41
15	97	1,22
16	90	1,13
18	25	0,32
20	137	1,72
21	101	1,27
22	104	1,32
23	86	1,09
24	18	0,23
25	72	0,91

**Dosis anual absorbida en dormitorio época
seca cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
1	133	1,68
2	47	0,59
4	115	1,45
5	47	0,59
6	43	0,54
7	29	0,36

8	25	0,32
9	32	0,41
10	40	0,50
12	36	0,45
13	25	0,32
14	22	0,27
15	32	0,41
17	32	0,41
18	36	0,45
19	83	1,04
20	47	0,59
21	165	2,09
22	68	0,86
23	144	1,81
25	86	1,09

**Dosis anual absorbida en suelo época seca
cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual absorbida [mSv/a]
2	1110	14,00
3	1689	21,30
5	2273	28,67
6	1441	18,17
7	1511	19,07
9	856	10,80
10	1075	13,55
12	832	10,50
13	1476	18,62
14	1299	16,38
16	1966	24,80
17	2025	25,55
18	2244	28,30
20	1942	24,50
21	1647	20,78
23	1299	16,38
25	1653	20,85

**Dosis anual equivalente en cocina época
lluviosa cemento**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	0,73	14,51
2	1,00	19,96
3	1,27	25,40
5	2,00	39,91
6	0,23	4,54
7	0,45	9,07
8	0,14	2,72
9	0,27	5,44
10	0,23	4,54
11	1,41	28,12
12	0,77	15,42
13	0,77	15,42
14	1,13	22,68
16	0,77	15,42
17	0,27	5,44
18	1,41	28,12
19	1,54	30,84
20	0,23	4,54
21	1,09	21,77
23	0,18	3,63
24	0,95	19,05
25	0,54	10,88

**Dosis anual equivalente en dormitorio época
lluviosa cemento**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	0,50	9,98
2	0,18	3,63
3	0,41	8,16
4	0,36	7,26
5	0,82	16,33
6	0,68	13,61

7	0,82	16,33
8	0,41	8,16
9	0,32	6,35
10	0,41	8,16
12	0,73	14,51
13	1,77	35,38
14	0,73	14,51
15	0,77	15,42
16	1,50	29,93
17	0,91	18,14
19	1,32	26,31
20	1,18	23,58
21	1,50	29,93
22	1,09	21,77
23	0,27	5,44
24	0,95	19,05
25	2,18	43,54

**Dosis anual equivalente en suelo época
lluviosa cemento**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	18,92	378,34
3	19,66	393,23
5	19,81	396,21
6	20,56	411,11
7	20,11	402,17
8	21,23	424,51
9	18,40	367,91
10	13,55	271,09
11	19,96	399,19
12	21,60	431,96
13	20,70	414,09
14	22,34	446,86
15	23,61	472,18
17	28,52	570,49
18	26,36	527,29
19	28,00	560,06
21	18,69	373,87

22	23,01	460,26
25	17,50	350,04

Dosis anual equivalente en cocina época seca cemento

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m ³]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	0,59	11,79
2	0,73	14,51
4	0,23	4,54
5	0,32	6,35
6	1,09	21,77
7	0,23	4,54
8	1,59	31,75
9	0,32	6,35
10	0,77	15,42
11	0,32	6,35
12	0,82	16,33
13	0,27	5,44
14	0,41	8,16
15	1,22	24,49
16	1,13	22,68
18	0,32	6,35
20	1,72	34,47
21	1,27	25,40
22	1,32	26,31
23	1,09	21,77
24	0,23	4,54
25	0,91	18,14

Dosis anual equivalente en dormitorio época seca cemento

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m ³]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
1	1,68	33,56
2	0,59	11,79
4	1,45	29,03

5	0,59	11,79
6	0,54	10,88
7	0,36	7,26
8	0,32	6,35
9	0,41	8,16
10	0,50	9,98
12	0,45	9,07
13	0,32	6,35
14	0,27	5,44
15	0,41	8,16
17	0,41	8,16
18	0,45	9,07
19	1,04	20,86
20	0,59	11,79
21	2,09	41,73
22	0,86	17,23
23	1,81	36,28
25	1,09	21,77

**Dosis anual equivalente en suelo época seca
cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m ³]	Dosis anual equivalente [mSv/a]
2	14,00	280,03
3	21,30	426,00
5	28,67	573,46
6	18,17	363,44
7	19,07	381,32
9	10,80	215,98
10	13,55	271,09
12	10,50	210,02
13	18,62	372,38
14	16,38	327,69
16	24,80	496,01
17	25,55	510,90
18	28,30	566,02
20	24,50	490,05
21	20,78	415,58
23	16,38	327,69
25	20,85	417,07

**Dosis anual efectiva en cocina época lluviosa
cemento**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
1	0,73	0,087
2	1,00	0,120
3	1,27	0,152
5	2,00	0,239
6	0,23	0,027
7	0,45	0,054
8	0,14	0,016
9	0,27	0,033
10	0,23	0,027
11	1,41	0,169
12	0,77	0,093
13	0,77	0,093
14	1,13	0,136
16	0,77	0,093
17	0,27	0,033
18	1,41	0,169
19	1,54	0,185
20	0,23	0,027
21	1,09	0,131
23	0,18	0,022
24	0,95	0,114
25	0,54	0,065

**Dosis anual efectiva en dormitorio época
lluviosa cemento**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
	0,50	0,06
2	0,18	0,02
3	0,41	0,05
4	0,36	0,04
5	0,82	0,10
6	0,68	0,08
7	0,82	0,10
8	0,41	0,05
9	0,32	0,04

10	0,41	0,05
12	0,73	0,09
13	1,77	0,21
14	0,73	0,09
15	0,77	0,09
16	1,50	0,18
17	0,91	0,11
19	1,32	0,16
20	1,18	0,14
21	1,50	0,18
22	1,09	0,13
23	0,27	0,03
24	0,95	0,11
25	2,18	0,26

**Dosis anual efectiva en suelo época
lluviosa cemento**

Muestra	Dosis anual absorbida [mSv/a]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
1	18,92	2,27
3	19,66	2,36
5	19,81	2,38
6	20,56	2,47
7	20,11	2,41
8	21,23	2,55
9	18,40	2,21
10	13,55	1,63
11	19,96	2,40
12	21,60	2,59
13	20,70	2,48
14	22,34	2,68
15	23,61	2,83
17	28,52	3,42
18	26,36	3,16
19	28,00	3,36
21	18,69	2,24
22	23,01	2,76
25	17,50	2,10

**Dosis anual efectiva en cocina época seca
cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
1	0,59	0,071
2	0,73	0,087
4	0,23	0,027
5	0,32	0,038
6	1,09	0,131
7	0,23	0,027
8	1,59	0,190
9	0,32	0,038
10	0,77	0,093
11	0,32	0,038
12	0,82	0,098
13	0,27	0,033
14	0,41	0,049
15	1,22	0,147
16	1,13	0,136
18	0,32	0,038
20	1,72	0,207
21	1,27	0,152
22	1,32	0,158
23	1,09	0,131
24	0,23	0,027
25	0,91	0,109

**Dosis anual efectiva en dormitorio época
seca cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m³]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
1	1,68	0,20
2	0,59	0,07
4	1,45	0,17
5	0,59	0,07
6	0,54	0,07
7	0,36	0,04
8	0,32	0,04

9	0,41	0,05
10	0,50	0,06
12	0,45	0,05
13	0,32	0,04
14	0,27	0,03
15	0,41	0,05
17	0,41	0,05
18	0,45	0,05
19	1,04	0,13
20	0,59	0,07
21	2,09	0,25
22	0,86	0,10
23	1,81	0,22
25	1,09	0,13

**Dosis anual efectiva en suelo época seca
cemento**

Muestra	Densidad de la actividad de radón [Bq/m ³]	Dosis anual efectiva [mSv/a]
2	14,00	1,68
3	21,30	2,56
5	28,67	3,44
6	18,17	2,18
7	19,07	2,29
9	10,80	1,30
10	13,55	1,63
12	10,50	1,26
13	18,62	2,23
14	16,38	1,97
16	24,80	2,98
17	25,55	3,07
18	28,30	3,40
20	24,50	2,94
21	20,78	2,49
23	16,38	1,97
25	20,85	2,50

8.5 Mapas

