

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

Evaluación de vialidad y suelos mediante un sistema integrado de detectores pasivos Ir-115

Evaluation of roads and soils through an integrated system of passive detectors Ir-115

Marco Romero-Nava
grupodeinvestigacionjik@fundacionkoinonia.com.ve
Grupo de Investigación Koinonía, Santa Ana de Coro, Falcón
Venezuela

Freddy José Rodríguez Acasio
frejora@gmail.com
Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Santa Ana de Coro, Falcón
Venezuela
<https://orcid.org/0000-0003-3154-2833>

Recibido: 30 de octubre de 2019
Revisado: 20 de noviembre de 2019
Aprobado: 30 de diciembre de 2019
Publicado: 31 de enero de 2020

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

RESUMEN

El propósito principal de la investigación fue evaluar la vialidad y el suelo en la población de Pueblo Nuevo de la Sierra, estado Falcón, Venezuela, por medio de un sistema integrado de detectores pasivos LR-115. Se emplearon métodos radiométricos que permitieron evaluar la Actividad del Radio (^{226}Ra) y concentración del Torón (^{220}Rn) en el suelo. Se obtuvo como principal resultado que la mayor concentración Torón (^{220}Rn) para el suelo es de $17,13\text{Bq.m}^{-3}$ y la actividad radiactiva (^{226}Ra) de $0,006\text{ mBq.kg}^{-1}$ de las muestras estudiadas de los cinco (5) puntos del tramo de la vialidad. Asimismo, Se cuantificó la concentración del Torón y la actividad del Radio a partir de las trazas que generan el mismo, creando una base de datos que permitirá profundizar en esta línea de investigación, a pesar de que los resultados obtenidos indiquen que no son el factor principal del deterioro de la vialidad.

Descriptores: Reconocimiento del terreno; ingeniería vial; carretera; transporte por carretera. (Palabras tomadas de Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

The main purpose of the research was to evaluate the roads and the soil in the town of Pueblo Nuevo de la Sierra, Falcón state, Venezuela, by means of an integrated system of passive detectors LR-115. Radiometric methods were used that allowed evaluating the Radium Activity (^{226}Ra) and the concentration of the Thoron (^{220}Rn) in the soil. The main result was that the highest Toron concentration (^{220}Rn) for the soil is 17.13Bq.m^{-3} and the radioactive activity (^{226}Ra) of 0.006 mBq.kg^{-1} of the studied samples of the five (5) points of the road section. Likewise, the concentration of Thoron and the activity of Radium were quantified from the traces that generate it, creating a database that will allow deepening this line of research, despite the fact that the results obtained indicate that they are not the factor principal of the deterioration of the road.

Descriptors: Soil surveys; road engineering; roads; road transport. (Words taken from UNESCO Thesaurus).

INTRODUCCION

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

El suelo se origina por la meteorización de las rocas, representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves, que se ablandan o desintegren rápidamente por acción de la intemperie. Este es un medio Heterogéneo, es decir, podemos ver a simple vista los componentes de cada uno de sus estratos. En este sentido, Badillo y Rodríguez (2005), hace referencia que:

Cada tipo de suelo se acentúa con los cambios de temperatura, por lo cual es frecuente encontrar formaciones arcillosas de importancia en zonas húmedas y cálidas, mientras que son típicas de zonas más frías formaciones arenosas o limosas, más gruesas. En los desiertos cálidos, la falta de agua hace que los fenómenos de descomposición no se desarrollen, por lo cual la arena predomina en esas zonas. (p.34).

Con lo expuesto anteriormente, algo semejante puede ocurrir en la Localidad de Pueblo Nuevo de la Sierra ya que al ser una región fría por estar en una zona montañosa es fácil de encontrar suelos arcillosos. Es importante subrayar que el pavimentado de Pueblo Nuevo de la Sierra presenta diferentes fallas como hundimientos, grietas, entre otros, el cual puede ser ocasionado por la presencia de arcillas expansivas que dan pie a diversas deformaciones del suelo que conlleva a la desestabilización del concreto de la vialidad. (Santiago, 2004, p.58).

Estos suelos arcillosos, tienen la capacidad de deformarse fácilmente, generando así una gran cantidad de problemas de estabilidad en las obras civiles que se realicen en lugares que esté presente este tipo de suelo, que por lo general contienen tanto arcillas expansivas como dispersivas. Algunos de esos problemas pueden ser agrietamientos, hundimientos, hasta un fenómeno llamado licuefacción, entre otras fallas.

Según Teixeira (2012), en Geología “Los materiales derivados de rocas como la arcilla contienen cantidades de radio nucleídos naturales de las series del U y Th y del isótopo radiactivo del K”. (p.11). Es decir, este tipo de suelo genera radiación natural el cual puede ser perjudicial para la salud pública como para las estructuras cimentadas en dicho suelo.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

Cabe destacar que por la cadena de desintegración del Uranio (^{238}U) se genera el Radio (^{226}Ra) cuyo elemento es un radioisótopo que se produce de forma natural en el suelo, siendo un gas noble radiactivo emisor de partículas alfas α que se encuentra en las rocas y estas partículas se desintegran y se liberan por sus fisuras originando el Radón (^{222}Rn) (emanación) moviéndose en forma de flujo por el suelo hasta llegar a la superficie (exhalación).

En tal sentido, el concreto armado al formar parte de la estructura de la vialidad será la primera barrera con la que se va a encontrar este flujo para poder llegar a la atmosfera produciendo un empuje sobre este pudiendo ocasionar alguna falla. Como también en gran medida este flujo podrá inducirse en la losa de concreto dependiendo de la porosidad e impermeabilidad que posea, generando una desintegración físico-química de los materiales de construcción presentes en este.

También, se puede adicionar que los suelos expansivos conformados por arcillas activadas son frecuentes en diversas partes del Mundo como Estados Unidos, China, Malasia, Japón, Canadá, México, Venezuela, Inglaterra, España, Hong Kong, entre otros países, el cual sea convertido en un tema de estudio muy importante para la ingeniería, ya que, el suelo se usa para cimentar las obras o para construirlas. .

Castellanos y Soto (2010) indican que:

De acuerdo a estudios realizados, en la República Bolivariana de Venezuela, los lugares donde las arcillas expansivas ejercen grandes fuerzas destructoras son en la Ciudad de Coro del estado Falcón y sus alrededores, en el sector de los postes negros en el estado Zulia, en la Ciudad de Anaco, estado Anzoátegui, entre otros. Dichas arcillas expansivas producen graves daños a las edificaciones de todo tipo provocando colapsos de las estructurales tanto parcial y/o total, provocando pérdidas millonarias de inversión, e incluso perdida de vida humana. (p.26).

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

En el estado Falcón, Venezuela se realizó un trabajo de investigación con respecto a la arcilla expansiva donde Riera (2011) expresa que:

En el campo del diagnóstico precoz de los suelos expansivos se emplean varios métodos de correlación para evaluar la potencialidad de los cambios volumétricos que se producen cuando se modifica el contenido de agua encontrada en el subsuelo arcilloso de apoyo en las edificaciones. (p.11).

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, la vialidad ha estado sometida a muchas deformaciones producto de los diferentes cambios de volúmenes de los estratos arcillosos presentes en el subsuelo. Se pudo constatar que estas deformaciones han provocado fuertes agrietamientos, levantamientos y hundimientos a lo largo de la vialidad, sin embargo” se han realizado un numero de reparaciones no mayor a 3, a causa de las fallas que ha presentado, ocasionando incomodidad a los usuarios que utilizan dicha vía para llegar a sus hogares en carro particular o en transporte público. (Cordero y Medina, 2016, p.85), así mismo al paso de vehículos pesados que abastecen de alimentos, materiales, entre otros a la comunidad.

Además, cabe resaltar que también se ha realizado la sustitución de tuberías de agua potable, debido a los movimientos bruscos de expansión estas tuberías han sido afectadas. Debido a que esta vialidad es de pavimentado rígido, las losas tuvieron que ser reconstruidas, siendo estas aun funcionales pero que al realizar el trabajo con los acueductos tuvieron que ser removidas ocasionando así pérdidas económicas.

Mediante los conocimientos adquiridos en esta investigación en temas como la geofísica, se tomó como referencia los métodos radiométricos que hizo posible crear una base de datos, ya que, no se conocen estudios en esta localidad referente a los parámetros dinámicos, ni del comportamiento de partículas. Trasladándose estas últimas en forma de flujo a través del suelo hasta llegar a empujar a la vialidad, en este caso una losa de concreto, esto incentivo a desarrollar estos métodos que permitieron conocer dicha información, mediante la implementación de detectores e instrumentos buscando

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

solución a estas rupturas de pavimento rígido minimizando el deterioro por esta problemática.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de la investigación alude al proceso de recolección de datos que permita al investigador lograr la validez interna de la investigación, es decir, generar un alto grado de confianza en las conclusiones generadas que vayan en consonancia con los objetivos establecidos; de este modo la investigación se basa en la estrategia que se adopta para responder al problema planteado, se trata de la metodología que se va a implementar para recopilar los datos o información necesaria para responder determinadas interrogantes. Al respecto, Balestrini (2007), indica que:

El diseño de investigación se define como el plan global de investigación que integra de un modo coherente y adecuadamente correcto técnicas de recogida de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos. El diseño de una investigación intenta dar de una manera clara y no ambigua respuestas a las preguntas planteadas en la misma. (p.118).

El diseño que se adecua a la metodología empleada es no experimental porque en la recolección de datos no se alteran o manipulan las variables el investigar observa lo que ocurre y recoge datos para luego ser analizados.

Tipo de investigación

Según Palella y Martins (2012), “es la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios”. (p.88). De acuerdo al problema planteado referido a Evaluación de la Vialidad y el Suelo en la Población de Pueblo Nuevo de la Sierra por medio de un sistema integrado de detectores pasivos LR-115, y en función a sus objetivos, se incorpora el tipo de investigación denominado tipo de campo explicativo por tener el propósito de determinar las causas que originan un determinado fenómeno efectuando sobre una específica problemática.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

De lo anterior se desprende el nivel de investigación, lo cual se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno o un evento de estudio, de esta manera, de acuerdo al tipo de investigación, (Arias, 2012, p.28). Por lo tanto la presente investigación se realiza en el nivel proyectivo que según estos autores, es el que intenta proponer soluciones a una situación determinada. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, y no necesariamente ejecutar la propuesta.

Poblacion y muestra

Una población es todo aquel conjunto de personas, animales, cosas o elementos estructurales con características similares que se encuentran en un lugar determinado. Según Balestrini (2007), “puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación”. (p.122).

En el caso que nos ocupa la población a estudiar es toda la vialidad y el suelo de Pueblo Nuevo de la Sierra que está representada por 3428 ml aproximadamente, del municipio Petit estado Falcón. Cabe destacar que debido a los propósitos establecidos en esta investigación, se tomara de este universo de estudio, solo aquel suelo que este debajo de la estructura de pavimento.

Muestra

Según Monje (2011), “define la muestra como un conjunto de objetos y sujetos procedentes de una población; es decir un subgrupo de la población, cuando está definida como un conjunto de elementos que cumplen con unas determinadas especificaciones”. (p.123). En cuanto a esta investigación la muestra se caracterizó por ser no probabilística e intencional, cuya muestra seleccionada correspondió a un tramo de vialidad de 1000m aproximadamente estudiando 5 muestras para el suelo como también para la losa de concreto repartidas a cada 200m.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

Se estudió los 1000 m aproximadamente, a razón de que es el acceso principal de la población y este, está contenida por esa distancia y fue la que se pudo observar con mayor deterioro. Cabe destacar que en algunos puntos las muestras no se lograron ubicar a cada 200 m, ya que donde se tenía estipulado colocar las muestras, se encontraba la acera de las viviendas aledañas impidiendo la perforación para la colocación de las mismas.

Según Palella y Martins (2012), “para ejecutar el muestreo por cuotas o intencional, se divide la población en sectores, tomando en cuenta ciertos aspectos prefijados; pero la elección de las unidades de cada sector se realiza de manera arbitraria, sin atender a ningún procedimiento de selección”. (p.114). Cabe resaltar que el propósito de adoptar este tipo de muestro se debe a los estudios con base a los criterios y juicios del investigador a causa de no haberse elaborado ningún procedimiento probabilístico para la determinación de la muestra.

Fase I: establecimiento de los parámetros dinámicos del suelo de la población de pueblo nuevo de la sierra.

En la ejecución de la fase I, los parámetros dinámicos que se establecen para el estudio de gases naturales que emanan del interior de la corteza terrestre, se encuentran; La Emanación Y Exhalación del Radón (^{222}Rn) y Torón (^{220}Rn), cabe resaltar que en la metodología empleada es el inicio de la recolección de datos para el estudio de dichos parámetros.

Ante todo se procedió a recolectar muestras mediante unas visitas de campo a la localidad de Pueblo Nuevo de la Sierra, donde se colocaron 5 muestras de Detectores LR-115 a lo largo de la vialidad como también al suelo para retirarlas luego de un periodo de 30 días, cabe destacar que no se pusieron las muestras a cada 200mts por lo estipulado anteriormente por motivos de inaccesibilidad de los detectores al pavimento de concreto.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

En primer lugar se excavo el suelo a una profundidad de 0,80m para la colación de los tubos de PVC de $\frac{3}{4}$ ", con una longitud de un 0.8 mts, las cuales serían de uso para la determinación del gas contaminante conectada a una te $\frac{3}{4}$ junto a una tubería de 0,13mts luego a mangueras transparentes de 1" y por consiguiente a un recolector de orina donde se colocó el Detector para absorber todo el gas que se dirigía hacia él, las abrazaderas son utilizadas para hacer presión entre el tubo y la manguera y así impedir el paso del gas.

En segundo lugar se excavo la losa de concreto en su cara longitudinal a una profundidad de 4cmts con ayuda de una mandarina y un cincel, para colocar un tubo de 0.20mts de $\frac{3}{4}$ " cubriéndolo de envoplast, papel plástico para impedir el paso de materiales no deseados hacia dentro del mismo, que se conecta a la te mencionada anteriormente, dentro de dicho tubo se encuentra un detector y un anime que actúa como aislante del flujo de que emana del suelo todo esto para evaluar la radioactividad presente en el concreto a causa de partículas alfas inducidas hacia a este.

Además luego de la colocación de los detectores de trazas sólidos LR-115 en el suelo y pavimento rígido se tomaron mediciones de temperaturas de ambiente-humedad, bajo el termómetro termocupla a una profundidad de 10 cm para la medición de la temperatura, las cuales se midieron el día de dicha colocación y posteriormente 15días y 30días después, todo esto estipulado por los investigadores de dicho estudio.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio



Figura 1. Muestras distribuidas a lo largo del tramo de la vialidad tomada desde Google Earth (2016).

Tabla 1. Puntos de coordenadas de las muestras.

Muestras	Coordenadas	
	Este	Norte
1	443095.00 m E	1237273.00 m N
2	442911.00 m E	1237305.00 m N
3	442893.00 m E	1237449.00 m N
4	442798.00 m E	1237741.00 m N
5	442742.00 m E	1238029.00 m N

Fuente: Elaboración propia

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

Tabla 2. Temperaturas medidas en campo.

Temperatura °C			
Muestra/Día	0	15	30
1	26,2	26	25,4
2	25,5	25,3	24,6
3	24	23,8	23,3
4	25,4	25,2	24,7
5	24,6	24,1	23,6

Fuente: Elaboración propia.

Fase II: Caracterización del efecto de las partículas de arcillas activadas sobre la vialidad

Para la determinación de la fase II luego de ser expuesto el material específico a la radiación ionizante y lograr dejar una huella de su paso en el interior del sólido se tendrá q hacer visibles los impactos que nos importan. Para el análisis químico las muestras fueron llevadas al laboratorio de análisis químico y microscopia en la universidad nacional experimental “Francisco de Miranda” Complejo Académico “Los Perozo”.

Donde se procedió a realizar un revelado químico de desgaste superficial que aumenta dichas trazas hasta tamaños observables (micrómetros), para obtener una visualización de las trazas que dejan las partículas ionizantes a su paso a través del detector.

Este revelado consiste en colocar los detectores en una solución química de 6 N de Hidróxido de sodio (NaOH) en baño de maría a 65° durante 45 minutos sin agitar a la solución, luego se extraen los detectores y se colocan en una solución de 50% de agua destilada y 50% de alcohol etílico.

Finalmente, después del revelado químico, se obtiene una traza o huella de la radiación recibida, a escala microscópica que deberá ser leída y caracterizada. El procedimiento más directo es mediante el uso de un microscopio óptico, de esta forma, si contamos el número de trazas grabadas por unidad de área, este número nos dará una relación del

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

número de partículas incidentes como también el tamaño y diámetro de la traza, medido en la superficie del material nos indicara la energía de la partícula.

Fase III: Determinación por medio de un sistema integrado de detectores pasivos la densidad de trazas en la vialidad y el suelo.

Para la determinación de la fase III así mismo después revelado químico se realiza la microscopia con el microscopio óptico marca NIFON/HFX-DX con fotografía tomadas a 10x para observar las películas de trazas nucleares de cada muestra de análisis y conocer la sumatoria presente en cada uno de los detectores implantados, para poder introducirlos en una ecuación y conocer la densidad de trazas en la vialidad y el suelo.

$$\rho = \frac{\sum \text{trazas}}{A_{LR-115} * N^{\circ} \text{optico}} \quad \text{Ec. (1)}$$

A_{LR-115} = Área del detector.

$N^{\circ} \text{optico}$ = Numero óptico del microscopio.

ρ = Densidad de trazas, valor propio de cada detector.

$\sum \text{Trazas}$ = Es la sumatoria de todas las trazas del campo de visión del detector.

Fase IV: Análisis de la vialidad y el suelo en la población de pueblo nuevo de la sierra por medio de un sistema integrado de detectores pasivos LR-115

Para la determinación de la fase IV, con todos los datos recogidos anteriormente, se logró obtener los resultados representados en gráficos de la energía liberada proveniente del suelo y de los agregados que conforman el concreto que afectan la estructura. Por otra parte las partículas alfas al colisionar con otras partículas transfieren energía potencial acelerando así su velocidad lo que puede ocasionar dependiendo de cuanto energía de

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

impacto se genere la modificación molecular de los agregados del concreto produciendo fallas.

Al generar datos de las concentraciones de radio Rn^{226} y torón Rn^{220} respectivamente la exhalación de torón Rn^{220} y el factor de exhalación de torón Rn^{220} siendo estos parámetros estudiados para el efecto en las partícula alfa en cuanto a su densidad y concentración, a medida de que estos valores sean más altos la densidad de sus descendientes aumenta.

Tabla 3. Valores estándares permisibles de la inestabilidad en el suelo con respecto a la concentración del Torio ^{220}Rn , Tovar (2016).

Inestabilidad en el suelo	Alta	Media	Baja
Concentración de Torio ^{220}Rn en el suelo.	De (500-800) Bq*m-3	De (200-500) Bq*m-3	Hasta 200Bq*m-3

Fuente: Elaboración propia

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

RESULTADOS

FORMULAS para Calcular la Concentración (220Rn)

Concentración del (220Rn)

$$C_{220Rn} (Bq * m^{-3}) = \frac{\rho}{d * S_m} \quad (Ec.2)$$

ρ = Densidad de trazas (Trazas*cm⁻²)

d =Tiempo de Exposición (30 días).

S_m = Factor de sensibilidad del comportamiento de la membrana (0.016 trazas*cm⁻²*d⁻¹/Bq*m⁻³).

La actividad del Radio en el Suelo

$$C_{226Ra} = \frac{(\rho * h * A)}{(K * T_e * M)} \quad (Ec.3)$$

h = Distancia de ubicación del Detector LR-115 (5 cm).

A = Área tapa Cámara Difusión 7.085*10⁻³ m².

K = Factor de sensibilidad 0.0245 traza*cm⁻²*d⁻¹/Bq*m⁻³.

T_e = 3.82.

M = Volumen Aproximado de Acción en Suelos (350 Gr).

Exhalación del Torón (220Rn)

$$E_{220Rn} = \frac{(C * V * \lambda)}{A * (T + \frac{1}{\lambda}) * (1 - e^{-\lambda * T})} \quad (Ec.4)$$

V = Volumen Efectivo de la Cámara Difusión.

$$V = \frac{(\pi * D^2)}{4} * h \quad (Ec.5)$$

λ = Constante de Decaimiento.

$$\lambda = \frac{1}{t(3,82 \text{ dias})} \quad (Ec.6)$$

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

A= Área del detector (1,5 cm²)

T= Tiempo de exposición de los detectores (30 días).

C= Concentración del ²²⁰Rn.

Factor de Emanación Torón (²²⁰Rn)

$$F_{220Rn} = \frac{(\varepsilon * C_{220Rn})}{(\rho * C_{226Ra})} \quad (Ec.7)$$

ε = Porosidad

C²²⁰_{Rn}= concentración del Torón (Bq*kg⁻¹).

C²²⁶_{Ra}= Actividad Radio (Bq*kg⁻¹).

ρ Suelo = Densidad suelo Arcilloso (2650 kg*m⁻³).

ρ Concreto = Densidad del concreto (2350 kg*m⁻³).

Al respecto, Porrero (2008) indica que “Los valores del peso unitario del concreto dependerán del tipo y proporción de los agregados, del contenido de cemento y del volumen de vacíos usualmente varía entre (2200 y 2350) kg*m⁻³”. (p.264).

Sumatoria de trazas por cada muestra

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

Tabla 4. Representación de las sumatorias totales de las trazas en el suelo y losa de concreto que fueron estudiadas.

	Nº Muestra	$\sum$ Trazas
Suelo	1	1124
	2	787
	3	918
	4	1233
	5	1061
Losa de Concreto	1	255
	2	264
	3	208
	4	291
	5	250

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Resultados obtenidos a través de los cálculos correspondientes a la evaluación de la viabilidad y suelo sobre la población de la Pueblo Nuevo de la Sierra, mediante los experimentos realizados en el campo de investigación que estuvo establecido durante 30 días específicamente.

	Nº Muestra	Concentración del ^{220}Rn .	Actividad del Radio en suelos	Concentración del ^{220}Rn .		Actividad del Radio en suelos ^{226}Ra		
	Nº Muestra	$\sum$ Trazas	ρ Trazas.Cm ⁻²	Concentración del ^{220}Rn . Bq.m ⁻³	Actividad del Radio en suelos ^{226}Ra .	Exhalación del torón ^{220}Rn .	Factor de emanación del torón ^{220}Rn .	Tiempo
Suelo	1	1124	7,493	15,611	0,006	4,766	0,415	19,2
	2	787	5,247	10,931	0,004	3,337	0,415	38,4
	3	918	6,120	12,750	0,005	3,893	0,415	57,6
	4	1233	8,220	17,125	0,006	5,228	0,415	76,8
	5	1061	7,073	14,736	0,005	4,499	0,415	96
Losa de Concreto	1	255	1,700	3,542	0,001	1,081	0,047	19,2
	2	264	1,760	3,667	0,001	1,119	0,047	38,4
	3	208	1,387	2,889	0,001	0,882	0,047	57,6

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

	4	291	1,940	4,042	0,001	1,234	0,047	76,8
	5	250	1,667	3,472	0,001	1,060	0,047	96

Tabla 6. Comparación de los resultados con lo permisible de acuerdo a las normas indicadas en la tabla.

Gráficos para los Cálculos

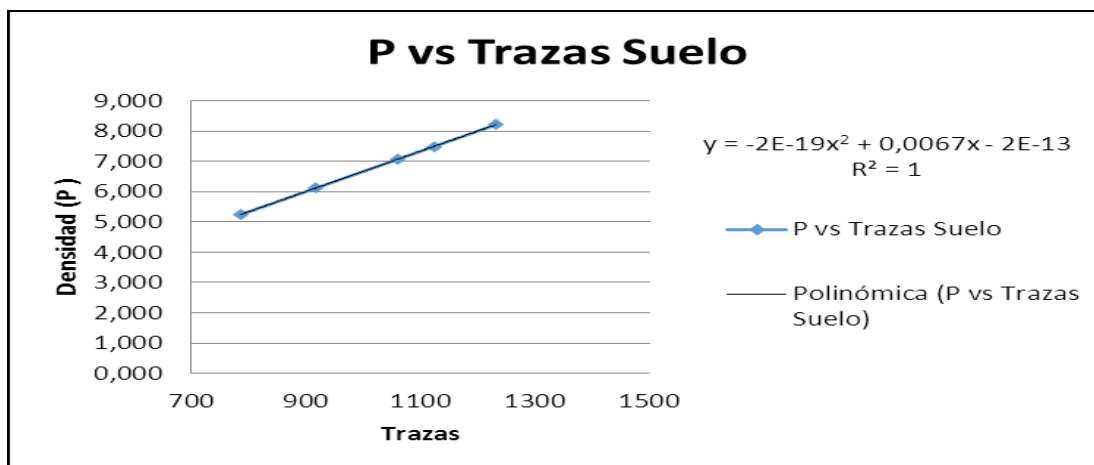


Gráfico 1. Comportamiento de Trazas de acuerdo a su Densidad para el Suelo.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

La gráfica que se muestra a continuación define el crecimiento lineal de la densidad de flujo de partículas que generan una dinámica en el suelo, en cuanto a inestabilidades sobre el contenido de masa que se encuentra sobre las superficies. Tomando en consideración factores ambientales, geoquímicos, geológicos y geofísicos. Cabe resaltar que en este comportamiento atómico visualizado en la gráfica, se define un factor de referencia de las fuerzas coulombianas en la cual están sometidas las partículas alfa y de arcillas para romper la inestabilidad de sus estructuras cristalinas que la definen.

La densidad de trazas por espacios de impactos en el detector LR-115 señala la transferencia de energía potencial alfa en la cual una partícula alfa desarrolla a lo largo de su trayectoria anómala desde su fuente de escape de un grano sólido del material.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

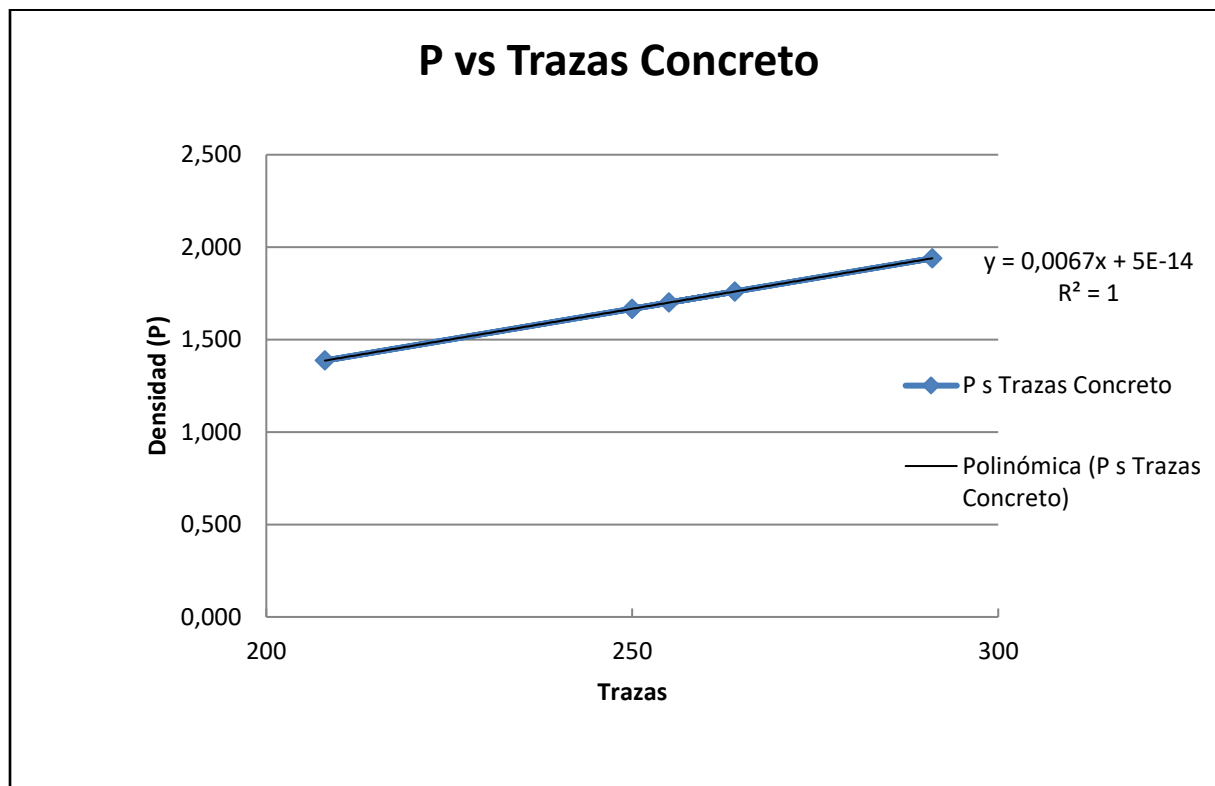


Gráfico 2. Comportamiento de Trazas de acuerdo a su Densidad para el Concreto.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

En este Gráfico 2, se puede observar que la densidad de trazas determinadas por una cámara de difusión sobre el concreto de la vialidad mostro valores menores respecto a la fuente del suelo. Esto implica que la permeabilidad del suelo en estudio, caracteriza el grado de exhalación del flujo de radioisótopos en el interior del concreto, la cual es menor con respecto al suelo. De esta manera se define una menor cantidad de impactos sobre el detector sólido de trazas, en cuanto a su energía potencial alfa de transferencia. Cabe resaltar que en el suelo existe un incremento de ellas, de 1124 trazas y 291 trazas respectivamente para el concreto a una densidad de 7.493 trazas.cm⁻² y 1,94trazas.cm⁻². La tendencia es polinómica de orden 2, es decir, que se ajusta a una función de la forma $y = yx^2 + mx + b$, donde **m** y **b** son constantes reales y **X** es una variable real.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

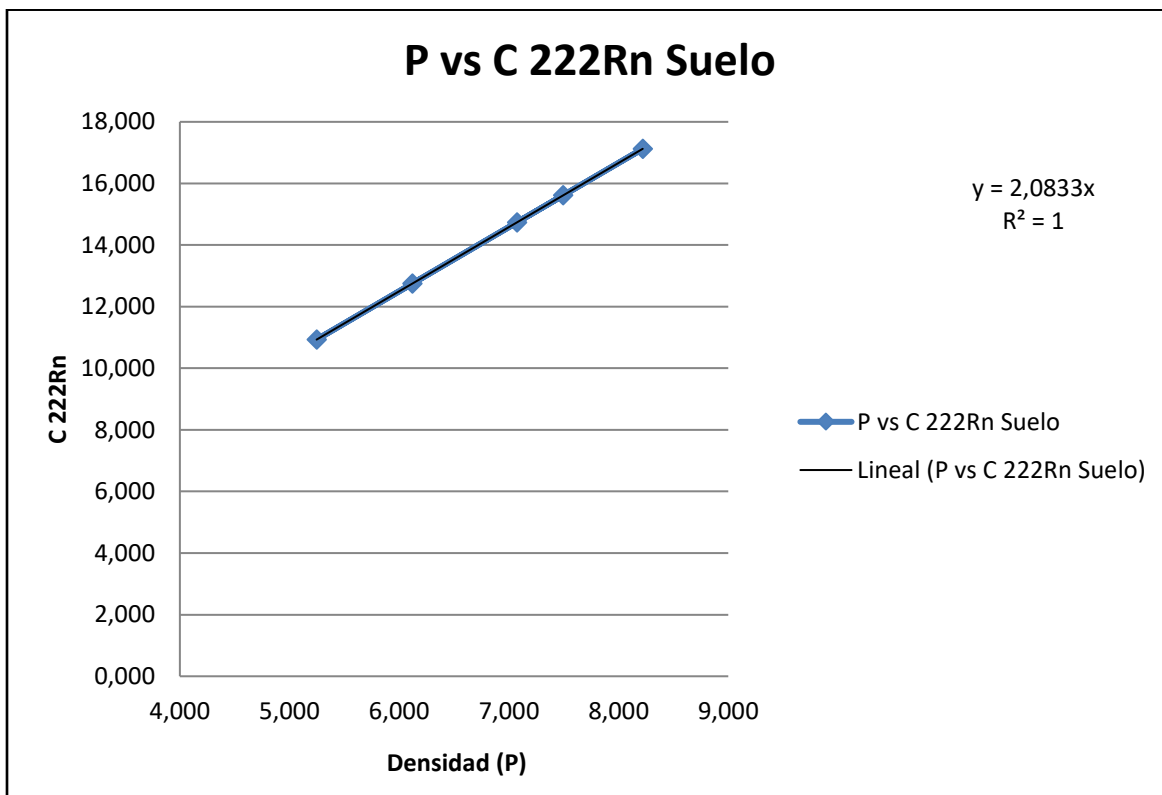


Gráfico 3. Concentración del 220Rn de acuerdo a su Densidad para el suelo.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

En este gráfico el comportamiento lineal de la actividad radioactiva del torón en los suelos de la población de Pueblo Nuevo de la Sierra manifiesta un crecimiento o producción de radioisótopos, esto debido que se pudiera estar generando en la formación geológica de estos suelos contenido de radio ^{226}Ra , que al decaer en su proceso físico genera una cantidad de átomos energéticos capaz de inducir fuerzas perpendiculares sobre la cantidad de materia que se encuentre sobre la superficie. Cabe resaltar que esta fuerza neta natural representa la sumatoria de las originadas por las de coulomb, por convección y por elementos geoquímicos que se desplazan desde el fondo del suelo hacia la superficie.

Este crecimiento es característico de este tipo de suelo que se presenta en la población donde se realizó la investigación, teniendo en consideración un grado de permeabilidad

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

homogéneo lo cual permite que su grado de tortuosidad del medio intergranular este entre los parámetros de (0.4 -0.6).

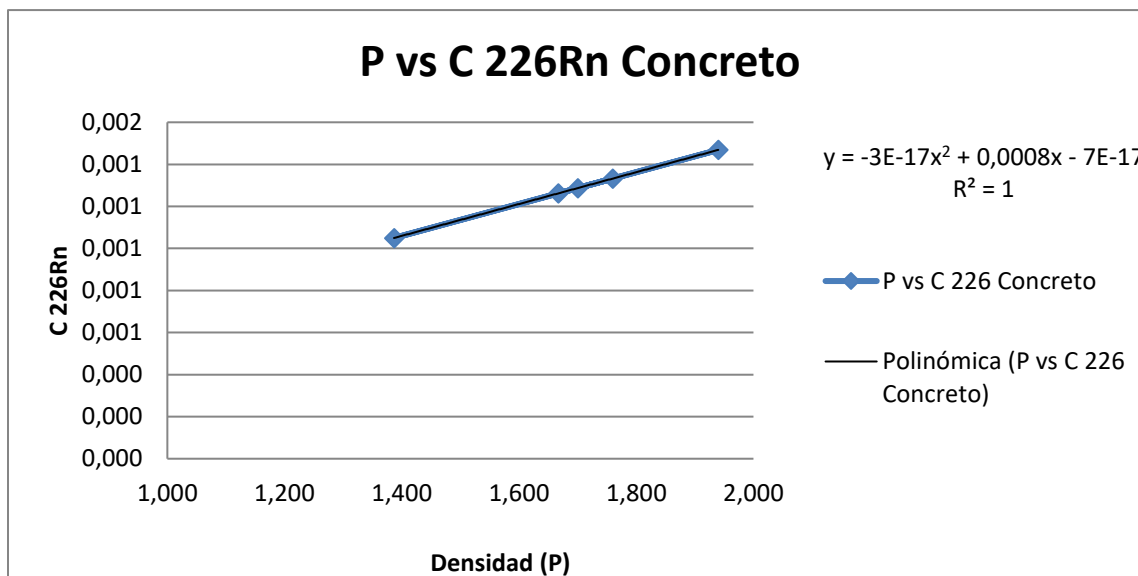


Gráfico 4. Actividad del contenido de radio ^{226}Ra de acuerdo a su Densidad para el concreto.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

En este gráfico 4 se presentan diferencias con respecto a la obtenida en suelo debido al comportamiento físico de la distribución de los granos de material de compactación del cemento con los agregados que se emplearon para el vaciado en la vialidad, en la cual se tuvo que considerar una evaluación individual del agua, piedra, arena. Esto con la importancia de determinar la producción de contenido de radio en el volumen de cada grano de material que genera un crecimiento de la actividad de isotopos de torón en función a la densidad de trazas e impactos se registraron a través del detector sólido. Cabe resaltar que el radio representa el elemento productor de isotopos en cada volumen de partícula de granos de material que se encuentran en el concreto vaciado en la construcción de la vialidad.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

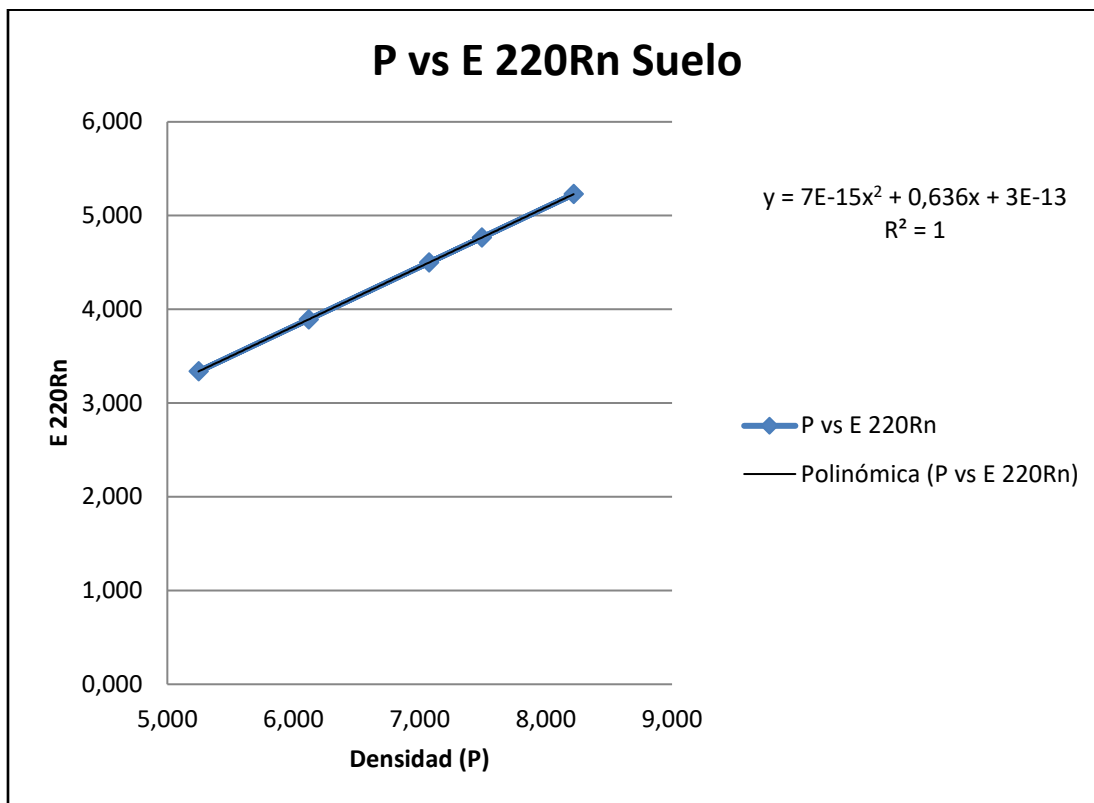


Gráfico 5. Exhalación isotópica del ^{226}Ra del acuerdo a su Densidad para el suelo.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

En este gráfico se señala uno de los parámetros dinámicos de suma importancia para esta investigación debido a la cantidad de energía que se pudiera estar disipando desde el suelo a través del medio intergranular del suelo por donde se desplazan las partículas que se liberan a través del efecto momentum energético por retroceso que experimentan cada una de ellas. La exhalación del radio refleja las diferentes interacciones atómicas que se desarrollan con las progenies al momento liberarse y ser expulsados a la atmosfera.

El crecimiento lineal que se manifiesta en la gráfica determina el acelerado intercambio de fuerzas energéticas entre el contenido de radio presente en los agregados del concreto y las progenies que se producen al momento de desintegrarse el radio en el medio intergranular del concreto.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

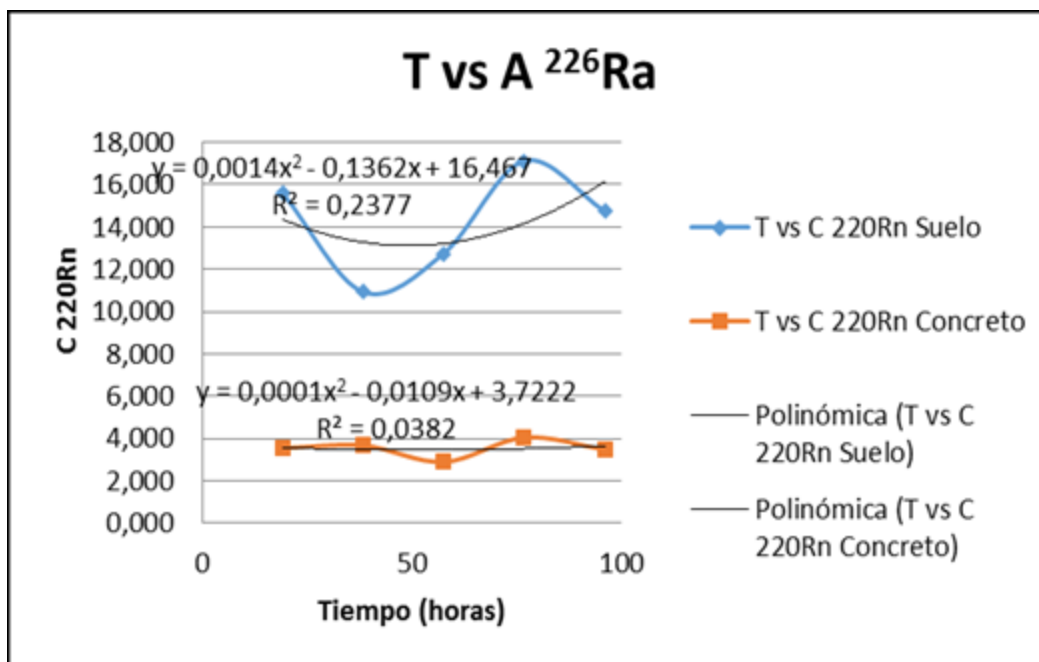
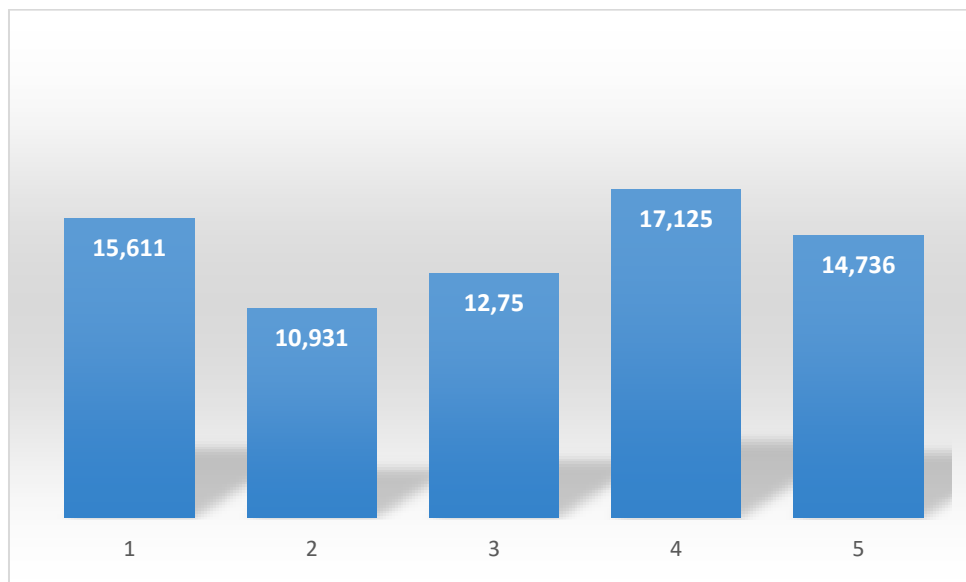


Gráfico 6. Actividad energética del ²²⁶Ra respecto al Tiempo.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

En esta grafica la densidad de flujo de partículas de contenido de radio manifiesta su comportamiento dinámico natural al desintegrarse en una vida media de 1600 años aproximadamente, lo cual la define un flujo constante de disipación de energía potencial alfa, en función al volumen donde se encuentren los átomos de radio encerrados por condiciones geoquímicas del suelo. Los decrecimientos que se manifiestan en las gráficas se deben al intercambio energéticos de las partículas alfa de radio al interactuar con las partículas de arcillas silicatadas. Hay que considerar que el flujo de la actividad de radio define el comportamiento estructural del concreto y el suelo desde el punto de vista atómico, en cuanto a las ligaduras que se puedan presentar entre los átomos de torón y sílice al momento de desplazarse y hacer que la superficie de la vialidad tienda a hundirse o levantarse en función de parámetros dinámicos establecidos en este estudio.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio



Grafica 7. Concentración del Torio ^{220}Rn en cada punto del suelo.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

ANALISIS DE RESULTADOS

Con la utilización del método integrado de detectores sólidos pasivos, se obtuvo una cuantificación de valores promedios de la concentración de Torón (^{220}Rn) y la actividad del contenido de Radio (^{226}Ra) en la vialidad de “Pueblo nuevo la Sierra”, en el interior del suelo como en el pavimentado, que en este caso es de concreto.

Cabe destacar que en cada punto se tomaron también muestras del concreto arrojando los siguientes valores promedios con una concentración de $3,52\text{Bq.m}^{-3}$ para el Torón (^{220}Rn) y la actividad radiactiva de $0,001\text{ mBq.kg}^{-1}$ para el Radio (^{226}Ra). Observándose que la densidad de trazas del concreto es menor, debido a que en el suelo se produce la mayor desintegración de radio por estar confinado en un gran estrato arcilloso, así mismo el factor de emanación encontrado en el suelo es de 0,41 y en el concreto de 0,04.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

Las temperatura incide en los niveles de radón del suelo, durante la investigación de campo se mantuvieron entre un rango de 23 °C a 27 °C respectivamente, estas temperaturas suaves favorecen a la emanación del Torón (^{220}Rn). Por otro lado, generalmente la Exhalación del radón en materiales secos es baja, pero alcanza una mayor Exhalación a una cierta cantidad de humedad (10% - 15%).

En cuanto a la actividad del contenido de radio en suelo, poseen valores por debajo de lo establecido por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y el Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR).

CONCLUSIONES

Mediantes la investigación se obtuvieron los resultados que les permitió a los autores evaluar la concentración del Torón (^{220}Rn) y la actividad del Radio (^{226}Ra), presente en el suelo y el pavimento en la vialidad de Pueblo Nuevo la Sierra, a través del estudio de un tramo de aproximadamente 1 km de la vía principal del poblado, mediante la colocación de un sistema integrado de detectores pasivos LR-115.

Estos detectores permitieron evaluar los parámetros dinámicos como son la Emanación y Exhalación del gas para el estudio del comportamiento y transporte de una partícula alfa, los cuales emanan desde el exterior hacia el interior de la estructura a través de los espacio vacíos (Poros) de los estratos del suelo y el concreto.

En conjunto al suelo se estudió el pavimentado que en este caso es rígido, es decir, construido en concreto el cual es un medio de traslado para el gas, ya que, presenta porosidad y este dependerá de la relación agua/cemento y de sus componentes (arena, piedra, agua y cemento). Cada uno de esos compuestos es un medio de transporte ya que los agregados como la arena y la piedra provienen de las rocas. El cemento está fabricado con agregados áridos y el agua por su parte puede estar contaminada con radiación natural por lo tanto estos aportan radiactividad aumentando su concentración. Por otro lado el tipo de suelo que predomina en la sierra es arcilloso por lo tanto este puede ser activo o expansivo en presencia de la humedad, si se tratase del tipo de arcilla

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

caolinita o montmorilonita pero en cualquiera de los casos el efecto que estas arcillas activadas tienen en la vialidad mediante la presencia de humedad resulta muy destructiva.

Cabe destacar que debido a la topografía del terreno se pudo apreciar que al ser una zona lluviosa el arrastre de aguas abajo, también favorece al deterioro de la vialidad observándose la disgregación de los materiales que conforman el concreto, favoreciendo así al transporte del gas, ya que, se producirían más grietas y poros para facilitar su emanación y exhalación en cuanto a la disipación de fuerzas con alto contenido de energía potencial alfa.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda y a las autoridades de Pueblo Nuevo de la Sierra del municipio Petit estado Falcón; por el apoyo en el desarrollo de la Investigación.

REFERENCIAS

- Arias Fidias G. (2012). El proyecto de investigación. Caracas: Editorial epísteme, 6^{ta} Edición.
- Badillo J. y Rodríguez R. (2005) *Fundamentos de la Mecánica de los Suelos*. México: Limusa Noriega Editores.
- Balestrini A. Miriam. (2007). *Como se Elabora el proyecto de Investigación*. Caracas: Consultores Asociados.

Marco Romero-Nava; Freddy José Rodríguez-Acacio

- Castellanos R y Soto F. (2010). Rehabilitación General del Sistema de Drenajes de Aguas de Lluvia, Vialidad y Estabilización del Suelo en la Planta Industrial Afectada por la presencia de Arcillas Activadas. Maracaibo: Universidad Rafael Urdaneta.
- Cordero V y Medina W. (2016). Evaluación del factor de emanación y exhalación del torón en el interior y exterior de viviendas de la población de las dos bocas del municipio colina del estado Falcón. Venezuela: Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda”.
- González Carlos. (2008). Radioactividad Natural en Materiales de Construcción. Salamanca: Universidad de Salamanca Facultad de Ciencias.
- Monje Carlos A. (2011). Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa. Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Palella S y Martins (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas: Editorial Pedagógica de Venezuela.
- Porrero J, Ramos C, Grases J y Velazco G (2009) *Manual de Concreto*. Caracas: Coordinador Editorial Miguel Ángel Álvarez.
- Riera Carmen. (2012). Concentración entre los Ensayos de Azul de Methyleno y doble Odómetro para determinar las propiedades mecánicas de las Arcillas Expansivas de Coro. Falcón: Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda”.
- Santiago Pedro. (2004). Determinación de los Parámetros Dinámicos del Gas Radón en Aguas Termales y Potables del Distrito Miranda, Edo Falcón. Maracaibo: Universidad del Zulia.
- Teixeira, D. (2012). Radón Elementos Radiactivos y Estables en Campo Petrolero con Aguas Freáticas Contaminadas por gas natural. Sartajenas: Universidad del Zulia.