

Percepciones del impacto de la pandemia de COVID-19 en las instalaciones radiactivas de Colombia

Perceptions of the impact of the COVID-19 pandemic on radioactive facilities in Colombia

Andrea Sánchez Galindo¹, Juan Guillermo Ramírez¹, Guillermo Abel Parrado¹

Revista Investigaciones y Aplicaciones Nucleares, 4, 65-74, 2020
Recibido: 25 de agosto de 2020
Aceptado 9 de noviembre de 2020
Publicado en línea: 22 de diciembre de 2020
Doi: <https://doi.org/10.32685/2590-7468/invapnuclear.4.2020.542>



Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento 4.0.

Citación: A. Sánchez Galindo, J. G. Ramírez y G. A. Parrado, “Percepciones del impacto de la pandemia de COVID-19 en las instalaciones radiactivas de Colombia”, *Revista Investigaciones y Aplicaciones Nucleares*, n.º 4, pp. 65-74, 2020. <https://doi.org/10.32685/2590-7468/invapnuclear.4.2020.542>

Resumen

La pandemia de COVID-19 ha generado impactos a nivel mundial en la salud pública, la economía, el transporte, las comunicaciones, el trabajo, la tecnología y la vida cotidiana. De igual forma, las instalaciones radiactivas se vieron afectadas en su operación, lo que ocasionó la toma de decisiones relacionadas con la seguridad tecnológica y seguridad física.

Se realizó un estudio exploratorio tipo encuesta para conocer las percepciones del impacto de la pandemia de COVID-19 en las instalaciones radiactivas de Colombia, excluyendo las operadas por el Servicio Geológico Colombiano. Se encontró que la pandemia ocasionó el cese de operación del 43,2 % de las instalaciones encuestadas, el 26,4 % reportó sobrecostos, el 4,8 % desvinculó trabajadores ocupacionalmente expuestos y el 0,8 % ha contemplado la posibilidad de clausurar la instalación. La investigación evidenció el potencial de los desarrollos tecnológicos para la supervisión remota de las instalaciones, así como, la importancia de intercambiar experiencias y lecciones aprendidas durante la pandemia para facilitar la toma de decisiones.

Palabras clave: seguridad tecnológica, seguridad física, fuentes radiactivas, pandemia, coronavirus, encuesta.

Abstract

The COVID-19 pandemic has generated worldwide impacts on public health, the economy, transportation, communications, work, technology, and daily life. Similarly, the operations of radioactive facilities have been affected, resulting in decisions related to safety and security.

¹ Servicio Geológico Colombiano, línea de investigación Seguridad Radiológica del Grupo Asuntos Nucleares, Bogotá, Colombia
Email de correspondencia: asanchezg@sgc.gov.co

A survey-type exploratory study was conducted to determine perceptions of the impact of the COVID-19 pandemic on the radioactive facilities of Colombia, excluding those operated by the Colombian Geological Service. It was found that the pandemic caused the cessation of operation of 43.2% of the facilities surveyed; cost overruns were reported, occupationally exposed workers were dismissed, and the possibility of closing the facility was contemplated for 26.4%, 4.8%, and 0.8% of the facilities, respectively. This research highlighted the potential of technological developments for remote monitoring of facilities as well as the importance of sharing experiences and lessons learned during the pandemic to facilitate decision-making.

Keywords: protection and safety, radioactive source, pandemic, coronavirus, survey.

1. Introducción

En Colombia, las instalaciones radiactivas se han visto afectadas por la situación de pandemia de COVID-19, principalmente debido al aislamiento obligatorio decretado como medida para prevenir y mitigar el contagio. Entre las consecuencias, se encuentra el cese temporal de las instalaciones radiactivas; de igual forma, podría tener efectos negativos sobre las disposiciones de seguridad radiológica. Por otra parte, las consecuencias económicas y financieras de la pandemia podrían influir en la toma de decisiones o afectar el nivel de cultura de seguridad en las instalaciones radiactivas.

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) anunció el 20 de marzo de 2020 que “el nivel de seguridad de las instalaciones nucleares y radiactivas en España es el mismo que antes de la pandemia de COVID-19”. Días después informó que los incumplimientos justificables por la situación generada por la pandemia, y el hecho de que no tuvieran repercusión en la seguridad radiológica, no serían objeto de acciones coercitivas [1]. Por su parte, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) realizó una encuesta con los reguladores encargados de la seguridad radiológica, con el objetivo de tener una primera idea general del impacto de la pandemia de COVID-19 en las instalaciones. De esta encuesta se coligió que “los aprietos económicos pueden obligar a los usuarios a proseguir las actividades sin que por ello puedan garantizar la seguridad de las fuentes, incluidas las fuentes selladas en desuso. Por ejemplo, es posible que algunas instalaciones no puedan cubrir debidamente las necesidades de personal, lo cual podría suponer un riesgo para la seguridad de las fuentes de radiación, los trabajadores de la instalación, los pacientes o la propia instalación” [2]. Con posterioridad a la encuesta se han realizado seminarios web relacionados

con el impacto de la pandemia de COVID-19, en los cuales se reúnen expertos para compartir experiencias y apoyar esfuerzos para afrontar los desafíos de la situación actual, referentes a las actividades reguladoras de las fuentes radiactivas, seguridad física, las prácticas de medicina nuclear y radioterapia, entre otros temas.

La información que se tiene de las instalaciones radiactivas de Colombia con relación al impacto de la pandemia de COVID-19 es insuficiente. El objetivo de este trabajo exploratorio tipo encuesta es identificar posibles afectaciones en la seguridad radiológica por causa de la pandemia de COVID-19 que permitan desarrollar hipótesis o seleccionar prioridades para estudios posteriores.

2. Metodología

La investigación exploratoria es considerada una etapa previa de la investigación propia, y su realización busca plantear hipótesis e identificar aspectos clave para futuras investigaciones. Su desarrollo puede contemplar como estrategias la consulta a expertos, análisis de datos disponibles y de situaciones similares (para identificar cómo se actuó) y la recopilación de información adicional mediante técnicas exploratorias, como son las encuestas, las entrevistas, los grupos de discusión, etc.

Se realizó un estudio de nivel exploratorio tipo encuesta. Se tomó como población de estudio las instalaciones radiactivas en Colombia, excepto las operadas por el Servicio Geológico Colombiano (SGC): Planta de Irradiación Gamma, Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica y Facilidad Centralizada de Gestión de Desechos Radiactivos. Aunque las instalaciones radiactivas operadas por el SGC, además del reactor nuclear de investigación, son las instalaciones que emplean las fuentes de mayor peligrosidad en Co-

lombia, no se contemplaron en el estudio por las siguientes razones: se consideró que por ser el SGC una entidad pública no tendrá las mismas afectaciones económicas por causa de la pandemia del coronavirus; en el momento de la encuesta, estas instalaciones se encontraban en cese temporal de operación, con controles estrictos, para evitar problemas de seguridad; y por principio de independencia, teniendo en cuenta la filiación de los investigadores.

La encuesta se diseñó en siete secciones para recopilar información con el propósito de caracterizar la muestra en términos de la práctica, la categoría de las fuentes radiactivas empleadas y el estado de la autorización de la instalación radiactiva; conocer el impacto en el estado de operación de las instalaciones; identificar situaciones sobre la seguridad tecnológica y seguridad física que puedan representar un riesgo, y, por último, concluir sobre posibles objetos de estudio emergentes por los cambios y retos impuestos por la pandemia. Se plantearon diez preguntas de selección múltiple, de ellas, siete con opción de única respuesta y tres con opción de múltiple respuesta, además de tres preguntas en escala de Likert.

La encuesta se diseñó con la herramienta Google Forms y se realizó un muestreo aleatorio simple con el envío de la encuesta a la totalidad de los individuos que conforman la población de estudio. El Grupo de Participación Ciudadana del SGC realizó la distribución de la encuesta a través de las direcciones de correo electrónico de las instalaciones radiactivas reportadas al SGC, entidad que ejerce funciones de autoridad reguladora delegada por el Ministerio de Minas y Energía, según las resoluciones 90698 de 2014 [3] y 40569 de 2019 [4]. Como estrategias de prevención para evitar la no respuesta o disminuir los rechazos [5], se enviaron dos recordatorios o solicitudes de diligenciamiento de la encuesta, se insistió en el anonimato y la confidencialidad de las respuestas, se aclaró que la información recolectada se manejaría solo con fines investigativos y que no se analizarían datos individuales con fines coercitivos ni comerciales; además, se informó que los resultados podrían ser insumo para la toma de decisiones de control regulatorio. Se incluyó un aviso de privacidad y tratamiento de datos personales de conformidad con la normativa vigente.

El formulario se mantuvo habilitado entre el 27 de abril y el 4 de mayo de 2020. La información recolectada con la herramienta utilizada se exportó a un libro de Excel 2010

Microsoft 365®, y los resultados se analizaron de manera porcentual.

Los resultados parciales se divulgaron el 5 de junio de 2020 al Grupo de Energías No Convencionales y Asuntos Nucleares del Ministerio de Minas y Energía, autoridad reguladora nacional. Finalmente, de manera textual y anónima, se incluyeron las opiniones de algunos individuos sobre las prácticas más representativas de la muestra en relación con el objeto de la investigación.

3. Resultados

De acuerdo con la consulta realizada el 11 de mayo de 2020 [6], la población de estudio fue de 484 individuos correspondiente a las instalaciones radiactivas de Colombia, sin contemplar las instalaciones operadas por el SGC. Se recibieron 126 formularios, se descartó uno de ellos por no estar completamente diligenciado e indicar que desde diciembre de 2019 no posee material radiactivo. Por lo tanto, se obtuvo una muestra aleatoria de 125 individuos, correspondiente 26,03 % de la población de estudio. La herramienta utilizada no permite identificar el número de formularios iniciados; por lo tanto, no se determinó la tasa de acceso.

3.1. Caracterización de la muestra

La muestra obtenida fue representativa de la población de estudio, ya que cubrió los elementos de la población con mayor participación en términos de la práctica o uso que se les da a las fuentes radiactivas (véase tabla 1). Las prácticas de mayor representación en el muestreo fueron medicina nuclear (33,6 %, $n=42$) y medidores nucleares (20,8 %, $n=26$). La muestra no fue representativa de las prácticas de radioinmunoanálisis, verificación funcional de equipos e irradiador de sangre o tejidos; estas prácticas corresponden al 1,8 % de la población ($n=9$).

De acuerdo con las recomendaciones del OIEA, las fuentes radiactivas se clasifican en una escala de 1 a 5, siendo 1 extremadamente peligrosa para las personas, y 5, sumamente improbable que sea peligrosa para las personas. Esta categorización de las fuentes se realiza en función del riesgo para las personas, considerando la consecuencia de estar cerca de la fuente sin blindaje [5]. Las respuestas obtenidas reflejan que la muestra es representativa de la población de estudio en términos de la categoría de las fuentes empleadas

en las instalaciones radiactivas, dado que se obtuvieron respuestas en todas las categorías, y en proporción similar a la población de estudio (véase tabla 2).

En Colombia se autoriza la operación de las instalaciones radiactivas según los requisitos y procedimientos establecidos en la Resolución 90874 del Ministerio de Minas y Energía (MME) [8]. Las instalaciones radiactivas son autorizadas de conformidad con el enfoque graduado, de forma que la aplicación de los requisitos reglamentarios sea proporcional a los riesgos de radiación asociados a la situación de exposición [9]. Por lo tanto, las instalaciones que utilizan fuentes de las categorías 1 y 2 son autorizadas mediante licencia de operación, con vigencias de cuatro y seis años, respectivamente; aquellas que utilizan fuentes de las categorías 3 y 4 mediante registro con vigencia de diez años; por último,

para el uso de fuentes de categoría 5 únicamente se requiere notificación previa.

La operación de las instalaciones radiactivas y nucleares cuyo titular es el SGC se encuentra sujeta a autorización de la autoridad reguladora nacional, Grupo de Energías No Convencionales y Asuntos Nucleares del Ministerio de Minas y Energía. Las demás instalaciones, correspondientes a la población de estudio, son autorizadas por el SGC por intermedio de la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares, según delegación de funciones del MME [3]. Al 11 de mayo de 2020, la mayoría de la población de estudio (91,7%, p = 444) contaba con autorización vigente; de la misma manera la muestra: el 96,8 % de los participantes en la encuesta manifestó que la operación de su instalación se encontraba autorizada (véase tabla 3).

Tabla 1. Caracterización de la población de estudio y de la muestra según la práctica

Práctica		Población p = 484	Muestra n = 125
Medidores nucleares	Fijos	23,3 %, p = 113	12,0 %, n = 15
	Móviles	13,4 %, p = 65	8,8 %, n = 11
Medicina nuclear		20,9 %, p = 101	33,6 %, n = 42
Radioterapia		8,7 %, p = 42	11,2 %, n = 14
Radiografía industrial		7,4 %, p = 36	11,2 %, n = 14
Investigación o docencia		7,4 %, p = 36	6,4 %, n = 8
Perfilaje y registro		7,0 %, p = 34	3,2 %, n = 4
Importación y distribución		3,5 %, p = 17	7,2 %, n = 9
Producción de radionúclidos o radiofarmacia		2,5 %, p = 12	2,4 %, n = 3
Transporte		1,9 %, p = 9	2,4 %, n = 3
Instalación y mantenimiento		1,4 %, p = 7	0,8 %, n = 1
Radioinmunoanálisis		1,0 %, p = 5	—
Trazadores radiactivos		0,6 %, p = 3	0,8 %, n = 1
Verificación funcional de equipos		0,6 %, p = 3	—
Irradiador de sangre o tejidos		0,2 %, p = 1	—

La población de estudio (p = 484) y su caracterización en términos de la práctica se obtuvo mediante consulta del inventario de instalaciones radiactivas, del 11 de mayo de 2020 [6].

Tabla 2. Caracterización de la población de estudio y de la muestra según la categoría de las fuentes

Categoría	Consecuencia ¹	Población p = 484	Muestra n = 125
1. Extremadamente peligrosa para las personas	Fatal, por exposición de minutos a una hora	2,9 %, p = 14	3,2 %, n = 4
2. Muy peligrosa para las personas	Fatal, por exposición de horas a días	12,6 %, p = 61	16,8 %, n = 21
3. Peligrosa para las personas	Fatal, por exposición de días a semanas	13,2 %, p = 64	21,6 %, n = 27
4. Es improbable que sea peligrosa para las personas	Lesión temporal, por exposición de muchas semanas	47,5 %, p = 230	47,2 %, n = 59
5. Sumamente improbable que sea peligrosa para las personas	Ninguna, contemplando solo efectos inmediatos en la salud	23,8 %, p = 115	11,2 %, n = 14

La población de estudio (p = 484) y su caracterización en términos de la categoría de las fuentes se obtuvo mediante consulta del inventario de instalaciones radiactivas, del 11 de mayo de 2020 [6].

¹ Las categorías de clasificación de fuentes y los criterios de consecuencia fueron tomados de la referencia [7].

Tabla 3. Instalaciones de la población de estudio y de la muestra con autorización vigente

Categoría	Población p = 484	Muestra n = 125
1. Extremadamente peligrosa para las personas	2,3 %, p* = 11	3,2 %, n* = 4
2. Muy peligrosa para las personas	10,3 %, p* = 50	16,0 %, n* = 20
3. Peligrosa para las personas	12,8 %, p* = 62	21,6 %, n* = 27
4. Improbablemente peligrosa para las personas	42,6 %, p* = 206	45,6 %, n* = 57
5. Sumamente improbable que sea peligrosa para las personas	23,8 %, p* = 115	10,4 %, n* = 13
Total	91,7 %, p* = 444	96,8 %, n* = 121

La población de estudio (p = 484) y su caracterización en términos de la categoría de las fuentes se obtuvo mediante consulta del inventario de instalaciones radiactivas, del 11 de mayo de 2020 [6].

3.2. Impacto en el estado de operación de las instalaciones radiactivas

Con el Decreto 457 de 2020, el Gobierno nacional dictó una medida de aislamiento preventivo obligatorio. Inicialmente se dispuso que esta medida tendría vigencia entre el 25 de marzo y el 13 de abril de 2020 [10]; luego se prorrogó hasta el 26 de abril [11]; posteriormente se decidió mantener la medida de aislamiento preventivo, pero con algunas excepciones que, en articulación con las autoridades locales, han permitido la apertura progresiva de algunas actividades económicas, previa implementación de los protocolos de bioseguridad. Así, el momento de realizar la encuesta coincidió temporalmente con el inicio de la apertura de algunos sectores o actividades económicas atendiendo el conjunto de medidas denominado *aislamiento preventivo inteligente*.

El 56,8 % (n=71) de la muestra indicó que su instalación se encontraba en estado operativo; de este grupo, el 59,2 % (n=42) corresponde al sector médico. Por otra parte, el 43,2 % de la muestra (n=54) manifestó que se encontraba en cese temporal de operación, constituida en menor proporción (17,6 % de la muestra, n=22) por instalaciones con fines médicos (véase figura 1).

Se verificó si el estado de cese de operación en los individuos de la muestra fue ocasionado por la situación de pandemia, y se verificó que fue la principal causa (véase

tabla 4). Aunque el sector médico fue exceptuado de las medidas de aislamiento temporal, el cese en la operación pudo ocasionarse por la necesidad de acondicionar las instalaciones y los procedimientos para cumplir los protocolos de bioseguridad.

Por otra parte, se observó el estado de operación de la muestra según la categoría de las fuentes utilizadas (véase tabla 5). Cabe mencionar que en la reglamentación nacional [8] se encuentra establecido que el cese temporal de las instalaciones radiactivas debe ser notificado a la autoridad reguladora nacional, y además, para las instalaciones que utilizan fuentes de las categoría 1 y 2, esta condición está sujeta a autorización mediante licencia. A la fecha del estudio, la autoridad reguladora nacional no había emitido orientación o disposición diferente en el marco de la pandemia de COVID-19.

A la pregunta sobre el impacto de las medidas gubernamentales adoptadas para la prevención de la COVID-19 en aspectos relacionados con la operación de sus instalaciones, las respuestas más recurrentes (43,2 %, n=54) fueron el cese temporal en la operación y la limitación o restricción en las operaciones (véase figura 2). Por otra parte, solo un individuo de la muestra (0,8 %, n=1) manifestó la posibilidad de clausurar la instalación radiactiva por causa de los impactos generados por la pandemia del coronavirus.

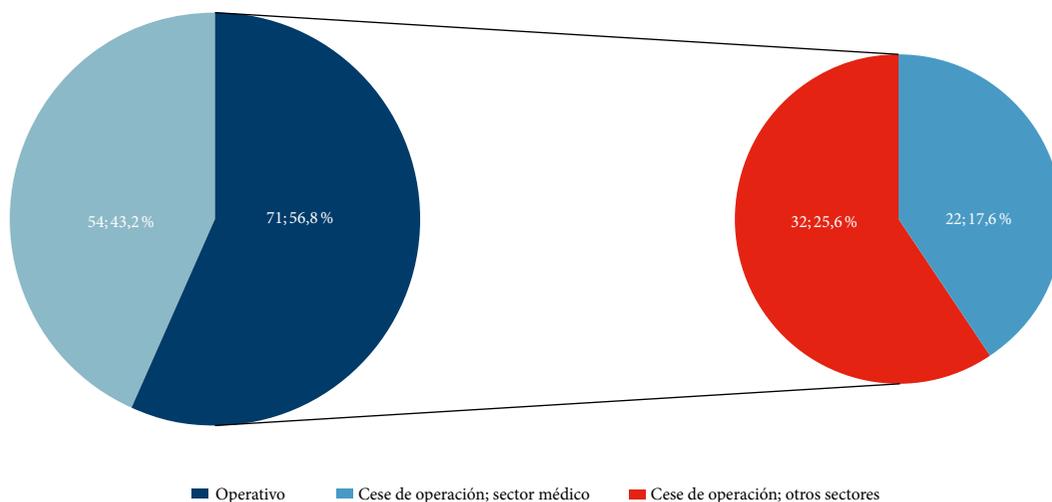


Figura 1. Impacto en el estado de operación de las instalaciones radiactivas

Tabla 4. Instalaciones de la muestra en condición de cese de operación

Sector	Muestra n=125	En cese de operación ¹	En cese de operación por pandemia ²
Médico	51,2 %, n=64	17,6 %, n=22	15,2 %, n=19
Otros sectores	48,8 %, n=61	25,6 %, n=32	19,2 %, n=24
Total	100 %, n=125	43,2 %, n=54	34,4 %, n=43

Nota: La información de la muestra (n=125) se realizó a partir de la información recolectada en el formulario.

¹ Porcentaje de la muestra que se encuentran en cese de operación.

² Porcentaje de la muestra que se encuentran en cese de operación por causa de la pandemia

Tabla 5. Estado de operación de la muestra según la categoría de las fuentes radiactivas

Categoría	Estado operativo	Cese de operación
1. Extremadamente peligrosa para las personas	1,6 %, n=2	1,6 %, n=2
2. Muy peligrosa para las personas	8,0 %, n=10	8,8 %, n=11
3. Peligrosa para las personas	16,0 %, n=20	5,6 %, n=7
4. Es improbable que sea peligrosa para las personas	24,0 %, n=30	23,2 %, n=29
5. Sumamente improbable que sea peligrosa para las personas	7,2 %, n=9	4,0 %, n=5
Total	56,8 %, n=71	43,2 %, n=54

La caracterización de la muestra (n=125) se realizó a partir de la información recolectada en el formulario.



Figura 2. Impactos relacionados con la operación de las instalaciones radiactivas

3.3. Impacto en la seguridad tecnológica y seguridad física

El 22,4% (n=28) de la muestra informó que por las medidas gubernamentales adoptadas para afrontar la pandemia de COVID-19 tomó decisiones que podrían afectar la seguridad tecnológica y la seguridad física, contemplando cualquier tipo de afectación. La participación del oficial de protección radiológica (OPR) en estas decisiones fue significativa; la mayoría (60,7%, n=28) manifestó que el nivel de participación del OPR fue muy alto, y el 28,6% (n=8), que fue alto (véase figura 3).

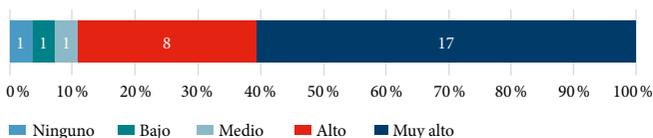


Figura 3. Participación del OPR en las decisiones

Una minoría (4,8%, n=6) de la muestra reportó que debido a las medidas de aislamiento obligatorio mantiene almacenado el material radiactivo en un lugar diferente a su instalación radiactiva. De estos, la mayoría informó que el nivel de cumplimiento de los requisitos de seguridad física es de 4, siendo 1 ninguno, y 5, totalmente (véase figura 4).

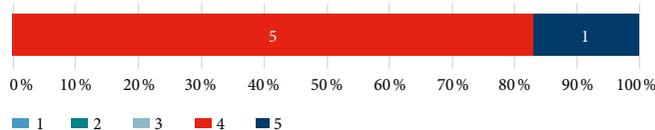


Figura 4. Nivel de cumplimiento de los requisitos de seguridad física en los emplazamientos temporales por la medida de aislamiento obligatorio

No obstante los resultados reportados en la figura 4, que denotan el cumplimiento de los requisitos de seguridad física, uno de los participantes (0,8%, n=1) respondió negativamente a la pregunta de si en la situación de pandemia garantizaban la seguridad física de las fuentes. De acuerdo con lo informado en el formulario, esta instalación posee fuentes de categoría 2, consideradas muy peligrosas para las personas. Teniendo en cuenta que esta respuesta puede representar, por una parte, un error en el diligenciamiento de la encuesta, y por otra, un aumento en el riesgo para las personas, se decidió entrevistar a este participante, quien informó que mantiene las fuentes radiactivas en un emplazamiento de almacenamiento temporal previamente avalado por la autoridad reguladora nacional (SGC, en ejercicio de las funciones delegadas), y suministró a los investigadores material fotográfico.

3.4. Evaluación de seguridad

Entre los requisitos para autorizar la operación de las instalaciones radiactivas se contempla la evaluación de seguridad [8], en la cual se contempla un análisis de la seguridad tecnológica y la seguridad física, adoptadas en todas las fases de la instalación (diseño, operación, cese temporal y clausura). La situación de pandemia no estaba contemplada en los análisis de seguridad, ni tampoco es prevista en las regulaciones. La mayoría de la muestra (90,4%, n=113) indicó que no es posible que la situación actual de estado de emergencia afecte las consideraciones de sus evaluaciones de seguridad, y por tanto no se requiere realizar nuevos análisis. Algunos (8,8%, n=11) consideraron que podría afectarse en aspectos relacionados con la probabilidad de ocurrencia de un suceso iniciador, o con la robustez de las barreras (véase figura 5).

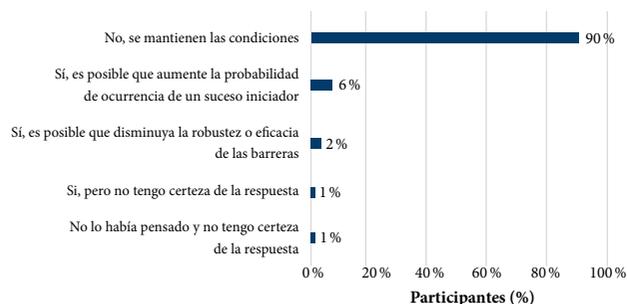


Figura 5. Percepción de la necesidad de realizar una nueva evaluación de seguridad que contemple los efectos de la pandemia

3.5. Desarrollos tecnológicos

La minoría de la muestra (24,0 %, n = 30) indicó que cuenta con desarrollos tecnológicos relacionados con la seguridad tecnológica y la seguridad física de las instalaciones, que les permiten realizar verificaciones y análisis de manera remota. La mayoría de estos desarrollos (66,7 %, n = 20) corresponden a los sistemas de seguridad física; los restantes son utilizados para controlar el funcionamiento de los equipos medidores fijos y los sistemas de vertimientos de desechos radiactivos en la práctica de medicina nuclear.

Tabla 6. Desarrollos tecnológicos para supervisión remota según la categoría de las fuentes radiactivas

Categoría	Muestra n = 125	Con supervisión remota
1. Extremadamente peligrosa para las personas	3,2 %, n = 4	0,8 %, n = 1
2. Muy peligrosa para las personas	16,8 %, n = 21	6,4 %, n = 8
3. Peligrosa para las personas	21,6 %, n = 27	5,6 %, n = 7
4. Improbablemente que sea peligrosa para las personas	47,2 %, n = 59	9,6 %, n = 12
5. Sumamente improbable que sea peligrosa para las personas	11,2 %, n = 14	1,6 %, n = 2
Total	100 %, n = 125	24,0 %, n = 30

La caracterización de la muestra (n = 125) se realizó a partir de la información recolectada en el formulario

Al preguntar si los desarrollos tecnológicos podrían contribuir a garantizar u optimizar la seguridad tecnológica y la seguridad física en las instalaciones, siendo 1 en desacuerdo, y 5, totalmente de acuerdo, se obtuvieron respuestas variadas (véase figura 6).

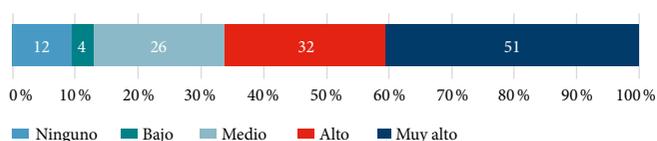


Figura 6. Percepción de la contribución de los desarrollos tecnológicos

3.6. Citas de la población de estudio

Se presentan algunas percepciones de los usuarios de material radiactivo, de las prácticas más representativas de la muestra, que dan cuenta cómo ha sido hasta hoy el impacto de la pandemia de COVID-19 en sus instalaciones:

Los tiempos que vivimos han sido difíciles para todos, y nuestro servicio de medicina nuclear no es la excepción: libramos día a día diferentes batallas para impedir el cierre del lugar donde atendemos pacientes y el lugar donde varios colaboradores obtienen su sustento. Iniciamos con el desabastecimiento de generadores, lo que condujo a una no operatividad de dos semanas, por la dificultad del transporte aéreo, problema que persistió por alrededor de un mes, en que algunas veces entraba material al país y otras, no, teniendo que reprogramar pacientes de un día a otro. Y esto no terminó aquí, porque, fruto del cierre de aeropuertos y vuelos comerciales, los problemas de logística de transporte repercutieron en alzas significativas de los insumos y de unidosis, hecho que no se refleja en nuestras tarifas pactadas con las EPS, que además tienen su presupuesto enfocado en la atención de virus, lo que conlleva el no pago y crecimiento de carteras. No siendo suficiente, tuvimos que lidiar con desabastecimiento de EPP, lo que nos obligó a ampliar el presupuesto destinado para estos, y pagarlos con sobrecostos, para que nuestros colaboradores se protegieran.

También es cierto que existe una gran disminución de pacientes (hay días en que no se atiende ni un paciente), no solo por el temor de las personas de salir de su casa, sino por la no realización de consultas. Todo esto nos forzó a reajustar la planta de personal, dejando al estrictamente al personal necesario, y reajustar los salarios.

Aún la pandemia no termina, y nuestra lucha, tampoco. Seguimos al frente, luchando por el no cierre de nuestro servicio, y siempre prestando la mejor atención a nuestros pacientes, que en su mayoría son pacientes hospitalizados o con patologías complejas. [Instalación radiactiva del sector médico. Práctica: medicina nuclear]

Nuestra experiencia durante la pandemia COVID-19 se resume en la suspensión total de despachos radiactivos por el mes de abril, desde la suspensión de entrada de los vuelos internacionales de pasajeros. La solución fue utilizar los vuelos de carga, lo cual trajo un incremento

notorio de fletes, por las rutas muy largas, que atentan contra los productos radiactivos, cuya actividad a la fecha de adquisición debió incrementarse, para contrarrestar el decaimiento durante el transporte. En este momento hemos normalizado entregas soportando un incremento del 19% en el euro, y del 7% en el dólar, entre el 20 de febrero y el 15 de agosto. [Instalación radiactiva del sector médico. Práctica: importación y distribución]

En el servicio de radioterapia lidiamos día a día con la posibilidad de atención de pacientes positivos para COVID-19, considerando que los tratamientos realizados corresponden a terapias oncológicas que no dan espera, lo que conlleva arriesgar a nuestro equipo de trabajo todos los días y, de paso, a sus familias. Cumplimos con todas las normas de seguridad y nos vimos en la necesidad de adquirir diferentes EPP que brinden protección a nuestro personal y pacientes. Respecto al número de pacientes, hemos aumentado significativamente la atención, considerando que los tratamientos contratados por las EPS en la ciudad de Bogotá no se realizan por dificultades de transporte, lo que ha obligado a las mismas a remitir autorizaciones a nuestra entidad. [Instalación radiactiva del sector médico. Práctica: radioterapia]

La seguridad física durante tiempos de pandemia es un factor que se comporta de manera proporcional a la robustez económica y organizacional de las empresas. Empresas del sector petrolero, petroquímico o minero no han visto afectados en ningún grado los sistemas de seguridad física de sus instalaciones, toda vez que ellas conservan, además de las fuentes radiactivas, activos de elevado valor que deben ser preservados, o incluso son instalaciones consideradas de valor estratégico para la economía del país. Este tipo de empresas tienen mecanismos activos y pasivos para la prevención de intrusiones y pérdida de activos, tales como servicios de vigilancia privada, circuitos cerrados de televisión, barreras perimetrales, controles automatizados de acceso de personal y apoyo de policía nacional, entre otros. A pesar de que la mayoría de los trabajadores de los servicios administrativos en este tipo de empresas realizan teletrabajo, siguiendo las directrices del Gobierno nacional y los gobiernos locales, el personal relacionado con la operación mantiene la presencialidad, por lo que las instalaciones nunca se encuentran desatendidas. Por otra parte, en casos en que algunas actividades

han sido tercerizadas, si estas son de tipo operativo, se continúan ejecutando, al tiempo que se aplican medidas de bioseguridad tales como campañas de prevención, reporte diario de condiciones, distanciamiento social y tamizajes aleatorios. Por lo anterior, las actividades inherentes a la correcta operación de las instalaciones, incluyendo las relacionadas con la protección radiológica, se mantienen sin afectación. [Instalación radiactiva del sector industrial. Práctica: medidores fijos]

Grandes, medianas y pequeñas, todas sufrimos un golpe súbito, como quien se encuentra ante una catástrofe de tipo natural. Así sencillamente describimos el impacto de la COVID-19 en nuestra práctica con material radioactivo. Todo ocurrió simplemente como la caída de unas fichas de dominó, una tras otra. Todo comenzó con las empresas que contratan nuestros servicios, cancelando los proyectos, desmovilizando las cuadrillas; luego, el personal preocupado por tener que ser enviados a sus casas; posteriormente se congelaron todas las operaciones, así que las empresas no pudieron seguir pagando los servicios que ya se tenían prestados. Muchas organizaciones tuvimos que recurrir a préstamos de familiares, por supuesto, pues las ayudas del Gobierno nunca llegaron.

Poco a poco, como decaen las fuentes día tras día, pasando mes tras mes tuvimos que ver partir a nuestros colaboradores, pues no había trabajo ni dinero para hacer los pagos. Algunos enfermamos, y nos apoyamos unos a otros, como familia. Después de tres meses a partir de la primera cuarentena, fuimos levantando poco a poco lo que quedó de nuestras compañías, y hemos vuelto, a paso de carreta, a reiniciar actividades, claro, con la ilusión de volver a ver a nuestros compañeros de trabajo y recargar nuestras fuentes, aquellas que son el sustento de muchas familias en nuestro nicho económico. [Instalación radiactiva del sector industrial. Práctica: radiografía industrial]

4. Limitaciones

- » La operación de las instalaciones radiactivas está sujeta a autorización. Esto incide en la no respuesta o en los errores por respuestas sesgadas, o que no reflejen la realidad, por temor a acciones coercitivas.
- » El nivel de participación pudo verse afectado por restricciones institucionales en los participantes para respon-

der formularios en la herramienta utilizada, por deficiencias en la divulgación de la encuesta o por el periodo en el que se mantuvo habilitado el formulario.

5. Conclusiones

- » El impacto inmediato de la pandemia de COVID-19 en las instalaciones radiactivas, como resultado de la medida de aislamiento obligatorio proferida por el Gobierno nacional, fue principalmente el cese temporal o la restricción en las operaciones.
- » Los resultados denotan la confianza depositada en el oficial de protección radiológica para la toma de decisiones en medio de la pandemia, que pudiesen afectar la seguridad radiológica y el nivel de cumplimiento de los requisitos de seguridad física en los sitios de almacenamiento temporal.
- » En cuanto al impacto económico por la situación de pandemia, el 26,4 % (n = 113) de la muestra reportó sobrecostos en su operación; el 4,8 % (n = 6), la desvinculación de trabajadores ocupacionalmente expuestos, y el 0,8 % (n = 1), la posibilidad de clausurar la instalación. Aunque a la fecha se han decretado medidas para la reactivación de los sectores económicos, la extensión o prescripción de nuevas medidas de aislamiento o confinamiento por rebrotes o nuevos picos epidemiológicos podría ocasionar impactos económicos aún más significativos, que podrían afectar las disposiciones de protección y seguridad en las instalaciones o conducir a su clausura.
- » Solo el 20,8 % (n = 26) de la muestra dispone de desarrollos tecnológicos que le permiten realizar una supervisión remota de sus instalaciones, en su mayoría, dirigidos a la seguridad física.

6. Recomendaciones

- » Realizar estudios complementarios de percepción o diagnóstico de los impactos que la evolución de la pandemia de COVID-19 puede ocasionar en las instalaciones radiactivas. El diseño de dichos estudios debería superar las limitaciones que afectaron este trabajo, ahondar en la capacidad de las instalaciones para responder

a situaciones de emergencia y determinar su estabilidad económica.

- » Realizar actividades de divulgación, foros o seminarios virtuales con el propósito de intercambiar experiencias para facilitar la toma de decisiones sobre los largos periodos de aislamiento o los impactos económicos sufridos a causa de la pandemia de COVID-19.
- » Fomentar la investigación y el desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan la supervisión remota de las instalaciones.

7. Agradecimientos

Los autores reconocen las contribuciones, en la revisión del formulario, de Claudia Reyes y María Esperanza Castellanos, integrantes de la línea de investigación de Seguridad Radiológica. Agradecen la viabilidad dada por la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares del SGC para la realización de esta investigación, la colaboración de Raúl Mauricio Gómez, del Grupo de Participación Ciudadana del SGC, y las observaciones del Grupo de Energías No Convencionales y Asuntos Nucleares, del MME. Un agradecimiento especial a los participantes en la encuesta, a los anónimos evaluadores pares y al equipo editorial de la Revista Investigaciones y Aplicaciones Nucleares.

Referencias

- [1] Consejo de Seguridad Nuclear, “Información del CSN sobre el cumplimiento de requisitos establecidos de seguridad nuclear y protección radiológica durante la pandemia de la COVID-19”. 31 marzo 2020. [En línea]. Disponible en <https://www.csn.es/-/informacion-del-csn-sobre-el-cumplimiento-de-requisitos-establecidos-de-seguridad-nuclear-y-proteccion-radiologica-durante-la-pandemia-de-la-covid-19>
- [2] J. de G. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), “Funcionamiento, seguridad tecnológica y seguridad física de las instalaciones y actividades nucleares o radiológicas durante la pandemia de COVID-19”, n.º GOV/INF/2020/8, 2020.
- [3] Ministerio de Minas y Energía, Resolución 90698 de 2014, “Por medio de la cual se delegan unas funciones al Servicio Geológico Colombiano”. *Diario Oficial*, n.º 49202 del 4 de julio de 2014.

- [4] Ministerio de Minas y Energía, Resolución 40569 de 2019, “Por medio de la cual se prorroga la delegación de funciones al Servicio Geológico Colombiano contenida en la Resolución 90698 de 2014”. *Diario Oficial*, n.º 51003 del 3 de julio de 2019.
- [5] V. Díaz de Rada, “Problemas de representatividad en las encuestas con muestreos probabilísticos”, *Papers*, pp. 45-66, 2004. doi: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/papers/v74n0.1081>
- [6] Servicio Geológico Colombiano, “Sistema de información Xue”, consultado el 11 de mayo de 2020.
- [7] Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), “Clasificación de las fuentes radiactivas”. Colección de Normas de Seguridad del OIEA, n.º RS-G-1.9, Viena, 2009.
- [8] Ministerio de Minas y Energía, Resolución 90874 de 2014, “Por medio de la cual se establecen los requisitos y procedimientos para la expedición de autorizaciones para el empleo de fuentes radiactivas y de las inspecciones de las instalaciones radiactivas”. *Diario Oficial*, n.º 49241 del 12 de agosto de 2014.
- [9] Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), “Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: normas básicas internacionales de seguridad”. Colección de Normas de Seguridad del OIEA, n.º GSR, Part 3, Viena, 2016.
- [10] Decreto 457 de 2020. *Diario Oficial*, n.º 51264 del 22 de marzo de 2020, pp. 1-8, 2020.
- [11] Decreto 531 de 2020. *Diario Oficial*, n.º 51282 del 11 de abril de 2020, pp. 1-9, 2020.