

UNIVERSIDAD
CIENTÍFICA
DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL NIVEL DE TOXICIDAD DE
LAS TÉCNICAS DE INCINERACIÓN Y LA TÉCNICA DE
RELLENO SANITARIO PARA EL ELIMINACIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS EN LOS HOSPITALES JOSÉ AGURTO TELLO DE
CHOSICA Y EL MARÍA AUXILIADORA DE SAN JUAN DE
MIRAFLORES”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Joanna Claudia Arestegui Chávez (0000-0002-8525-5437)

Asesor:

Percy Andres Iribarren Ibañez (0000-0001-8899-5224)

Lima – Perú

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 17 de abril del 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Blgo Dámaso Wilfredo Ramirez Huaroto
Miembro: Mg. Ing. Keyla Esther Quispe Basualdo
Miembro: Mg. Ing. Ronald Lozano Cari

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL NIVEL DE TOXICIDAD DE LAS TÉCNICAS DE INCINERACIÓN Y LA TÉCNICA DE RELLENO SANITARIO PARA EL ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS HOSPITALES JOSÉ AGURTO TELLO DE CHOSICA Y EL MARÍA AUXILIADORA DE SAN JUAN DE MIRAFLORES”

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Joanna Claudia Arestegui Chávez**

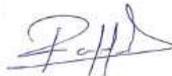
Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Mg. Ing. Percy Irribarren Ibáñez

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime () por mayoría simple () calificar a:

Tesista: Joanna Claudia Arestegui Chávez	Nota (en letras): (Quince) 15
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ()
Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Mg. Blgo Dámaso Wilfredo Ramirez Huaroto
Presidente



Mg. Ing. Keyla Esther Quispe Basualdo
Miembro 1



Mg. Ing. Ronald Lozano Cari
Miembro 2



Mg. Ing. Percy Irribarren Ibáñez
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN¹

Lima, 20 de junio del 2023

Señor,
Carlos Zavalaga Reyes

**Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –**

De nuestra consideración,

Yo: Joanna Claudia Arestegui Chavez, egresado de la carrera de Ingeniería y Gestión Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Percy Iribarren Ibáñez, declaramos que este informe final de tesis de investigación titulado: Análisis Comparativo del Nivel de toxicidad de las técnicas de incineración y la técnica de relleno sanitario para la eliminación de residuos sólidos en los hospitales Jose Agurto Tello de Chosica y el Maria auxiliadora de san juan de Miraflores , sustentado para obtener el título/grado de Ingeniera Ambiental es original.

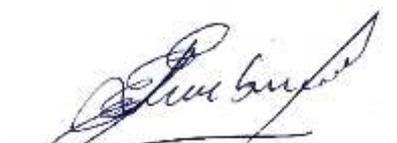
Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos ², que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



**Firma tesista
DNI: 45198686**



**Firma del asesor de tesis
DNI:**

¹ En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD

² Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/>

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Análisis comparativo del nivel de toxicidad de las técnicas de incineración y la técnica de relleno sanitario para la eliminación de residuos sólidos en los hospitales José Agurto Tello de Chosica y el María Auxiliadora de San Juan De Miraflores

Autores. Joanna Claudia Arestegui Chavez.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2120389968).

Resultado de la evaluación. 9%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.

Análisis comparativo del nivel de toxicidad

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	CONSORCIO FICHTNER GMBH & CO. KG - CONSULTORIA Y DIRECCION DE PROYECTOS - CYDEP S.A.S.. "DIA del Proyecto Relleno Sanitario para el Distrito de Pozuzo, Provincia de Oxapampa, Departamento de Pasco-IGA0000132", R.D. N° 484-2014/DSB/DIGESA/SA, 2020 Publicación	<1%
2	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	ACOSTA DE LA CRUZ JHONN A'NGELLO. "PAD - Estación de Servicios con Gasocentro de GLP-IGA0018975", R.D. N° 054-2021-MINEM/DGAAH, 2022 Publicación	<1%
5	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS	<1%

I. DEDICATORIA

Dedico a mis queridos padres María Teresa Chávez y Jorge Alberto Arestegui que me enseñaron con su ejemplo a enfrentar los problemas con responsabilidad, honestidad y perseverancia.

II. AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Sr. Percy Iribarren Ibáñez que me dio su gran apoyo y motivación, durante el tiempo que pase por la universidad y por haberme transmitido los conocimientos necesarios para desenvolverme día a día.

III. ÍNDICE GENERAL

I. DEDICATORIA	1
II. AGRADECIMIENTO	2
III. ÍNDICE GENERAL.....	3
IV. ÍNDICE DE FIGURAS	5
V. ÍNDICE DE TABLAS.....	6
VI. RESUMEN.....	7
VII. ABSTRACT	8
VIII. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
IX. MARCO TEÓRICO.....	15
X. ANÁLISIS LEGAL.....	23
XI. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
11.1. Objetivos.....	25
11.1.1. <i>Objetivo general</i>	25
11.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	25
11.2. Hipótesis.....	25
11.2.1. <i>Hipótesis General</i>	25
11.2.2. <i>Hipótesis Específica</i>	25

XII. METODOLOGÍA.....	26
12.1. Tipo de Investigación.....	26
12.2. Métodos de análisis de información	27
12.3. Metodología.....	27
XIII. RESULTADOS.....	29
XIV. DISCUSIÓN	52
XV. CONCLUSIONES	56
XVI. RECOMENDACIONES	57
XVII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	58
XVIII. ANEXOS	66

IV. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultado de Concentraciones de PM10	31
Figura 2. Resultado de Concentraciones de PM2.5	32
Figura 3. Resultado de Plomo en PM ₁₀	33
Figura 4. Resultado del Mercurio PM ₁₀	34
Figura 5. Resultado del Dióxido de Nitrógeno	35
Figura 6. Resultado de Dióxido de azufre	36
Figura 7. Resultado de Monóxido de Carbono	37
Figura 8. Resultado de Sulfuro de Hidrogeno	38
Figura 9. Resultado del Ozono.....	39
Figura 10. Resultado de Hidrocarburos Totales de Petróleo.....	40
Figura 11. Concentraciones de material particulado (PM10).....	42
Figura 12 Concentraciones de material particulado (PM2.5).....	43
Figura 13. Concentraciones de dióxido de azufre (SO ₂)	43
Figura 14. Concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO ₂).....	44
Figura 15. Concentraciones de monóxido de carbono (CO)	45
Figura 16. Concentraciones de sulfuro de hidrogeno (H ₂ S).....	46
Figura 17. Concentraciones de ozono (O ₃).....	47
Figura 18. Concentraciones de COV - Benceno	48
Figura 19. Concentraciones de mercurio gaseoso	49
Figura 20. Concentraciones de hidrocarburos totales (HT) expresado con Hexano	50
Figura 21. Concentraciones de Plomo (Pb) en filtro PM10.....	51

V. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Residuos según peligrosidad	16
Tabla 2 Residuos según naturaleza.....	17
Tabla 3 Manejo de residuos sólidos biocontaminados a nivel regiones	21
Tabla 4. Tratamiento de residuos biocontaminados de Lima Metropolitana	22
Tabla 5 Estándar de Calidad Ambiental para aire	24
Tabla 6. <i>Equipos de monitoreo de calidad de aire</i>	28
Tabla 7 Resultados de la Calidad del Aire	30
Tabla 8 Resultados de PM10 y NO ₂	31
Tabla 9. Concentraciones de material particulado, gases y metales	41

VI. RESUMEN

La investigación comprendió como objetivo un análisis del grado de toxicidad de las técnicas de incineración y relleno sanitario de las emisiones del Hospital María Auxiliadora y el Hospital José Agurto Tello con la finalidad de comparar los impactos ambientales que produce cada técnica de eliminación. Por lo tanto, se aplicó una metodología descriptiva no experimental. Los resultados revelaron que las emisiones hospitalarias bajo la técnica de incineración incluyeron Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), y Dióxido de Azufre (SO₂) adquiridos en la base de la estación EM-01 presentan valores inferiores a los Límites Máximos Permisibles en ambos centros médicos.

Por otro lado, el nivel de toxicidad del desecho hospitalario bajo la técnica de relleno sanitario demostró que las cantidades de PM₁₀ derivadas de las estaciones de monitoreo presentan valores inferiores a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para 24 horas. Se llegó a concluir que el grado de toxicidad del método de incineración en el Hospital María Auxiliadora fue superior en comparación con el método de relleno sanitario de los residuos generados en Hospital José Agurto Tello, no obstante, ambas condiciones presentaron valores inferiores de los valores establecidos en la norma en el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM.

Palabras Clave: emisiones, técnicas de eliminación, tratamiento, relleno sanitario, incineración.

VII. ABSTRACT

The aim of the research was to analyze the degree of toxicity of incineration and landfill techniques of emissions from the María Auxiliadora Hospital and the José Agurto Tello Hospital in order to compare the environmental impacts produced by each disposal technique. A non-experimental descriptive methodology was therefore applied. The results revealed that hospital emissions under the incineration technique included Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Oxides (NO_x), and Sulphur Dioxide (SO₂) purchased at the base of the EM-station01 have values lower than the Maximum Permissible Limits in both medical centers. On the other hand, the level of toxicity of hospital waste under the landfill technique showed that the amounts of PM₁₀ derived from monitoring stations present values lower than the Environmental Quality Standards (ECA) for 24 hours. It was concluded that the degree of toxicity of the incineration method in the Hospital María Auxiliadora was higher compared to the landfill method of waste generated in Hospital José Agurto Tello, However, both conditions presented lower values of the values established in the standard in Supreme Decree No. 003-2017-MINAM.

Keywords: emissions, disposal techniques, treatment, landfill, incineration.

VIII. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las técnicas de eliminación aplicadas con los desperdicios domésticos son diferentes que los métodos para eliminar los desechos generados por las instituciones médicas (Riofrío y Torres, 2016). En este sentido, Ahmad et al., (2019) enfatiza que “las tecnologías aplicadas son obsoletas debido que a menudo se utilizan incineradores de baja escala, o incluso vertederos directos no seguros” (p. 2). Por lo tanto, es importante aplicar técnicas específicas que ayuden a minimizar los impactos negativos.

Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (en adelante, OMS) en una investigación sobre prácticas de gestión de desechos hospitalarios que incluyó a 22 países en desarrollo, se percibió que aproximadamente entre el 18% y el 64% de los métodos de eliminación de desechos en la práctica resultaron inadecuados (Khalid et al., 2021). En este sentido, se destacan los métodos de eliminación a través de vertidos no controlados, incineradores al aire libre y vertederos en muchas regiones del mundo (Abubakar et al., 2022).

La incineración inadecuada de desechos médicos se considera una de las fuentes de contaminación atmosférica debido a que cuando los desechos médicos no se queman por completo, emiten humo negro e impurezas volátiles, así como contaminantes, residuos de cenizas y gases, los cuales pueden contener carcinógenos y otras sustancias nocivas (Kizar et al., 2022). Además, pueden generar contaminantes secundarios durante la eliminación, incluidos SO_2 , NO_x , partículas, HCl, metales pesados, dioxinas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (Zhang et al., 2021).

De esta manera, la industria de la salud de EE. UU. genera casi dos millones

de toneladas de desechos cada año, sin controlar a las clínicas universitarias y facultades de medicina, que representan el 22% de los establecimiento de salud en el país y contribuyen conjuntamente a este volumen de desechos (Bambarén, 2017). Además, de la cantidad total de desechos médicos generados, de un 49% a 60% se incineran, mientras que del 20% al 37% se esterilizan en autoclave y del 4 al 5 % se tratan con otras tecnologías (Yingying et al., 2018).

Asimismo, en Reino unido se identificaron mayores valores de huella de carbono por tonelada de desechos hospitalarios que están asociados con la eliminación mediante incineración a alta temperatura que generó 1074 kgCO₂e/t, mientras que las estimaciones bajas se presentaron cuando los residuos se reciclaron, lo cual emitió 21-65 kgCO₂e/t, seguido de baja temperatura de incineración con energía de residuos que obtuvo una generación de 172–249 kgCO₂e/t (Rizan et al., 2021).

Además, en Pakistán se percibió que el 56,3% de los hospitales tienen equipamiento de incineradores, pero no eran amigables con el ambiente debido a que usaban tecnología antigua y las operaciones no cumplían con los estándares mínimos como el rango de temperatura y la altura de la chimenea, mientras que los hospitales que no cuentan con incinerador en un 43,75% practican el vertimiento y/o quema de los residuos a cielo abierto en las inmediaciones (Khalid et al., 2021).

En el caso de América Latina, la incineración de desperdicios hospitalarios es un problema aún más grave que los países desarrollados debido a la gestión insuficiente de las instituciones públicas y privadas, sumado a los bajos presupuestos económicos y la ausencia de concientización ambiental. Esta situación se ha vuelto crítica durante la pandemia de coronavirus, lo cual aumentó la generación de residuos

hospitalarios que necesitan tratamiento para su eliminación.

En este sentido, no se tiene evidencia datos estadísticos de la emisión de gases durante las técnicas de incineración de desechos médicos, sin embargo, se registró que México tuvo 19 empresas autorizadas para eliminación a través de incineración con capacidad total de 117,520 toneladas de desechos en la situación de la crisis sanitaria a causa de COVID-19. Mientras que, en el territorio peruano se ha reportado que cuatro empresas brindaron servicios de combustión de residuos asociados a la enfermedad infecciosa (Castro, 2020).

Por otro lado, la disposición final de los desechos hospitalarios en un relleno sanitario debe cumplir con las normas esenciales de control de fluidos, gases y lixiviados producto de la descomposición de los desechos, sin embargo, en la práctica pueden presentar irregularidades en su manejo” (Umaña, 2018, p. 1). Por lo tanto, los desechos hospitalarios resultan en los botaderos, o en muchos casos, quemados al aire libre, generando emisiones de gases de efecto invernadero.

A escala global, la descomposición de residuos generales contribuye en un 3–5 % a las emisiones de gases de efecto invernadero (Ilmas et al., 2018), dentro de los cuales, los residuos provenientes del sector de la salud aporta un valor del 4,4 % de las emisiones de carbono, mientras que la nación con la mayor cantidad de emisiones relacionadas con la atención médica se sitúa Estados Unidos con 10 % de las emisiones médicas (Envomed, 2022).

Mientras que en Inglaterra se estimó una generación de 30.000 toneladas equivalentes de dióxido de carbono (CO_{2e}) por año, que presenta el 0,1 % - 3 % de la huella de carbono total de la asistencia sanitaria (Rizan et al., 2021). En el Perú, la situación de emisiones provenientes de los residuos biocontaminados no presenta un

registro de la huella de carbono. Tan solo, el Ministerio del Ambiente (en adelante, MINAM) señala que “el sector desechos es el cuarto mayor aportante de emisiones a nivel nacional con el 5.8% o 9679.7 GgCO₂eq” (Rivera, 2021, p. 21).

Además, la misma institución del MINAM indica que “existen 32 rellenos sanitarios con autorización a nivel nacional” (Kiligann, 2022, p. 2). Sin embargo, solo un 52% de los residuos es dispuesto en rellenos sanitarios y el 48% es arrojado en botaderos (Agencia Andina de Noticias - ANDINA, 2018). Además, los rellenos sanitarios autorizados no cuentan con cámaras de seguridad para una disposición correcta de este tipo de desechos.

Frente a esta situación, los desperdicios requieren un tratamiento previo antes de su disposición final, por lo que algunas instituciones contratan los servicios de tratamiento, vía incineración o autoclavado; y otras contratan los servicios de disposición final. Además, los problemas de manejo de desechos y contaminación asociados han llamado la atención de los investigadores (Farzadkia et al., 2022), es así que los desechos infecciosos tienen un efecto peligroso en la salud pública y el medio ambiente (Ansari et al., 2019).

Asimismo, en la Norma Técnica de Salud - NTS N° 144-MINSA/2018/DIGESA “Gestión integral y manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud, servicios médicos de apoyo y centros de investigación”, admitida mediante la Resolución Ministerial N° 1295-2018/MINSA del 11 de diciembre de 2018, se indica que los residuos hospitalarios presentan peligrosidad: toxicidad, inflamabilidad, reactividad, corrosividad y patogenicidad, y en caso se efectuó una inadecuada gestión, estos afectarán los ecosistemas y el bienestar humano (Carril y Vásquez, 2015).

De esta manera, en el ámbito de la localidad de Lima, especialmente en el

Hospital María Auxiliadora los residuos sólidos hospitalarios se gestionan mediante la técnica de la incineración, la cual genera gases de combustión (Ministerio de Salud [MINSA], 2010). Por el contrario en el Hospital José Agurto Tello presenta un contrato de los servicios de una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS), la cual faculta el transporte y disposición final directa sin tratamiento de dichos desperdicios al relleno sanitario Zapallal situado en el distrito de Carabayllo (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018).

Por lo tanto, la propuesta de investigación se enfoca en comparar las técnicas de incineración y relleno sanitario en los hospitales María Auxiliadora y José Agurto Tello respectivamente, lo cual proporciona un aporte técnico y científico ante la insuficiente publicación de estudios sobre la huella de carbono de los residuos provenientes de centros de atención médica, y los potenciales impactos en la población de influencia directa como personal de salud, pacientes, operadores sanitarios y la sociedad peruana.

En este sentido, la importancia de la investigación radica en los resultados obtenidos del análisis comparativo entre la contaminación atmosférica que se genera por dos técnicas de eliminación de desechos sanitarios con la finalidad de proponer mejoras en el manejo de dichos residuos. Además, el estudio resulta viable porque el investigador tiene la capacidad de realizar un análisis crítico de los informes de monitoreo sobre la calidad del aire, lo que permitirá identificar la técnica de eliminación con mayores emisiones contaminantes, y fomentar el acatamiento de los compromisos ambientales posibles de supervisar en los hospitales.

Además, la investigación es relevante para los centros de atención médica y las instituciones de supervisión, debido a que no solo representa beneficios de calidad

de servicio, sino también para disminuir los impactos producidos por los desechos sanitarios. De esta manera, la justificación teórica se basa en los fundamentos de la calidad atmosférica para determinar el estado de contaminación, mientras que la justificación práctica se enfoca en la aplicación de medidas preventivas para reducir la problemática de contaminación atmosférica.

Finalmente, la justificación social se orienta en disminuir los riesgos al bienestar y salud de la población, debido a que los desechos de atención médica son medios de difusión de virus y gérmenes, así como trastornos o enfermedades para los médicos, los enfermos, las personas que manipulan los desechos y el público en general (Darmawan et al., 2022). Por lo tanto, las personas pueden infectarse a través del contacto directo con desechos contaminados, o indirectamente por medio de la contaminación ambiental, e incluso mediante animales afectados (Kwikiriza et al., 2019).

Mientras que, la incineración no regulada tiene efectos nocivos para la salud como anomalías congénitas y cáncer entre la población que vive cerca de una planta de incineración (Khalid et al., 2021). Asimismo, representa un riesgo para las personas que se encuentran cerca a los establecimientos de salud (Saucedo et al., 2022). Además, el personal que está en contacto con este tipo de residuos deben estar debidamente capacitados para evitar problemas de salud lo cual repercutiría en su estilo de vida (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

IX. MARCO TEÓRICO

9.1. Residuos hospitalarios

El concepto de residuos ha evolucionado desde una definición como basura a una materia prima que permite la generación de oportunidades financieras relacionadas con cadenas de valorización, incluida la reutilización, el tratamiento de desechos y y la administración de los rellenos sanitarios (Ministerio del Ambiente, 2017). Respecto a las actividades de atención de la salud producen diversos tipos de residuos líquidos y sólidos, de los cuales el 85% está compuesta por desechos comunes no peligrosos, semejantes a la basura doméstica (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018).

No obstante, algunos residuos de atención de la salud suponen una mayor probabilidad de contaminación del 15% al 25%, donde se pueden encontrar un 3% de residuos farmacéuticos y químicos, seguido de un 1% de desperdicios punzocortantes y tejidos humanos cada uno, asimismo, una proporción inferior que 1% para residuos radiactivos y citotóxicos (Padmanabhan y Barik, 2019). Por lo tanto, estos desechos pueden tener efectos adversos en la salud humana y también conducen a perturbaciones en el ambiente como la contaminación de los recursos naturales (Darmawan et al., 2022).

9.2. Clasificación de los residuos hospitalarios

Los desechos sanitarios derivados de las diligencias médicas, centros de exploración hospitalaria y laboratorios afines (Padmanabhan y Barik, 2019). Los residuos resultan del proceso de vacunación, tratamiento y diagnóstico de personas y animales, así

como en el análisis de muestras biológicas, también con fines de investigación (Debrah et al., 2021).

Además, incluye los mismos tipos de desechos que se originan en fuentes menores y dispersas, asimismo, los desechos derivados de la atención médica realizada en los hogares como autoadministración de insulina, atención recuperativa, entre otros (Padmanabhan y Barik, 2019). Los residuos hospitalarios, en su mayoría, se consideran como desechos peligrosos puesto que contiene operadores del biocontaminante, componentes agudos, y productos farmacéuticos (MINSA, 2010).

9.3.1. Clasificación según su peligrosidad

En este aspecto se considera a los residuos de acuerdo con el riesgo para el ambiente y la salud.

Tabla 1

Residuos según peligrosidad

Sector	Descripción
Peligrosos	Presentan características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológicas, que tienen impactos negativos en el ambiente y la salud.
Inertes	Son los residuos que permanecen estables en el tiempo y no presentan reacciones notables al interactuar con el ambiente.
No peligrosos	Aquellos residuos que no requieren de una gestión especial y que no presentan ninguna característica de peligrosidad.

Fuente: Carvajal y Romero (2019)

9.3.2. Clasificación según su naturaleza

En este aspecto se considera a los residuos de acuerdo la naturaleza peligrosa que puede deberse a una o más de las siguientes características.

Tabla 2

Residuos según naturaleza

Sector	Descripción
Residuos de objetos punzocortantes	Objetos punzocortantes usados o sin usar
Residuos infecciosos	Residuos sospechosos de contener patógenos y que presentan un riesgo de transmisión de enfermedades
Residuos patológicos	Residuos que consisten en partes del cuerpo humano o animal.
Residuos farmacéuticos, citotóxicos	Productos farmacéuticos vencidos o que ya no se necesitan y que contienen sustancias con propiedades genotóxicas
Residuos químicos	Residuos que contienen sustancias químicas
Residuos radioactivos	Residuos que contienen sustancias radiactivas
Residuos generales	Residuos que no presentan ningún peligro biológico, químico, radiactivo o físico en particular

Fuente: Padmanabhan y Barik (2019)

9.4. Toxicidad de residuos hospitalarios

Actualmente, existen una gran cantidad de establecimientos de salud que realizan varias atenciones médicas diarias produciendo una enorme suma de desperdicios que presenta peligros para la población y los ecosistemas (Saucedo et al., 2022). En este sentido, los residuos sanitarios son potencialmente peligrosos, tóxicos, infecciosos y nocivos, cuyas toxinas que provocan el crecimiento de alimañas y microorganismos peligrosos, que pueden convertirse en otros peligros sanitarios potenciales (Rabeie et al., 2021).

Además, el Ministerio de Salud advierte que las condiciones de exposición ante los

residuos peligrosos involucran riesgos para los trabajadores que manejan dichos residuos tanto interna como externamente de las infraestructuras médicas. Además, la formación de gases tóxicos de dioxina y furano a partir de la incineración de desechos médicos puede causar daños a los sistemas nervioso y reproductivo humanos durante un largo período de tiempo, y la eliminación de estos desechos puede provocar la contaminación del ambiente (Rabeie et al., 2021).

9.5. Gestión de residuos hospitalarios

Los desechos peligrosos derivados del examen médico requieren una administración controlada para evitar la transmisión de enfermedades (Hospital Nacional Hipólito Unanue, 2017). En este sentido, se requiere ordenar la gestión de los desechos peligrosos, el cual consiste en la planificación, financiación e implementación de programas para la generación, segregación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos sólidos de manera que se considere aceptable tanto social como ambientalmente (Ziraba et al., 2017).

9.5.1. Generación de residuos

Los desechos médicos generados son de varias clasificaciones, y presentan un aspecto crítico debido a la cantidad de desechos producidos y los métodos de manejo para evitar riesgos para el personal en contacto con ellos (Attrah et al., 2022). En esta condición, se incluye la reducción de fuente que establece el diseño, producción, consumo y reutilización de materiales para minimizar la cantidad de los desperdicios producidos (Swana, 2022).

9.5.2. Segregación de residuos

La segregación se logra separando diferentes categorías de residuos como materiales compostables y reciclables del flujo de desechos antes de que se

recolecten con otros desperdicios, para facilitar la reutilización, el reciclaje y el compostaje (Swana, 2022).

9.5.3. Recogida y transporte de residuos

La frecuencia de recolección residuos debe ser tan alta como una vez al día para evitar la acumulación de desechos, que pueden propagar infecciones. Además, el personal responsable de la recolección debe estar equipado con equipo de seguridad para prevenir contaminaciones e infecciones que deben eliminarse de manera segura (Attrah et al., 2022).

9.5.4. Técnicas de tratamiento y eliminación

Es el conjunto de operaciones, formas o procedimientos por los que se ajustan las propiedades de los desperdicios ampliando sus resultados concebibles de reutilización o para minimizar los impactos naturales y los peligros para el bienestar humano (Garzón, 2020). Para ello, el Ministerio de Salud indica cinco tecnologías viables como la incineración, microondas, esterilización a vapor, haz de electrones y tratamiento químico (Saavedra et al., 2021).

La técnica de incineración es una tecnología térmica, que se compone de materiales de combustión a altas temperaturas donde todo residuo se reduce a sus componentes minerales creando dioxinas y furanos, cadmio, mercurio, arsénico, plomo y cromo otros compuestos tóxicos (Veliz et al., 2022). Aproximadamente 3 kg de CO₂ se producen al quemar 1 kg de desechos clínicos, por lo tanto, la incineración de residuos contribuye al aumento del contexto de calentamiento global debido a la liberación de importes significativos de emisiones de efecto invernadero (Attrah et al., 2022).

9.5.5. Reciclaje de residuos

El reciclaje de los desechos constituye el uso de residuos o subproductos producidos para los mismos o diferentes propósitos. La mayor parte de los residuos producidos por el sector médico son residuos no peligrosos como plásticos, baterías, papel, vidrio, metales y plata que tiene potencial de reciclaje. Asimismo, los alimentos y los desechos orgánicos se pueden utilizar con fines de compostaje, las cenizas volantes de la incineración se pueden utilizar en mezclas de hormigón y como bloques de construcción, mientras que el calor producido por la incineración podría usarse para calentar agua para un sistema de calefacción centralizado (Attrah et al., 2022).

9.5.6. Disposición de residuos hospitalarios

Es el método de disponer los desechos, particularmente aquellos no inutilizables, de una manera autorizada (Abdel y Mansour, 2018). Por lo tanto, la técnica de disposición final en los rellenos sanitarios permite confinar los residuos sólidos en un área determinada para que luego se logre cubrir con una capa de tierra hasta su posterior clausura, impidiendo que los gases de efecto invernadero sean emitidos en el medio ambiente (Díaz y Romero, 2016).

9.6. Generación de residuos hospitalarios en el Perú

En el Perú, es difícil estimar las cifras reales de los desechos derivados de las actividades de atención de la salud, pero, si encontramos la cantidad exacta de los desechos de algunos centros médicos en el Perú, entre ellos encontramos al Hospital Nacional Dos de Mayo, que para el año 2019 generó alrededor de 1 052.37 toneladas de residuos sólidos biocontaminados al año (Ministerio de Salud, 2019). De la misma manera en el Instituto Nacional de Salud del Niño y San Borja (2022) en su informe afirma que en el año 2021 se generó diariamente alrededor de 1 661.4 Kg de desechos sanitarios (Instituto Nacional de Salud del Niño y San Borja, 2022).

Lo más interesante con relación al manejo de desechos producidos por los centros de salud, en lo que corresponde a la recolección, transporte y tratamiento de este tipo de desperdicios, es que se hayan registrados 827 empresas en el Ministerio del Ambiente como Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS), de las cuales 126 corresponden a el manejo de desechos en los centros de servicios médicos. Asimismo, de las 126 empresas registradas como EO-RS, solo 48 empresas se encuentran en Lima departamento y solo una realiza en tratamiento de los desperdicios por la técnica de incineración.

En este sentido, la Tabla 3 detalla que nueve regiones del Perú, reportaron una producción de 1,593.98 toneladas métricas mensuales.

Tabla 3

Manejo de residuos sólidos biocontaminados a nivel regiones

REGIONES	CANTIDAD (TM/MES)	CANTIDAD (TM/ANUAL)
LIMA - CHANCAY	31.79	381.50
CUZCO	898.62	10,783.40
LORETO	1.42	16.99
JUNIN	239.57	2,874.86
TACNA	255.55	3,066.55
ANCASH	15.39	184.73
CAJAMARCA	7.45	89.39
MOQUEGUA	10.32	123.82
AREQUIPA	133.88	1,606.56
TOTAL	1,593.98	19,127.80

Fuente: Ministerio del Ambiente (2010)

En adición a esto, en Lima son 3 rellenos sanitarios y en el Callao 1 relleno sanitario, y solo uno o dos de ellos cuentan con cámaras de seguridad para la disposición de los desechos producidos en las instituciones de salud. En cuanto a la

generación se estima que un 14.92% corresponde a residuos sanitarios en San Juan de Miraflores. Mientras que, en Chosica un 10.43% de los residuos están constituidos por desechos médicos según el Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos [SIGERSOL] (2018).

En la Tabla 4, se indica el tratamiento de 245.86 toneladas al año de desechos sanitarios mediante autoclavado en Hospitales con jurisdicción del estado peruano, y por estrategias de incineración en clínicas privadas.

Tabla 4.

Tratamiento de residuos biocontaminados de Lima Metropolitana

MES	CANTIDAD TM/Mes	TIPO DE TRATAMIENTO QUE SE REALIZA	OBSERVACIONES
ENERO	73.33	AUTOCLAVADO	El tratamiento de los residuos sólidos peligrosos mediante el sistema de autoclavado se realiza en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos del Hospital Sergio Bernales de Collique, quien trata sus residuos y también brinda su servicio al Hospital Arzobispo Loayza y el tratamiento de los residuos sólidos por el método de incinerado, estuvo a cargo de la Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos DESCON S.A.C. quien brindó el servicio a algunas clínicas particulares.
	28.13	INCINERADO	
FEBRERO	44.71	AUTOCLAVADO	
	29.02	INCINERADO	
MARZO	4.24	AUTOCLAVADO	
	0.18	INCINERADO	
ABRIL	34.33	AUTOCLAVADO	
	1.93	INCINERADO	
MAYO	4	AUTOCLAVADO	
JUNIO	0	-	
JULIO	0	-	
AGOSTO	0	-	
SEPTIEMBRE	26.02	AUTOCLAVADO	
OCTUBRE	0	-	
NOVIEMBRE	0	-	
DICIEMBRE	0	-	
TOTAL	245.86		

Fuente: Ministerio del Ambiente (2010)

La empresa KANAY S.A.C. antes de la pandemia COVID-19 incineró alrededor de 300 ton/mes de residuos de establecimientos de salud, y solo de Lima Metropolitana. Por otra parte, PROMAS S.R.L., realizó el autoclavado de residuos sólidos en los establecimientos de salud, cuyo volumen de tratamiento se estima en una 600 ton/año, dentro de su jurisdicción de trabajo en La Libertad.

X. ANÁLISIS LEGAL

9.7. Normas peruanas de gestión de residuos hospitalarios

9.7.1. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Este marco establece en su Art. 62° que el tratamiento será dado por las autoridades competentes, y que en este caso le compete al Ministerio de Salud (en adelante, MINSA) establecer el tratamiento que se aplica a los residuos hospitalarios.

9.7.2. Norma Técnica de Salud de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios

Este reglamento establece los lineamientos para el tratamiento y/o disposición final de los desechos provenientes de actividades de atención médica. Por otro lado, establece la definición de los rellenos de seguridad como una infraestructura para la transferencia limpia y ecológicamente segura de bio-contaminado y especiales producidos en los Establecimientos de Salud (en adelante, EESS) y Servicio Médico de Apoyo (en adelante, SMA)

Sin embargo, el punto 8 indica que el tratamiento de estos desechos previo a su disposición final es opcional si no suponen unos desafíos para la salud pública y la naturaleza. Sin embargo, se contradice en el punto 8.2, donde afirma que el vertedero de seguridad no debe considerarse como un método de tratamiento debido que no influye en la alteración de las propiedades de peligrosidad de los desechos.

9.7.3. Ley de Transporte de Mercancías y Residuos Peligrosos

El decreto se encarga de dar una guía para tener un mejor control y manejo de los residuos hospitalarios. Tiene como objeto controlar los ejercicios, formas y operaciones de llegada transporte de materiales peligrosos y despilfarros, sujeto a las normas de anticipación y garantía de la población, la naturaleza y la pertenencia.

9.7.4. Estándares de calidad Ambiental

El decreto establece la estimación que determina la suma de componentes físicos, naturales y químicos, compuestos o componentes que se presentan en el debate y no incorporan peligros reales para la salud humana y los ecosistemas.

Tabla 5

Estándar de Calidad Ambiental para aire

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m ³]	Criterios de evaluación	Método de análisis [1]
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) [2]	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire (2017)

9.7.5. Límites Máximos Permisibles

Los límites Máximos Permisibles que está conectado a los ejercicios realizados en las instituciones médicas son los gases de incineradores de desperdicios, cuya propuesta administrativa fue impartida al Ministerio de Salud, sin embargo, hasta la fecha, no se ha cumplido con establecimiento de LMP.

XI. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

11.1. Objetivos

11.1.1. Objetivo general

Analizar el nivel de toxicidad de la técnica de incineración y la técnica de relleno sanitario de los residuos generados del Hospital María Auxiliadora y el Hospital José Agurto Tello.

11.1.2. Objetivos específicos

O1: Describir los gases generados durante las técnicas de eliminación de residuos en el Hospital José Agurto Tello y en el Hospital María Auxiliadora.

O2: Determinar el nivel de toxicidad del desecho hospitalario bajo la técnica de incineración en el Hospital María Auxiliadora.

O3: Determinar el nivel de toxicidad del desecho hospitalario bajo la técnica de relleno sanitario en el Hospital José Agurto Tello.

11.2. Hipótesis

11.2.1. Hipótesis General

El nivel de toxicidad de emisiones presenta mayores impactos ambientales negativos en la técnica de incineración en comparación con la técnica de relleno sanitario.

11.2.2. Hipótesis Específica

H1: Los gases generados durante la incineración de residuos en el Hospital José Agurto Tello y en el Hospital María Auxiliadora son superiores a los valores del

reglamento permitido.

H2: La técnica de incineración empleada por el Hospital María Auxiliadora tiene alto nivel de toxicidad ocasionando un mayor impacto negativo en el ambiente.

H3: La técnica de relleno sanitario empleada por el Hospital José Agurto Tello tiene alto nivel de toxicidad ocasionando un mayor impacto negativo en el ambiente.

XII. METODOLOGÍA

12.1. Tipo de Investigación

El estudio se categorizó como tipo básica ya que no se enfocara en resolver ningún problema de manera inmediata, muy por el contrario los resultados servirán como sustento para las futuras investigaciones que se pretendan realizar (Arias y Covinos, 2021). A su vez, presentó un nivel descriptivo debido a que se realiza una descripción del conjunto de variables y sus atributos más representativos, asimismo, el diseño se estableció no experimental porque los factores a evaluar no fueron sometidos a condiciones experimentales, siendo evaluados en su marco natural (Hernández y Mendoza, 2018).

En ese sentido, los estudios evaluados corresponden a los monitoreos realizados por cada entidad conforme lo establece su obligación ambiental, por lo tanto, se solicitaron copias de monitoreo ambientales de los hospitales: María Auxiliadora y José Agurto Tello con una antigüedad no mayor a 5 años, esta información fue analizada con el objetivo de establecer cuál de las dos técnicas de eliminación de residuos utilizadas presenta mayor nivel de toxicidad.

Además, los parámetros de calidad de aire evaluados en los reportes de cada establecimiento como SO₂, NO₂, CO, O₃, H₂S, HT, PM₁₀, PM_{2.5}, Pb y Hg fueron

comparados en relación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire con la finalidad de identificar si las emisiones de los centros médicos superan o no los valores de cuantificación límite.

12.2. Métodos de análisis de información

Los reportes de monitoreo ambientales realizados en los hospitales María Auxiliadora y José Agurto Tello, fueron analizados mediante métodos de análisis documental, concibiendo una crítica del contenido temático del documento en función a las emisiones proporcionados por los operadores de las técnicas de incineración y relleno sanitario, las cuales son estrategias de eliminación de los residuos procedentes de las atenciones hospitalarias.

12.3. Metodología

Los desechos peligrosos generados en los hospitales José Agurto Tello en Chosica y María Auxiliadora en San Juan de Miraflores, serán extraídos y se analizará en relación cada indicador (SO_2 , NO_2 , CO) con la finalidad de distinguir la estrategia que es menos destructiva para la naturaleza y los individuos comparándola con las medidas de calidad.

La población de Chosica donde se encuentra la clínica José Agurto Tello es de aproximadamente 218 976 inquilinos y San Juan de Miraflores donde se encuentra la Clínica María Auxiliadora es de alrededor de 404 000 hospitalizados (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017). Estas cifras generan una cantidad significativa de desechos sanitarios producto de las actividades médicas que pueden ocasionar daños en los individuos y los ecosistemas.

Dentro de la elección de un desperdicio, se consideraron compuestos peligrosos como jeringas, productos químicos, medicamentos caducados, componentes

bioinfecciosos y otros. Todos estos residuos serán transportados dentro de los dos métodos antes mencionados (quema y vertido). Los incineradores están planeados para evacuar todo los componentes naturales, convirtiéndolo en emisiones contaminantes tales como partículas y otras formaciones que comienzan con una combustión inadecuada, así como el mercurio, monóxido de carbono y metano dioxinas (Rosenberg et al., 2021).

Por otro lado, las estrategias de inspección, las características de los artes utilizados y las estrategias utilizadas para el examen de las pruebas fueron realizadas por Environmental Testing Laboratory S.A.C. (ENVIROTEST), laboratorio de ensayo acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) con Registro N° LE – 056.

Tabla 6.

Equipos de monitoreo de calidad de aire

PARÁMETROS	EQUIPOS	MÉTODO	MÉTODO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO
SO ₂		Fluorescencia UV	Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the atmosphere (Pasarosaniline Method) EPA 40 CFR, Appendix A-2 to Part 50; 2010
NO ₂		Quimiluminiscencia	Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction) ASTM D1607-91, (Reapproved 2011)
CO	Tren de Muestreo	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)	Determinación de Monóxido de Carbono en aire. Método, 4- carboxibencenosulfonamida ETL-130511 / Referenciado en Análisis de los Contaminantes del Aire - Peter O. Warner (Validado); 2013
O ₃		Fotometría UV	Determinación de Ozono en Aire. ETL-130512, Referenciado en Methods Of Air Sampling AND Analysis-411 (Validado); 2013

H ₂ S		Fluorescencia UV	Determinación de la concentración del Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S) en la atmosfera. ETL -130510 Referenciado en la norma COVENIN 3571:2000. (Validado); 2013
HT		Ionización de la llama de hidrogeno	Standard Practice for Analysis of Organic Compound Vapors Collected by the Activated Charcoal Tube Adsorption Method // Standard Practice for Sampling Atmospheres to Collect Organic Compound Vapors ASTM_D3687-07(Reapproved2012) ASTM_D3686-13
PM ₁₀		Gravimetría	EPA-Compendium Method IO-2.3: Sampling of Ambient Air for PM ₁₀ Concentration Using the Rupprecht and Patashnick (RyP) Low Volume Partisol® Sampler / June 1999. EPA-Compendium Method IO-3.1: Selection, Preparation and extraction of filter material / June 1999.
Pb	Muestreador PM ₁₀	Espectrofotometría de absorción atómica	Determination of Metals in Ambient Particulate Matter using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy EPA Compendium Method IO-3.4, 1999
Hg			Absorbent Tube Method (Hopcalite) by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry ETL-171129 (Validated) Environmental Quality / Air Quality Monitoring / Standard Method for Determination of Total Gaseous Mercury NTP 900.068 / 2016-12-31, 1 st Edition
PM _{2.5}	Muestreador PM _{2.5}	Gravimetría	Reference Method for the Determination of fine particulate matter as PM 2.5 in the Atmosphere EPA 40 CFR, Appendix L to Part 50

Fuente: Elaboración propia.

XIII. RESULTADOS

Haremos una comparación cualitativa de los resultados obtenidos de los monitoreos ambientales de la Planta de Incineración, así como del Relleno Sanitario donde se han dispuesto los residuos de los establecimientos de salud, ambos monitoreos corresponden al entorno de ambas instalaciones.

13.1. Planta de Incineración en el Hospital María Auxiliadora

Los resultados fueron obtenidos de laboratorios acreditados y son comparados con las normativas referenciales según la calidad del aire. Para obtener estos resultados en su proceso se tuvo en cuenta el protocolo de la calidad de aire N° 010-19 (Ministerio del Ambiente, 2019).

Tabla 7

Resultados de la Calidad del Aire

Estación de Muestreo		A1	A2	A3	Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM
Fecha		26/06/2019	25/06/2019	25/06/2019	
Hora	Unidad	12:20	12:20	11:20	
Material Particulado OM-10 HV	µg/m ³	--	--	67.299	100
Material Particulado OM-10 LV	µg/m ³	30.854	36.296	28.293	50
Mercurio en Material Particulado PM-10 HV	µg/m ³	0.00010	0.00022	<0.00003	2
Plomo en Material Particulado PM-10 HV	µg/m ³	0.02530	0.05960	0.01950	1.5
Determinación de Dióxido de Azufre	µg/m ³	<1.0	<1.0	<1.0	250
Determinación de Dióxido de Nitrógeno	µg/m ³	33.1	12.1	--	200
Determinación de Monóxido de Carbono	µg/m ³	<625.0	<625.0	<625.0	10000
Determinación de Ozono	µg/m ³	4.48	4.63	2.36	100
Determinación de Sulfuro de Hidrogeno	µg/m ³	<1.3	<1.3	<1.3	150
Hidrocarburos Totales de Petróleo. Expresados como Hexano	µg/m ³	0.126	0.524	<0.007	100⁽¹⁾

Fuente: Elaborado a partir de los Informes de ensayo con valor oficial N° 82183, N° 82184, N° 82185.

(1)O.S. 003-2008-MINAM

Los resultados obtenidos fueron comparados con las normas establecidas por Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. En la tabla N°9, los resultados de la calidad atmosférica, se observa que los indicadores estudiados presentan valores inferiores que los Estándares de calidad de aire (ECA).

Tabla 8

Resultados de PM10 y NO₂

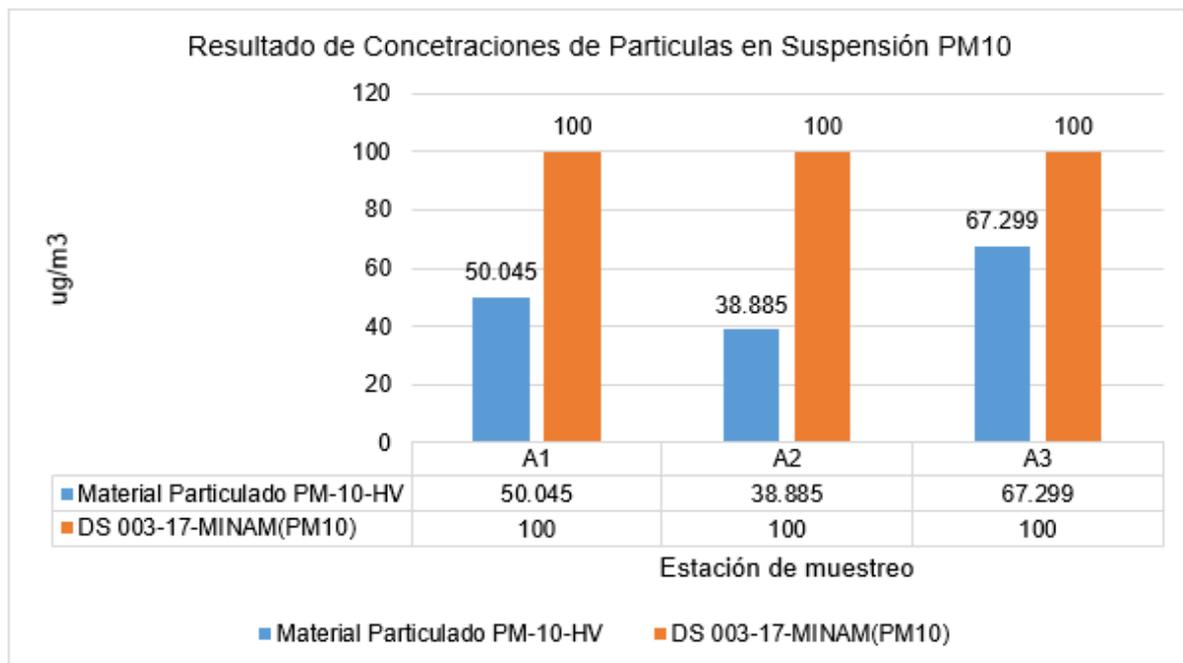
Estación de Muestreo			A1	A2	A3	Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM
Fecha			26/06/2019	25/06/2019	25/06/2019	
Hora	Unidad		12:20	12:20	11:20	
Material Particulado OM-10 HV	µg/m ³		50.045	38.885	--	100
Determinación de Dióxido de Nitrógeno	µg/m ³		--	--	9.8	50

Fuente: Elaborado a partir de Informes de ensayo con valor oficial N° 71889, N° 71690, N° 71891.

Los parámetros Material Particulado OM-10 HV y Determinación de Dióxido de Nitrógeno para las estaciones A1, A2, A3, estuvieron contrastados con los términos establecidos por MINAM, encontrándose por debajo de los límites permisibles.

Figura 1.

Resultado de Concentraciones de PM10

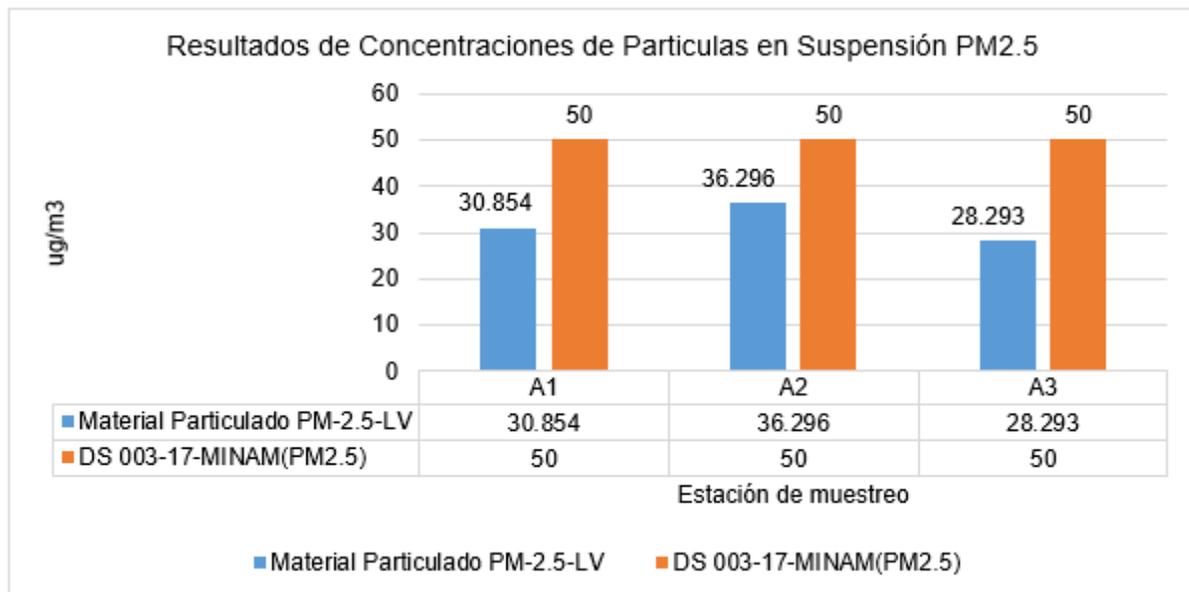


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concentración de partículas en suspensión PM₁₀ en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM10) para el Hospital María Auxiliadora.

La Figura 1, representa los valores de PM10 menor a 10 micras para las estaciones A1, A2, A3, comparando los resultados con la DS 003-17-MINAM (PM 10), se obtuvo que el Material Particulado PM-10-HV no supera los límites para ECA, teniendo concentraciones en cada estación de 50.045 ug/m³, 38.885 ug/m³, 67.299 ug/m³ respectivamente.

Figura 2.

Resultado de Concentraciones de PM2.5

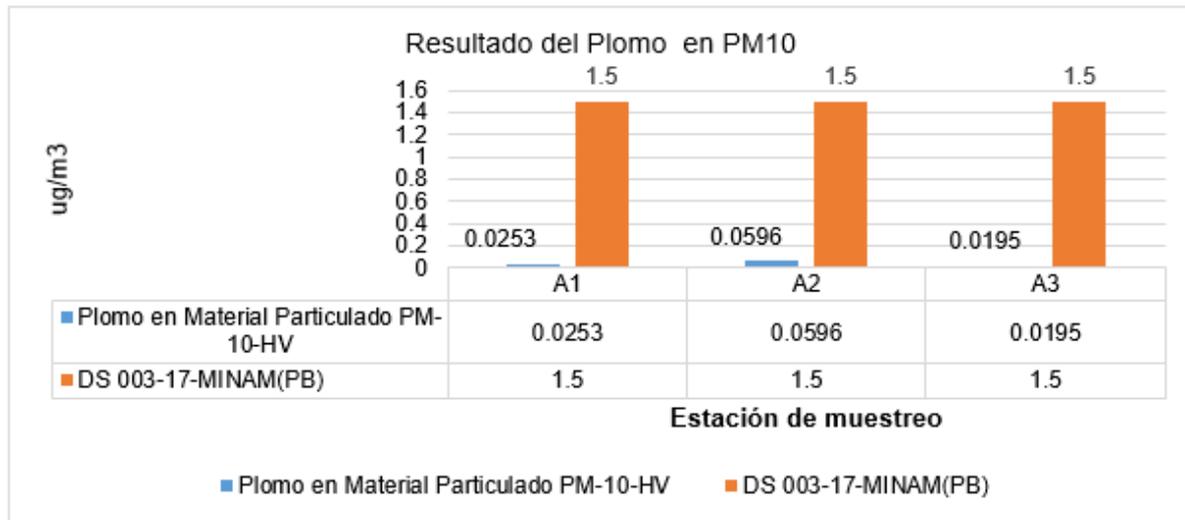


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa las concentraciones de Partículas en Suspensión PM_{2.5} en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM 10) para el Hospital María Auxiliadora.

La figura 2, representa los valores de PM2.5 menor a 2,5 micras para las estaciones A1, A2, A3 respectivamente. Comparando los resultados con DS 003-17-MINAM (PM2.5), el Material Particulado PM-2.5-LV se encuentra dentro de los Estándares de Calidad, con concentraciones para cada planta de 30.854 ug/m³, 36.296 ug/m³, 28.293 ug/m³ en cada estación de muestreo.

Figura 3.

Resultado de Plomo en PM₁₀

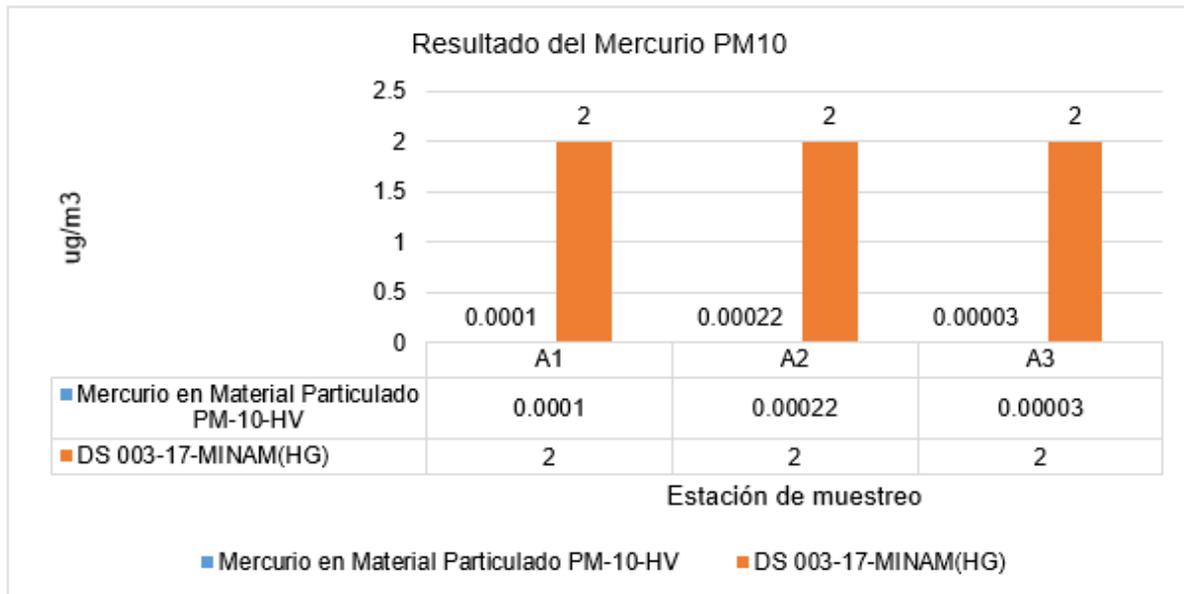


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concentración de plomo en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM₁₀) para el Hospital María Auxiliadora.

La figura 3, representa los valores de Plomo en PM10 para las estaciones A1, A2, A3, se encuentran dentro de los límites establecidos por DS 0003-17-MINAM (Pb), teniendo que el plomo en Material particulado PM-10-HV tiene resultados para cada estación de 0.025³ ug/m³, 0.0596 ug/m³, 0.0195 ug/m³, resultados dentro de lo permisible.

Figura 4.

Resultado del Mercurio PM₁₀

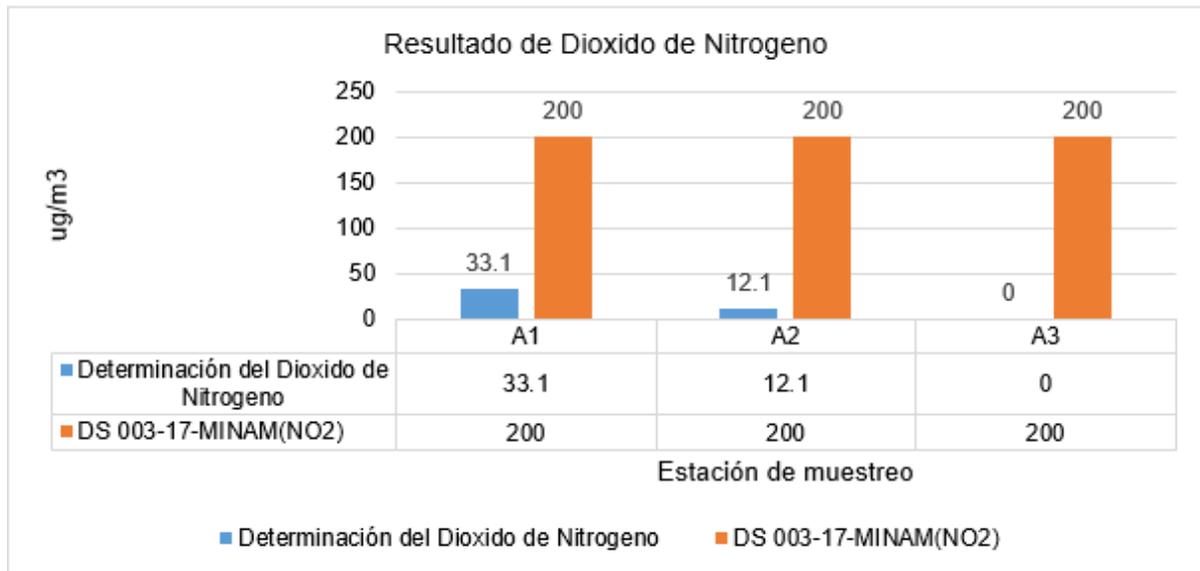


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concentración de mercurio en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM 10) para el Hospital María Auxiliadora.

La figura 4, muestra los resultado del Mercurio PM10 menor a 10 micras para las estaciones A1. A2, A3 respectivamente. Comparando los resultados con DS 003-17-MINAM (Hg), el Mercurio en Material Partiuclado PM-10-HV se encuentra dentro de los estándares de calidad del aire, con resultados dentro de lo permisible de 0.0001 ug/m³, 0.00022 ug/m³, 0.00003 ug/m³.

Figura 5.

Resultado del Dióxido de Nitrógeno

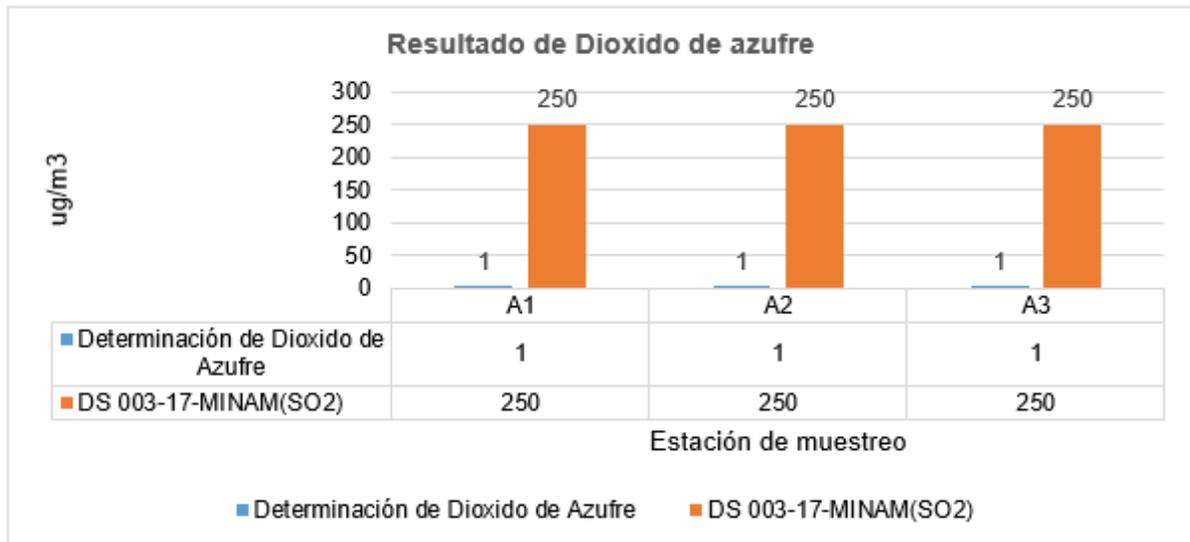


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concentración de dióxido de azufre en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM 10) para el Hospital María Auxiliadora.

La figura 5, muestra los resultados de Dióxido de Nitrogeno para cada estación A1, A2, A3, comparando los resultados de cada estación con DS 0003-17-MINAM, se identificó que la Determinación del Dióxido de Nitrogeno esta dentro de los límites establecidos, con valores inferiores de 33.1 ug/m³, 12.1 ug/m³, 0 ug/m³ respectivamente.

Figura 6.

Resultado de Dióxido de azufre

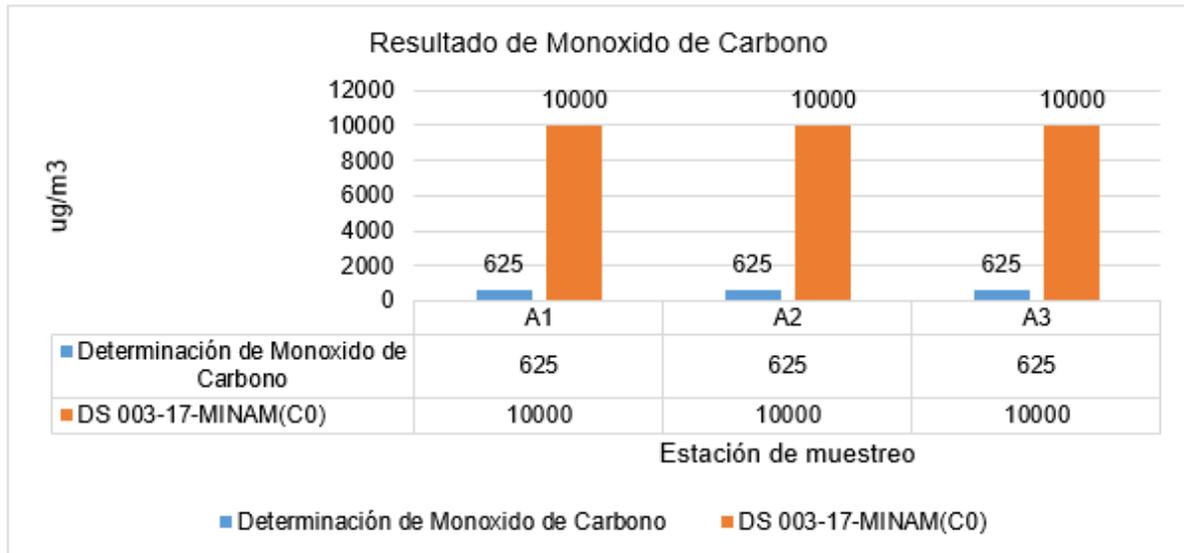


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concentración de dióxido de azufre en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM 10) para el Hospital María Auxiliadora.

La figura 6, representa los valores de Dióxido de azufre para las estaciones A1, A2, A3 comparando los valores con los estándares establecidos por DS 003-17-MINAM (SO₂). La determinación de Dióxido de Azufre presento concentraciones inferiores de los límites permisibles, con 1 ug/m³ respectivamente para cada estación de monitoreo.

Figura 7.

Resultado de Monóxido de Carbono

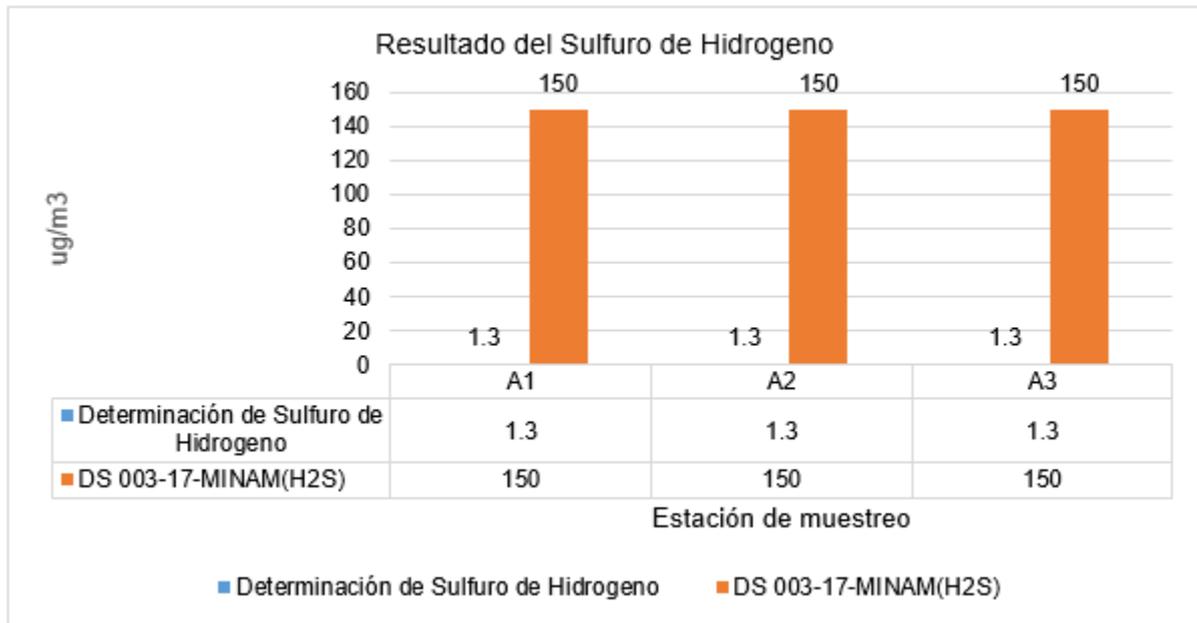


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concentración de monóxido de carbono en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM 10) para el Hospital María Auxiliadora.

La figura 7, muestra los resultado de Monóxido de Carbono en comparación con los estándares establecidos por DS 003-17.MINAM (C0) para las estaciones A1, A2, A3. Identificándose que la determinación de Monóxido de Carbono se encuentra dentro de los Límites permisibles, con resultados en cada estación de 625 ug/m³, 625 ug/m³, 625 ug/m³.

Figura 8.

Resultado de Sulfuro de Hidrogeno

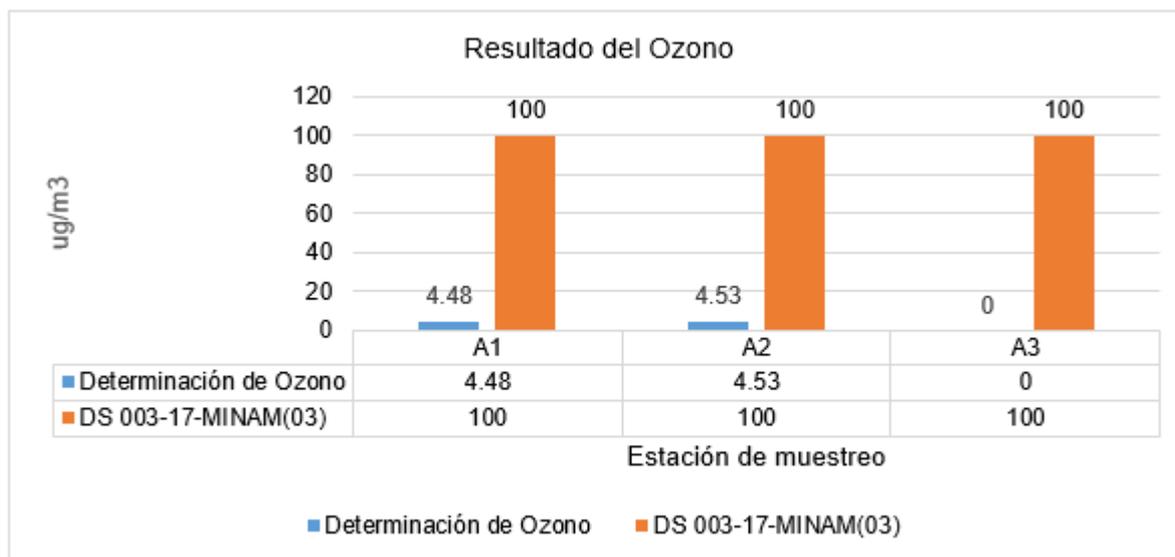


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concentración de sulfuro de hidrogeno en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM 10) para el Hospital María Auxiliadora.

La figura 8, muestra que los resultados de Sulfuro de Hidrogeno para las estaciones A1, A2, A3 están por debajo de lo estándares establecidos por DS 003-17-MINAM (H₂S), identificando que el indicador de Sulfuro de Hidrógeno tiene valores inferiores de 1.3 ug/m³ para cada estación de muestreo.

Figura 9.

Resultado del Ozono

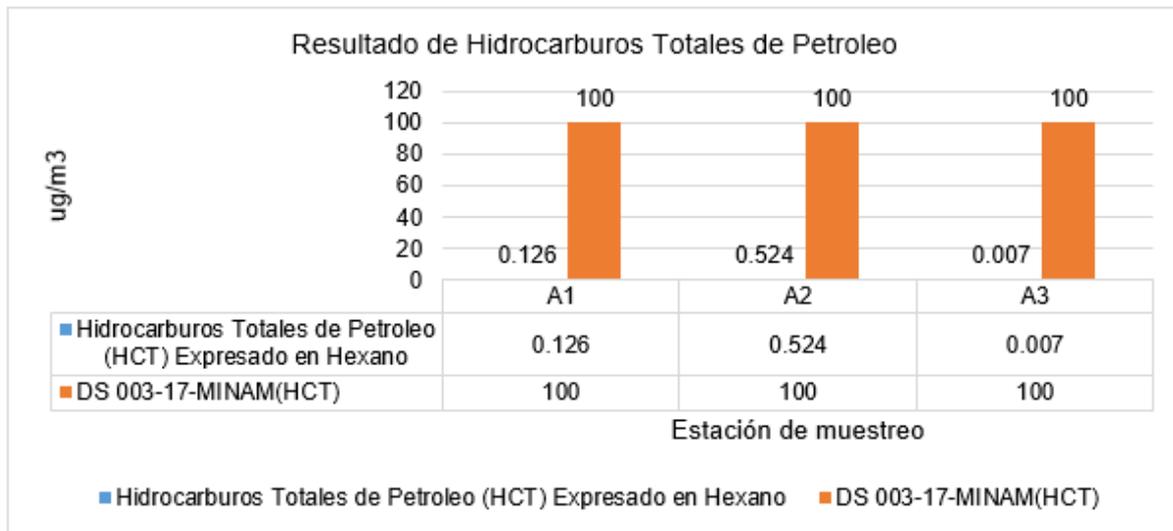


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa los niveles de Ozono en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM 10) para el Hospital María Auxiliadora.

La figura 9, muestra los resultado del Ozono para la estación A1, A2, A3, comparando los valores con lo estándares establecidos por DS 003-17-MINAM (03). Encontrando que la determinación de Ozono se encuentra dentro de los límites permisibles para cada estación de muestreo con valores de 4.48 ug/m³, 4.53 ug/m³, 0 ug/m³.

Figura 10.

Resultado de Hidrocarburos Totales de Petróleo



Fuente: Elaboración propia. El grafico representa los hidrocarburos totales de petroleo en comparación con el DS 003-17-MINAM (PM 10) para el Hospital María Auxiliadora.

La figura 10, muestra los resultados de Hidrocarburos Totales de Petroleo, comparando los resultados del DS 003-17-MINAM (HCT), para las estaciones A1, A2, A3. Se determinó que los concentraciones de los Hidrocarburos totales de Petroleo (HCT) expresado en Hexano presentan niveles inferiores en comparación con la norma anteriormente mencionada, con valores 0.126 ug/m³, 0.524 ug/m³, 0.007 ug/m³ respectivamente para cada estación. Por otro lado, las Gráficas N° 1 y 2 muestran que los indicadores estudiados presentaron valores inferiores que los valores limites según los lineamientos de la normativa peruana.

13.2. Relleno Sanitario en el Hospital José Agurto Tello

El monitoreo de calidad del aire se llevó a cabo durante el periodo establecido entre 19 de diciembre de 2019 al 22 al 23 de enero de 2020. De acuerdo a lo observado en campo, las infraestructuras del relleno sanitario de Zapallal se encuentran ubicada en km 34 de la Panamericana Norte- Carabayllo.

Cabe recalcar que, en las cercanías de la Planta se observa la presencia de otras industrias y canteras; por lo que los resultados se pueden ver alterados. Asimismo, las rutas de acceso a la Planta, cuyas vías son suelos deteriorados y carrozables; donde los tránsitos de vehículos pesados son frecuentes. Por último, es importante mencionar que, en el momento de realizar las tomas de muestras y mediciones, la empresa operaba de manera regular.

En la Tabla N° 10 se detallan las concentraciones los parámetros de calidad de aire.

Tabla 9.

Concentraciones de material particulado, gases y metales

ESTACIÓN DE MONITOREO	UNIDAD DE MEDIDA	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	ECA PARA AIRE	NORMA DE COMPARACIÓN
		17/12/2019	19/12/2019	18/12/2019	18/12/2019	17/12/2019	16/12/2019		
		10:00 h	12:10 h	11:00 h	12:30 h	12:00 h	11:00 h		
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM-10) – Alto Volumen	µg/m ³	37,51	41,20	--	--	40,64	--	100 µg/m ³	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM-10) – Bajo Volumen	µg/m ³	--	--	32,42 ⁽¹⁾	<1,41 ⁽¹⁾	--	11,71		
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM-2,5)	µg/m ³	8,90	28,25	25,51	14,80	10,78	10,75	50 µg/m ³	
Dióxido de azufre (SO ₂)	µg/m ³	< 12,15	< 12,15	< 12,15	< 12,15	< 12,15	< 12,15	250 µg/m ³	
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	µg/m ³	< 8,75	< 8,75	< 8,75	< 8,75	< 8,75	< 8,75	200 µg/m ³	
Monóxido de carbono (CO)	µg/m ³	< 652	< 652	< 652	< 652	< 652	< 652	10 000 µg/m ³	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	µg/m ³	< 2,104	< 2,104	< 2,104	< 2,104	< 2,104	< 2,104	150 µg/m ³	
Ozono (O ₃)	µg/m ³	< 2,34	< 2,34	< 2,34	< 2,34	< 2,34	< 2,34	100 µg/m ³	
COV-Benceno (C ₆ H ₆)	µg/m ³	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	2 µg/m ³	
Mercurio gaseoso (Hg)	µg/m ³	--	--	< 2,00	--	--	--	2 µg/m ³	
Hidrocarburos totales (HT) expresado como Hexano	mg/m ³	<0,0035	<0,0035	<0,0035	<0,0035	<0,0035	<0,0035	100 mg/m ³	Estándares de Calidad Ambiental para Aire Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM
Plomo (Pb) en filtro de PM-10 – Alto Volumen	µg/m ³	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	--	0,5 µg/m ³	Ontario's Ambient Air Quality Criteria
Plomo (Pb) en filtro de PM-10 – Bajo Volumen	µg/m ³	--	--	--	--	--	< 0,004		

Fuente: Datos obtenidos del informe de ensayo N° 198445.

⁽¹⁾ Datos obtenidos del informe de ensayo N° 200347.

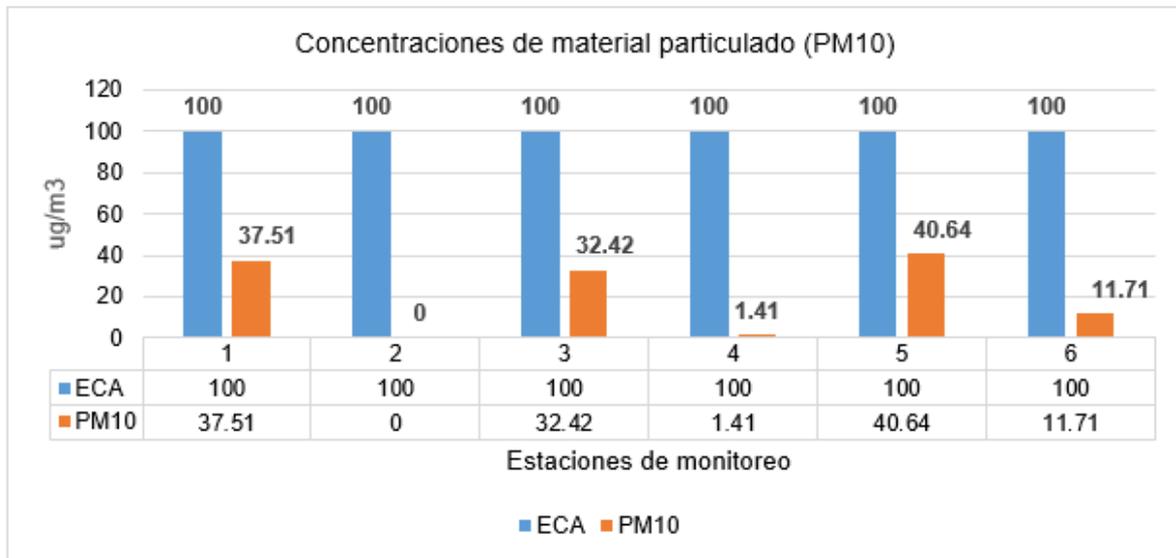
ECA: Estándar de Calidad Ambiental.

-- No aplica

La Figura N° 11, representa los valores reportados del parámetro material particulado (PM-10) en las seis estaciones de muestreo de calidad atmosférica.

Figura 11.

Concentraciones de material particulado (PM10)



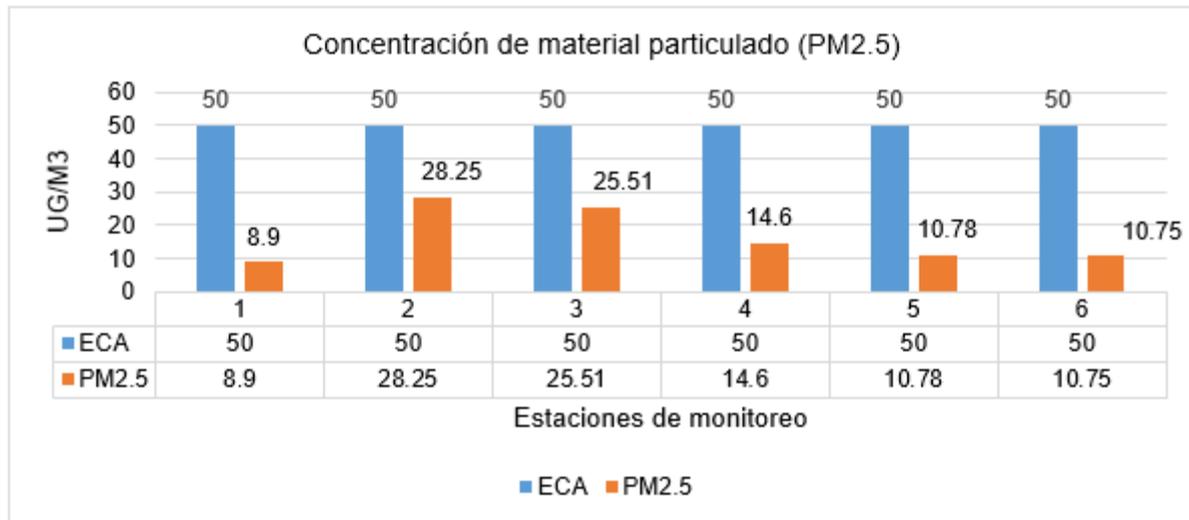
Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concetraciones de material particulado (PM10) en comparacion con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

En la Figura N° 11, se observa que los valores de PM₁₀ obtenidas en las estaciones de monitoreo E-1, E-2, E-3, E-5 y E-6, se encuentran por debajo de los niveles del ECA, las cuales presentaron valores de 37,51 µg/m³, 41,20 µg/m³, 32,42 µg/m³, 40,64 µg/m³y 11,71 µg/m³ respectivamente. Asimismo, para la estación de monitoreo E-4, no superó los ECA, obteniendo una concentración menor a 1,41 µg/m³ que indica el límite estimado por el laboratorio ENVIROTEST.

La Figura N° 12, se presentan los valores reportados del parámetro PM_{2,5} en las estaciones de monitoreo.

Figura 12

Concentraciones de material particulado (PM2.5)

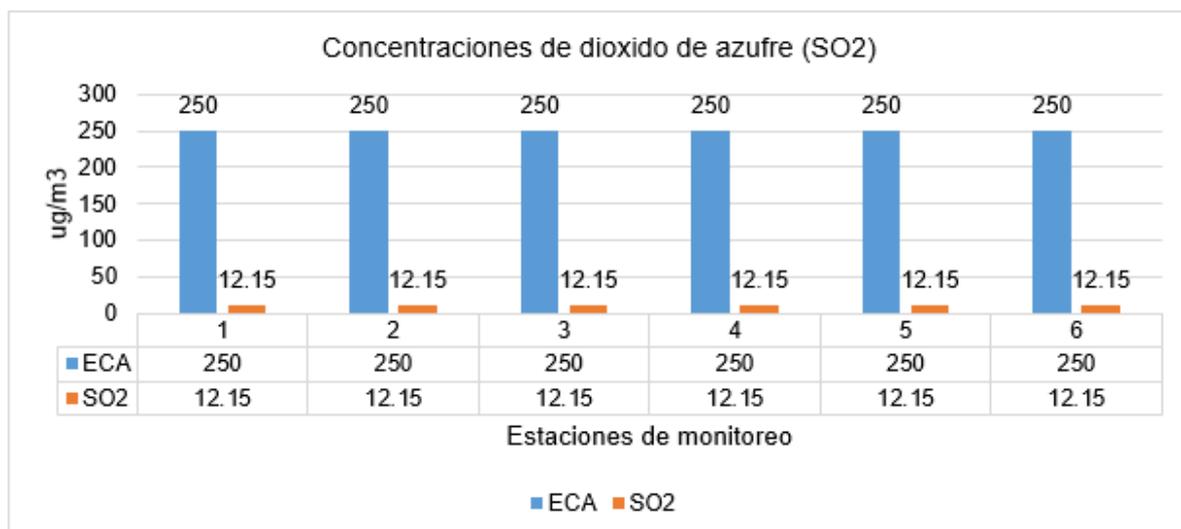


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concetraciones de material particulado (PM 2.5) en comparacion con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

En la Figura N° 12, representa los valores de PM_{2,5} reportadas por las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6, se encuentran pordebajo de los ECA, con valores de 8,90 µg/m³, 28,25 µg/m³, 25,51 µg/m³, 14,60µg/m³, 10,78 µg/m³ y 10,75 µg/m³ cada uno.

Figura 13.

Concentraciones de dióxido de azufre (SO₂)

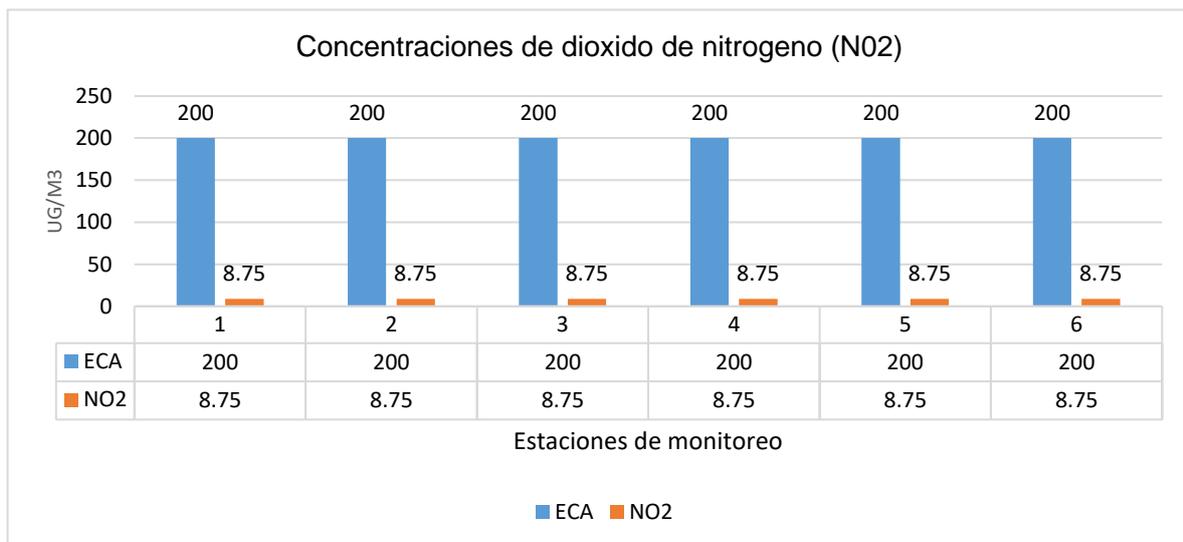


Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concetraciones de dióxido de azufre (SO₂) en comparacion con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

La Figura N° 13, detallan las concentraciones reportadas del parámetro dióxido de azufre (SO₂) en las estaciones de monitoreo.

Figura 14.

Concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂)



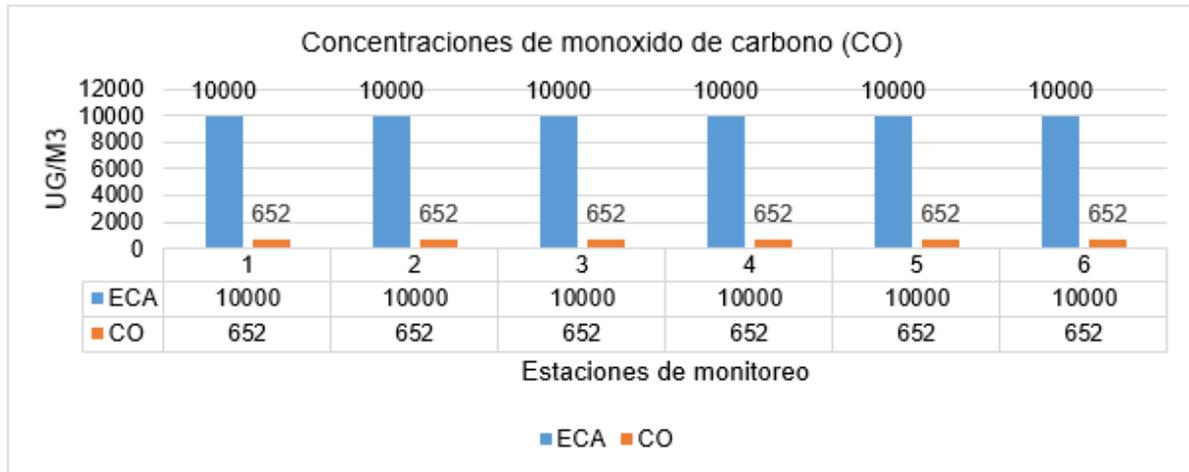
Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concetraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) en comparacion con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

La Figura N° 14, presentan los valores reportados del parámetro dióxido de nitrógeno (NO₂) en las estaciones con datos inferiores a 8,75 µg/m³ que indica el límite de cuantificación estimado por el laboratorio ENVIROTEST.

En la figura N° 15, se especifican los valores reportados del parámetro monóxido de carbono (CO) en todas las estaciones.

Figura 15.

Concentraciones de monóxido de carbono (CO)



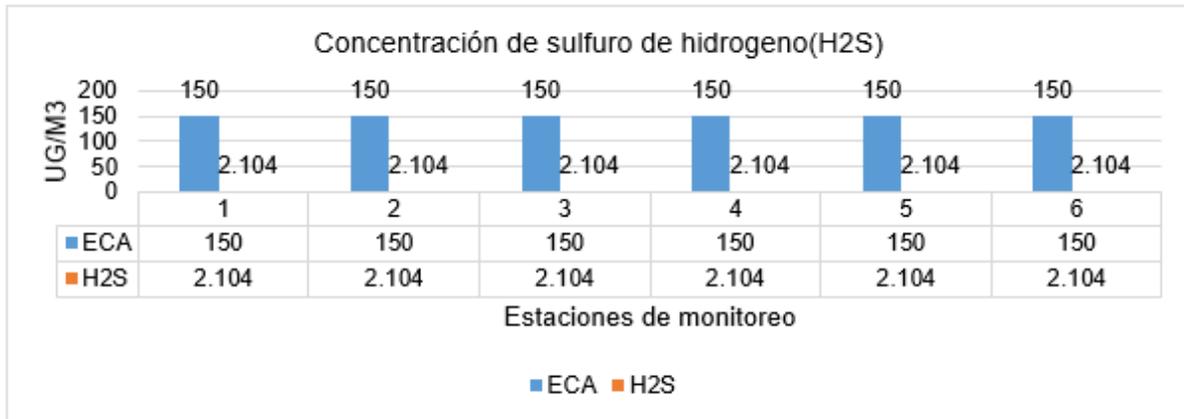
Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concetraciones de monoxido de carbono (CO) en comparacion con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

En la Figura N° 15, se reporta los valores de monóxido de carbono (CO) según las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6 con valores inferiores a 652 µg/m³ que indica el límite de cuantificación estimado por el laboratorio ENVIROTEST.

Figura N° 16, se presentan los valores reportados del parámetro sulfuro de hidrógeno (H₂S) en las estaciones.

Figura 16.

Concentraciones de sulfuro de hidrogeno (H2S)



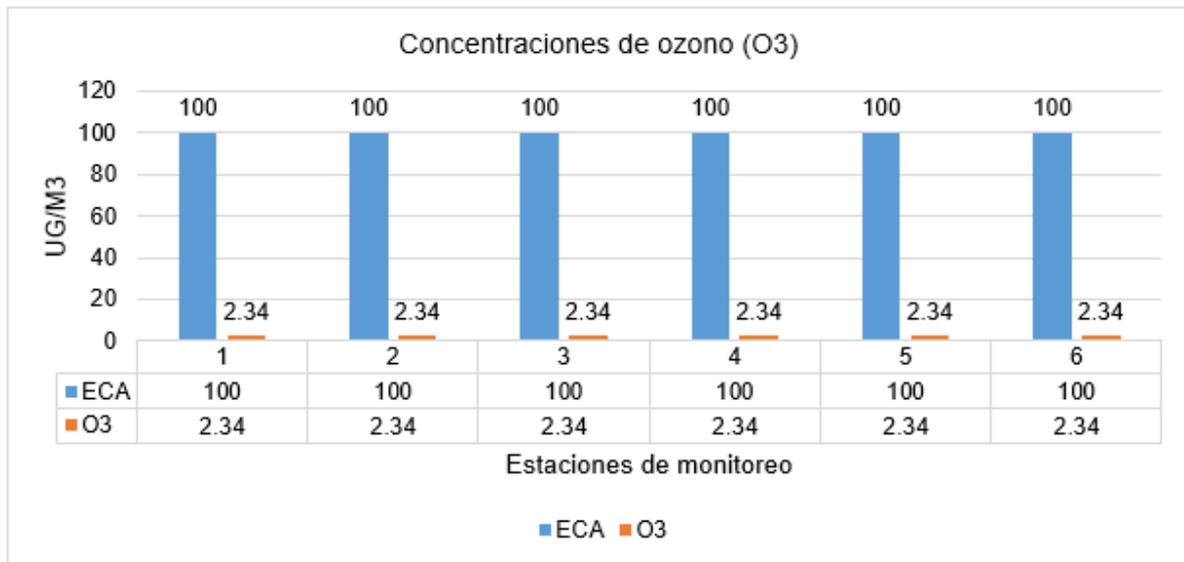
Fuente: Elaboración propia. El grafico representa la concentración de sulfuro (H2S) en comparación con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

En la Figura N° 16, se reporta los valores de sulfuro de hidrogeno (H2S) reportadas por las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6 con datos inferiores a 2,104 µg/m³ que indica el límite de cuantificación estimado por el laboratorio ENVIROTEST.

La Figura N° 17, se presentan los valores reportados del parámetro ozono (O3) en las estaciones.

Figura 17.

Concentraciones de ozono (O3)



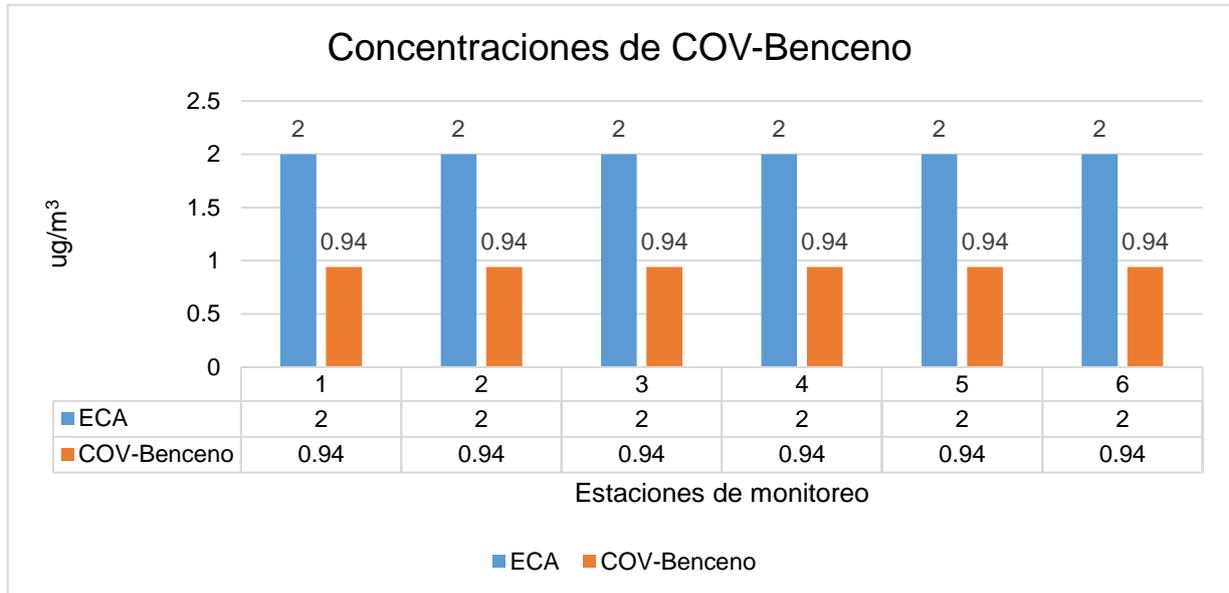
Fuente: Elaboración propia. El grafico representa las concentraciones de ozono en comparación con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

En la Figura N° 17, se reporta los valores de ozono (O3) obtenidas en las estaciones de monitoreo E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6, se encuentran por debajo de los ECA. Todas las estaciones presentaron valores inferiores a 2,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo este valor el límite de cuantificación del método reportado por el laboratorio ENVIROTEST.

La Figura N° 18, se presentan los valores reportados del parámetro COV-Benceno (C6H6) en las estaciones.

Figura 18.

Concentraciones de COV - Benceno



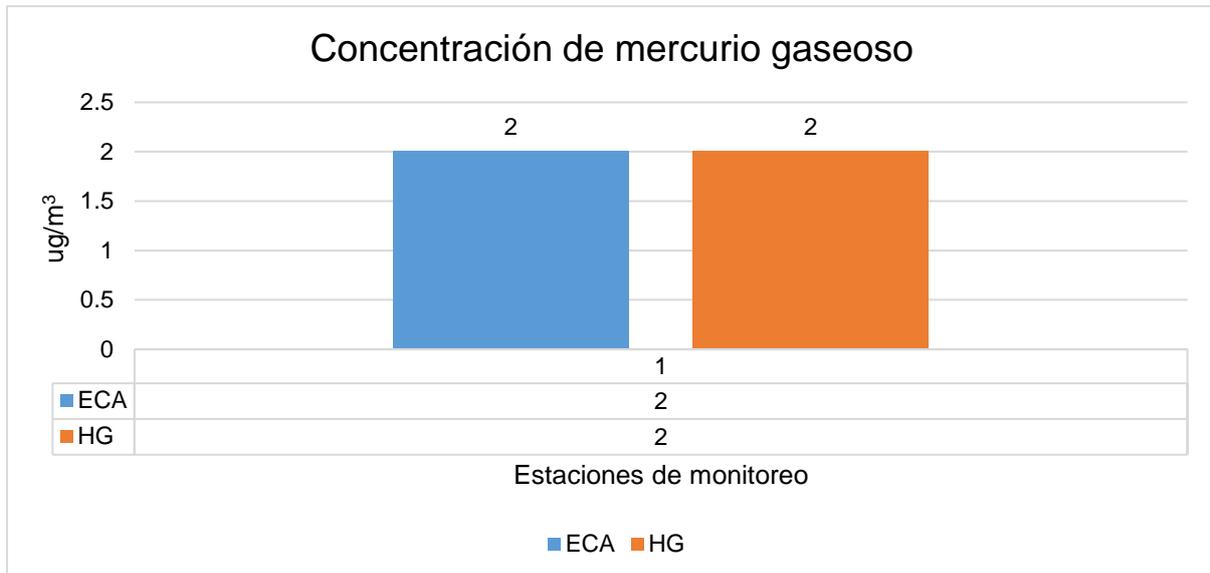
Fuente: Elaboración propia. El gráfico representa las concentraciones de COV-Benceno en comparación con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

En la Figura N° 18, se reporta los valores de COV-Benceno (C₆H₆) reportadas por las estaciones de monitoreo E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6 con valores inferiores a 0,94 µg/m³ que indica el límite de cuantificación estimado por el laboratorio ENVIROTEST.

En la Figura N° 19, se presentan los valores reportados parámetro mercurio gaseoso (Hg) en una estación de monitoreo.

Figura 19.

Concentraciones de mercurio gaseoso



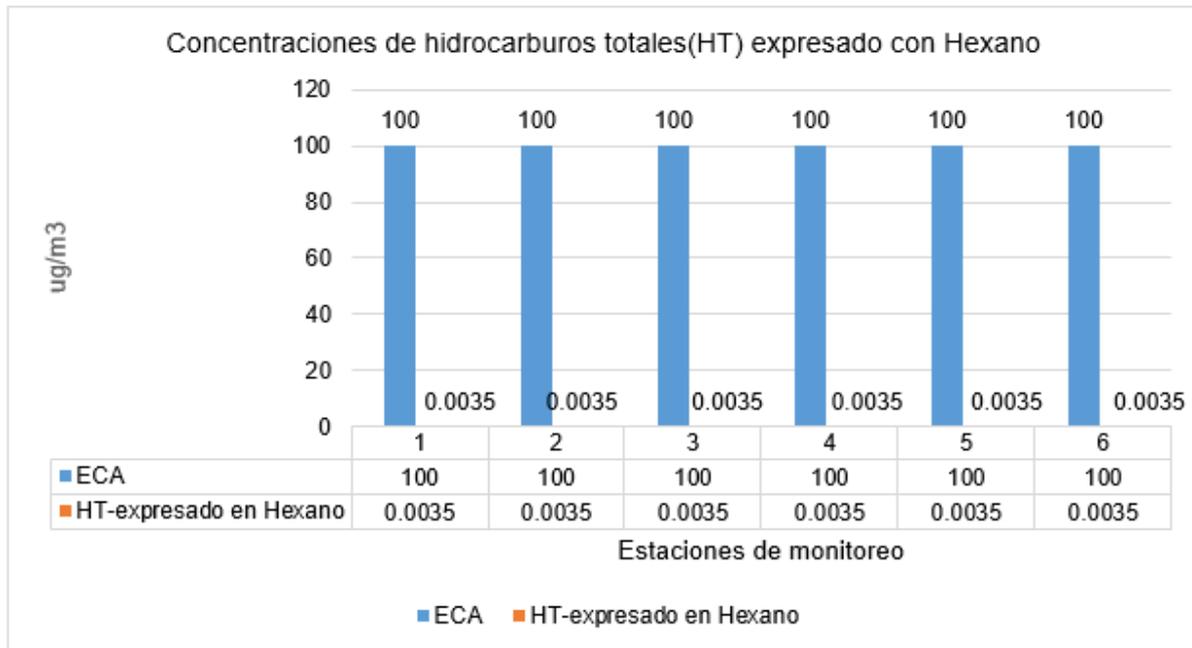
Fuente: Elaboración propia. El gráfico representa las concentraciones de mercurio gaseoso en comparación con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

En la Figura N° 19, se reporta los valores de mercurio gaseoso (Hg) reportadas por las estaciones de monitoreo, donde solo E-3, tuvo valores inferiores a 2 µg/m³ que indica el límite de cuantificación estimado por el laboratorio ENVIROTEST.

En la Figura N° 20, se presentan los valores reportados del parámetro hidrocarburos totales (HT) expresado como Hexano en las estaciones de monitoreo.

Figura 20.

Concentraciones de hidrocarburos totales (HT) expresado con Hexano



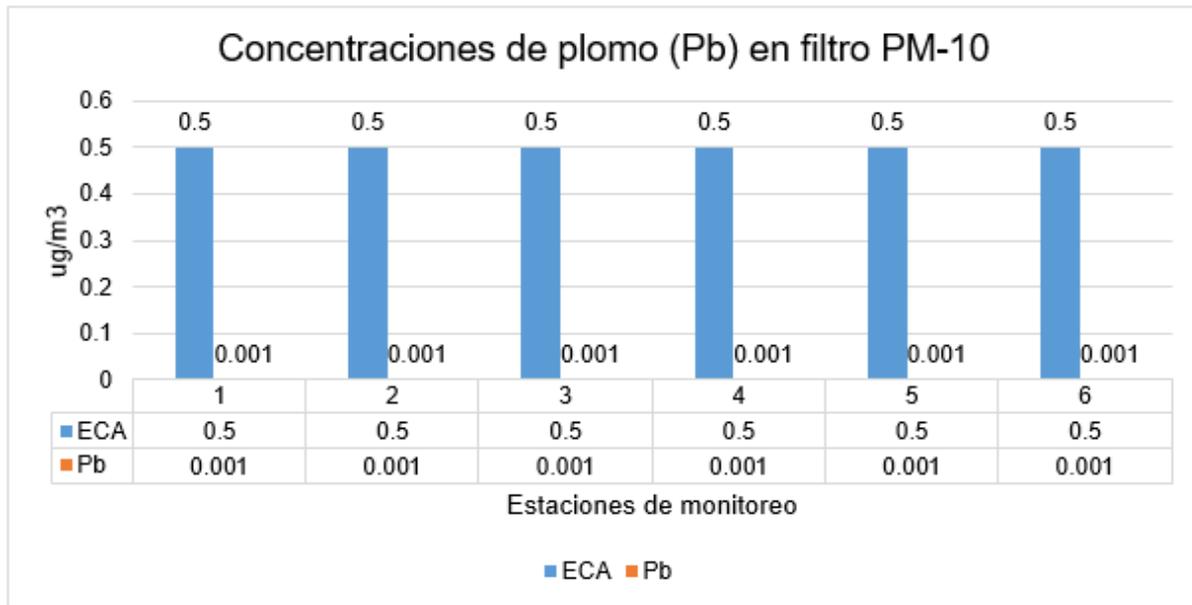
Fuente: Elaboración propia. El grafico representa las concentraciones de hidrocarburos totales (HT) expresado con Hexano en comparación con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

En la Figura N° 20, se observa que las concentraciones de hidrocarburos totales (HT) expresado como Hexano obtenidas en las estaciones de monitoreo E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6, se encuentran por debajo de los ECA. Todas las estaciones presentaron valores inferiores a 0,0035 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que indica el límite de cuantificación estimado por el laboratorio ENVIROTEST.

En la Figura N° 21, se presentan los valores reportados parámetro plomo (Pb) en filtro de PM-10 en las estaciones de monitoreo.

Figura 21.

Concentraciones de Plomo (Pb) en filtro PM10



Fuente: Elaboración propia. El grafico representa las concentraciones de hidrocarburos totales (HT) expresado con Hexano en comparación con los ECA para el Hospital José Agurto Tello.

En la Figura N° 21, se distingue que los valores de plomo (Pb) en filtro de PM-10 (Alto Volumen) reportadas por las estaciones de monitoreo E-1, E-2, E-3, E-4 y E-5, se encuentran por debajo de la norma referencial de Ontario para Pb en filtro de PM₁₀, dichas estaciones presentaron concentraciones menores a 0,001 µg/m³, que indica el límite de cuantificación estimado por el laboratorio ENVIROTEST.

Asimismo, para la concentración de plomo (Pb) en filtro de PM₁₀ (Bajo Volumen) la estación de monitoreo E-6, también se encuentra por debajo de la norma referencial de Ontario para Pb en filtro de PM₁₀; dicha estación presenta una concentración menor a 0,004 que indica el límite de cuantificación estimado por el laboratorio ENVIROTEST.

XIV. DISCUSIÓN

La evaluación del Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios, realizado en el Hospital José Agurto Tello de Chosica y Hospital María Auxiliadora de Villa el Salvador obteniendo que de acuerdo al nivel de toxicidad de los desechos hospitalarios mediante la técnica de incineración se identificó que las emisiones de combustión que abarca Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Azufre (SO₂) se encuentran por debajo de los límites permisibles. Por su parte, Wang, et al., (2020) señala en su estudio que la incineración es una técnica segura, sencilla y eficaz, sobre todo en países en desarrollo. Reduciendo aproximadamente entre un 85% y un 90% de desechos sólidos. La técnica de incineración de residuos hospitalarios evidenció gases de combustión en diferentes instalaciones sin embargo a una temperatura por encima de 850° conduce a la destrucción de componentes tóxicos, reduciendo de tal forma emisiones de combustión que generan efectos negativos.

En cuanto a los resultados de la calidad del Aire, se identificó que los siguientes parámetros: Material particulado OM-10 HV, Material particulado OM-10 LV, Mercurio en PM-10 HV, Plomo en PM-10 HV, determinación de azufre, de Dióxido de nitrógeno, Monóxido de carbono, de ozono, sulfuro de hidrógeno e Hidrocarburos totales de Petróleo expresado como Hexano presentan valores inferiores que el ECA. Zhang, et al., (2018) en su estudio tuvo resultados que revelaron una relación de producción positiva con respecto a desechos sólidos de aproximadamente 1.225; 2.861 y 1.230, mientras la carga viral de la calidad de aire no tuvo problemas, al contrario se evidenció una mejora en cuanto a sostenibilidad ambiental de 2.715; 2.742 y 1.533. Ambos estudios tuvieron resultados similares a los determinados en la investigación.

En cuanto a los niveles de concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ para las estaciones A1, A2 y A3 respectivamente, se identificó que las concentraciones se encuentran dentro de los Estándares de calidad comparados con los valores del DS 003-17-MINAM. Por otro lado, Kalaiarasan, et al., (2017) en su estudio evidenció que el PM_{10} y $PM_{2.5}$ midieron las concentraciones mediante técnicas gravimétricas, encontrando que las mediciones exceden los límites de los ECA del aire ambiental (NAAQS) con la concentración más alta de 23.5 ug/m^3 para partículas PM_{10} y 120.3 ug/m^3 para partículas $PM_{2.5}$. En conclusión, no se encontró similitud con los resultados de la investigación debido a no aplicar la técnica de incineración, atribuyendo el 70% a la contribución inadecuada de tratamiento de desechos en Mangalore.

Los resultados de Plomo PM_{10} , Mercurio PM_{10} , Dióxido de nitrógeno, Dióxido de azufre, Monóxido de Carbono, Sulfuro de Hidrógeno, Ozono e Hidrocarburos totales de petróleo en comparación con los valores impuestos por DS 003-17-MINAM, se encuentran dentro de los límites establecidos. Los resultados coinciden con Wang, et al., (2020) quién menciona que durante su investigación la temperatura de la incineración puede llegar a los 1200°C o más, permitiendo destruir eficazmente la mayoría de sustancias peligrosas y tóxicas para el ambiente. Es por ello que durante el estudio las sustancias orgánicas se descomponen y los microorganismos infecciones se eliminan o inactivan, quedando dentro de lo establecido por los estándares de calidad.

De acuerdo al nivel de toxicidad del desecho hospitalario bajo la técnica de relleno sanitario, se localizó en las instalaciones de relleno sanitario de Zapallal ubicado en Km 34 de la Panamericana Norte – Carabayllo. Los resultados del monitoreo de calidad del aire presentaron concentraciones de material particulado

PM₁₀ y PM_{2.5}, SO₂, NO₂, CO, H₂S, O₃, HT, C₆H₆, Pb en filtro de PM₁₀ y Hg. Analizando los resultados de manera individual se determina que las concentraciones de PM₁₀, se encuentran por debajo de los estándares de Calidad ambiental para las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6. Esphylin et al., (2018) en su estudio indica que las concentraciones de PM₁₀ procedentes de relleno sanitarios de residuos sólidos afectan la salud de las personas, de manera que, una mayor concentración de Cd y Cr en las PM del vertedero de RSU puede causar inflamación respiratoria a los niños expuestos. Altos niveles de Co en el aire ambiente mostraron asociación significativa con síntomas respiratorios por motivo de un inadecuado sistema asociando el deficiente sistema con el impacto negativo hacia el aire.

Por otro lado, Furkan (2020) en su investigación expone que las concentraciones de exposición de partículas PM₁₀ emitidas por los rellenos sanitarios no superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (NAAQS) con una tasa de desechos de 612.4 toneladas métricas por día. Con respecto a las concentraciones de PM_{2.5} para las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, y E-6, se encuentran por debajo de los Estándares de calidad ambiental, de acuerdo a el estudio de Furkan (2020) las partículas PM_{2.5}, asociadas a los rellenos sanitarios no sobrepasan los límites establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, además el estudio revela beneficios potenciales de optimizar la ubicación de los rellenos sanitarios que aceptan recortes de perforación dentro de Pensilvania con emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5}. Ambos estudios coinciden en expresar concentraciones bajas de PM_{2.5}

De manera general en cuanto a las concentraciones de SO₂, NO₂, CO, H₂S, O₃, C₆H₆, mercurio gaseoso (Hg), HTy Pb en filtro de PM₁₀, para cada estación de

monitoreo E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6 presentan concentraciones por debajo de los Estándares de Calidad ambiental con valores límites de cuantificación del método reportados por el laboratorio ENVIROTEST. Así mismo Wu, et al., (2018) en su investigación las concentraciones totales de compuestos oscilaron entre 204.0 y 7426.7 ug/m³, y las concentraciones en las áreas tapadas de forma temporal y permanente fueron de 50.3 y un 83.4% inferiores a las del área de relleno sanitario. Los valores de sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono, mercurio gaseoso, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, concentraciones de ozono, hidrocarburos totales entre otros excedieron los niveles aceptables, por lo cual es necesario que las áreas de desechos reciben especial atención ya que están por encima de los niveles aceptables durante todas las estaciones. Por su parte, Pierini, et al., (2017) en su estudio estimo y confronto desde diferentes estaciones las emisiones de CH, CO y NO bajo tres coberturas vegetales en relleno sanitario cerrado, determinando que dentro de los 5 tipos de muestreo no existió altas concentraciones de emisión de gase a causa de un correcto tratamiento cumplimiento con los estándares de calidad establecidos.

XV. CONCLUSIONES

El nivel de toxicidad de la técnica de incineración en el Hospital María Auxiliadora fue superior en comparación con la técnica de relleno sanitario de los residuos generados en Hospital José Agurto Tello, no obstante, ambas condiciones se encontraron por debajo de los valores establecidos en la norma en el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM.

Los gases generados durante las técnicas de eliminación de residuos en el Hospital José Agurto Tello y en el Hospital María Auxiliadora que destacaron fueron Material Particulado PM₁₀, , Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Monóxido de Carbono, Sulfuro de Hidrogeno Ozono e Hidrocarburos Totales de Petróleo expresados como Hexano.

El nivel de toxicidad del desecho hospitalario bajo la técnica de incineración en el Hospital María Auxiliadora predominó que en las estaciones A1, A2, A3, comparando los resultados con la DS 003-17-MINAM (PM 10), se obtuvo que el Material Particulado PM-10-HV no supera los límites para ECA, teniendo valores en cada estación de 50.045 ug/m³, 38.885 ug/m³, 67.299 ug/m³ respectivamente, son inferiores en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para PM₁₀ (100 µg/m³ para 24 horas).

El nivel de toxicidad del desecho hospitalario bajo la técnica de relleno sanitario en el Hospital José Agurto Tello predominó que los valores de PM₁₀ obtenidas en las estaciones de monitoreo E-1, E-2, E-3, E-5 y E-6, son inferiores en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para PM₁₀ (100 µg/m³ para 24 horas).

XVI. RECOMENDACIONES

- Es recomendable utilizar la Técnica de Incineración para la eliminación de Residuos Tóxicos- Hospitalarios debido a que contribuye de forma menos contaminante al medio ambiente , produciendo LMP bajos y haciendo que no quede residuos que puedan contaminar o enfermar a las personas en el futuro, por el contrario la Técnica de Relleno Sanitario, implica mantenimiento de la tierra, materiales , exceso de personal capacitado y generan microvectores - organismos (salmonella typhi, áscaris lumbricoides, polio virus, entre otros) que viven en la tierra muchos años, pudiendo contaminar de otras formas que no sea aire sino también suelo y a las personas de alrededor.
- Implementar la Técnica de Incineración en todos los establecimientos de salud para eliminación de sus residuos tóxicos.
- Tener una buena segregación de los residuos y disposición final para que no sean expuestos al medio ambiente.
- Implementar monitoreo de aire cada cierto tiempo para poder tener una mejor evaluación conforme vayan aumentando los residuos tóxicos.

XVII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abdel, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275-1290. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
- Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12717. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912717>
- Agencia Andina de Noticias - ANDINA. (2018). *Rellenos sanitarios: Minam trabaja con 31 ciudades priorizadas para gestionar residuos*. <https://andina.pe/agencia/noticia-rellenos-sanitarios-minam-trabaja-31-ciudades-priorizadas-para-gestionar-residuos-725627.aspx>
- Ahmad, R., Liu, G., Santagata, R., Casazza, M., Xue, J., Khan, K., Nawab, J., Ulgiati, S., & Lega, M. (2019). LCA of Hospital Solid Waste Treatment Alternatives in a Developing Country: The Case of District Swat, Pakistan. *Sustainability*, 11(13), Art. 13. <https://doi.org/10.3390/su11133501>
- Ansari, M., Ehrampoush, M. H., Farzadkia, M., & Ahmadi, E. (2019). Dynamic assessment of economic and environmental performance index and generation, composition, environmental and human health risks of hospital solid waste in developing countries; A state of the art of review. *Environment International*, 132, 105073. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105073>
- Arias, J. L., & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting EIRL. <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>

- Attrah, M., Elmanadely, A., Akter, D., & Rene, E. R. (2022). A Review on Medical Waste Management: Treatment, Recycling, and Disposal Options. *Environments*, 9(11), Art. 11. <https://doi.org/10.3390/environments9110146>
- Bambarén, C. V. (2017). Impacto ambiental de la operación de un hospital público en la ciudad de Lima—Perú. *Universidad de Piura*. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2791>
- Carril, V., & Vásquez, A. (2015). Evaluación de los procesos de gestión ambiental de residuos sólidos hospitalarios en el Departamento de Tumbes. *Manglar*, 10(2), Art. 2. <https://doi.org/10.17268/manglar.2013.008>
- Carvajal, P., & Romero, A. (2019). *Propuesta de plan de manejo y gestión de residuos sólidos para la parroquia rural Totoras del cantón Ambato* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20330>
- Castro, A. (2020, mayo 13). *Residuos hospitalarios: Potencial foco infeccioso en la lucha contra el Covid-19*. Ojo Público. <https://ojo-publico.com/1765/residuos-hospitalarios-potencial-foco-infeccioso-de-la-pandemia>
- Darmawan, A. I., Sari, M. M., & Suryawan, I. W. K. (2022). Evaluation of Wastewater and Hazardous Waste Management Planning in Hospital X, Jakarta. *International Journal of Engineering Technology and Natural Sciences*, 4(1), Art. 1. <https://doi.org/10.46923/ijets.v4i1.146>
- Debrah, J. K., Carlotto, I. N., Vidal, D. G., & Dinis, M. A. P. (2021). Managing medical waste in Ghana – the reality. *International Journal of Environmental Studies*, 0(0), 1-17. <https://doi.org/10.1080/00207233.2021.1994752>
- Díaz, F. M., & Romero, M. I. (2016). Estrategias para mejorar la gestión de residuos sólidos hospitalarios. Servicio de emergencia. Hospital Regional Docente Las

- Mercedes. Chiclayo 2015. *Repositorio Institucional - USS*.
<http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/3085>
- Envomed. (2022, mayo 26). *Medical Waste and Climate Change*. Envomed.
<https://envomed.com/medical-waste-and-climate-change-the-vicious-cycle-we-can-fix/>
- Esphylin, D., Sharifah, N., Praveena, S. M., Hashim, Z., & Abidin, E. (2018). The Association of Reported Respiratory Symptoms among Children in Malaysia with Particulate Matter Exposure in Municipal Solid Waste Landfills. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 2-11.
- Farzadkia, M., Alinejad, N., Ghasemi, A., Rezaei Kalantary, R., Esrafil, A., & Torkashvand, J. (2022). Clean environment index: A new approach for litter assessment. *Waste Management & Research*, 0734242X221117093.
<https://doi.org/10.1177/0734242X221117093>
- Garzón, O. D. (2020). *Proporción de los residuos sólidos, sostenibilidad ambiental en centros comerciales*. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/35891>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*.
- Hospital Nacional Hipólito Unanue. (2017). *Plan de Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios*. <http://www.hnhu.gob.pe/Inicio/wp-content/uploads/2016/10/009-01-17-3-64.pdf>
- Ilmas, B., Mir, K. A., & Khalid, S. (2018). Greenhouse gas emissions from the waste sector: A case study of Rawalpindi in Pakistan. *Carbon Management*, 9(6), 645-654. <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1530025>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2017). *Provincia de Lima: Compendio Estadístico 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1477/libro.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales (Residuos)*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1637/cap03.pdf

Instituto Nacional de Salud del Niño & San Borja. (2022). *Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos del Instituto Nacional de Salud del Niño San Borja 2022*.

<https://www.insnsb.gob.pe/docs-trans/resoluciones/archivopdf.php?pdf=2022/RD%20N%C2%B0%20000062-2022-DG->

[INSNSB%20PLAN%20DE%20MINIMIZACION%20Y%20MANEJO%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%202022.pdf](https://www.insnsb.gob.pe/docs-trans/resoluciones/archivopdf.php?pdf=2022/RD%20N%C2%B0%20000062-2022-DG-INSNSB%20PLAN%20DE%20MINIMIZACION%20Y%20MANEJO%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%202022.pdf)

Khalid, S., Haq, N., Sabiha, Z.-A., Latif, A., Khan, M. A., Iqbal, J., & Yousaf, N. (2021). Current practices of waste management in teaching hospitals and presence of incinerators in densely populated areas. *BMC Public Health*, 21(1), 1340. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11389-1>

Kiligann, A. (2022, mayo 22). *¿Cuántos Rellenos De Seguridad Hay En El Peru?* El Consejo Salvador. <https://elconsejosalvador.com/trabajo/cuantos-rellenos-de-seguridad-hay-en-el-peru.html>

Kizar, A. H. F. M., Abdulsattar, A. M. S., & Abdulrasool, A. A. L. (2022). Study of emitted gases from incinerator of Al-Sadr hospital in Najaf city. *Open Engineering*, 12(1), 102-110. <https://doi.org/10.1515/eng-2022-0016>

- Kwikiriza, S., Stewart, A. G., Mutahunga, B., Dobson, A. E., & Wilkinson, E. (2019). A Whole Systems Approach to Hospital Waste Management in Rural Uganda. *Frontiers in Public Health*, 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2019.00136>
- Ministerio de Salud. (2019). *Plan de Residuos Sólidos del Hospital Nacional «Dos de Mayo»*. http://nuevaweb.hdosdemayo.gob.pe/instrumentos_de_gestion/normas_emitidas/r_dir/2019/01%20Enero/RD_00171_2019_D_HNDM.pdf
- Ministerio de Salud [MINSA]. (2010). *Plan Nacional de Gestión de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo 2010-2012*. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/residuos/R.M.373-2010-MINSA.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, Gestión 2009*. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/2093.pdf>
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y Disposiciones Complementarias, Decreto Supremo, 003-2017-MINAM (2017). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-ea-aire-establecen-disposiciones>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Nueva ley y reglamento de residuos sólidos*. Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos. <https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/nueva-ley-de-residuos-solidos/>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Decreto Supremo N.º 10-2019-MINAM*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/363557-10-2019-minam>

- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2018). *Desechos de las actividades de atención sanitaria*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2021). *Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment*. UN-Water. <https://www.unwater.org/news/compendium-who-and-other-un-guidance-health-and-environment>
- Padmanabhan, K. K., & Barik, D. (2019). Health Hazards of Medical Waste and its Disposal. *Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation*, 99-118. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102528-4.00008-0>
- Rabeie, O. L., Miranzadeh, M. B., Fallah, S. H., Dehqan, S., Moulana, Z., Amouei, A., Mohammadi, A. A., Asgharnia, H. A., & Babaie, M. (2021). Determination of Hospital Waste Composition and Management in Amol City, Iran. *Health Scope*, 1(3), Art. 3. <https://doi.org/10.17795/jhealthscope-6305>
- Riofrío, L. C., & Torres, J. (2016). Herramienta Para Evaluar La Gestión De Residuos Hospitalarios. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26(1), 41-56.
- Rivera, G. K. (2021). Evaluación de la huella de carbono de la planta de tratamiento de residuos sólidos y el relleno sanitario de póngor, distrito de Independencia, Huaraz, Ancash periodo 2015 – 2018. *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4836>
- Rizan, C., Bhutta, M. F., Reed, M., & Lillywhite, R. (2021). The carbon footprint of waste streams in a UK hospital. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125446. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125446>

- Rosenberg, D., Singla, V., & Hoover, D. (2021). *Burned: Why Waste Incineration Is Harmful*. NRDC. <https://www.nrdc.org/experts/daniel-rosenberg/burned-why-waste-incineration-harmful>
- Saavedra, R. V., Alarcón, A. C., & Alvarado, G. del P. P. (2021). Disposición final de residuos sólidos hospitalarios. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), Art. 3. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.478
- Saucedo, E. R. V., Feria, K. V. A., Iparraguirre, P. K. J., Ludeña, L. M., Marin, E. N., & Rivera, R. J. C. (2022). Gestión de residuos sólidos hospitalarios y salud ambiental en los centros hospitalarios. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), Art. 6. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3685
- Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos [SIGERSOL]. (2018). *Consulta de Datos Sigersol Municipal 2008-2018*. Ministerio del Ambiente. <https://sigersol.minam.gob.pe/>
- Swana. (2022). *Solid Waste Glossary*. <https://swana.org/resources/solid-waste-glossary>
- Umaña, P. (2018). *Rellenos sanitarios: ¿una bomba de tiempo para el ambiente?* Universidad de Costa Rica. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/11/13/rellenos-sanitarios-una-bomba-de-tiempo-para-el-ambiente.html>
- Veliz, E. G. V., Yela, C. H. R., Lucio, M. V. V., & Alvia, A. M. M. (2022). Normas de bioseguridad y manejo de desechos hospitalarios del personal de aseo y salubridad. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 6(4), Art. 4. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n4.2022.42>
- Yingying, Q., Jiahuan, H., Yifan, L., Xuan, Y., Fu-Rong, X., Yuehua, D., & Xiang, G. (2018). A novel treatment method of PVC-medical waste by near-critical

methanol: Dechlorination and additives recovery. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 80, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.052>

Zhang, S., Zhang, Y., Wang, F., Kang, D., Wang, J., Wang, M., Zhang, C., Wang, Y., Liu, H., Zhou, B., & Wu, Y. (2021). Incineration experiment of medical waste of novel coronavirus pneumonia (COVID-19) in a mobile animal carcass incinerator. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, 3(2), 177-183. <https://doi.org/10.1007/s42768-020-00067-4>

Ziraba, A. K., Haregu, T. N., & Mberu, B. (2017). A review and framework for understanding the potential impact of poor solid waste management on health in developing countries. *Archives of Public Health*, 74(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s13690-016-0166-4>

XVIII. ANEXOS

Anexo 1. Carta OEFA

	PERÚ	Ministerio del Ambiente	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	Responsable de Acceso a la Información Pública
---	-------------	-------------------------	---	--

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Lima, 3 de mayo de 2022

2022-E01-035762

CARTA N° 00914-2022-OEFA/RAI

Señora
JOANNA CLAUDIA ARESTEGUI CHAVEZ
pirmbarren@yahoo.com

Referencia : Solicitudes de acceso a la Información pública del 20.04.2022
(Expedientes N° 2022-E01-035752 y 035760)

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted, en atención a los documentos de la referencia, mediante los cuales requiere que se le brinde la siguiente información:

HT_035752: [SIC] Monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental del Relleno Sanitario El Zapallar de la Empresa Innova Ambiental SA, del mes mayo de 2019. Elaborado por Inspectorate Services Peru SAC - División de Medio Ambiente. Numero de Informe OS 06119-19/OMIA.²

HT_035760: [SIC] Informe de Monitoreo de emisiones de combustión, calidad del aire, ruido ambiental y ruido ocupacional de la empresa Kanay SAC, de Junio de 2019. Elaborado por Inspectorate Services Peru SAC - División de Medio Ambiente. Numero de Informe OS 016119-19/OMIA.²

Al respecto, es preciso señalar que la información solicitada es de carácter público de conformidad a lo establecido en el Artículo 10° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2019 JUS.

Sobre el particular, la Dirección de Supervisión Ambiental en Infraestructuras y Servicios remitió vía correo electrónico Institucional de fecha 22.04.2022 dirigido al Responsable de Acceso a la Información Pública, la versión digital de los Informes de monitoreo solicitados.

En ese contexto, se pone a su disposición la información mencionada, la cual será remitida sin costo alguno al correo electrónico consignado en su solicitud, conforme a lo estipulado en el Artículo 12° del Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 072-2003-PCM.



Firmado digitalmente por:
LEIVANÓ CANO Angulo Alberto
FAU: 20201590759 sub
Cargo: Responsable de Acceso a la Información Pública (RAI)
Lugar: Sede Central -
Lima/Lima/Ulises María
Motivo: Soy el autor del documento