



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al
COVID-19: Una revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Hayashi Vallejos, Juan Jesús (ORCID: 0000-0002-6713-2230)

Rojas Ccolqqehuanca, Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-5681-9088)

ASESOR:

M.Sc. Solórzano Acosta Richard Andi (ORCID: 0000-0003-3248-046X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos

LIMA- PERÚ

2021

Dedicatoria.

Este trabajo es dedicado a toda mi familia, a mi papá Andrés Rojas que está en el cielo a mi madre Benancia Ccolqqehuanca quienes fueron sustento y artificio de cumplir este objetivo, a mis tíos pablo R., Santos C. y Teodora R. Quienes fueron mis fortalezas en los momentos que más necesite de una ayuda

Este logro está dedicado de todo corazón a ustedes por motivarme apoyarme, moral, económicamente y guiarme por el camino del bien inculcándome siempre la palabra de Dios.

Gracias familia.

Dedicatoria

Dedico mi tesis con todo mi corazón a mis padres Walter Hayashi Cabrera y Clotilde Vallejos Llanca, quienes me han brindado su amor y apoyo infinitamente, gracias a ustedes he logrado mis metas incluido este. Nunca olvidare lo que hicieron por mí, a pesar madre mía que no estés con nosotros te lo dedico junto a mi padre por inculcarme todo lo bueno de mi persona, sin ustedes no hubiera logrado nada, los amo por siempre.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme su infinita sabiduría y la fortaleza necesaria para afrontar todos los desafíos que se presentan día a día en mi vida y poder lograr este nuevo objetivo.

Así mismo agradezco infinitamente a mis hermanos Elizabeth, Bladimir y Marco Dinm por su apoyo incondicional, sus consejos para ser un mejor ser. Por hacerme creer que con esfuerzo y dedicación se cumplen los objetivos que uno tiene. Gracias por hacerme pasar los momentos más felices con ustedes, hacerme tío de mis sobrinas y sobrinos.

Agradecimiento

Agradezco a mis hermanos Walter, Cesar, Marleny y Héctor por su apoyo incondicional, sus consejos para poder guiarme en buen camino, por darme la seguridad cada día para poder lograr mis objetivos, gracias por los momentos que me hicieron ser una mejor persona, sé que siempre contare con ustedes, los quiero, este logro también es de ustedes y deben sentirse ingenieros e igual que yo.

Así mismo, agradezco a mi familia que son parte fundamental en mi vida y etapa profesional, a mi tío Arturo Masías Talexio que fue apoyo a mi madre y un ejemplo de superación, gracias a mis sobrinos Axel, Alexander, Graciela, Cesar, Haruo, Leo, Eduardo, Sharick, Lioana, Jefferson, Roció y Maribel, por estar siempre conmigo brindado su cariño y respeto.

Por último, agradecer a mis grandes amigos Javier, Pedro, Fredy, Bryan, Enrique, Marcos, Lucia por la amistad sincera y los momentos de felicidad tanto en la vida y en la etapa profesional. A mi pareja Julissa De La Cruz Espino por su comprensión, amor y apoyo que siempre me lo da cuando más lo necesito, más que una pareja una amiga que hace posible que mis obstáculos lo supere cada día, junto a Luhana y su madre Rosa Espino que me hacen sentir especial. Para finalizar se lo dedicó a mi futuro descendiente para que te sirva de ejemplo en todos los aspectos que puedas lograr en la vida.

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstrac	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.	11
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.	12
3.3. Escenario de estudio.	14
3.4. Participantes.....	14
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	14
3.6. Procedimiento.	15
3.7. Rigor científico.	16
3.8. Método de análisis de datos.	17
3.9. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Tratamiento de residuos Sanitarios Asociados al COVID-19.	8
Tabla 2: Clasificación de residuos sanitarios por categoría.	8
Tabla 3: Matriz de categorización.....	12
Tabla 4: Resumen de los artículos empleados en la revisión sistemática acerca del manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	21
Tabla 5: Gestión de residuos sanitarios asociados al COVID-19.....	28
Tabla 6: Segregación de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	33
Tabla 7: Transporte de residuos sanitarios asociados al COVID-19.....	37
Tabla 8: Almacenamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.....	39
Tabla 9: Tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	41
Tabla 10: Disposición final de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	44
Tabla 11: Valorización de residuos sanitarios asociados al COVID-19.....	46

Índice de figuras

Figura 1: País de procedencia de las fuentes de investigación sobre residuos sanitarios asociados al COVID 19.....	25
--	----

Resumen

El objetivo fue describir el manejo y tratamiento de los residuos sanitarios asociados al COVID-19. Se emplearon 39 artículos seleccionados tras cumplir con los criterios de inclusión y exclusión. La gestión fue determinada mediante metodologías, pautas y directrices adoptadas por los gobiernos en los procesos de segregación, transporte, almacenamiento, tratamiento, disposición final y valorización. La manera apropiada de segregación es la segregación en la fuente. El transporte de residuos sanitarios es eficiente cuando se emplea un algoritmo de colonias de hormiga, que permiten reducir el costo económico y el riesgo de exposición. Sobre el almacenamiento se debe considerar un área adecuada de acuerdo a la capacidad con un tiempo máximo de almacenamiento de 24 horas, medidas de bioseguridad y normas laborales. Los tipos de tratamiento mencionan la pirólisis, como la más eficiente y respetuosa con el medio ambiente. La disposición final contempla a los rellenos sanitarios como los más adecuados para minimizar los impactos negativos al ambiente. Entre las tecnologías para la valorización de los residuos destacan el método de laboratorio de evaluación, la teoría de las 3R. Se concluye que la etapa más importante y la más abundante en información es el tratamiento de los residuos.

Palabras clave: residuos sanitarios, COVID, gestión, segregación, transporte, almacenamiento, tratamiento, disposición final y valorización.

Abstract

The objective was to describe the management and treatment of healthcare waste associated with COVID-19. 39 articles were selected after meeting the inclusion and exclusion criteria. Management was determined through methodologies, guidelines and guidelines adopted by governments in the processes of segregation, transportation, storage, treatment, final disposal and recovery. The appropriate form of segregation is segregation at source. The transport of sanitary waste is efficient when an ant colonies algorithm is used, which reduce the economic cost and the risk of exposure. Regarding storage, an adequate area should be considered according to the capacity with a maximum storage time of 24 hours, biosecurity measures and labor regulations. The types of treatment mention pyrolysis, as the most efficient and respectful with the environment. The final disposition considers sanitary landfills as the most adequate to minimize negative impacts on the environment. Among the technologies for the recovery of waste, the evaluation laboratory method, the 3R theory, stands out. It is concluded that the most important stage and the most abundant in information is the treatment of waste.

Keywords: sanitary waste, COVID, management, segregation, transport, storage, treatment, final disposal and recovery.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el incremento de los artículos sanitarios utilizados para prevenir el contagio o la propagación del COVID-19 es más preocupante, debido al aumento de los residuos sanitarios causando el colapso del sistema de manejo en los diferentes países del mundo; por ejemplo, en Singapur en un mes se generó 1470 toneladas adicionales, perjudicando los almacenamientos de residuos, en China aumentó a 240 toneladas por día, 6 veces más de lo normal, sobrecargando la capacidad del tratamiento de incineración, en Jordania un solo hospital produjo 10 veces más desechos por día que genera todos sus sistema de salud, en Irán aumentó de 52 a 85 toneladas por día alterando el transporte y disposición final de los residuos (Hernández et al., 2021); Si se analiza uno de los elementos que se usa como la mascarilla, cada persona usa una por día y en el mundo habitan aproximadamente 7,700 millones habitante, es decir, genera la misma cantidad de estos residuos, ya que todos estos elementos de bioseguridad no pueden ser reciclados y al no tener un adecuado manejo y tratamiento el 60% de estos desechos terminan en los océanos y vertederos, el 20% será quemado permitiendo la contaminación a las especies, recursos naturales y la salud (SINIA, 2021).

En el Perú esta problemática es latente por el inadecuado manejo y tratamiento de los residuos asociados a la pandemia y por la falta de educación ambiental de los ciudadanos, ya que al salir de sus domicilios se hace uso de elementos sanitarios como geles hidroalcohólicos, toallitas desinfectantes, guantes y mascarillas, luego de su uso en su mayoría solo son conscientes de despojarse de sus desechos en cualquier hora y lugar, con tal de desprenderse de dichos residuos, motivo que hoy en día se acumulan en diferentes lugares contaminando así al medio ambiente (Aranaz et al., 2020). En la parte hospitalaria se dice que por cada paciente infectado ha generado 2 Kg diarios de residuos sólidos y el tratamiento dura 14 días, teniendo un aproximado de 300,000 infectados hasta el momento y que habrían generado más 8,400 toneladas de desechos y siguen en aumento las estadísticas, además, de los ocho hospitales principales para atender esta emergencia solo tres contaban con un sistema de manejo de residuos sanitarios (MINAN, 2020).

En la localidad de Lima también ha aumentado un 25% más de la cantidad de residuos sanitarios que se genera habitualmente perjudicando el sistema de reciclaje, almacenamiento y disposición final, al no tener un adecuado manejo y tratamiento se opta por abandonar en los 54 botaderos que se encuentran en la capital (Ortiz et al., 2020). En los diferentes botaderos en estos tiempos de pandemia se encuentran una gran cantidad de residuos sanitarios y para disminuir su volumen queman la basura a cielo abierto, contaminando el aire que respiramos, deterioran el suelo, impactan negativamente las aguas superficiales y subterráneas, también se observan estos desechos en los ríos, en el mar, en los parques y distintos lugares de la ciudad siendo peligrosos para el ambiente (MINAN, 2021).

De acuerdo con todo lo antes expuesto, se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál es el manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19?

Esta revisión tiene una importancia social debido a que las instituciones públicas, privadas y la sociedad que les interese minimizar los impactos negativos al ambiente por la generación de residuos sanitarios asociados por el COVID-19 que cada vez es preocupante, dichas identidades tendrán un entendimiento de acuerdo al manejo y tratamiento de dichos residuos, donde podrán establecer una adecuada finalización del ciclo de vida de estos desechos, evitando de este modo minimizar o solucionar los problemas ambientales y a la salud de los seres vivos.

Se justifica también porque se recopila y trata las diferentes formas de manejo y tratamiento que se les da a los residuos sólidos generados por el COVID-19 para su disposición final y la falta de información de estos puntos importantes que son muy escasos en las investigaciones ya realizadas. Además, conocer las diferentes etapas y procesos que se le da a dichos residuos, así mismo beneficiará a las personas e identidades públicas y privadas en ligarse o mejorar la disposición y finalización de dichos los residuos que hoy en día es un problema preocupante para el ambiente y salud. Debido a ello se plantea como objetivo general de esta investigación: Describir el manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

II. MARCO TEÓRICO

El manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19, siendo investigados y analizados por varios autores que presentan sus propias consideraciones para determinar las propiedades que hallan en el objeto de estudio y delimitarlos como tales. Posteriormente, se mencionan algunos investigadores relacionados a la temática de estudio.

Daryabeigi & Vaezi (2020) indican que, ante la pandemia por el COVID-19 el manejo de gestión se necesita una modificación estructural sustancial, en el depósito de cada hogar y centros hospitalarios hasta los protocolos de seguridad en el almacenamiento de los residuos durante el periodo de la pandemia. La manipulación y la eliminación seguras de los residuos sanitarios deben destacarse como una prioridad nacional, dentro de ello los residuos hospitalarios y no hospitalarios. Las instituciones científicas, en prioridad los países desarrollados tienen que brindar estrategias adecuadas, analizar las causas en el comportamiento de los ciudadanos y los sistemas de manejos, gestión y tratamiento de los residuos sólidos.

Así mismo, Kulkarni et al., (2020) indican que, el COVID-19 ha generado problemas ambientales, por lo cual se necesitan inmediatamente estrategias, procesos y tecnologías para la gestión de transporte, almacenamiento, tratamiento, acondicionamiento, transferencia, tratamiento y disposición final ante la nueva generación de residuos sanitarios causada por la pandemia. Se evalúa en la realización de las prácticas de residuos sólidos sanitarios predominantes con énfasis en las instalaciones de manejo, tratamiento y eliminación. Se examinan diferentes aspectos de manejo y presenta un trasfondo global de residuos, se incluye la identificación y selección de parámetros a través del manejo de los residuos sólidos, para la obtención de enfoques alternativos para el tratamiento.

Kumar et al., (2021), manifiestan que se viene realizando en diferentes países un inadecuado segregación, recolección selectiva, transporte, almacenamiento, acondicionamiento, transferencia, tratamiento, valorización y disposición final de los residuos sanitarios que emite contaminantes nocivos al ambiente y a la salud, la emergencia de cada estado por la pandemia ha originado una gran inestabilidad en el manejo de los residuos, diferentes países han realizados medidas de seguridad para minimizar este impacto y gestionar los desechos

sanitarios, sin embargo, son inadecuados e insuficientes y varían según el contexto de la emergencia sanitaria. Además, se establecieron directrices para los residuos sanitarios la OMS, que en pequeños resultados están ayudando a gestionar los desechos, se deben analizar las estrategias estrictamente y cumplirlas en el transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final.

No obstante, Custodio & Liane (2021) dicen que se evaluó los datos socio-económicos y el manejo de los residuos sólidos provenientes de la pandemia en Brasil, afectando el sistema de reciclaje, transporte, almacenamiento y tratamiento, por lo cual ha generado que el 45% de residuos sanitarios no han sido manejados y tratados adecuadamente, ya que estos procesos no son suficiente para controlar el aumento de los desechos, siendo de suma preocupación se adquirió diferentes metodologías y tecnologías usadas por entidades reconocidas y de países desarrollados para llevar a cabo una adecuada gestión.

Por consiguiente, Santos & Soares (2021) mencionan que el manejo de los residuos sólidos municipales en el periodo de la pandemia se ha incrementado siendo claro que es motivo por el COVID-19, por el uso de protección personal en las rutinas de higiene y la inadecuada segregación en el destino final de los residuos que son potencialmente contaminantes. Se analiza que para un manejo y tratamiento de los residuos sólidos se necesita el deber y compromiso de los ciudadanos y de la planificación del apoyo de los municipios, dicho sea de paso, deben implementar charlas de información y dar alternativas de segregación desde los hogares, los ciudadanos deben participar en la recolección selectiva siempre.

Según Liang et al., (2020), Señalan que la contaminación por los residuos sanitarios en tiempos de pandemia ha incrementado, alertando los posibles impactos negativos al ambiente y la propagación del virus, los aumentos de estos desechos han aumentado en la pandemia significativamente, de un 18% al 425%, asimismo se ha incrementado alrededor de 200 toneladas diarias a 2900 toneladas por día desde el 22 de febrero a fines de septiembre del 2020 en todo el planeta. Para controlar y tratar de darle solución con respecto a los residuos sólidos por el COVID-19, se tienen que fortalecer con nuevas estrategias, metodologías, procedimientos, capacitación y ciencia, a cada etapa como la

bioseguridad para los trabajadores, transporte, tratamiento, almacenamiento, disposición final y como prioridad tratar de reutilizar todo lo que se pueda obtener de estos desechos, además los países y las organizaciones internacionales han evaluado y emitido nuevas políticas y directrices, para la gestión, tratamiento y valorización de dichos residuos.

Por otro lado, en la presente revisión se emplearon los siguientes conceptos:

El manejo de residuos sólidos asociados al COVID-19. Es el método y procedimiento para la finalización o disposición final de los residuos sólidos sanitarios que ha aumentado respecto a la pandemia sin perjudicar al medio ambiente, a la salud y seguridad pública con fundamentos de ingeniería (Dan et al., 2021). Todos los residuos sólidos generados por la población se controlan, ya sea en la recolección, segregación, transporte, tratamiento y disposición final, de esta forma se reducen las consecuencias ante la salud y el medio ambiente (Ming et al., 2021).

Así mismo, Quichiz & Sánchez (2020) mencionan a los residuos sanitarios como peligrosos por el contenido de agentes contaminantes y dañinos a la salud por el nivel de riesgo que presenta. Su manejo es muy importante para minimizar la expansión del virus. Solo pueden manipular las personas capacitadas y un equipo de protección adecuado desde el punto de inicio de recolección hasta su eliminación.

Tratamiento de residuos sólidos asociados al COVID-19. Es el conjunto de operaciones que cumple la modificación de las características químicas, físicas o biológicas de dichos desechos para neutralizar o reducir toda sustancia peligrosa que obtenga cualquier residuo y poder recuperarla (Ríos et al., 2021). Los procesos o métodos fundamentales del tratamiento es la incineración, compostaje y la reutilización, su objetivo es reducir a un determinado volumen de los residuos, mayormente se requiere de rellenos sanitarios para disponerlos (Capuano et al., 2021).

Tabla 1: Tratamiento de residuos Sanitarios Asociados al COVID-19.

Concepto de tratamiento	Procesos	Producto	
Pre-tratamiento.	Recuperación.	Reciclado.	Materiales comerciales.
	Conversión biológica.	Vertido.	Ninguno o gas de vertedero.
		Digestión anaerobia.	Biogás- humus.
	Aprovechables.	Compostaje.	Compost - gas no.
		Combustión.	Electricidad – vapor.
	Conversión térmica.	Clasificación.	Gas sintético.
			Biocombustibles.
	Conversión química.	Pirolisis.	Líquidos.
		Plasma.	Carbón.
			Gas sintético.
		Productos vitrificados.	

Fuente: (Ferronato et al., 2021).

Según la (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 217-2004/MINSA). La clasificación de los residuos sanitarios u hospitalarios se da por su naturaleza y nivel de riesgos. Todo material hospitalario que finaliza su uso se clasifica en tres categorías:

Tabla 2: Clasificación de residuos sanitarios por categoría.

Categoría	Tipo
Clase A. Residuos biocontaminados.	Tipo A.1: Atención al paciente.
	Tipo A.2: Material biológico.
	Tipo A.3: Bolsas de contenido de sangre humana.
	Tipo A.4: Residuos quirúrgicos y anatomo patológicos.
	Tipo A. 5: Punzo cortantes.
Clase B. Residuos especiales.	Tipo B.1: Residuos químicos Peligrosos.
	Tipo B.2: Residuos farmacéuticos.

Tipo B.3: Residuos Radioactivos.

Clase C. Residuo común.

Fuente: (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 217-2004/MINSA).

Por otro lado, según Jiménez (2020) nos explica que por las condiciones dadas por el Sars-cov-2 conocido comúnmente como COVID-19 ha generado un sinnúmero de modos de cuidado con ello ha generado residuos sanitarios a gran escala a nivel mundial. Los residuos sanitarios más comunes generados por el COVID-19 son: cubre bocas o mascarillas, guantes, toallas desinfectantes, botellas de alcohol medicinal, botellas de jabón líquido, envolturas de jabón, mamelucos desechables, cofias entre otros.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Tipo de investigación.

La investigación es básica, la cual busca aumentar los conocimientos teóricos y centrarse en la realidad. Además, se enfoca en el incremento del conocimiento y la capacidad de realizar y responder las interrogantes, no apunta a aplicarse a la práctica al descubrimiento realizado. Asimismo, es una revisión sistemática; consiste en agrupar toda la información indagada sobre el tema o punto de interés, asignando y calificando los resultados que se obtuvieron en los diferentes investigaciones o estudios que se realizaron en el manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19 (Carter et al., 2020).

Diseño de investigación.

El diseño es bibliográfico documental no experimental, los cuales mayormente son reportes, libros, artículos de revista y otros, se orienta a la recopilación de sucesos, experiencias o fenómenos de una temática en especial de las investigaciones de cada autor. Además, no se manejaron variables, ya que, se analizó la información pertinente, así la información está ligada al manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociado al COVID-19 (Paltridge & Sue, 2020).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.

Tabla 3: Matriz de categorización.

Objetivo general	Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Criterio 1	Criterio 2
Describir el manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	Describir cómo es la gestión de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	¿Cómo es la gestión de residuos sanitarios asociados al covid-19?	Gestión	Estrategia.	Proceso.
	Describir la manera apropiada de segregación de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	¿Cómo se segregan los residuos sanitarios asociados al COVID-19?	Segregación.	Tipo.	Perca pita.
	Describir las estrategias del transporte de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	¿Cuáles son las estrategias del transporte de residuos sanitarios asociados al COVID-19?	Transporte.	Puntos Críticos.	Estrategias.

Describir de qué forma se almacenan los residuos sanitarios asociados al COVID-19.	¿Cuál es la forma de almacenar los residuos sanitarios asociados al COVID-19?	Almacenamiento.	Área.	Tiempo.
Describir los tipos tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	¿Cuáles son los tipos de tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19?	Tratamiento.	Térmico.	Biológico.
Describir los tipos de disposición final de residuos sanitarios asociados al COVID-19.	¿Cuáles son los tipos de disposición final de residuos sanitarios asociados al COVID-19?	Disposición Final.	Relleno Sanitario	Incineración.
Describir las tecnologías usadas para la valorización de los residuos sanitarios asociados al COVID-19.	¿Cuáles son las tecnologías usadas para la valorización de los residuos sanitarios asociados al COVID-2019?	Valorización.	Beneficio.	Reutilización.

3.3. Escenario de estudio.

Se tuvo como escenario de estudio toda investigación que estén ligadas y consista en el manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19, desde el comienzo de la pandemia dichos desechos se han incrementado, en lo cual, se necesita un control, gestión, manejos y un tratamiento adecuado para reducir los impactos generados que sé que presenta hoy en día y a futuro. Se considerarán estudios descriptivos y experimentales.

3.4. Participantes.

Es aquel grupo de componentes infinitos o finitos que poseen la peculiaridad de ser extensivas en las conclusiones de la exploración científica realizada (Hernández et al, 2014).

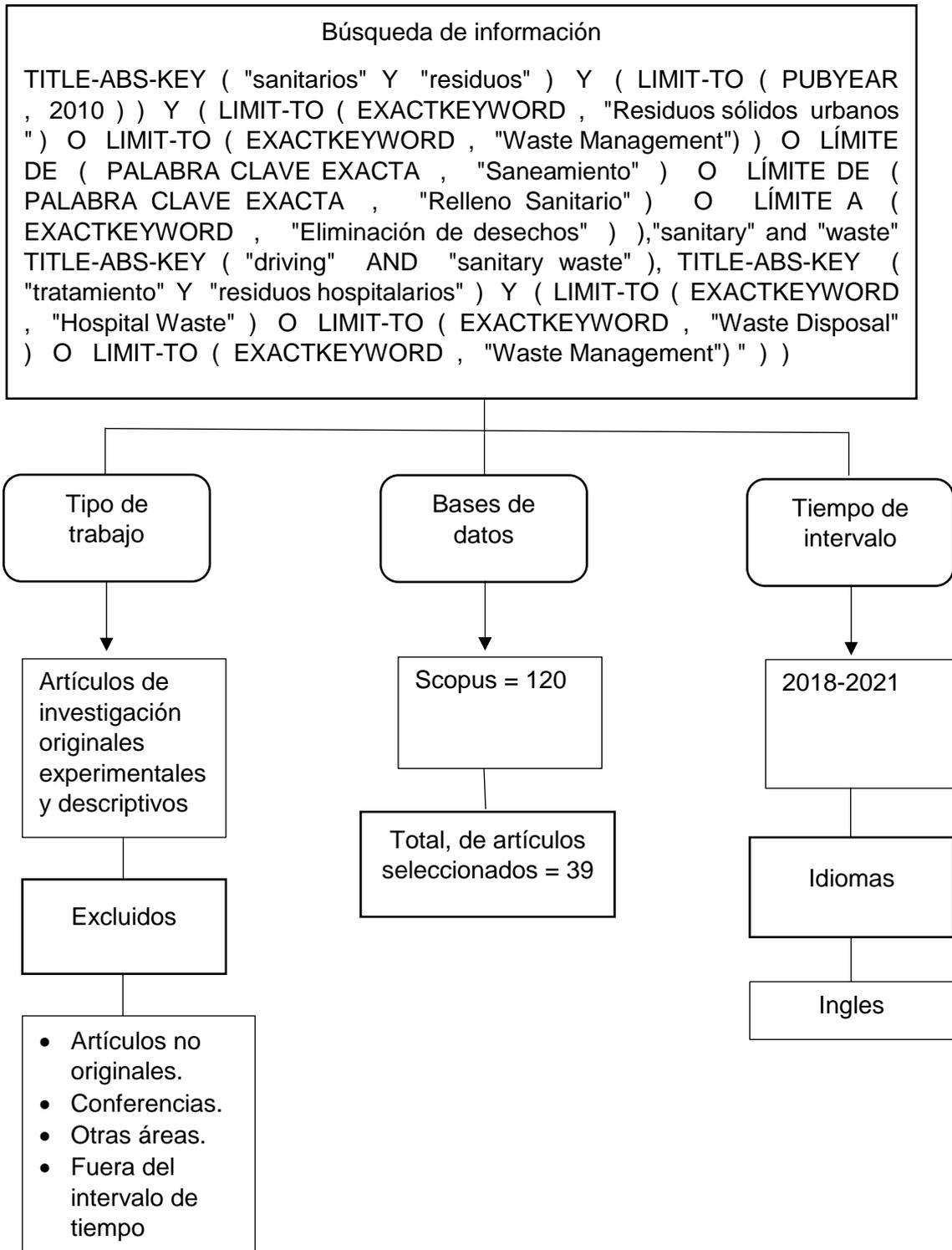
En el trabajo realizado, la base de datos usada para la recopilación de información fueron bases de datos indexadas como la siguiente fuente: Scopus

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La técnica sujeta en esta revisión será el análisis documental en la modalidad virtual, con el fin obtener información útil y recolección de acuerdo al tema de investigación a través de estudios originales descriptivos y experimentales, además de implementar como filtros palabras claves, con ello usar los criterios de inclusión y exclusión.

Para ello, conforme la estructuración del marco teórico, se busca clasificar y examinar la información obtenida para el desarrollo de la problemática, de este modo, se desarrollaron fichas de análisis de información de los artículos científicos seleccionados.

3.6. Procedimiento.



3.7. Rigor científico.

La presente revisión sistemática al ser cualitativa está contundentemente ligada con el rigor científico, es universal y se basa en doctrinas de reducción, debido que su relación con la realidad teniendo una alta coherencia, trazando así una fiabilidad, caracterizándose por ser impecable o perfecto al ser aplicado y no a la competición de métodos (Fernández et al, 2020).

Dependencia.

Consiste en la obtención de datos semejantes en campo y desarrollen análisis iguales al presentado, producen resultados equivalentes, los investigadores puedan recopilar datos del mismo tema, de esta forma propague resultados parecidos (Pérez et al., 2020). Además, el investigador debe disponer de la mayor claridad, el investigador debe disponer de la mayor claridad, de acuerdo a la metodología aplicada (Henttonen et al, 2021).

En este contexto, comprender el tema de investigación es crucial, ser meticuloso en la selección y no basarse en una sola data, siempre cuando teniendo en cuenta la similitud de la temática, por lo tanto, recabar referencias sobre el manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Credibilidad.

Por medio de la observación y diálogos extensos con otros integrantes del estudio este criterio define la autenticidad del trabajo de investigación, adquiere toda la información que da descubrimientos, ya analizados e indagados por los informantes acercándose a lo específico a lo que se proyectan y perciben. De este modo, la credibilidad son los resultados de la investigación, son verídicos, se basa en la relación de los descubrimientos con la realidad, una alta coherencia, resaltando una fiabilidad para los futuros investigadores, mediante el uso de documentos, artículos científicos, etc (Brunod et al, 2020).

Para cumplir con dicho juicio, se explorará en fuentes confiables como revistas indexadas como ScienceDirect y Scopus, extrayendo artículos de investigación auténticos, que permita la credibilidad, es decir documentos verídicos y respaldados.

Transferencia.

Son los resultados propios de la investigación cualitativos, representa la suspicacia de suplantar los estudios realizados de otras investigaciones que tengan otro tipo de enfoque. Pueden llevarse a otro ambiente o una situación parecida y aun así siguen conservando su significado. Además, el fin de una investigación cualitativa no es crear generalidades, pues la comprensión profunda de la temática y el conocimiento es su objetivo, unificando en las semejanzas generales de los descubrimientos que presentan (Ghorbani et al, 2021).

En este sentido, la búsqueda de información y acumular productos científicos con el criterio y análisis de diversos trabajos relacionados a la temática de estudio, es decir, manejo y tratamiento de residuos sólidos asociados al COVID-19, analizando las características y propiedades que se consideran como tal en cada artículo científico seleccionado.

Confirmación.

También se denomina auditabilidad, es la destreza de otro investigador de seguir la línea que empleó el investigador original, se basa en la credibilidad y a la confianza que se les da a los resultados. Revisando la documentación, ideas utilizadas conforme la temática, permitiendo que otros examinen los datos, principios en el estudio y lleguen a síntesis parecidas quien desarrolla la investigación, teniendo los objetivos similares, Se demuestra la ética y la moral que tiene el investigador (Geng & Wharton, 2019).

3.8. Método de análisis de datos.

Para el estudio de investigación se empleó una matriz apriorística, la cual está compuesta por siete categorías: gestión, segregación, almacenamiento, transporte, tratamiento, disposición final y valorización. Siendo que cada categoría presenta dos criterios; estrategia, proceso, tipo, percapita, puntos críticos, estrategia, área, tiempo, termico, biológico, relleno sanitario, incineración, beneficios y reutilización. De este modo, permitirá obtener la información pertinente de los artículos científicos seleccionados para argumentar los resultados en relación a la categoría con fin de contestar al objetivo.

Conforme a las categorías segregación, almacenamiento y Transporte, este

tiene criterios como: tipo, identificación por colores, puntos críticos, ruta, área, disposición, que ayudó en la busca de data relacionada a la categoría permitiendo cimentar una respuesta clara al objetivo planteado para este.

Por último, las categorías tratamiento, disposición final y valorización como: químico-térmico, Biológico, relleno sanitario, incineración, beneficios y reutilización ayudaron para encontrar información adecuada para el estudio, por medio de artículos científicos verídicos, que posibilitan la redacción de los resultados según el objetivo.

3.9. Aspectos éticos.

Esta revisión ampara primordialmente la propiedad del investigador, en sus teorías planteadas y conocimientos que presentaron, en su redacción e indagación científica tuvo como pilares a la honestidad y la ética, por medio de citas adecuadas. Además, se respeta la autoría de los artículos científicos usados mediante el correcto citado según la norma internacional APA 7ma edición.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados de la revisión sistemática de la literatura científica con la finalidad de responder a la pregunta: ¿Cómo es el manejo y tratamiento de los residuos sanitarios asociados al COVID-19?. Para ello se emplearon 39 artículos seleccionados tras cumplir con los criterios de inclusión y exclusión, se encontró que el manejo y tratamiento de los residuos sanitarios consta de siete categorías, a saber: Gestión, segregación, transporte, almacenamiento, tratamiento, disposición final y valorización; además, destaca como la etapa más importante y la más abundante en información, el tratamiento de los residuos sanitarios. En la Tabla 1 se resumen los artículos empleados en la presente investigación.

Tabla 4: Resumen de los artículos empleados en la revisión sistemática acerca del manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Nº	Título	País	Base de Datos	Referencia
1	Estrategia de gestión de residuos sólidos sanitarios y pandémicos de COVID-19.	Bangladesh	Scopus	Das et al., 2021
2	Los desechos de las mascarillas faciales pandémicas del COVID-19: una amenaza creciente para el medio marino.	India	Scopus	Dharmaraj et al., 2021
3	La creciente gestión de desechos biomédicos para controlar la transmisión ambiental de la pandemia COVID-19: una perspectiva desde dos países del sur de Asia.	Países del sur del Asia	Scopus	Shammi et al., 2021
4	Desafíos que emanan en la gestión de residuos urbanos y sanitarios en Isfahan, Irán, tras el brote de COVID-19.	Irán	Scopus	Zand & Heredero, 2021
5	Impactos ambientales del nuevo brote de coronavirus en Irán con énfasis en el sector de gestión de residuos.	Irán	Scopus	Zand & Heredero, 2021
6	Repercusiones de la pandemia COVID-19 en la gestión de residuos sólidos urbanos: desafíos y oportunidades.	India	Scopus	Kulkarni & Anantharama, 2020
7	Insuficiencias en la gestión de residuos hospitalarios y alcantarillado en chattogram, Bangladesh: exploración de peligros ambientales y para la salud ocupacional.	Bangladesh	Scopus	Behnam et al., 2020
8	Gestión de residuos dentales en consultorios y clínicas dentales en Jeddah, Arabia Saudita.	Arabia Saudita	Scopus	Sabbahi et al., 2020
9	¿Qué sistema de gestión de desechos médicos puede hacer frente a la pandemia de COVID-19: lecciones de Wuhan?.	China	Scopus	Chen et al., 2021
10	Gestión de residuos sanitarios en los países en desarrollo de Asia.	Asia	Scopus	Khan et al., 2019

11	Pandemia de COVID-19: residuos sólidos e impactos ambientales en Brasil.	Brasil	Scopus	Urban & Nakada, 2021
12	Gestión de equipos de protección personal usados y residuos relacionados con COVID-19 en Corea del Sur.	Corea del Sur	Scopus	Rhee, 2020
13	Mascarillas como equipo de protección individual durante la pandemia de COVID-19: cómo, cuándo y cuáles deben utilizarse.	España	Scopus	Aranas et al., 2020
14	Repercusiones de la pandemia de COVID-19 en las estrategias de generación y gestión de residuos sólidos.	China	Scopus	liang et al., 2021
15	Un estudio sobre el seguimiento de la segregación de residuos biomédicos en un hospital de atención terciaria de Telangana.	India	Scopus	Shinde et al., 2020
16	Iniciativa de segregación de desechos intraoperatorios entre el personal de anestesia para contener los costos de eliminación.	EE.UU.	Scopus	Fraifeld et al., 2021
17	Perspectivas actuales de la gestión de residuos biomédicos en el contexto de COVID-19.	India	Scopus	Capoor & Parida, 2021
18	Impacto de las nanopartículas en la gestión de residuos biomédicos.	India	Scopus	patil & buara, 2020
19	Optimización de la ruta de las rutas de transporte de desechos médicos en el evento de salud pública emergente de COVID-19: un algoritmo de optimización híbrido basado en el algoritmo de colonia de hormigas e inmunes.	China	Scopus	Liu et al., 2020
20	Investigación sobre la optimización del sistema de gestión de residuos sanitarios basado en el principio de gobernanza ecológica en la pandemia COVID-19.	China	Scopus	Liu et al, 2021
21	Un modelo de optimización para la recolección, transporte, transferencia, tratamiento y eliminación de desechos médicos infecciosos: aplicación a una región griega.	Grecia	Scopus	Mantzaras & Voudrias., 2017
22	Diseño de red de logística inversa para la gestión de residuos médicos en el brote epidémico del nuevo coronavirus (COVID-19).	India	Scopus	kargar et al., 2020

23	Problema de enrutamiento de ubicación difuso sostenible de múltiples viajes para la gestión de desechos médicos durante el brote de COVID-19.	Turquía	Scopus	Tirkolae et al., 2021
24	Diseño de una red logística para la gestión de residuos hospitalarios: un algoritmo de descomposición de Benders.	Irán	Scopus	Nikzamid et al., 2020
25	Recomendaciones prácticas para el almacenamiento temporal de desechos médicos durante la pandemia COVID-19.	Arabia Saudita	Scopus	Lakhout., 2020
26	Práctica de gestión de residuos médicos durante la pandemia del nuevo coronavirus 2019-2020: experiencia en un hospital general.	china	Scopus	peng et al., 2021
27	Situación comprometida de las unidades de incineración de desechos biomédicos de la India durante el brote pandémico de COVID-19: impactos ambientales y de salud asociados y medidas de mitigación.	India	Scopus	Thind et al., 2021
28	Revisión tecnológica sobre conversión termoquímica de desechos médicos relacionados con COVID-19.	Indonesia	Scopus	Purnomo et al., 2021
29	Respuesta de emergencia al crecimiento explosivo de desechos sanitarios durante la pandemia de COVID-19 en Wuhan, China.	China	Scopus	Yang et al., 2021
30	Gestión sostenible de los desechos médicos en los países en desarrollo africanos: una revisión narrativa.	África	Scopus	Chisholm et al., 2021
31	Utilización del efecto invernadero para el tratamiento de desechos desechables contaminados con COVID-19: una tecnología simple para los países en desarrollo.	Suecia	Scopus	Maher et al., 2021
32	Pirólisis: una técnica eficaz para la degradación de desechos médicos COVID-19.	India	Scopus	Dharmaraj et al., 2021
33	Pirólisis y combustión de máscaras comunitarias: análisis termogravimétricos, caracterizaciones, emisiones gaseosas y modelado cinético.	Francia	Scopus	Brillard et al., 2021
34	Tecnología y estrategias de desinfección para la gestión de residuos hospitalarios y biomédicos COVID-19.	Vietnam	Scopus	Iliyas et al., 2020

35	Desafíos y prácticas en la gestión y eliminación de desechos durante la pandemia de COVID-19.	China	Scopus	Hantoko et al., 2021
36	Características de eliminación de desechos y variabilidad de datos en una ciudad canadiense de tamaño medio durante COVID-19.	Canadá	Scopus	Rechter et al., 2021
37	Valorización de residuos médicos mediante pirólisis para un medio ambiente más limpio: avances y desafíos.	Malasia	Scopus	Su et al., 2021
38	Revisión de las opciones de valorización para la correcta eliminación de mascarillas durante la pandemia COVID-19.	Malasia	Scopus	Asim et al., 2021
39	La interacción de la economía circular con la industria 4.0 permitió que las ciudades inteligentes impulsarán la eliminación de residuos sanitarios.	India	Scopus	Chauhan et al., 2021

Es preciso destacar según la Tabla 4, respecto a los países en donde se han llevado a cabo estas investigaciones, resaltan China e India como los más prolíficos. Evidencia que no es de extrañar si se menciona a estos dos países como el lugar de origen del COVID 19 y uno de los lugares más insalubres conocidos (Figura 1).

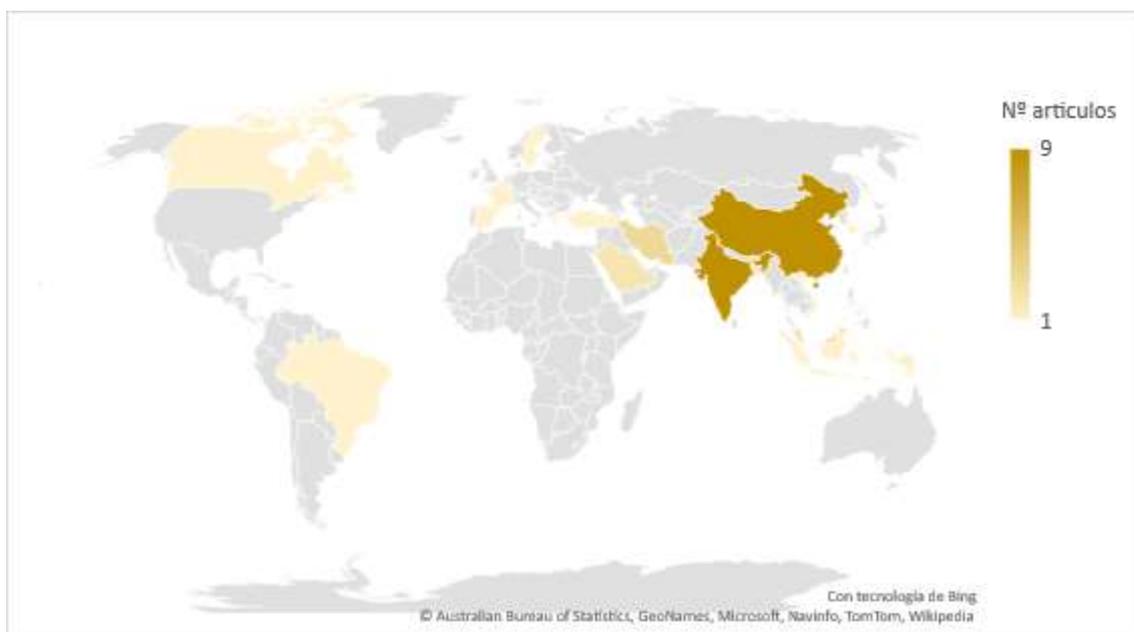


Figura 1: País de procedencia de las fuentes de investigación sobre residuos sanitarios asociados al COVID 19.

4.1. Gestión de residuos sanitarios en los países del mundo.

Para la gestión de los residuos sanitarios en los distintos países del mundo, se ha optado por estrategias recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que establecen directrices, métodos y pautas para conseguir un adecuado manejo de dichos residuos (Behnam et al., 2020).

De esta manera, países como Corea del Sur, Arabia Saudita y China confirman que las diferentes recomendaciones por parte de la OMS son adecuadas y eficientes para la gestión de los residuos sanitarios asociados al COVID-19 (Sabbahi et al., 2020) (Tabla 2).

En Bangladesh, por ejemplo, se establecieron Directrices para la gestión de los residuos sanitarios establecido por la OMS para proteger a los trabajadores de salud, trabajadores del área de recolección de residuos, recicladores y comunidad en general (Das et al., 2021). Asimismo, en la India se establecieron

pautas para gestionar el manejo de desechos como guantes, mascarillas y tapabocas que acaban por contaminar con grandes toneladas de micro plástico el océano que se emplea como vertedero de estos desechos (Dharmaraj et al., 2021). También, en Europa, en España se direccionaron diferentes recomendaciones para solucionar el inadecuado manejo de mascarillas como equipos de protección individual (Aranas et al., 2020). Tan bien, en el continente sudamericano, en Brasil se dieron procedimientos y guías de gestión ambientales para que los residuos médicos sean tratados adecuadamente (Urban & Nakada, 2021).

Sin embargo, algunos estados no se alinearon con dichas estrategias de la OMS (Chisholm et al., 2021). Por lo cual, han establecidos como estrategias la Instalación de incineradores como una respuesta rápida para controlar y reducir dichos residuos, como también minimizar el costo de la gestión de los residuos sanitarios (Guo et al., 2021).

De manera análoga, en los países del sur de Asia se instalaron incineradores para disminuir los desechos generados como los equipos de protección personal (Shammi et al., 2021). Como también, en los distintos países del mismo continente se aplicó la Gestión adecuada de los residuos sanitarios; autoclave, esterilización con vapor y una nueva práctica comparativamente razonable de pirolisis, como una medida responsable con el medio ambiente (Khan et al., 2019).

Por otro lado, en diversos países las estrategias implementadas se centraron en los residuos urbanos, ya que se consideró la fuente con mayor generador de desechos sanitarios (Elsheekh et al., 2021). Tal cual, en Irán se adquirió Protocolos de gestión de residuos urbanos adecuados para reiniciar los programas seguros de separación, reciclaje y compostaje (Zand & Heredero, 2021). De igual forma, una línea de base para diseñar estrategias adecuadas de gestión de residuos urbanos en los puntos críticos y a la vez vulnerables por los residuos peligrosos (Zand & Heredero, 2021). Además, en China se permitió los Sistemas de emergencia médica resolventes en áreas urbanas (Chen et al., 2021). Por último, en India también establecieron Prácticas de manejo de residuos sólidos urbanos (RSU) predominantes, con énfasis en las instalaciones

de tratamiento y eliminación de RSU, ante la nueva generación de residuos por la pandemia (Kulkarni & Anantharama, 2020).

.

Tabla 5: Gestión de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Tipo de residuos sanitarios	Medio afectado	Estrategia de gestión	Problemática	Lugar	referencia
Residuos sólidos sanitarios.	Suelo	Directrices para la gestión de los residuos sanitarios establecido por la OMS.	El riesgo del contagio en los recicladores, trabajadores de salud, trabajadores de basura y comunidad en general.	Bangladesh	Das et al., 2021
Mascarillas faciales.	Mar	Pautas dadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).	El volumen de residuos de protección personal, son liberados en grandes toneladas de micro plásticos al medio ambiente.	India	Dharmaraj et al., 2021
Desechos biomédicos.	Fuentes Hídricas	Instalación de incineradores.	Inapropiada gestión de residuos sanitarios como los EPP, liberando gran cantidad de micro plásticos al medio ambiente.	Países del sur del Asia	Shammi et al., 2021
Residuos urbanos y sanitarios.	Suelo-Fuentes Hídricas.	Protocolos de gestión de residuos urbanos adecuados.	Impactos negativos al ambiente y a la salud por residuos hospitalarios y urbanos que son arrojados a los vertederos.	Irán	Zand & Heredero, 2021
Textiles, plásticos y hospitalarios.	Suelos-ríos-aire	Línea de base para diseñar estrategias adecuadas de gestión de residuos urbanos.	Impactos negativos ambiente por el aumento de residuos textiles y plásticos.	Irán	Zand & Heredero, 2021

Residuos sólidos urbanos.	Suelo	Prácticas de manejo de residuos sólidos urbanos (RSU).	Problemas medioambientales por la nueva generación de residuos.	India	Kulkarni & Anantharama, 2020
Residuos sólidos hospitalarios y alcantarillado	Fuentes hídricas	Prácticas de seguridad ocupacional.	Propagación de covid-19 e impactos a fuentes hídricas.	Bangladesh	Behnam et al., 2020
Residuos sólidos dentales.	Suelo	Desarrollo de políticas y normativas para la gestión de los residuos dentales.	La recolección, el transporte y el tratamiento de residuos bucales son deficientes.	Arabia Saudita	Sabbahi et al., 2020
Desechos médicos.	Suelo	Sistemas de emergencia médica recilientes en áreas urbanas.	El aumento de desechos médicos descontrola la gestión del almacenamiento, el transporte y la eliminación de desechos.	China	Chen et al., 2021
Residuos sanitarios.	Suelo-Aire	Gestión adecuada de los residuos sanitarios; autoclave, esterilización con vapor y pirólisis.	La población asiática no practica una adecuada gestión de residuos sanitarios.	Asia	Khan et al., 2019
Residuos sólidos.	Suelo-Aire-Fuente Hídricas	Normas de gestión ambientales de la OMS.	El 35% de los residuos médicos no han sido tratados adecuadamente afectando al medio ambiente.	Brasil	Urban & Nakada, 2021

Equipos de Protección Personal.	Suelo	Medidas especiales basados en principios como la sostenibilidad, la transparencia y la seguridad.	La cantidad de EPI incluyendo mascarillas y protectores, causando la propagación del virus y problemas ambientales.	Corea del Sur	Rhee 2020
Mascarillas.	Suelo	Recopilación de recomendaciones difundidas por la Organización Mundial de la Salud.	Inadecuado manejo de mascarillas como equipos de protección individual que afectan a la gestión de residuos.	España	Aranas et al., 2020
Residuos Médicos.	Suelos	Nuevas políticas y directrices.	El aumento de los desechos médicos, los desechos de EPI y los desechos sólidos urbanos impactan a la gestión de residuos sólidos.	China	Liang et al., 2021

Según lo reportado por los diversos autores (Tabla 4), el manejo de residuos sanitarios comprende seis procesos los cuales se detallan a continuación:

A. Segregación de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

La segregación de residuos sanitarios en tiempos de pandemia es un paso muy importante. Si no se realiza la segregación de la forma más correcta estas pueden generar un aumento de infecciones, efectos tóxicos y lesiones a la salud Carnero (2020). Para poder realizar una adecuada segregación se tiene que seguir metodologías y estrategias adecuadas basadas en experiencias similares para ello las metodologías tienen que ser puesta en práctica en naciones reconocidas o ser de la Organización mundial de la salud (OMS) Sharma et al., (2020). Partiendo de esta perspectiva se presenta un análisis de las diferentes metodologías para la segregación de residuos en la Tabla 3.

Es preciso mencionar que todas las metodologías analizadas emplean la segregación en la fuente y los materiales más comunes que componen los residuos sanitarios son el látex, polipropileno, PET u otros. Según Shende et al., (2020) la metodología del índice de deficiencia de segregación de residuos biomédicos (índice BMWSD), sirve para identificar problemas o deficiencias presentes en el proceso de segregación de los residuos sanitarios, así mismo ayuda a mejorar la gestión de estos residuos. El autor puso en práctica la metodología en un hospital de atención terciaria con la metodología del índice de BMWSD obtuvo que el 85% de los residuos no son infecciosos, el 10% son infecciosos no peligrosos, y el 5% si son residuos peligrosos, también con la metodología estima que se logra segregar 40t/d. A si mismo Patil & Buara (2020) plantean otra metodología diferente partiendo de asignar color a cada fuente para su correcta segregación obteniendo los mismos porcentajes que los autores anteriores por cada tipo de residuo sanitario, cabe mencionar que con este método se lograron deducir la cantidad de 0,5 kg por día por generado por paciente con covid. Por consiguiente, la metodología del índice de BMWSD es más eficiente ya que identifica los errores y planifica una gestión tomando en cuenta hasta los personales que segregan.

De forma diferente, Capor & Parida (2021) indican las Reglas de SWM, 2016 una norma de la India que ve el manejo en general de todos los residuos, en particular

la norma propone asignar colores según el contenido de PET y el tipo de material contenido. Las Reglas de SWM, 2016 consideran a todo tipo de residuos sanitarios como peligrosos a diferencia de las metodologías anteriores.

Por último, Fraifeld et al., (2021) indican las reglamentaciones de 2015 sobre desechos peligrosos (wsi no. 1417 (w.141) de 2015) cuya ley es de origen Gales. el cual desde un punto de vista analógico es la estrategia más convincente por el hecho que está reconocida por la OMS y lo emplean países como reino unido y estados unidos es preciso mencionar también que esta norma considera el 90 % de este tipo de residuos son no peligrosos y el 10 % si son peligrosos.

.

Tabla 6: Segregación de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Lugar de segregación	Material segregado	Metodología	Residuos comunes	Residuos no peligroso		Residuos peligrosos				Cantidad	País	Referencia
				no infecciosos	%	Infecciosos no peligrosos	%	infecciosos peligrosos	%			
Segregación en la fuente.	Látex, polipropileno, punzocortante, PET.	BMW Raster (Este informe es para identificar la deficiencia áreas en todo el hospital en la segregación BMW).	Mascarillas, guantes, envases de alcohol medicinal, faciales, lentes, mamelucos, cofia, jeringas, agujas , etc.	Cartón de mascarillas, residuos plásticos (envoltura de guantes), cartones, papel, residuos orgánicos.	85	mascarillas, guantes, cofias, mamelucos,	10	Recipientes de vacunas, material contaminado con productos químicos u otro, envases de desinfectantes residuos radiactivos.	5	40 t/d hospitales de tercer nivel	India	Shinde et al, 2020
Segregación en la fuente.	Látex, polipropileno, punzocortante, PET.	Codificación por colores.	Mascarillas, guantes, envases de alcohol medicinal, faciales, lentes, mamelucos, cofia, jeringas, agujas , etc.	Cartón de mascarillas, residuos plásticos (envoltura de guantes), cartones, papel, residuos orgánicos.	85	mascarillas, guantes, cofias, mamelucos,	10	Recipientes de vacunas, material contaminado con productos químicos, envases de desinfectantes.	5	0,5 kg por paciente C	India	patil & buara 2020

Segregación en la fuente.	Látex, polipropileno, punzocortante, PET.	<p>Asignación de colores</p> <ul style="list-style-type: none"> • amarilla (30_40% de pet) • roja (plástico completo material peligros) • blanco (punzantes) • azul (vidrio metal) <p>LAS REGLAS DE SWM, 2016.</p>	Mascarillas, guantes, envases de alcohol medicinal, faciales, lentes, mamelucos, cofia, jeringas, agujas , etc.	-	-	-	Cartón de mascarillas, residuos plásticos (envoltura de guantes), cartones, papel, residuos orgánicos, mascarillas, guantes, cofias, mamelucos recipientes de vacunas, material contaminado con productos químicos, envases de desinfectantes.	Potencialmente 2,5 - 4,5 kg por personas (100%)	India	Capoor & Parida, 2021
---------------------------	---	---	---	---	---	---	--	---	-------	-----------------------

Segregación en la fuente.	Látex, polipropileno, punzocortante, PET.	Reglamento de 2015 de Gales sobre desechos peligrosos (wsi no. 1417 (w.141) de 2015.	Mascarillas, guantes, envases de alcohol medicinal, faciales, lentes, mamelucos, cofia, jeringas, agujas , etc.	Cartón de mascarillas, residuos plásticos (envoltura de guantes), cartones, papel, residuos orgánicos.	90 % no so n pel igr os os	-	-	Mascarillas, guantes, cofias, mamelucos, recipientes de vacunas, material contaminado con productos químicos, envases de desinfectantes. Todos estos residuos se consideran como peligros.	10%	13.6kg por paciente por semana	EE.UU.	Fraifeld et al, 2021
---------------------------	---	--	---	--	---	---	---	--	-----	--------------------------------	--------	----------------------

B. Transporte de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Según Vaverková et al., (2021) afirman que en diferentes países del mundo se estableció optimizar el transporte de residuos sanitarios, eligiendo estrategias como el algoritmo de colonias de hormiga, el algoritmo de búsqueda tabú y el algoritmo genético para economizar y minimizar impactos negativos a la salud y al ambiente (Tabla 4).

De forma semejante, en China país donde se originó el virus covid-19 ejecutó la estrategia de algoritmo de optimización de colonias de hormigas y el algoritmo de búsqueda tabú, ya que el gasto económico y los recursos han aumentado respecto a la ruta entre la estación de transporte y los hospitales, logrando así excelentes resultados en la optimización de transporte, lo que tiene un significado práctico e ilustrativo para la respuesta de emergencia (Liu et al., 2020). Del mismo modo, en la ciudad de Wuhan del mismo país se utilizó el modelo híbrido GA-ACO (el algoritmo genético - el algoritmo de colonias de hormigas), esto permitió que se utiliza el camino más corto para transportar la mayoría de los desechos médicos desde los puntos de recolección comunitarios y los hospitales hasta los lugares de almacenamiento temporal, se logra trasladar más residuos sanitarios en un tiempo reducido y con menor costo (Liu et al., 2021).

Por consiguiente, en algunos países de Europa en sus estrategias priorizan reducir el costo que se utiliza en las rutas del transporte (Abbass et al., 2021). Según Mantzaras & Voudrias, (2020) nos dicen que, en Grecia que planteó el modelo de optimización (calcula todas las posibles distancias de viaje (km) y tiempos (min) entre productores de IMW, plantas de tratamiento de residuos y rellenos sanitarios), dando resultados beneficiosos como los costos de transferencia son menores, así como el costo total mínimo de gestión, facilita un orden para su recolección, facilita su llegada para su tratamiento, además incluye la ubicación exacta de las instalaciones de tratamiento y estaciones de transferencias TS. Del mismo modo, en Turquía el costo elevado en el tema de transporte desordenado con el enrutamiento clásico, por lo cual establecieron un modelo matemático novedoso, que atribuye reducir la ruta del transporte y genera más movilidad de un punto a otro, Además el modelo matemático

presentado por el autor es óptimo para estaciones de transferencia pequeñas mas no aún para grandes números de transferencias (Tirkolae et al., 2021).

Por lo contrario, en otros estados emplearon estrategias que prioricen el recojo de dichos residuos en los hospitales o centros de salud, en otras palabras, estos puntos críticos tienen que ser preferenciales para optimizar el transporte (Zhabg et al., 2021). Tal cual, kargar et al., (2020) mencionan que en la India toma como prioridad empezar la recolección de los hospitales existentes, hospitales temporales, clínicas y laboratorios, por lo tanto, se adquirió el Modelo de programación lineal con tres funciones objetivas para minimizar los costos totales (riesgo asociado al transporte - tratamiento de IMW - cantidad máxima de residuos no recolectados en MWGCs), la propuesta genera un orden de recolección y reduce la trayectoria de la vía con la implementación de nuevos centros de almacenamiento temporal. De forma similar, en Irán de decreto como estrategia de transporte algoritmo de descomposición de Benders, tal que el propuesto considera el enrutamiento de un número heterogéneo de vehículos que visitan hospitales para recolectar desechos, resultado que el modelo propuesto minimiza los costos totales y el riesgo de exposición a la contaminación (Nikzamid et al., 2020).

Tabla 7: Transporte de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Problema de transporte	Estrategia de transporte	Ventajas de la estrategia	Resultado	Referencia
Optimización de la ruta entre la estación de transporte y los hospitales.	Algoritmo de optimización de colonias de hormigas y el algoritmo de búsqueda tabú.	Tiene las ventajas de la retroalimentación positiva, el paralelismo y la solidez.	Ha logrado excelentes resultados en la optimización de transporte.	Liu et al., 2020
La limitada capacidad de almacenamiento retrasa las actividades del transporte.	Modelo híbrido GA-ACO (el algoritmo genético, el algoritmo de colonias de hormigas).	Utiliza el camino más corto desde los puntos de recolección comunitarios y los hospitales.	Utilizando el método GA-ACO, se logra trasladar más residuos sanitarios en un tiempo reducido y con menor costo.	Liu et al., 2021

Respecto a la minimización de los costos de transporte.	Modelo de optimización (calcula las distancias (km) y tiempos (min), entre fuentes a plantas de tratamiento de residuos y rellenos sanitarios).	Su ruta de transporte óptima, así como el costo total mínimo de gestión.	Los costos de transferencia son menores, facilita un orden para su recolección y facilita su llegada para su tratamiento.	Mantzaras & Voudrias, 2017
Tasa de generación de desechos médicos infecciosos (IMW) aumentará rápidamente.		Toma como prioridad empezar la recolección de los hospitales existentes, hospitales temporales, clínicos, laboratorios, área residencial.	Reduce la trayectoria de la vía con la implementación de nuevos centros de almacenamiento temporal.	kargar et al., 2020
Costo elevado en el tema de transporte desordenado con el enrutamiento clásico.	Modelo matemático novedoso.	Reduce la ruta del transporte y genera más movilidad de un punto a otro.	El modelo matemático presentado por el autor es óptimo para estaciones de transferencia.	Tirkolae et al., 2021
Diseño de red deficiente en el manejo de residuos sanitarios.	Algoritmo de descomposición de Benders.	El modelo propuesto considera el enrutamiento de un número de vehículos.	El modelo propuesto minimiza los costos totales y el riesgo de exposición a la contaminación.	Nikzamid et al., 2020

C. Almacenamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Por el exceso de residuos sanitarios, en ciertas identidades el tiempo de almacenamiento es de un día (24h) como máximo, depende de las condiciones y la capacidad del área (Manegdeg et al., 2021) (Tabla 5).

Del mismo modo, Chen et al., (2021) señalan que, en el exceso de residuos sanitarios que sobrepasa los límites se tiene como máximo 24 horas en el almacén, con la capacidad de 166,6 toneladas y un área de 13.610m². Del mismo modo, Peng et al., (2021) nos indican que, también por exceso de residuos sanitarios del covid-19 y contagio de enfermedades, se estableció como tiempo máximo de 24 horas en almacenamientos de residuos sanitarios, siendo una marca de advertencia significativa.

No obstante, otras identidades no rigen el mismo procedimiento respecto al tiempo de almacenamiento, ya que dichos organismos cuentan con diferentes presupuestos económicos, el per cápita de su población y la tecnología utilizada (Chisholm et al., 2021).

Por consiguiente, según Lakhout (2020), indica que, en el exceso de residuos sanitarios del covid-19 el tiempo temporal que se le da para almacenar estos residuos es de 28 a 29 días en Europa, en Estados Unidos de 90 días y en África de 180 días, la diferencia del tiempo es por la actualidad de cada país, en otras palabras, por la densidad de su población, per cápita, recursos disponibles y la economía.

Tabla 8: Almacenamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Problema de almacenamiento	Impacto del problema	Tiempo de almacenamiento	Características del almacenamiento	País	Referencias
Exceso de residuos sanitarios del COVID-19.	Contagios con el Covid-19, contaminación de (aire, suelo y agua).	<ul style="list-style-type: none"> ● 28 a 29 días Europa ● EEUU 90 días. ● África 80 días. 	No estar sujeto a inundaciones, estar alejado de las actividades humanas, tener los desechos incompatibles separados, estar protegido del clima, tener buena ventilación y proporcionar un Sistema de drenaje y material absorbente para derrames.	China	Lakhout, 2020
Exceso de residuos sanitarios del COVID-19.	contaminación al ambiente y propagación del Covid-19	24h máximo de almacenamiento	capacidad de almacenamiento de 1666 toneladas, y una área de 13.610m ²	China	Chen et al., 2021
Exceso de residuos sanitarios del COVID-19.	Contagio de enfermedades.	24 horas en almacenamiento temporal en hospitales.	Una marca de advertencia significativa y sin acceso a personal no autorizado.	China	peng, et al., 2020

D. Tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Según Gutierrez et al., (2021) En los diferentes países del continente asiático se ha utilizado como tipo de tratamiento la incineración como una solución rápida para reducir el volumen de los residuos, asimismo obteniendo otros tipos de problemas a la salud y al ambiente (Tabla 6).

Del mismo modo, en China disponen Instalaciones de coprocesamiento (plantas de incineración para RSU), además las instalaciones móviles y la eliminación no

local actuaron como enfoques complementarios y liberando gases nocivos al medio ambiente (Yang et al., 2021). Del mismo modo, Thind et al., (2021) dicen que, en la India ejecutaron la Incineración, ante el incremento de la generación de BMW de categoría amarilla en los sectores de salud, se hizo evidente los efectos cancerígenos en la salud en los adultos y niños de dicho país por los gases generados. Asimismo, en Indonesia se utilizó la Conversión Térmica (incluida la incineración-torrefacción-gasificación), pero este tipo de tratamiento tiene un potencial impacto de CO₂ y otros gases nocivos (Purnomo et al., 2021). De forma semejante, en África la incineración es el tratamiento más usado por tener los recursos limitados y exceso de densidad poblacional, al mismo tiempo genera emisiones peligrosas al aire (Chisholm et al., 2021).

En cambio, en algunos países de Asia y Europa utilizaron otros tipos de tratamientos que son eficientes y más respetuosos con el medio ambiente (Chhabra et al., 2021).

Tal es el caso de, Dharmaraj et al., (2021) afirman que en la India el tipo de tratamiento que se estableció es el Termoquímicos (pirólisis), dicha tecnología de pirólisis es eficiente, rentable y ejemplar para el medio ambiente. Al igual que, en Vietnam que utilizó tres tipos de tratamiento de desinfección química, pirólisis e incineración, estas tres técnicas demuestran un nivel óptimo para el tratamiento en especial la pirólisis (Iliyas et al., 2020). De igual manera, Brillard et al., (2021) sostienen que en Europa en el país de Francia se realizó el tratamiento de pirólisis-Combustión, por el gran impacto de residuos sanitarios, por lo cual las pruebas establecidas demostraron eficacia ante dichos problemas, además se puede controlar y disminuir el volumen generado. Por último, en Suecia se estableció como tratamiento Ecológico - Biológico (la desactivación de muchas bacterias y virus en lugares de radiación solar alta), ya que la incineración de los residuos médicos disminuye el 90%, sin embargo, pueden emitir contaminantes nocivos a la salud y al medio ambiente, de modo que las tecnologías ecológicas pueden servir como vínculo entre el sistema sanitario (Maher et al., 2021).

Tabla 9: Tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Tipo de residuos	Problemática del tratamiento	Tipo de tratamiento	Resultado	País	Referencia
Desechos Biomédicos.	En los sectores de salud ha incrementado la generación de BMW de categoría amarilla.	Incineración.	Para minimizar los impactos ambientales por la incineración se obtuvo tecnologías alternativas.	India	Thind et al., 2021
Desechos Médicos.	El aumento de los desechos médicos hace inmanejable la gestión, causando la propagación de la enfermedad e impactos ambientales.	Conversión Térmica (incluida la incineración, torrefacción, pirolisis, y gasificación).	Tiene potencial impacto de CO2 y otros gases nocivos, además la pirolisis en partes es eficiente de conversión de energía e impactos ambientales.	Indonesia	Purnomo et al., 2021
Desechos Sanitarios.	Colapso del sistema de segregación, recolección y almacenamiento.	Instalaciones de coprocesamiento (plantas de incineración para RSU).	Las instalaciones estacionarias y de coprocesamiento eran preferenciales para la eliminación de HCW.	China	Yang et al., 2021
Residuos Sanitarios.	Recursos limitados y exceso de densidad poblacional que usa residuos sanitarios en tiempos de covid-19.	Incineración.	La incineración es la técnica más usada por su efectividad de disminución en un total de 90 % de los residuos y al mismo tiempo genera emisiones peligrosos al aire.	África	Chisholm et al., 2021

Residuos Sanitarios.	La incineración de los residuos médicos disminuye el 90%, sin embargo, pueden emitir contaminantes nocivos a la salud y al medio ambiente.	Ecológicas - Biológicas (la desactivación de muchas bacterias y virus en lugares de radiación solar alta).	La tecnología ecológica puede servir como vínculo entre el sistema sanitario.	Suecia	Maher et al., 2021
Desechos Médicos.	El manejo inadecuado de dichos desechos tiene serios problemas a la salud pública y un impacto preocupante al ambiente.	Termoquímicos (Pirolisis).	La tecnología de Pirolisis permite es eficiente, rentable y respetuosa con el medio ambiente.	India	Dharmaraj et al., 2021
Mascarillas.	Las mascarillas comúnmente se desechan o aparecen en cualquier lugar del medio ambiente, estos residuos son fuente difusa de contaminación por sus componentes sintéticos.	Pirolisis-Combustión.	Las pruebas establecidas demostraron que es eficaz para una rápida respuesta en problemas de residuos sanitarios.	Francia	Brillard et al., 2021
EPPS COVID_19.	Manejo inadecuado de residuos sanitarios en tiempos de Covid_19, proliferación de infecciones y contaminación ambiental.	Desinfección química- pirolisis-incineración.	Las tres técnicas demuestran un nivel óptimo para el tratamiento de residuos asociados al Covid_19.	Vietnam	Iliyas et al., 2020

E. Disposición final e residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Peng et al., (2021), afirman que los países que utilizaron un relleno sanitario como disposición final de los residuos fue debido a que estos rellenos son altamente eficientes para evitar cualquier tipo de impactos ambientales (Tabla 7).

De forma similar, Peng et al., (2021) nos dicen que, en China se usó como disposición final el relleno sanitario, para esto los residuos tienen que estar desinfectados con vapor o hervir altas temperaturas, de esta forma se obtuvo una alta eficiencia, ya que los impactos son mínimos al aire y suelo, eliminando una cantidad de 4.8t/d de residuos sanitarios. Asimismo, Hantoko et al., (2021) sostienen que, el relleno sanitario como disposición final es el más adecuado, ya que en el mismo país el pos-tratamiento de la incineración y pirólisis las cenizas se llevan a rellenos especiales, esto resulta que los impactos de emisiones sean aceptables e incidencia mínima en el suelo, teniendo la capacidad de eliminar la cantidad de 1t/d residuos sanitarios.

Además, hubo otras alternativas de disposición final que son de eficiencia regular para reducir los impactos negativos, tal es el caso de Hantoko et al., (2021) mencionan que algunos sectores emplearon entierro en foso de lugar, los desechos recolectados se entierran en un pozo cerrado (2 x 5 m) con una capa de arcilla o revestimiento geosintético en la parte inferior revestimiento de tierra y cal, obteniendo una eficiencia regular y una probabilidad de incidencia en el suelo, una capacidad máxima de 5 a 10 toneladas.

Sin embargo, otros estados en el mundo han optado por una inadecuada disposición final, afectando gravemente a los recursos naturales (Wijekoon et al., 2021).

Al igual que, Rechter et al., (2021) manifiestan que, distintos gobiernos como el de Canadá reaccionen rápidamente con una variedad de medidas para sofocar la propagación del COVID-19, disponiendo sus residuos en vertederos como disposición final, con una cantidad de 13 a 16 t/d, obteniendo graves consecuencias al suelo, aire y fuentes hidrológicas.

Tabla 10: Disposición final de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Tipos de disposición final	Requisito para su uso	Impactos al ambiente	Cantidad de eliminación	Eficiencia	Referencia
Relleno Sanitario.	Los residuos tienen que estar desinfectados con vapor o hervir altas temperaturas.	Mínima al aire y suelo.	4.8t/d	Alto	peng et al., 2021
Relleno Sanitario.	Post tratamiento de la incineración y pirólisis las cenizas se llevan a rellenos especiales.	Emisiones aceptables, incidencia mínima en el suelo.	1t/d	Alto	Hantoko et al., 2021
Entierro en foso de lugar.	Los desechos recolectados se entierran en un pozo cerrado (2 x 5 m) con una capa de arcilla o revestimiento geo sintético en la parte inferior. Revestimiento de tierra y cal.	Efecto al aire y probabilidad de incidencia en el suelo.	5 a 10 t capacidad	Regular	
Vertedero o botadero.	Se realiza de manera casera sin previo tratamiento y con muchas desventajas. Los residuos son vertidos al aire libre.	Probabilidad de incidencia en el suelo, aire y agua.	13 a 16 t/d	Bajo	Rechter et al., 20221

F. Valorización de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

La valorización de los residuos sanitarios se ha generado por diferentes estrategias como rellenos sanitarios, Aplicación de las 3R, energética, tratamiento de pirólisis, la educación ambiental de los consumidores y otras alternativas que promuevan una economía circular (Woon et al., 2021). Tabla 8.

Asimismo, Su et al (2021) señalan que, para la valorización de los residuos sanitarios se empleó el tratamiento de pirólisis, se obtuvo la producción de bioproductos de alta calidad, además generar productos valiosos como el bioaceite y el biocarbón, es decir el tratamiento de residuos médicos por pirólisis tiene el potencial de reutilizar y aliviar la situación que hoy en día tenemos frente a la pandemia.

Por otro lado, en la India se estableció el método de laboratorio de evaluación (DEMATEL), para desarrollar un sistema inteligente de eliminación de residuos sanitarios enriquecido con los beneficios de la economía circular, como teoría de las 3 R de la perspectiva de la economía circular en términos de recuperar el material de una gran cantidad de desechos desechables el algodón, el propileo y los plásticos (Chauhan et al., 2020).

En cambio, Asim et al., (2021) sostienen que las Prácticas gubernamentales, instituciones estatales, la conciencia y el compromiso social, permite que la toma de decisiones multicriterio para la solución óptima, a conciencia de los científicos, los gobiernos y las comunidades sean consciente en el consumo responsable de dichos elementos de bioseguridad ante el COVID-19.

Tabla 11: Valorización de residuos sanitarios asociados al COVID-19.

Problemática	Tecnología usada	Beneficio	Conclusión	País	Referencia
La incineración, el vertedero y la autoclave no se pueden solucionar al 100% debido a la liberación de gases tóxicos, la gran ocupación de tierra y la sostenibilidad.	Pirólisis.	La producción de bioproductos de alta calidad, además generar productos valiosos como el bioaceite y el biocarbon.	La pirolisis limpia y segura en el tratamiento, tiene el potencial de reutilizar y aliviar la situación que hoy en día tenemos frente a la pandemia.	Malasia	Su et al., 2021
El aumento global de las máscaras faciales que contienen principalmente polipropileno y la contaminación por micro plásticos.	Prácticas gubernamentales, instituciones estatales y la conciencia y el compromiso social.		La toma de decisiones multicriterio para la solución óptima, a conciencia de los científicos, los gobiernos y las comunidades de todo el mundo.	Malasia	Asim et al., 2021
Los desechos médicos se han vuelto más peligrosos e infecciosos mostrando su potencial para cobrar vidas y perjudicar al medio ambiente si no son eliminados adecuadamente.	Método de laboratorio de evaluación (DEMATEL).	La economía circular para desarrollar un sistema inteligente de eliminación de residuos sanitarios enriquecido con los beneficios de la economía circular.	La teoría de las 3 R de la perspectiva de la economía circular en términos de recuperar el material de una gran cantidad de desechos desechables el algodón, el propileno y los plásticos.	India	Chauhan et al., 2020

V. CONCLUSIONES

El manejo y tratamiento de los residuos sanitarios asociados al COVID-19 implican los siguientes procesos:

OE 1: La gestión de residuos sanitarios asociados al COVID-19 fue determinada mediante metodologías, pautas y directrices dadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en los procesos de segregación, transporte, almacenamiento, tratamiento, disposición final y valorización.

OE 2: La manera apropiada de segregación de residuos sanitarios asociados al COVID-19 es la segregación en la fuente partiendo siempre con las normas y metodologías establecidas a nivel mundial tales como: BMW Raster, Codificación por colores, las reglas de SWM, 2016 y reglamento de 2015 de Gales sobre desechos peligrosos (wsi no. 1417 (w.141) de 2015 este último es el más adecuado para realizar una adecuada segregación ya que en países de primer mundo como EE.UU. y Gran Bretaña funciona con mucho éxito.

OE 3: Las estrategias del transporte de residuos sanitarios asociados al COVID-19 según la evidencia revisada fue eficiente cuando se empleó un algoritmo de colonias de hormiga, modelo de optimización, modelo matemático, el algoritmo genético, algoritmo de descomposición de Benders y el algoritmo de búsqueda tabú, que permiten reducir el costo económico, optimización en la recolección en los puntos críticos y el riesgo de exposición a la contaminación.

OE 4: La forma más apropiada de almacenamiento de los residuos sanitarios asociados al COVID-19 es de considerar un área adecuada de acuerdo a su capacidad, con un tiempo máximo de almacenamiento de 24 horas, estar protegido por el clima, sistema de drenaje, medidas de bioseguridad y normas laborales.

OE 5: Los tipos tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19 descritos en la literatura mencionan a la conversión térmica, incineración, torrefacción, gasificación, Instalaciones de coprocesamiento, desinfección química, ecológicas, Biológicas y pirólisis, siendo este último la más eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

OE 6: Se describieron los tipos de disposición final de residuos sanitarios asociados al COVID-19 como los vertederos, los entierros en fosos y rellenos

sanitarios que es el más adecuado y eficiente para minimizar los impactos negativos al ambiente.

OE 7: Se describió las tecnologías usadas para la valorización de los residuos sanitarios asociados al COVID-19 tal como las prácticas gubernamentales, el compromiso social, método de laboratorio de evaluación (DEMATEL), la teoría de las 3R y la pirólisis, que establecen la producción de bioproductos de alta calidad y permiten una economía circular.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para la adecuada gestión de residuos sanitarios asociados al COVID-19 es esencial emplear las recomendaciones establecidas por la organización mundial de la salud, porque están evaluadas y comprobadas en diferentes partes del mundo como las más apropiadas.
2. Para una adecuada segregación se recomienda implementar políticas y lineamientos claros y entendibles por la sociedad, ya que estas políticas ayudarán a prevenir impactos negativos al medio ambiente en general y a la salud pública con el incremento del brote de la pandemia.
3. En el transporte de los residuos sanitarios asociados al COVID-19 se recomienda utilizar como estrategia un algoritmo adecuado que genere el menor costo y el menor tiempo posible desde la recolección en los puntos críticos a los centros de almacenamiento y tratamiento.
4. En el almacenamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19 se recomienda que estos centros se implementen fuera de las zonas de urbanizaciones o ciudades para tener mayor capacidad de área y no influir en la contaminación directa a la población.
5. Para un adecuado tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19 se recomienda utilizar la pirólisis, ya que es respetuoso con el medio ambiente y generan productos de alta calidad.
6. Se recomienda utilizar como disposición final de los residuos sanitarios asociados al COVID-19 los rellenos sanitarios, porque es más eficiente contra los impactos negativos al ambiente.
7. Se recomienda utilizar la tecnología de la pirólisis y la teoría de las tres R para obtener un método conveniente en la valorización de residuos sanitarios asociados al COVID-19, ya que son transformados en otros productos permitiendo la utilidad de estos desechos.

REFERENCIAS

1. Abbass, R. A., Kumar, P., & El-Gendy, A. (2021). Fine particulate matter exposure in four transport modes of greater cairo. *Science of the Total Environment*, 791 doi:10.1016/j.scitotenv.2021.148104
2. Aranaz Andrés, J. M., Gea Velázquez de Castro, M. T., Vicente-Guijarro, J., Beltrán Peribáñez, J., García Haro, M., Valencia-Martín, J. L., Bischofberger Valdés, C., Grupo de Trabajo COVID-19 del Hospital Universitario Ramón y Cajal, & Grupo de Trabajo COVID-19 del Hospital Universitario Ramón y Cajal (2020). Mascarillas como equipo de protección individual durante la pandemia de COVID-19: cómo, cuándo y cuáles deben utilizarse [Masks as personal protective equipment in the COVID-19 pandemic: How, when and which should be used]. *Journal of healthcare quality research*, 35(4), 245–252. <https://doi.org/10.1016/j.jhqr.2020.06.001>
3. Aranaz Andrés, Teresa Gea, Jorge Vicente, Joaquín Beltrán, Mercedes García, José Lorenzo, Martín Cornelia. (2020). Masks as personal protective equipment in the COVID-19 pandemic: How, when and which should be used.
4. Asim, N., Badiei, M., & Sopian, K. (2021). Review of the valorization options for the proper disposal of face masks during the COVID-19 pandemic. *Environmental Technology and Innovation*, 23 doi:10.1016/j.eti.2021.101797
5. Behnam, B., Oishi, S. N., Uddin, S. M. N., Rafa, N., Nasiruddin, S. M., Mollah, A. M., & Hongzhi, M. (2020). Inadequacies in hospital waste and sewerage management in chattogram, bangladesh: Exploring environmental and occupational health hazards. *Sustainability (Switzerland)*, 12(21), 1-21. doi:10.3390/su12219077
6. Brillard, A., Kehrl, D., Douguet, O., Gautier, K., Tschamber, V., Bueno, M. -, & Brilhac, J. -. (2021). Pyrolysis and combustion of community masks: Thermogravimetric analyses, characterizations, gaseous emissions, and kinetic modeling. *Fuel*, 306 doi:10.1016/j.fuel.2021.121644
7. Brunod, I., Rességuier, N., & Fabre, A. (2020). Medical thesis publication and academic productivity of pediatric residents at the Medical University of Marseille: Associated factors and evolution over 20 years. *Archives de*

- pediatrie : organe officiel de la Societe francaise de pediatrie, 27(8), 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2020.09.007>.
8. Capoor, MR y Parida, A. (2021). Perspectivas actuales de la gestión de residuos biomédicos en el contexto de COVID-19 ". Revista india de microbiología médica , 39 (2), 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.ijmmb.2021.03.003>
 9. Capuano, Luciana, Barry Ness, Michael Oloko, Frankline Otiende Awour. (2021). Multi-criteria analysis of Atanu,
 10. Carnero MC. Waste Segregation FMEA Model Integrating Intuitionistic Fuzzy Set and the PAPRIKA Method. Mathematics. 2020; 8(8):1375. <https://doi.org/10.3390/math8081375>
 11. Carter-Thomas, Shirley. Elizabeth Rowley-Jolivet. (2020). Three Minute Thesis presentations: Recontextualisation strategies in doctoral research, Journal of English for Academic Purposes, Volume 48, 100897, ISSN 1475-1585.
 12. Chauhan, A., Jakhar, S. K., & Chauhan, C. (2021). The interplay of circular economy with industry 4.0 enabled smart city drivers of healthcare waste disposal. Journal of Cleaner Production, 279 doi:10.1016/j.jclepro.2020.123854
 13. Chen, C., Chen, J., Fang, R., Ye, F., Yang, Z., Wang, Z., Shi, F., & Tan, W. (2021). What medical waste management system may cope With COVID-19 pandemic: Lessons from Wuhan. Resources, conservation, and recycling, 170, 105600. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105600>
 14. Chhabra, V., Parashar, A., Shastri, Y., & Bhattacharya, S. (2021). Techno-economic and life cycle assessment of pyrolysis of unsegregated urban municipal solid waste in india. Industrial and Engineering Chemistry Research, 60(3), 1473-1482. doi:10.1021/acs.iecr.0c04746
 15. Chisholm, J. M., Zamani, R., Negm, A. M., Said, N., Abdel daiem, M. M., Dibaj, M., & Akrami, M. (2021). Sustainable waste management of medical waste in african developing countries: A narrative review. Waste Management and Research, 39(9), 1149-1163. doi:10.1177/0734242X211029175

16. Custodio, Rodrigo. Liane, Yuri. (2021). COVID-19 pandemic: Solid waste and environmental impacts in Brazil, *Science of The Total Environment*, Volume 755, Part 1, 142471, ISSN 0048-9697.
17. Daryabeigi & Vaezi (2020). Emerging challenges in urban waste management in Tehran, Iran during the COVID-19 pandemic.
18. Das, A. K., Islam, M. N., Billah, M. M., & Sarker, A. (2021). COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy – A mini-review. *Science of the Total Environment*, 778 doi:10.1016/j.scitotenv.2021.146220
19. Dharmaraj, S., Ashokkumar, V., Hariharan, S., Manibharathi, A., Show, P. L., Chong, C. T., & Ngamcharussrivichai, C. (2021). The COVID-19 pandemic face mask waste: A blooming threat to the marine environment. *Chemosphere*, 272 doi:10.1016/j.chemosphere.2021.129601
20. Dharmaraj, S., Ashokkumar, V., Pandiyan, R., Halimatul Munawaroh, H. S., Chew, K. W., Chen, W. -, & Ngamcharussrivichai, C. (2021). Pyrolysis: An effective technique for degradation of COVID-19 medical wastes. *Chemosphere*, 275 doi:10.1016/j.chemosphere.2021.130092
21. Elsheekh, K. M., Kamel, R. R., Elsherif, D. M., & Shalaby, A. M. (2021). Achieving sustainable development goals from the perspective of solid waste management plans. *Journal of Engineering and Applied Science*, 68(1) doi:10.1186/s44147-021-00009-9
22. Feng, S. -, Chang, J. -, Zhang, X. -, Shi, H., & Wu, S. -. (2021). Stability analysis and control measures of a sanitary landfill with high leachate level. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 147(10) doi:10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002635
23. Fernandez, Maria. Marañón, Maria, Maria Feijoo-Cid. (2020). The Bachelor's thesis in nursing: Characteristics and students' approach and satisfaction, *Nurse Education in Practice*, Volume 53, 103067, ISSN 1471-5953.
24. Ferronato, Navarro, Luca Moresco, Gabriela Edith Guisbert Lizarazu, Marcelo Antonio Gorrity Portillo, Fabio Conti, Vincenzo Torretta. (2021). Sensitivity analysis and improvements of the recycling rate in municipal

- solid waste life cycle assessment: Focus on a Latin American developing context, *Waste Management*, Volume 128, Pages 1-15, ISSN 0956-053X.
25. Fraifeld, A., Rice, A. N., Stamper, M. J., & Muckler, V. C. (2021). Intraoperative waste segregation initiative among anesthesia personnel to contain disposal costs. *Waste Management*, 122, 124-131. doi:10.1016/j.wasman.2021.01.006
 26. Geng, Yifan. Sue Wharton. (2019). How do thesis writers evaluate their own and others' findings? An appraisal analysis and a pedagogical intervention, *English for Specific Purposes*, Volume 56, Pages 3-17, ISSN 0889-4906.
 27. Ghorbani, Amineh. Peter Ho, Giangiacomo Bravo. (2021) Institutional form versus function in a common property context: The credibility thesis tested through an agent-based model, *Land Use Policy*, Volume 102, 105237, ISSN 0264-8377,
 28. Guo, H., Nie, X., Shu, T., Li, X., & Bai, B. (2021). Global warming potential of typical rural domestic waste treatment modes in china: A case study in ankang. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(34), 47149-47161. doi:10.1007/s11356-021-13983-7
 29. Gutierrez-Gomez, A. C., Gallego, A. G., Palacios-Bereche, R., Tofano de Campos Leite, J., & Pereira Neto, A. M. (2021). Energy recovery potential from brazilian municipal solid waste via combustion process based on its thermochemical characterization. *Journal of Cleaner Production*, 293 doi:10.1016/j.jclepro.2021.126145
 30. Hantoko, D., Li, X., Pariatamby, A., Yoshikawa, K., Horttanainen, M., & Yan, M. (2021). Challenges and practices on waste management and disposal during COVID-19 pandemic. *Journal of Environmental Management*, 286 doi:10.1016/j.jenvman.2021.112140
 31. Henttonen, Any. Björn Fossum, Max Scheja, Marianne Teräs, Margareta Westerbotn (201). Nursing students' expectations of the process of writing a bachelor's thesis in Sweden: A qualitative study, *Nurse Education in Practice*, Volume 54, 2021, 103095, ISSN 1471-5953.
 32. Hernandez, Paniagua, Valdez S, Almanza V, Rivera, Cardenas, Grutter M, Stremme W, Garcia-Reynoso, Ruiz-Suarez. (2021). Impact of the COVID-

- 19 Lockdown on Air Quality and Resulting Public Health Benefits in the Mexico City Metropolitan Area.
33. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6.a ed. México: McGRAW-HILL, 2014. 600 pp. [Fecha de consulta: 14 de Junio de 2021]. Disponible en https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/file_s/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf ISBN: 9781456223960
 34. Ilyas, S., Srivastava, R. R., & Kim, H. (2020). Disinfection technology and strategies for COVID-19 hospital and bio-medical waste management. *Science of the Total Environment*, 749 doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141652
 35. Jiménez Martínez, N. M. (2020). La gestión de los residuos sólidos urbanos en tiempos del COVID-19. *Notas de coyuntura del CRIM* (27), 1-6. Disponible en: <http://ru.crim.unam.mx/handle/123456789/67>
 36. Kargar, S., Pourmehdi, M., & Paydar, M. M. (2020). Reverse logistics network design for medical waste management in the epidemic outbreak of the novel coronavirus (COVID-19). *Science of the Total Environment*, 746 doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141183
 37. Khan, B. A., Cheng, L., Khan, A. A., & Ahmed, H. (2019). Healthcare waste management in Asian developing countries: A mini review. *Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 37(9), 863–875. <https://doi.org/10.1177/0734242X19857470>
 38. Kulkarni, B. N., & Anantharama, V. (2020). Repercussions of COVID-19 pandemic on municipal solid waste management: Challenges and opportunities. *The Science of the total environment*, 743, 140693. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140693>
 39. Kulkarni, Bhargavi, V. Anantharama. (2020). Repercussions of COVID-19 pandemic on municipal solid waste management: Challenges and opportunities, *Science of The Total Environment*, Volume 743,140693, ISSN 0048-9697.
 40. Kumar Nazrul, Islam. Morsaline, Billah, Asim, Sarker. (2021). COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy – A mini-

- review, *Science of The Total Environment*, Volume 778, 146220, ISSN 0048-9697.
41. Lakhout, A. (2020). Practical recommendations for temporary storage of medical wastes during the COVID-19 pandemic. *Indoor and Built Environment*, 29(8), 1186-1188. doi:10.1177/1420326X20950432
 42. Liang, Y., Song, Q., Wu, N. et al. (2021). Repercussions of COVID-19 pandemic on solid waste generation and management strategies. *Front. Environ. Sci. Eng.* 15, 115.
 43. Liang, Y., Song, Q., Wu, N. et al. Repercussions of COVID-19 pandemic on solid waste generation and management strategies. *Front. Environ. Sci. Eng.* 15, 115 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11783-021-1407-5>
 44. Liu, Z., Li, Z., Chen, W., Zhao, Y., Yue, H., & Wu, Z. (2020). Path optimization of medical waste transport routes in the emergent public health event of covid-19: A hybrid optimization algorithm based on the immune–ant colony algorithm. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 1-18. doi:10.3390/ijerph17165831
 45. Liu, Z., Liu, T., Liu, X., Wei, A., Wang, X., Yin, Y., & Li, Y. (2021). Research on optimization of healthcare waste management system based on green governance principle in the covid-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10) doi:10.3390/ijerph18105316
 46. Lucia, Santos. Penteado, Soares. (2021). Covid-19 effects on municipal solid waste management: What can effectively be done in the Brazilian scenario?, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 164,105152, ISSN 0921-3449.
 47. Maher, O. A., Kamal, S. A., Newir, A., & Persson, K. M. (2021). Utilization of greenhouse effect for the treatment of COVID-19 contaminated disposable waste - A simple technology for developing countries. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 232 doi:10.1016/j.ijheh.2021.113690
 48. Manegdeg, R. F., Rollon, A., Ballesteros, F., Jr., Magdaluyo, E., Jr., De Sales-Papa, L., Clemente, E., . . . Cervera, R. B. (2021). Waste-to-energy technology suitability assessment for the treatment and disposal of medical, industrial, and electronic residual wastes in metropolitan manila,

- philippines. Paper presented at the Proceedings of the ASME 2021 15th International Conference on Energy Sustainability, ES 2021, doi:10.1115/ES2021-63768 Retrieved from www.scopus.com
49. Mantzaras, G., & Voudrias, E. A. (2017). An optimization model for collection, haul, transfer, treatment and disposal of infectious medical waste: Application to a greek region. *Waste Management*, 69, 518-534. doi:10.1016/j.wasman.2017.08.037
50. MINAN.2020 [En Línea] [consulta: 26 de junio del 2021].
51. MINAN.2021 [En Línea] [consulta: 26 de junio del 2021].
52. Ming-Lang Tseng, Tat-Dat Bui, Ming K. Lim, Resource utilization model for sustainable solid waste management in Vietnam: A crisis response hierarchical structure, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 171. 105632, ISSN 0921-3449.
53. Miranda, Victor de Souza, Jacqueline Bloemhof, Milton Borsato. (2021). Assessing the eco-effectiveness of a solid waste management plan using agent-based modelling, *Waste Management*, Volume 125, Pages 235-248, ISSN 0956-053X.
54. Nikzamir, M., Baradaran, V., & Panahi, Y. (2021). Designing a logistic network for hospital waste management: A benders decomposition algorithm. *Environmental Engineering and Management Journal*, 19(11), 1937-1956. Retrieved from www.scopus.com.
55. Ooi, J. K., Woon, K. S., & Hashim, H. (2021). A multi-objective model to optimize country-scale municipal solid waste management with economic and environmental objectives: A case study in malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 316 doi:10.1016/j.jclepro.2021.128366
56. Ortiz A, Sucozhanay D, Vanegas P, Martínez-Moscoso. (2020). A regional response to a global problem: Single use plastics regulation in the countries of the pacific alliance.
57. Paltridge, Brian. Sue Starfield. (200). Change and continuity in thesis and dissertation writing: The evolution of an academic genre, *Journal of English for Academic Purposes*, Volume 48, 100910, ISSN 1475-1585.
58. Patil, P. M., & Bohara, R. A. (2020). Nanoparticles impact in biomedical waste management. *Waste Management and Research*, 38(11), 1189-1203. doi:10.1177/0734242X20936761

59. Peng, J., Wu, X., Wang, R., Li, C., Zhang, Q., & Wei, D. (2020). Medical waste management practice during the 2019-2020 novel coronavirus pandemic: Experience in a general hospital. *American journal of infection control*, 48(8), 918–921. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.05.035>
60. Pérez-Ros, Pilar. Pablo Chust-Hernández, Javier Ibáñez-Gascó, Francisco M. Martínez-Arnau. (2020). An undergraduate thesis training course for faculty reduces variability in student evaluations, *Nurse Education Today*, Volume 96, 104619, ISSN 0260-6917.
61. Purnomo, C. W., Kurniawan, W., & Aziz, M. (2021). Technological review on thermochemical conversion of COVID-19-related medical wastes. *Resources, Conservation and Recycling*, 167 doi:10.1016/j.resconrec.2021.105429
62. Quichiz R. Elmer, Sanchez L. Juanita. 2020. Manejo de residuos sólidos en establecimiento de salud. servicios médicos de apoyo y centro de investigación. 2020. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/Orientacion/MANEJO_RESIDUOS_SOLIDOS_ESTABLECIMIENTOS_SALUD_SERVICIOS_MEDICOS_APOYO_CENTROS_INVESTIGACION.pdf
63. Resolución Ministerial N° 217-2004/MINSA. Norma técnica: “Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios”. Norma Técnica N° 008-MINSA/DGSP-V.O1: disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/norma-tecnica-procedimientos-manejo-residuos-solidos-hospitalarios>
64. Rhee S. W. (2020). Management of used personal protective equipment and wastes related to COVID-19 in South Korea. *Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 38(8), 820–824. <https://doi.org/10.1177/0734242X20933343>
65. Richter, A., Ng, K., Vu, H. L., & Kabir, G. (2021). Waste disposal characteristics and data variability in a mid-sized Canadian city during COVID-19. *Waste management (New York, N.Y.)*, 122, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.004>
66. Ríos. Ana, Andrés J. Picazo-Tadeo. (2021). Measuring environmental performance in the treatment of municipal solid waste: The case of the

- European Union-28, Ecological Indicators, Volume 123, 107328, ISSN 1470-160X.
67. Sabbahi, D. A., El-Naggar, H. M., & Zahran, M. H. (2020). Management of dental waste in dental offices and clinics in Jeddah, Saudi Arabia. *Journal of the Air & Waste Management Association* (1995), 70(10), 1022–1029. <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1802366>
68. Shammi, M., Behal, A., & Tareq, S. M. (2021). The Escalating Biomedical Waste Management To Control the Environmental Transmission of COVID-19 Pandemic: A Perspective from Two South Asian Countries. *Environmental science & technology*, 55(7), 4087–4093. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05117>
69. Sharma, A Mahey, R., Kumari, A., Kachhawa, G., Gupta, M., Meena, J., & Bhatla, N. (2020). The impact of a segregated team roster on obstetric and gynecology services in response to the COVID-19 pandemic in a tertiary care center in India. *International journal of gynaecology and obstetrics: the official organ of the International Federation of Gynaecology and Obstetrics*, 151(3), 341–346. <https://doi.org/10.1002/ijgo.13408>
70. Shinde, S. S., Marivina, K. B., & Shalini. (2020). A study on bio-medical waste segregation monitoring in a tertiary care hospital at telangana. *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology*, 14(2), 270-275. Retrieved from www.scopus.com
71. SINIA. 2021 [En Línea] [consulta: 26 de junio del 2021].
72. Su, G., Ong, H. C., Ibrahim, S., Fattah, I. M. R., Mofijur, M., & Chong, C. T. (2021). Valorisation of medical waste through pyrolysis for a cleaner environment: Progress and challenges. *Environmental Pollution*, 279 doi:10.1016/j.envpol.2021.116934
73. Thind, P. S., Sareen, A., Singh, D. D., Singh, S., & John, S. (2021). Compromising situation of india's bio-medical waste incineration units during pandemic outbreak of COVID-19: Associated environmental-health impacts and mitigation measures. *Environmental Pollution*, 276 doi:10.1016/j.envpol.2021.116621
74. Tirkolaei, E. B., Abbasian, P., & Weber, G. -. (2021). Sustainable fuzzy multi-trip location-routing problem for medical waste management during

- the COVID-19 outbreak. *Science of the Total Environment*, 756 doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143607
75. Urban, R. C., & Nakada, L. Y. K. (2021). COVID-19 pandemic: Solid waste and environmental impacts in Brazil. *Science of the Total Environment*, 755 doi:10.1016/j.scitotenv.2020.142471
76. Vaverková, M. D., Paleologos, E. K., Dominijanni, A., Koda, E., Tang, C. . ., Małgorzata, W., . . . Singh, D. N. (2021). Municipal solid waste management under COVID-19: Challenges and recommendations. *Environmental Geotechnics*, 8(3), 217-232. doi:10.1680/jenge.20.00082
77. Wijekoon, P., Koliyabandara, P. A., Cooray, A. T., Lam, S. S., Athapattu, B. C. L., & Vithanage, M. (2022). Progress and prospects in mitigation of landfill leachate pollution: Risk, pollution potential, treatment and challenges. *Journal of Hazardous Materials*, 421 doi:10.1016/j.jhazmat.2021.126627
78. Yang, L., Yu, X., Wu, X., Wang, J., Yan, X., Jiang, S., & Chen, Z. (2021). Emergency response to the explosive growth of health care wastes during COVID-19 pandemic in Wuhan, China. *Resources, Conservation and Recycling*, 164 doi:10.1016/j.resconrec.2020.105074
79. Yen Dan Tong, Thi Dan Xuan Huynh, Tien Dung Khong. (2021). Understanding the role of informal sector for sustainable development of municipal solid waste management system: A case study in Vietnam, *Waste Management*, Volume 124, Pages 118-127. ISSN 0956-053X.
80. Zand, A. D., & Heir, A. V. (2021). Emanating challenges in urban and healthcare waste management in Isfahan, Iran after the outbreak of COVID-19. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 42(2), 329-336. doi:10.1080/09593330.2020.1866082
81. Zand, A. D., & Heir, A. V. (2021). Environmental impacts of new coronavirus outbreak in Iran with an emphasis on waste management sector. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(1), 240-247. doi:10.1007/s10163-020-01123-1
82. Zhang, T., Shi, J., Wu, X., Lin, H., & Li, X. (2021). Simulation of gas transport in a landfill with layered new and old municipal solid waste. *Scientific Reports*, 11(1) doi:10.1038/s41598-021-88858-5

ANEXOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Manejo y tratamiento de residuos sanitarios asociados al COVID-19: Una revisión sistemática", cuyos autores son HAYASHI VALLEJOS JUAN JESUS, ROJAS CCOLQUEHUANCA MARCO ANTONIO, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 31 de Enero del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI DNI: 45283270 ORCID 0000-0003-3248-046X	Firmado digitalmente por: RSOLORZANOAC el 31- 01-2022 14:16:33

Código documento Trilce: TRI - 0287333