



Universidad César Vallejo

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

Incineración de residuos peligrosos. Revisión sistemática 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORAS:

Carrasco Carrasco, Amanda Lucero de los Angeles (ORCID: 0000-0002-5703-7758)

Rodriguez Mondragon, Elva Katerin (ORCID: 0000-0003-4430-0614)

ASESOR:

Mg. Honores Balcázar, Cesar Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por su amor y bondad infinita, porque gracias a él estoy cumpliendo uno de mis logros.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, mucho de los logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este, a mi hermano por apoyarme en todo momento.

A mi prometido y a mi hija que son la razón más importante para no rendirme.

**Carrasco Carrasco Amanda
Lucero de los Ángeles.**

Dedico esta tesis a Dios, porque todo lo que tengo viene de Él. A mis padres, por su amor demostrado en su constante preocupación por mi vida y futuro, siempre estando en primera fila para ayudarme en todo. A toda mi familia y amigos, por creer en mí y apoyarme siempre.

Rodríguez Mondragón Elva Katerin.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios, quien es la base de nuestra vida, y a nuestros padres por su constante apoyo y confianza durante este proceso.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Índice de Abreviaturas	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	27
3.1. Tipo y diseño de investigación	27
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	27
3.3. Escenario de estudio	30
3.4. Participantes	30
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.6. Procedimientos	31
3.7. Rigor científico	33
3.8. Método de análisis de información	34
3.9. Aspectos éticos	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
V. CONCLUSIONES	57
VI. RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Principales convenios internacionales sobre medio ambiente suscritos y/o ratificados por el Perú.	10
Tabla 2: Matriz de Categorización Apriorística.	27
Tabla 3: Artículos identificados en la búsqueda de información.	30
Tabla 4: Base de Datos.	31
Tabla 5: Incineración para residuos sólidos peligrosos.	37
Tabla 6: Manejo adecuado de sólidos peligrosos.	44
Tabla 7: Tipos de incineración para residuos sólidos peligrosos.	48
Tabla 8: Métodos de incineración para residuos sólidos peligrosos.	53

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Tipos de tratamientos de residuos sólidos peligrosos.	16
Figura 2: Reactor catalítico de lecho fijo, lecho fluidizado y lecho móvil.	18
Figura 3: Proceso de pirólisis de residuos sólidos peligrosos	19
Figura 4: Incineración de residuos sólidos peligrosos a altas temperaturas.	20
Figura 5: Cenizas del proceso de incineración de residuos sólidos peligrosos	22
Figura 6: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos.	33
Figura 7: Porcentaje de cenizas durante la incineración de RSP.	41
Figura 8: Porcentaje de vapor durante la incineración de RSP.	42
Figura 9: Incinerador de cámara múltiple.	50
Figura 10: Incinerador de cámara múltiple	51
Figura 11: Incinerador de aire controlado	51
Figura 12: Incinerador de horno rotativo	52

Índice de Abreviaturas

RP: Residuos peligrosos

RSP: Residuos sólidos peligrosos.

RSU: Residuos sólidos urbanos.

MFA: Análisis de flujo de materiales.

RSP: Residuos sólidos peligrosos

Resumen

La investigación tuvo por objetivo general evaluar los procesos de incineración de los residuos sólidos peligrosos mediante una revisión sistemática. El tipo de diseño de investigación fue narrativo tópico y la metodología se basó en la técnica de recolección de información utilizando análisis documental en las interpretaciones de artículos y revistas indexadas no menor de 5 años que abarcó entre el año 2018 y 2022. Entre las categorías se consideraron el Tipo de residuos peligrosos, Ciclo de vida, Tipos de incineradores, Métodos de incineración, Incineración. Se logró conocer que los residuos peligrosos que fueron acumulados a diario en los hogares, negocios e industrias, se concentró en la eliminación de estos desechos peligrosos que contaminan el suelo y las aguas subterráneas con el método de incineración con hornos de alta gama y reactores efectivos en el procedimiento de destrucción a cenizas. Se concluyó que mediante los procesos de incineración se determinó los tipos de residuos sólidos peligrosos que fueron incinerados en diferentes reactores, a diferentes temperaturas de acuerdo a las características del residuo peligrosos en función de reducir el grado de contaminación del medio ambiente y salud de las personas que estas expuestas a los residuos peligrosos.

Palabra clave: Incineración, Residuos peligrosos, Cenizas, Incinerador.

Abstract

The general objective of the research is to evaluate the incineration processes of hazardous solid waste through a systematic review. The type of research design was topical narrative and the methodology was based on the information collection technique using documentary analysis in the interpretations of articles and journals indexed for no less than 5 years that spanned between 2018 and 2022. Among the categories are considered the Type of hazardous waste, Life cycle, Types of incinerators, Incineration methods, Incineration. It was possible to know that the hazardous waste that was accumulated daily in homes, businesses and industries, was concentrated on the elimination of this hazardous waste that pollutes the soil and groundwater with the incineration method with high-end furnaces and effective reactors in the process of destruction to ashes. It was concluded that through the incineration processes, the types of hazardous solid waste that were incinerated in different reactors were determined, at different temperatures according to the characteristics of the hazardous waste in order to reduce the degree of contamination of the environment and people's health that you are exposed to hazardous waste.

Keywords: Incineration, Hazardous waste, Ash, Incinerator.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las mayores amenazas para el medio ambiente en el mundo es el aumento dramático de los desechos peligrosos, todo esto es resultado del crecimiento de la población y el uso excesivo de productos que contienen diversos residuos peligrosos en el medio ambiente (Aline et al., 2018). Existen residuos peligrosos que se clasifican como muy peligrosos por sus diferentes propiedades (Ahmad et al., 2020), son el resultado de una variedad de actividades y tareas domésticas de alto riesgo, con consecuencias absolutas para las personas, causando daños en su salud y posteriormente a los componentes ambientales (Arif et al., 2020). Dichos contaminantes deben monitorearse continuamente, ya que la mayoría de ellos no se eliminan adecuadamente y eventualmente pueden causar daños. (Dmitri et al., 2020).

De manera similar, los países en desarrollo están preocupados por los desechos peligrosos que tienen más defectos ambientales en términos de reciclaje y disposición final debido a la falta de espacio adecuado para una eliminación. El método de tratamiento de residuos peligrosos con enfoque fisicoquímico y quema a alta temperatura tiene la gran ventaja de ser técnicamente fácil de implementar, se puede realizar en poco tiempo, pero también tiene una desventaja muy significativa, los costos económicos son muy altos (Lemiaux et al., 2021). Por lo tanto, el bajo presupuesto económico para la construcción de la industria de procesamiento contribuye a la mala gestión de los residuos peligrosos y la eliminación inadecuada que generan un mayor impacto irreversible en el medio ambiente. (Loan et al, 2021).

Según el Instituto Internacional de Ciencias Hidrológicas, Meteorológicas y Ambientales (IDEEAM), agrega información disponible de varios medios, la cantidad total de residuos peligrosos que se recogen anualmente en 50 países del mundo alcanzará las 203.806.172 toneladas en el año 2019. También en Estados Unidos, como Perú, la producción promedio en 2020 es de 740.000 toneladas según (MIMAN, 2020, p. 115), la producción de Argentina al cierre de 2018 fue de 130.327 toneladas, seguida de Colombia, 635.518 toneladas al cierre de 2018, pero Venezuela recibió 123.157,00 toneladas en 2019 y para Chile se sabe que en 2018 y 2019 esta cantidad de residuos peligrosos corresponde a unas 641.900 toneladas

(Departamento del Medio Ambiente, 2018, p.69), por lo tanto en Ecuador no necesita los datos porque es uno de los países que manejan buenos programas de gestión de residuos sólidos peligrosos. Toda la información recopilada sobre los residuos sólidos peligrosos constituye una evaluación de la producción anual de residuos sólidos peligrosos registrada en el informe nacional.

Este estudio evaluó el uso de la incineración para reducir la cantidad de residuos peligrosos e identificó sus ventajas para la disposición final adecuada de los residuos peligrosos. Por ello de acuerdo al planteamiento de las categorías de investigación se estableció como: Categoría 1, Tipo de residuos peligrosos, se realizó el reconocimiento de los tipos de residuos que fueron empleados en la incineración, porcentaje de cenizas, fuentes generadoras, tiempo de incineración. Para la Categoría 2, Ciclo de vida, se basó desde la generación, proceso de recolección y almacenamiento y posteriormente la incineración. Categoría 3, Tipos de incineradores, se conoció los tipos de incineradores (Cámara múltiple, aire controlado, Horno rotativo) utilizados por cada residuo peligroso, Categoría 4, Métodos de incineración, se basaron en los procesos de incineración, temperatura empleada, cantidad de residuos. Categoría 5, se basó en la Incineración como proceso o tecnología nuevas para reducir los residuos sólidos emitidos a los vertederos o rellenos sanitarios, contribuyendo al cuidado del medio ambiente.

Las limitaciones de la investigación fueron la poca información o investigaciones realizadas en cuanto a incineración de los residuos peligrosos, el tiempo en la cual se desarrolló la tesis que enmarcaron 3 meses consecutivos.

La Justificación teórica, fue orientada en la actualización de los enfoques teóricos de los reactores pirolíticos en los procesos de incineración de residuos sólidos peligrosos, el uso de temperaturas adecuadas al tipo de residuo, las cantidades de vapores emitidos y el resultado de las cenizas como residuo final en contribución a las grandes proporciones de residuos peligrosos que ponen en riesgo componentes ambientales, contribuyendo con nuevas visiones y alternativas en la mejora del manejo adecuado de los residuos peligrosos.

Justificación metodológica se basó directamente en el aprovechamiento de toda información pertinente ya publicada mediante artículos por diferentes científicos enriqueciendo los conocimientos, además de la organización de los objetivos y

categorías enmarcadas en los tipos de residuos peligrosos, ello fue elegido como la primera categoría por la determinación de las características y el modo de actuar ante el ambiente, seguido del Ciclo de vida de cada uno de los residuos persistentes circunstanciales en el ambiente, asimismo los tipos de incineradores donde fueron incinerados los RSP y el métodos de incineración utilizado de acuerdo a las características de cada residuos peligroso. **Justificación ambiental** la generación de residuos sólidos peligrosos es una problemática por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas, que puede causar algún riesgo o daño para la salud humana y el ambiente, cuando su manejo es de manera inadecuado. Precisamente como instrumento para disminuir la problemática son las tecnologías de incineración con uso de diferentes reactores, incitando al mejoramiento de la calidad ambiental.

Por consiguiente, se formula el **problema general**:

PG: ¿Cómo evaluar los procesos de incineración de residuos sólidos peligrosos?

Seguido de los **problemas específicos**:

PE1: ¿Qué tipo de residuos sólidos peligrosos se generan en las actividades antropogénicas?

PE2: ¿Cuál es el ciclo de vida de los residuos sólidos peligrosos?

PE3: ¿Cuáles son los tipos de incineradores de residuos sólidos peligrosos?

PE4: ¿Cuáles son los métodos de incineración de residuos sólidos peligrosos?

PE5: ¿Cuáles son los factores que gobiernan el proceso de incineración de residuos sólidos peligrosos?

Seguidamente se formula el **objetivo general**:

OG: Evaluar los procesos de incineración de los residuos sólidos peligrosos. Revisión sistemática 2022.

Los objetivos específicos:

OE1: Analizar el tipo de residuos sólidos peligrosos que se generan en las actividades antropogénicas

OE2: Analizar el ciclo de vida de los residuos sólidos peligrosos

OE3: Definir los tipos de incineradores de residuos sólidos peligrosos

OE4: Identificar los métodos de incineración de residuos sólidos peligrosos

OE5: Analizar los factores que gobiernan en el proceso de incineración de residuos sólidos peligrosos.

II. MARCO TEÓRICO

Tipos de residuos sólidos peligrosos

Los residuos sólidos peligrosos son recursos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, al finalizar su historia eficaz adquieren la condición de residuos o desperdicios y que independientemente de su estado físico, representan un peligro para la salud o el ambiente, por sus propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (MINSA, 2020, p.26)

La problemática de los residuos sólidos peligrosos surge de una mala gestión de los desechos, su vertido o quema perjudica raudamente la salud de las personas, perjudica el comportamiento de los componentes del medio ambiente, afecta el cambio climático por los gases y partículas que se exponen a la atmósfera, y afectan el desarrollo económico de los países tanto pobres como ricos por igual (Li, et al., 2020)

Cotrina, et al., 2020 evaluó el manejo integral de residuos sólidos para minimizar la contaminación del ambiente en Perú, determinó que la cantidad de **residuos sólidos peligrosos** fue de 0,644 kg/hab/día, con un volumen de 0,22 m³ por persona en una empresa. Al ser seleccionados en su mayoría eran residuos orgánicos en un 53,20% pero se logra una disminución en la contaminación de hasta el 34,93%.

Schrader y Liu., 2018. Determinó que los desechos peligrosos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. La cual se pronostica que para el 2030 de no existir más atención a estos residuos peligrosos este aumentaría en 3400 millones de toneladas por año, siendo uno de las causas más desgarradoras para el medio ambiente, trayendo como consecuencias el calentamiento global, contaminación del agua y suelo.

Los tipos de residuos sólidos peligrosos para el proceso de incineración son aquellos muy tóxicos y peligrosos para la salud de las personas y el medio ambiente, entre ellos tenemos.

Los **envases de agroquímicos** son todos aquellos residuos sólidos resultantes del contenido de plaguicidas, insecticidas, herbicidas que son usados para controlar plagas y enfermedades en los cultivos (Teng et al, 2020).

Los **envases de pintura** son los residuos sólidos que entre ellos se encuentran las latas, baldes, bolsas, de tal manera estos son muy tóxicos, para los componentes como el agua, aire y suelo, para ellos estos deben ser degradados mediante el proceso de incineración y evitar la propagación del contenido como contaminantes (Xia et al., 2020).

Los **residuos electrónicos** se consideran muy tóxicos por ser corrosivos, entre ellos tenemos las baterías, placas, fierros, latas, gases, líquidos, que son compuestos de los funcionamientos de los equipos electrónicos. Todo esto genera un impacto negativo al ambiente (Carrasco, 2020).

Los **residuos químicos peligrosos**, entienden todos esos materiales que por sus propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables, representan un riesgo para el bienestar humano y el ambiente, una vez que son manipulados o dispuestos de manera errónea (Chua et al, 2019).

Los **Residuos peligros de COVID** se consideran tres categorías de desechos peligrosos, incluidos los desechos peligrosos domésticos (Mascarillas, restos de medicamentos, bolsas de plástico de compras, restos de comidas), los desechos médicos peligrosos (mascarillas, mandilones, cubre calzados, lentes, gorros descartables, restos de medicamentos, cartones, botellas descartables, etc y los desechos industriales peligrosos (Guantes, lentes, cubre cara, gorros) (Valizadeh et al., 2021) .

Las mascarillas son un dispositivo credo para cuidar, al portador, de la inhalación de sustancias peligrosas, incluyendo humos, vapores, gases y partículas en suspensión como polvos y microorganismo que perjudica la salud de las personas (Cotrina et al., 2018)

Los guantes su finalidad es protegerlas de bacterias y hongos que se adhieren en las manos o una sustancia dañina que por descuido del individuo pueda poner en riesgo su salud (Flash et al., 2018).

Los envases de aceites son sustancia que al ser colocada a los móviles crea una problemática en su disposición final por contar con sustancias peligrosos para el ambiente (Jiang et al., 2019).

Las latas de uso de sustancias inflamables son muy peligrosas al ser expuestas al ambiente, causando alteraciones en la calidad del suelo, agua y aire, perjudicando la biodiversidad de especies (Kumar et al., 2021).

Los restos de telas unidas con sustancias peligrosos de subproductos de los hidrocarburos son muy peligrosos al ser expuestas al medio ambiente.

Los Restos de motores son muy peligrosos en el ambiente por su alto contenido de sustancias toxicas, restos de combustibles, restos de aceites, entre otras, poniendo en riesgo la salud de las personas y los componentes ambientales (Leo et al., 2020).

Las baterías referentes a los efectos perjudiciales que causa al medio ambiente, refieren que éstos son exorbitantes, debido a que las pilas, una vez que permanecen en la basura, pierden su cubierta y liberan los metales que tienen dentro, se filtran al suelo, pasando a las napas de agua y llegando hasta los ríos (Loan et al., 2021).

El convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desperdicios peligrosos y su supresión ha sido aprobado en 1989 en contestación a las preocupaciones que suscitaban los desperdicios tóxicos de las naciones industrializados vertidos en las naciones en desarrollo y las naciones con economías en transición. El primordial objetivo del Acuerdo es conseguir un funcionamiento ambientalmente conveniente de los residuos peligrosos y otros (PNUMA, 2004).

El **Convenio de Rotterdam**, sobre la apelación de aprobación fundamentado preconcebido aplicable a ciertos plaguicidas y existencias químicos peligrosos objeto del negocio universal, nació de un proyecto voluntario de trueque de documentación en 1980. Inició el 24 de febrero de 2004 y en agosto del 2005 lo han permitido 98 países. Tiene como fin impulsar el compromiso compartido entre las naciones exportadoras e importadoras para el desempeño de los productos químicos que producen perjuicios y de dicha forma defender el vigor humano y el medio ambiente. Procura, igualmente de las notificaciones de los exportadores a los importadores a lo largo del negocio y la irradiación de las medidas regulatorias adoptadas por las naciones en relación a los productos, proveer especialmente el trueque de información estricta sobre las propiedades de los químicos. En este tiempo introduce 24 productos químicos que emplea plaguicida, 6 formulaciones de plaguicidas seriamente peligrosas y 11 existencias de uso fabricado, y se prevé que esta relación se expanda. (PNUMA, 2004).

El **Convenio de Estocolmo** sobre contaminantes orgánicos persistentes empezó su autorización en 2001 en contestación a la inmediata premura de tomar medidas

de llegada mundial para defender la lozanía humana y el medio ambiente de los contaminantes orgánicos persistentes (PNUMA, 2004). En la conferencia de Estocolmo se asume la conciencia de los peligros del ambientales globales a causa de los gobiernos y la sociedad, y se expone su decisión mediante una táctica de adiestramiento ambiental, implantada en alfabetizar para entender el planeta, cuya colchoneta es que la enseñanza de preparar al ser humano para comprenderse a él mismo y entender a los otros y a la sociedad que lo circunda, con la prisma de guiar a la ejecución de sus potencialidades (Martínez, 2018).

Por **contaminantes orgánicos persistentes** Se sabe al conjunto de sustancias o familias de sustancias -dentro del enorme clan de sustancias orgánicas- que muestran en manera combinada propiedades de toxicidad, persistencia, bioacumulación y competencia de trasladarse a grandes distancias da partir de donde se emitieron o usaron (Martínez, 2018).

Persistencia: Una sustancia o compuesto se estima persistente, a la abyección química y biológica, en funcionalidad de su competencia de resistencia en el ambiente por largos periodos. El criterio usado por el acuerdo para tener en cuenta una sustancia como persistente es que su periodo de vida media en agua sea superior a 2 meses o que su plazo de vida media en asfalto o sedimentos sea superior a 6 meses. La época de vida media es la era en que una sustancia se reduce a la media concentración con la que empezó. (Martínez, 2018).

En cuanto a existencias de productos y residuos que contengan o se encuentren contaminados con contaminantes orgánicos persistentes (COP), el Pacto de Estocolmo instituye que: - Con el propósito de asegurar que las existencias y residuos se gestionen de una forma que salvaguarde la salud humana y el medio ambiente, las naciones deberán: • Llevar a cabo tácticas para establecer las existencias de productos y residuos. • Adoptar medidas correctas para que los residuos (incluidos los productos una vez que se conviertan en residuos: - Se gestionen, recolecten, transporten y almacenen de forma ambientalmente idónea. - Se eliminen de un modo tal que el contenido COP se destruya o transforme en forma irreversible de forma de no exponer propiedades COP, o de no ser de esta forma se eliminen en forma ambientalmente correcta una vez que lo anterior no sea una elección preferible a partir de la perspectiva ambiental, o una vez que el contenido del COP sea bajo. - No se autoricen las operaciones de supresión que

logren ofrecer sitio a la recuperación, reciclado, regeneración, reutilización directa o usos alternativos. - Se realicen las exportaciones según la normativa mundial. - La Conferencia de las Piezas cooperará estrechamente con el Pacto de Basilea para fijar niveles de devastación y transformación irreversible y decidir los procedimientos de supresión ambientalmente racional.

La Sinergia de los Acuerdos, Los 3 acuerdos poseen aspectos habituales y se superponen en ciertos puntos de su alcance y en los productos químicos y residuos que conforman las listas de cada uno. Especialmente el Acuerdo de Basilea y el Pacto de Estocolmo están ligados en diversos puntos (Bringezu, 2020). Antes que nada, las sustancias químicas y sus residuos integrados en el Acuerdo de Estocolmo se toman en cuenta en el de Basilea a partir del punto de vista de residuos. No obstante, como dichos acuerdos se refieren a ciertas fases del periodo de vida de los productos, se generan intersecciones en sus alcances, por lo cual las naciones usan herramientas derivadas de los dos artefactos al instante de manejar estos residuos (Cotrina et al., 2020). Los 3 acuerdos nombrados reflejan la inquietud de la sociedad mundial para abordar y minimizar/evitar los peligros que un funcionamiento inadecuado de los productos químicos y residuos peligrosos tienen la posibilidad de provocar. No obstante, a pesar que en la actualidad los 3 acuerdos cuentan con un creciente número de territorios piezas, involucrados en llevar a cabo las metas de todos ellos y conscientes tanto del problema como de las medidas a tomar, varios no cuentan con la infraestructura, la capacidad o los recursos necesarios para lograr abordar en forma incorporada el funcionamiento de las sustancias y residuos peligrosos (Martínez, 2018).

Convenio de Minamata, La primera Conferencia de las Piezas del Acuerdo de Minamata se hizo en Ginebra del 24 al 29 de septiembre de 2017, con la existencia de gobiernos, empresas intergubernamentales y no gubernamentales de todo el planeta. Esta Conferencia desempeñó un papel clave en el futuro del Pacto, debido a que consideró y adoptó elecciones que se relacionan con preguntas técnicas, administrativas, operativas y financieras del Pacto. Es un tratado mundial, que tiene por objeto defender la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio. Constituye el primer nuevo acuerdo mundial sobre el medio ambiente y la salud adoptado en casi una década. Aborda todo el periodo de vida del mercurio, considerado por la

Organización Mundial de la Salud como una de las 10 sustancias químicas de más grande inquietud para la salud, que amenaza el medio ambiente y la salud de los individuos (Martínez, 2018). La historia cuenta que el Acuerdo tiene el nombre de Minamata, por una urbe ubicada al Sur de Japón, la cual padeció en los años 50, el peor envenenamiento masivo a causa del mercurio, causado por el vertido que hizo del metal una compañía petroquímica en el puerto de Minamata en Japón. El consumo de pescados contaminados causó un centenar de víctimas y bastante más de 400 casos con inconvenientes neurológicos (Aguayo, 2019).

Tabla 1: Principales convenios internacionales sobre medio ambiente suscritos y/o ratificados por el Perú.

NOMBRE CONVENIO	DEPOSITARIO	SUSCRITO POR NUESTRO PAÍS:	RATIFICACIÓN / ADHESIÓN POR:	ENTRADA EN VIGENCIA PARA EL PERÚ
CONVENCIÓN RELATIVA A LOS HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL ESPECIALMENTE COMO HABITAT DE AVES ACUATICAS (RAMSAR) APROBADO RAMSAR - IRAN, 2/2/71	DIRECTOR GENERAL DE LA UNESCO	28/8/86	APROBADO RESOLUCIÓN LEGISLATIVA Nº 25353 DE 23 NOVIEMBRE DE 1991 – INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN DE FECHA 12/12/91	30 DE MARZO DE 1992
CONVENCIÓN PARA EL COMERCIO INTERNACIONAL DE LAS ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES (CITES), APROBADO EN WASHINGTON EE.UU. 3/3/73	GOBIERNO DE LA CONFEDERACIÓN SUIZA	30/12/74	APROBADO POR GOBIERNO REVOLUCIONARIO MEDIANTE DECRETO LEY Nº 21080 DEL 21 DE ENERO DE 1975 – INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN DE FECHA 18/6/75 DEPOSITADO 27/6/75	25 DE SETIEMBRE DE 1975
CONVENIO PARA LA CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LA VICUÑA, APROBADO EN LIMA, EL 20 DE DICIEMBRE DE 1979.	MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES DE LA REPÚBLICA DEL PERÚ	20/12/79	APROBADO DECRETO LEY 22984 DEL 15 DE ABRIL DE 1980 – INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN 12/5/80 DEPOSITADO 13/5/80	PROVISIONALMENTE EL 20 DE DICIEMBRE DE 1979. DEFINITIVAMENTE EL 19 DE MARZO DE 1982
CONVENIO DE VIENA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO, APROBADO EN VIENA, AUSTRIA, 22 DE MARZO DE 1985	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU)	22/3/85	APROBADO RESOLUCIÓN LEGISLATIVA Nº 24931 DEL 07 DE NOVIEMBRE DE 1988 – INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN 29/12/88	06 DE JULIO DE 1989

			DEPOSITADO 7/4/89	
PROTOCOLO DE MONTREAL SOBRE LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO Y SU ENMIENDA DE LONDRES, APROBADO EN MONTREAL, CANADÁ, EL 16 DE SETIEMBRE DE 1987.	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS		APROBADO RESOLUCIÓN LEGISLATIVA Nº 26178, DEL 26 DE MARZO DE 1993 – INSTRUMENTO DE ADHESIÓN 30/3/93 DEPOSITADO 31/3/93	29 DE JUNIO DE 1993
CONVENIO DE BASILEA SOBRE MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO DE DESECHOS TÓXICOS PELIGROSOS, APROBADO EN BASILEA, SUIZA, EL 22 DE MARZO DE 1989.	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS		APROBADO RESOLUCIÓN LEGISLATIVA Nº 26234 DEL 19 DE OCTUBRE DE 1993 – INSTRUMENTO DE ADHESIÓN DE FECHA 28/10/93, DEPOSITADO 23/11/93	21 DE FEBRERO DE 1994
CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA, APROBADO EN RIO DE JANEIRO, BRASIL, EL 5 DE JUNIO DE 1992	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS	12/6/92	APROBADO RESOLUCIÓN LEGISLATIVA Nº 26181 DEL 11 de mayo de 1993 – INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN 24/5/93, DEPOSITADO 07/6/93	05 DE SETIEMBRE DE 1993
CONVENIO MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO, APROBADO EN NUEVA YORK, EE.UU. EL 9 DE MAYO DE 1992	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS	12/6/92	APROBADO RESOLUCIÓN LEGISLATIVA Nº 26185 DEL 12 DE MAYO DE 1993 - INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN 24/5/93, DEPOSITADO 7/6/93	21 DE MARZO DE 1994
CONVENIO INTERNACIONAL DE			APROBADO	

LAS MADERAS TROPICALES, APROBADO EN GINEBRA, SUIZA, EL 26 DE ENERO DE 1994	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS	29/8/94	RESOLUCIÓN LEGISLATIVA Nº 26515 DEL 4 DE AGOSTO DE 1995 – INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN 3/9/95 DEPOSITADO 21/9/95	1 DE FEBRERO DE 1996
CONVENCIÓN INTERNACIONAL DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN Y LA SEQUÍA, APROBADO EN PARÍS, FRANCIA, EL 17 DE JUNIO DE 1994	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS	15/10/94	APROBADO RESOLUCIÓN LEGISLATIVA Nº 26536 DEL 2 DE OCTUBRE DE 1995 - INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN 26/10/95 DEPOSITADO 9/11/95	26 DE DICIEMBRE DE 1996
CONVENCIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES MIGRATORIAS DE ANIMALES SILVESTRES ("CONVENCIÓN DE BONN"), FIRMADO EN BONN, EL 23 DE JUNIO DE 1979	MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES DE LA REPÚBLICA FEDERAL DE ALEMANIA	-----	APROBADO DECRETO SUPREMO Nº 002/97- RE DE FECHA 24 DE ENERO DE 1997 - INSTRUMENTO DE ADHESIÓN 20/2/97.	1 DE JUNIO DE 1997
CONVENIO Y ESTABLECIMIENTO DE LA RED INTERNACIONAL DEL BAMBU Y EL RATTAN (INBAR), SUSCRITO, SUSCRITO EN PEKIN, CHINA EL 6 DE NOVIEMBRE DE 1997	MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES DE LA REPUBLICA POPULAR CHINA	6/11/97	AÚN NO HA SIDO RATIFICADO
CONVENIO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO			APROBADO POR RESOLUCIÓN LEGISLATIVA	ENTRÓ EN VIGENCIA A NIVEL INTERNACIONAL EL

FUNDAMENTADO PREVIO A CIERTOS PLAGUICIDAS Y PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS OBJETO DE COMERCIO INTERNACIONAL, APROBADO EN ROTTERDAM, HOLANDA, EL 10 DE SETIEMBRE DE 1998.	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS	11/9/98	N° 28417, DE 10 DE DICIEMBRE DE 2004; RATIFICADO POR DECRETO SUPREMO N° 058-2005-RE, DE 10 DE AGOSTO DE 2005, SE DEPOSITÓ INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN EL 14/09/05.	24 DE FEBRERO DE 2004 Y ENTRARÁ EN VIGOR PARA EL PERÚ, EL 13 DE DICIEMBRE DE 2005.
CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE CONTAMINANTES ORGANICOS PERSISTENTES, APROBADO EN ESTOCOLMO, SUECIA, 23 DE MAYO DE 2001	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS	23 DE MAYO DE 2001	APROBADO POR DECRETO SUPREMO N° 067-2005-RE, DE 10 DE AGOSTO DE 2005; SE DEPOSITÓ INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN EL 14/09/2005	ENTRO EN VIGOR A NIVEL MUNDIAL EL 17 DE MAYO DE 2004 Y ENTRÓ EN VIGOR PARA EL PERÚ, EL 13 DE DICIEMBRE DE 2005.
PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO FUE APROBADO 11 DE DICIEMBRE DE 1997 DURANTE TERCERA CONFERENCIA DE LAS PARTES DE LA CONVENCION (KYOTO, JAPON, DEL 1 AL 11 DE DICIEMBRE DE 1997), Y SE ABRIO PARA LA FIRMA EL 16 DE MARZO DE 1998.	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS	13/11/98	APROBADO RESOLUCION LEGISLATIVA N° 27824, DE FECHA 09 DE SETIEMBRE DEL 2002. DEPOSITO DE INSTRUMENTO DE RATIFICACION EL 12 DE SETIEMBRE DE 2002	16 DE FEBRERO DE 2005
PROTOCOLO DE CARTAGENA SOBRE SEGURIDAD DE LA BIOTECNOLOGIA DEL CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA, APROBADO EN MONTREAL	SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS		APROBADO RESOLUCION LEGISLATIVA N° 28170, DE FECHA 13 DE FEBRERO DEL 2004 Y	

Fuente: PNUMA, 2002

Ciclo de vida. El ciclo de vida de los residuos sólidos peligrosos inicia desde su **generación** hasta su eliminación, para ello mediante la **recolección** es un servicio de toma a carga y recolección, donde se verifica que los residuos estén debidamente preparados e identificados de manera discreta, dando como resultado un dispositivo listo para cargar y acondicionar. (Shi et al, 2020).

El **transporte** es un proceso correspondiente para la movilización de residuos sólidos peligrosos utilizando vehículos modernos aprobados, construidos y preparados de acuerdo con los requisitos de las normas de seguridad (Tianbao et al., 2019). El tipo de vehículo y carga útil dependerá del tipo de transporte de residuos que requiera el cliente, la unidad vehicular debe contar con las especificaciones y equipos adecuados para el transporte en el ambiente específico en el que se encuentra, además de contar con estrictas medidas de control, seguido de monitoreo satelital GPS, donde él es marcado y transportado desde el generador hasta el lugar de destrucción final, solo permitido en la noche debido a tarifas peligrosas (Yong et al, 2021).

La **recepción** es el área de control de residuos sólidos peligrosos para el proceso de incineración como método que permite dar una determinada condición o calidad a los residuos para su manejo seguro (Zhang et al, 2021).

El **almacenamiento** es el área o espacio apto para la acumulación temporal de residuos sólidos peligrosos en contextos sistemáticos como un fragmento del método de incineración como su disposición final (Shima et al, 2020).

La **disposición final** de residuos peligrosos, es el aislamiento de los mismos, reduciendo las liberaciones de contaminantes. En la situación de residuos peligrosos lo más común es el aislamiento en rellenos de estabilidad. Esta tecnología se apoya en la disposición en el suelo usando obras civiles en especial diseñadas.

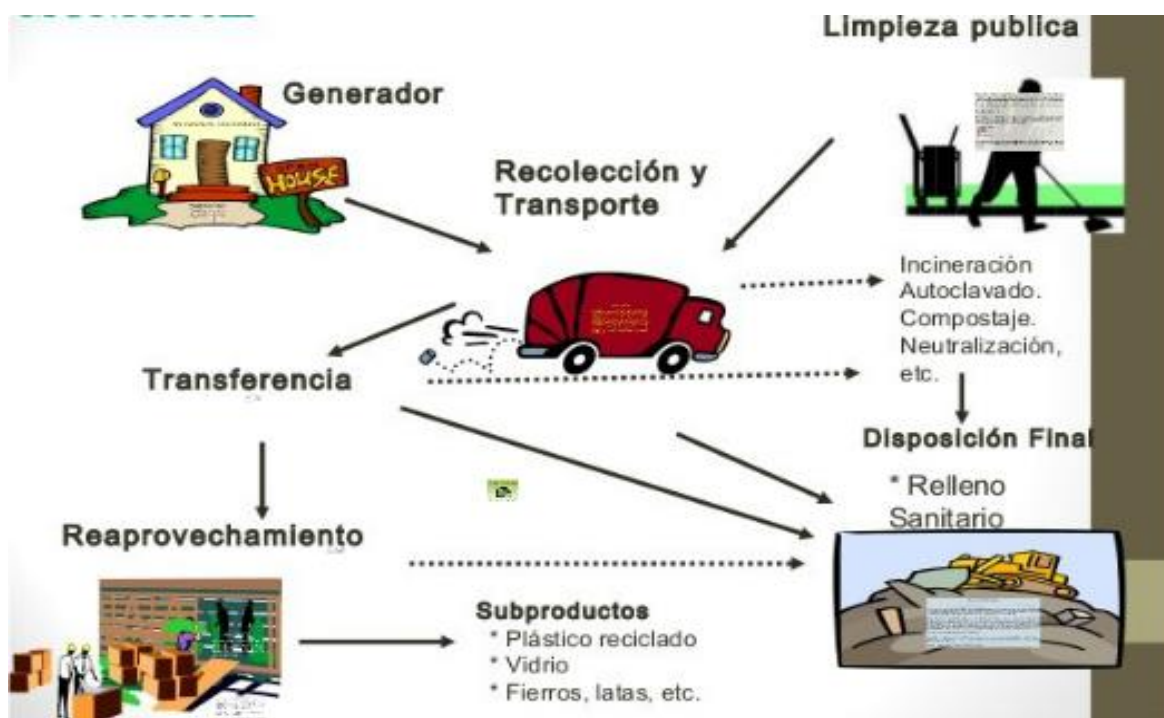


Figura 1: Tipos de tratamientos de residuos sólidos peligrosos.
Fuente: Shima Yazdani, 2020.

Tipos de incineradores. La **incineración** es una técnica implementada como un posible elemento de un enfoque integrado para la gestión de residuos sólidos peligrosos, Es el procedimiento más común con vapor, a lo largo del proceso se usa vapor saturado para borrar los agentes patógenos que hay en los residuos. Las fronteras de temperatura y tiempo son vitales para el manejo del procedimiento. La temperara recomendada debería estar entre 121°C a 134°C. El viento contaminado que emite la autoclave se filtra por medio de un filtro de partículas de viento de alta eficiencia – HEPA. (Panepinto et al., 2018).

Los tipos de incineración para los residuos sólidos peligrosos son los siguientes:

Los incineradores de **cámara múltiple** tienen el compartimiento en serie para acomodar diferentes fases de la incineración y facilitar la separación de partículas de los residuos sólidos peligrosos durante los procesos de incineración (Lemieux, et al., 2021).

El incinerador de **aire controlado** es cuando el flujo del aire de combustión es reducido, con el fin de minimizar la turbulencia y la generación de partículas volátiles al ambiente (Dmitrii, et al., 2020)

El **horno rotativo** es conocido por el tambor rotativo, para que el residuo de vueltas y quede expuesto al aire de combustión y apresure la degradación de los residuos (Miorita et al., 2021).

Los incineradores de **parrilla móvil** son incineradores típicos para los residuos sólidos municipales, con parrillas, cuyo movimiento permite la distribución gradual del residuo a lo largo del incinerador (Loan y Gálvez, 2021).

Reactores para reacciones gas- sólido no catalítico, Los modelos utilizados para representar el flujo constante de partículas y fluido tienen la posibilidad de ser de numerosas maneras. Para las actitudes que conforman un producto sólido, tienen la posibilidad de utilizar reactores de "línea de transferencia". Para un procedimiento aproximado de esta clase, se implica que las partículas como el fluido se desplazan por el reactor con flujo tapón. En los modelos más precisos, tienen la posibilidad de tomar en consideración las desviaciones de flujo tapón en el fluido, utilizando un término de dispersión en la ecuación de conservación de la masa (Jácomo, et al., 2018).

Las desviaciones del flujo tapón para las partículas están sujetas a el reparto de tiempos de residencia, que es dependiente de las partículas de la ingesta de alimentos no poseen todo el mismo tamaño. La residencia es bastante eficaz para reactores fluido sólido no catalíticos, puesto que el flujo está del todo segregado. O sea, las partículas sólidas no conforman coalescencias. (Liu et al., 2022)

Clasificación de reactores heterogéneos no catalíticos gas-sólido. Los reactores de lecho fijo las partículas son reaccionante fijo y el fluido que contiene el correactante (Machaca, 2018).

Reactores de lecho móvil, Son reactores tubulares donde la partícula reaccionante y el fluido correactante tiene movimiento y fluyen constantemente en flujo paralelo o en flujo en contracorriente. (Liang, et al., 2020).

Los **reactores de lecho fluidizado**, Son los reactores donde sucede que las partículas reaccionantes, son mantenidas en suspensión por el fluido correactante con distintas variaciones como por ejemplo lechos altos, lechos arrastrados, dichos reactores de consenso al tipo de flujo, podría ser: de flujo pistón o flujo mezclado perfecto conocidos como reactores de lecho suspendido (Wajda et al., 2018).

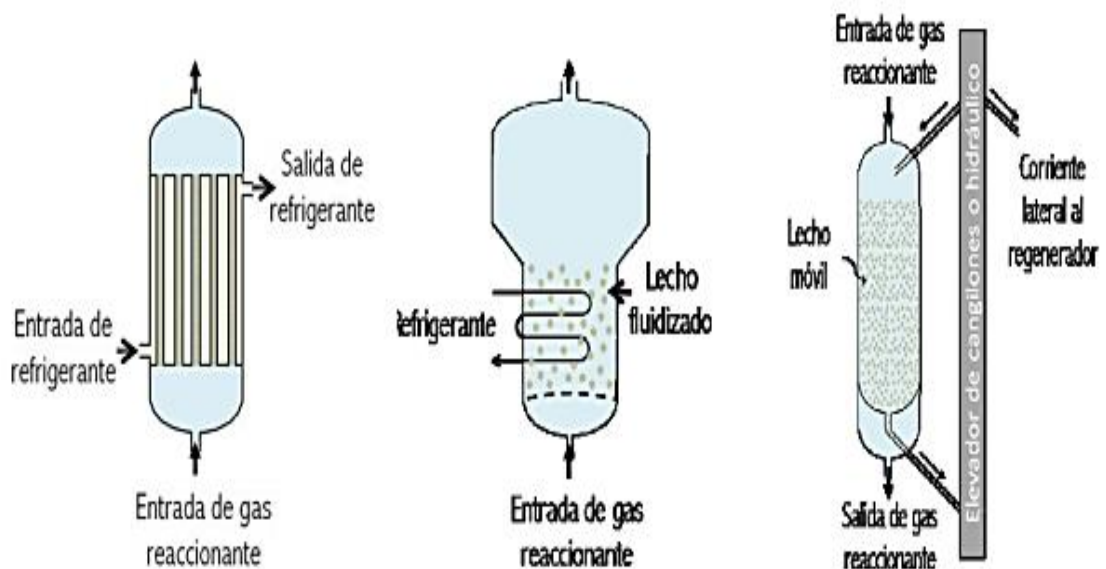


Figura 2: Reactor catalítico de lecho fijo, lecho fluidizado y lecho móvil
Fuente: Iborra et al, 2018

Las **Nuevas Tendencias** actualmente de administración integral de residuos en todo el mundo busca hacer una transición de una economía lineal a una economía circular fomentando la recuperación, valorización, uso y/o procedimiento eficiente de los residuos con el objeto de añadir costo y obtener nueva materia prima para la industria evitando el consumo desmesurado de recursos naturales (Ramírez, 2019).

Los **métodos de incineración** como la pirólisis es muy similar a la incineración, pero realizada con admisión estricta de aire de combustión; en consecuencia genera la descomposición térmica de los residuos sólidos a temperaturas bajas, asimismo minimiza las emisiones y tiene bajo impacto ambiental (Wayne, et al., 2021).

Gao y Xu., 2019, evaluó la pirólisis y utilización de materiales no metálicos en placas de circuito impreso de desecho con una condensación a temperatura controlada y síntesis de resina a base de aceite. Se logró mostrar que el método de condensación a temperatura controlada fue efectivo para separar el aceite de pirólisis. El análisis de FT-IR, ^1H y ^{13}C NMR y TG indicaron que la resina a base de aceite tenía la misma estructura y termo estabilidad que la resina comercial, Además el CaBr_2 de los residuos podría reciclarse para utilizar como material de refuerzo ideal para materiales de construcción.

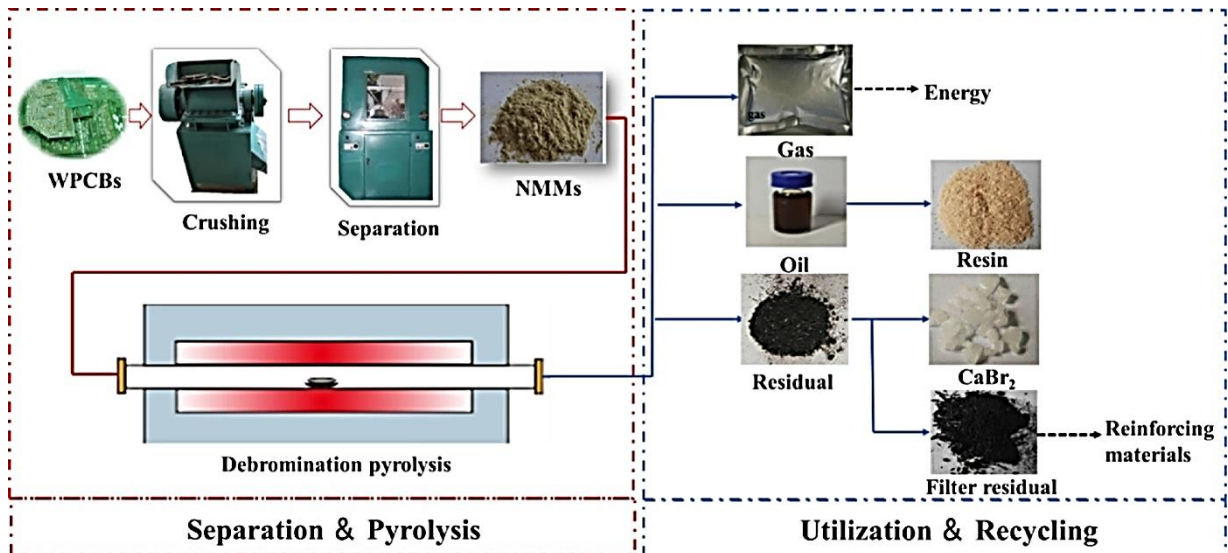


Figura 3: Proceso de pirólisis de residuos sólidos peligrosos

Fuente: Gao y Xu, 2019

Los **métodos de incineración**, Se tiene los métodos de incineración de residuos peligrosos:

La **incineración a alta temperatura**, son plantas de incineración de residuos sólidos peligrosos tienen un incinerador de residuos primario y un postquemador que minimiza los subproductos orgánicos nocivos (tiempo de combustión). Dado que el limpiador de gases de combustión no puede funcionar a la alta temperatura de los gases de combustión que salen del horno, los gases de combustión se enfrían a una temperatura de aproximadamente 200°C (Shi et al, 2020).

Este **método** de uso requiere la reducción de desechos humanos e industriales, así como la disposición de materiales reciclables, y el régimen de tratamiento y disposición de los mismos desechos reciclables y no reciclables. Se cree que es una de las etapas finales de la competencia con otros procesos de tratamiento térmico antes del vertido de desechos que amenazan el suelo. (Muhammad et al, 2021).



Figura 4: Incineración de residuos sólidos peligrosos a altas temperaturas.

Fuente: Rigang Zhong, 2020.

El **incinerador fijo en gran escala** son incineradores de residuos sólidos peligrosos a gran escala son el método de eliminación preferido para la mayoría de los plaguicidas desechados. Son instalaciones construidas específicamente para la incineración de residuos sólidos peligrosos. Suelen ser hornos rotatorios equipados con postquemadores y varios dispositivos de control de la contaminación del aire. La temperatura se mantiene de 1.100 a 1.300°C con una permanencia mínima de 2 segundos en el postquemador (Wajda et al, 2020).

El **Incinerador fijo en pequeña** escala tiene una serie de pequeños quemadores estacionarios en el mercado que varían en capacidad y diseño. Cuanto más complejo sea el diseño, mayor será la capacidad, mayor será el precio. El modelo más simple tiene una sola cámara sin postquemador y/o filtro de polvo. Los modelos de gama alta tienen una cámara principal con postcombustión y una lavadora (Leo et al, 2020).

El **Incinerador móvil** es uno de los modelos de incineradores de residuos portátiles pequeños y medianos. El término "móvil" es bastante engañoso, ya que puede llevar semanas desmantelar una instalación, mientras que el término "móvil" sería más preciso (Hao et al., 2021). Suelen ser unidades bastante grandes con quemadores equipados con hornos rotativos y dispositivos de control de la

contaminación del aire. Utilizado principalmente en los Estados Unidos para limpiar sitios de desechos peligrosos (Falah et al, 2018).

Incineración

Las **Condiciones operativas** se proporcionan por el proceso de combustión a temperatura de 500 a 800°C, sucede el secado, el calentamiento, la liberación de sustancias volátiles y la transformación del residuo remanente en cenizas. Ahí se produce el material particulado, que es fundamentalmente la humareda oscura producida en una quema no controlada. Las partículas menores son las más nocivos al ser humano (Tuyen et al., 2020).

Los **contaminantes** Son producidos por gases, vapores y partículas emitidos durante la combustión primaria, y se soplan o atraen a la cámara de combustión secundaria o posterior, donde se exponen a 1000 °C o más durante aproximadamente dos segundos. En estas condiciones, los volátiles y parte de las partículas serán destruidos (Wayne et al., 2021).

El **control de gases** Es más común debido al uso de un lavador. Los lavadores de bolsas son la mejor tecnología de control de gases. La lechada de cal se atomiza en el depurador y reacciona con el gas ácido. El agua de lodo se evapora y el gas se enfría. Las partículas y los productos de reacción son capturados por el filtro de mangas. Este tipo de sistema se utiliza para controlar las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), ácido clorhídrico (HCl), material particulado, metales, dioxinas y furanos (Zheng et al., 2020).

Los **restos de cenizas** Es el resultado de la quema de residuos peligrosos. Sin embargo, para descartar cualquier participación en la formación del material, las cenizas deben desecharse en vertederos alfombrados, a menos que las pruebas químicas muestren que el material es completamente inerte y libre de impurezas Riesgos de contaminación. En cualquier caso, hay muchas posibilidades de que las unidades estén alineadas en el vertedero. (Haque et al. 2019).



Figura 5: Cenizas del proceso de incineración de residuos sólidos peligrosos
Fuente: Rigang Zhong, 2020

Tecnologías de control de gases

Incrementar la generación de energía renovable, Resumir la actual dependencia de los gases emitidos por la incineración para la generación de energía es una de las primeras medidas para limitar las emisiones contaminantes emitidas durante el proceso de incineración (Bisinela et al., 2021).

Mejorar la eficiencia energética, Resumir la cantidad de energía que se necesita para generar productos o servicios es también una forma que perjudica en la limitación de las emisiones de gases contaminantes de los procesos de incineración (Bringezu, 2020).

Filtro de mangas, Los filtros de mangas son uno de los dispositivos más representativos para la separación de gases sólidos con medios porosos: se dan en todos los procesos en los que es necesario eliminar partículas sólidas de la corriente gaseosa. Remueven las partículas sólidas transportadas por la corriente de gas haciéndolas pasar a través de la tela (Bisinela et al., 2021).

Tecnologías de pirolisis

La **Pirolisis de oxidación** Es la descomposición térmica de residuos industriales durante la combustión parcial o contacto directo con los productos de la combustión de combustibles. El método específico es aplicable a la neutralización de una amplia gama de desechos, incluidos aquellos "inadecuados" para la combustión o

la gasificación: desechos viscosos, pastas, relaves húmedos, plásticos, alto contenido de cenizas, lodos con alto contenido de cenizas contaminados con avellana, aceite y otras combinaciones, suelo, escombros producidos Mucho polvo (Harussani et al., 2020)

La **pirólisis seca** es un método de tratamiento térmico de residuos, que garantiza una neutralización de residuos de alta eficiencia y se utiliza como combustible y materias primas químicas, lo que contribuye a la creación de tecnologías de bajo coste y bajo coste. Residuos y uso racional de los residuos naturales recursos. (Chin et al., 2020).

La **Pirólisis de bajas temperaturas** Este tipo de pirólisis se caracteriza por el máximo rendimiento de residuos líquidos y sólidos (semicoque) y la mínima generación de gas de pirólisis con el mayor calor de combustión. Este método es adecuado para obtener alquitrán primario, que es un combustible líquido valioso, y para convertir caucho no acondicionado en monómeros, que son las materias primas para la producción de caucho secundario (Mohammed et al., 2021).

La **Pirólisis de medianas temperaturas** se da rendimiento mejorado del gas con el calor menor de la combustión y cantidad menor del residuo líquido y del coque (Rigang et al., 2020).

La **Pirólisis de altas temperaturas** Notamos la mínima eficiencia de los productos líquidos y sólidos y la máxima producción de gas con un mínimo calor de combustión - combustible de alta calidad - adecuado para el transporte de larga distancia. Como resultado, se reduce la cantidad de alquitrán y sus valiosas fracciones ligeras (Schrader et al., 2018).

Aline, et al. (2018, p.7-16), evaluó un análisis energético avanzado y evaluación ambiental del ciclo de vapores del sistema de incineración de la destrucción de residuos sólidos urbanos. Uso un análisis energético avanzando los que determino los indicadores de desempeño termodinámico. Logro mediante el cálculo la reducción de los residuos de os residuos sólidos en un 8.4% ahorrando un costo de \$2, 830,624 por año. Concluyo que la reducción de la destrucción de energía evitable en un ciclo de generación de vapor conduce a una reducción del índice de emisión de 531 a -224 kg CO₂ eq/MWH, mientras que se alcanza un desplazamiento de energía primaria de alrededor de 3,69 kWh por unidad eléctrica disponible utilizando residuos sólidos urbanos.

Loan, et al. (2021, p.2-10), evaluó la incineración y se utilizó el volumen de tratamiento de residuos municipales peligrosos, y los métodos de análisis de flujo de materiales (MFA) y evaluación del ciclo de vida (LCA) se utilizaron para cuantificar el volumen de incineración. Los impactos sobre la composición del suelo, la eutrofización del suelo y del mar pueden reducirse mediante la acumulación de desechos peligrosos y la formación de ozono. La conclusión es que los residuos peligrosos se disponen en vertederos, lo que significa que su estado está mejorando.

Yin, et al. (2021, p.6), evaluó las nuevas tecnologías para el tratamiento de desechos peligrosos para aliviar las preocupaciones ambientales. Como método, utilizó la recopilación de información de varios artículos y revistas. Implementar la gestión y clasificación de residuos, como los residuos de cocina, el papel representa el 3,5-11,9 %, el caucho y el plástico representan el 9,9-19,1 %; (3) el sistema de gestión de residuos municipales de mi país debe optimizarse; (4) La biomasa utiliza un 52 % de vertedero, un 45 % de incineración y un 3 % de tecnología de compostaje. El uso de nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos peligrosos se ha considerado como una buena alternativa para reducir la contaminación.

Miorita, et al. (2021, p.8-9), evaluó la posibilidad de valorización energética mediante la incineración de residuos urbanos peligrosos. Las calderas de alta temperatura y las trituradoras de gran capacidad se utilizan como métodos para acelerar la combustión de residuos orgánicos. El potencial energético de los desechos peligrosos municipales se realiza al reducir la acumulación o la acumulación en los vertederos. Reconociendo que la incineración de residuos municipales peligrosos tiene un alto potencial energético.

Zheng, et al. (2020, p.12), evaluó la descomposición de metales pesados en cenizas durante la incineración de residuos municipales peligrosos. Utilizó la observación directa de la caldera durante la combustión. Encontró que la cantidad de HM lixiviado del producto sinterizado era significativamente menor que el límite legal chino. Llegó a la conclusión de que el uso de este producto como desecho peligroso requiere una evaluación adicional de su lavado a largo plazo con HM.

Bruno, et al. (2021, p.10-11), evaluó el potencial económico y ambiental de los residuos peligrosos durante la incineración. Utilizado como método de tres etapas:

caracterización de materia prima, análisis de flujo de caldera y residuo residual. Se han logrado ahorros de energía y reducciones de emisiones. El reciclaje aumenta la viabilidad económica al tiempo que evita las tarifas de vertedero. Ha encontrado que el método de incineración de residuos peligrosos urbanos es uno de los modelos efectivos.

Yong, et al. (2021, p.16-22), evaluó los procesos de gasificación e incineración de residuos peligrosos de la ciudad para minimizar problemas. Usar nuevas tecnologías de residuos a energía (WtP) y de residuos a energía (WtF) como enfoque. Los resultados mostraron que la eficiencia energética del procedimiento MTH fue la más alta con 46,7 %, seguida de MTNG (43,7 %), MIGCC (28,6 %) y MTE (18,9 %). Los procesos MTH y MTNG parecen ser más respetuosos con el medio ambiente. Se encuentra que se han obtenido buenos resultados en la producción de MIGCC, MTH, MTNG durante la gasificación y combustión.

Loan, et al. (2020, p.18), evaluó el impacto de la incineración en el medio ambiente en el tratamiento de residuos peligrosos en la ciudad. Metodológicamente, realizó una revisión en profundidad de los estudios LCA publicados sobre sistemas de gestión de RSU para identificar soluciones WtE y su impacto en el desempeño ambiental del sistema. Mover los desechos sólidos de los vertederos a los incineradores generalmente reduce el impacto del calentamiento global. Las entrevistas pueden ayudar a los legisladores a predefinir soluciones WtE ecológicas.

Ahmad, et al. (2020, p.11-20), evaluó el método municipal de incineración cero residuos. Como método, utilizó la quema de residuos peligrosos municipales en una caldera de alta temperatura. Se pueden evitar las emisiones de MSWI FA, ahorrando unos 1,6 millones de euros al día y unas 960 kt/año de emisiones de CO₂ a la atmósfera. La incineración ha demostrado ser muy eficiente y reduce la cantidad de residuos peligrosos en vertederos o basureros.

Pei, et al. (2020, p.13), Se evaluó la fijación de cenizas durante la incineración de residuos peligrosos municipales. Los métodos de deshidratación CW a alta temperatura utilizados fueron 200 °C, 500 °C y 800 °C, y el aglutinante resultante se marcó DCW2, DCW5 y DCW8. Logró la eficiencia de inmovilización de Pb en comparación con OPC. Encontró que las emisiones de CO₂ de la preparación de DCW2, DCW5 y DCW8 fueron 94%, 86% y 65% más bajas que las de OPC.

Florian, et al. (2020, p.15-17), Evaluó la composición física de la ceniza durante la combustión. El uso de un horno de alta temperatura es una buena manera de quemar desechos peligrosos. Los perfiles de 8 a 16 mm tienen una mayor proporción de aluminio (hasta un 50% de todo el aluminio) y vidrio (hasta un 60% de todo el vidrio). La conclusión es que el contenido de metal, si se elimina el material a granel, puede determinar completamente el material en las cenizas de fondo.

Mukherjee, et al. (2020, p.12), evaluó las tendencias en la conversión de residuos peligrosos urbanos en energía productiva. Con base en una revisión sistemática de 86 instalaciones de WTE, que utilizan principalmente tecnología de combustibles derivados de desechos y combustión a gran escala, se encontró que la heterogeneidad de los RSU, la pureza del gas y el control de la contaminación del aire son las deficiencias más notorias. La conclusión es que la tecnología WTE térmica en los Estados Unidos puede continuar desarrollándose, aunque lentamente, en áreas costeras y urbanas que carecen de terrenos adecuados para nuevos vertederos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación.

La investigación fue de tipo aplicada, según (Hernández, Fernández y Baptista., 2014) Menciona que la investigación aplicada concierne a la recopilación de datos de fuentes universales para refinar las preguntas de la investigación o para revelar nuevas preguntas. Este enfoque no identifica variables para ser manipuladas o hacer experimentos, lo que sugiere realizar investigaciones sin potencial de replicación y a base de estadística descriptiva, se analizan realidades subjetivas a los sucesos estudiados por otros autores.

Mediante la investigación se aplicaron conocimientos universales de la ciencia para el tratamiento de residuos sólidos peligrosos a través de incineradores de cámara múltiple, hornos rotativos y de parrilla móvil en la destrucción de su totalidad de residuos, en cuanto a los desechos de cenizas, gases y vapores se manejaron diferentes tratamientos como scrubbers de cal, seguido de filtros de mangas para evitar los daños en la salud de las personas y el medio ambiente.

Diseño de investigación.

La investigación tuvo un diseño narrativo de tópicos, donde Creswel (2005) menciona que el diseño narrativo es un esquema de investigación, también, es una manera de intervenir al narrar una historia con secuencia de acontecimientos. Así mismo los tópicos está orientado en un tema, que conlleva a tener sucesos o fenómenos (Salgado, 2007, p. 73).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

A continuación, se muestra la tabla de matriz de categorización:

Tabla 1: Matriz de Categorización Apriorística

Título: Incineración de Residuos Peligrosos. Revisión sistemática 2022.

Objetivo específico	Problema específico	Categoría	Subcategoría	Criterios	Unidad de Análisis
Analizar el tipo de residuos sólidos peligrosos que se generan en las actividades antropogénicas.	¿Qué tipo de residuos sólidos peligrosos se generan en las actividades antropogénicas?	Tipo de residuos peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Envases de agroquímicos • Envases de pinturas • Residuos electrónicos • Mascarillas • guantes • Envases de aceites • Latas • Restos de telas • Restos de motores • Baterías 	<ul style="list-style-type: none"> • Botellas de plaguicidas, insecticidas, herbicidas. • Baldes, latas, bolsas • Restos de computadora, pilas, restos refrigeradores, baterías • Convenio de Basilea, Rotterdam y Estocolmo 	<ul style="list-style-type: none"> • MINAM, 2015. • Gestión integral de Residuos Peligrosos, (2020) • Flash et al., 2018 • Cotrina et al., 2018
Analizar el ciclo de vida de los residuos sólidos peligrosos.	¿Cuál es el ciclo de vida de los residuos sólidos peligrosos?	Ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo adecuado de los Residuos Peligrosos en cada componente 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección. • Transporte. • Recepción. • Almacenamiento final 	<ul style="list-style-type: none"> • Pon, 2019 • Pei, et al., (2020) • Solo et al., (2020)
Definir los tipos de incineradores de residuos peligrosos.	¿Cuáles son los tipos de incineradores de residuos peligrosos?	Tipos de incineradores	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara múltiple • Aire controlado • Horno rotativo • Parrilla móvil 	<ul style="list-style-type: none"> • % de residuos sólidos peligrosos • Bajo costo • Muy versátil • Recupera energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruno et al. (2021) • Leo et al. (2020) • OMS. 2020
Identificar los métodos de incineración de residuos peligrosos.	¿Cuáles son los métodos de incineración de residuos peligrosos?	Métodos de incineración	<ul style="list-style-type: none"> • Alta temperatura • Fijo en gran escala • Fijo en pequeña escala • Móvil 	<ul style="list-style-type: none"> • Son para residuos primarios. • Para residuos peligrosos • Tiene una sola cámara de posquemador. • Muy deficiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Shi et al. (2020) • Wajda et al. (2020) • Leo et al. (2020)

<p>Analizar los factores que gobiernan en el proceso de incineración de residuos peligrosos</p>	<p>¿Cuáles son los factores que gobiernan el proceso de incineración de residuos peligrosos?</p>	<p>Incineración</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones operativas 	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones favorables al proceso de Combustión. • Etapas contaminantes. • Control de gases. 	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos Peligrosos, 2020. • Angulo, E. (2017). • Ministerio de Salud (2018). • Ochoa, A. (2018).
			<ul style="list-style-type: none"> • Control de las emisiones y residuos 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de almacenamiento de cenizas. • Volumen de las cenizas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Díaz, 2021. • Ministerio del Ambiente (2017)
			<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías de control de gases 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la generación de energía renovable • Mejorar la eficiencia energética • Filtro de mangas 	<ul style="list-style-type: none"> • Bisinela et al., 2021 • Bringezu, 2020
			<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías de pirolisis 	<ul style="list-style-type: none"> • Pirolisis de oxidación • Pirólisis seca • Pirólisis de bajas temperaturas • Pirólisis de medianas temperaturas • Pirólisis de altas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Harussani et al., 2020 • Chen et al., 2020

3.3. Escenario de estudio

Se utilizó un escenario de estudio virtual, recopilando artículos científicos de medio nacional e Internacional, donde se analizó los diferentes métodos de aplicación de incineración de residuos peligrosos (material hospitalario, restos de pintura, productos químicos, productos radioactivos, lámparas fluorescentes, pilas y baterías). Los artículos fueron extraídos de la biblioteca virtual de la Universidad Cesar Vallejo (UCV), se recopiló las revistas y artículos indexados de relevancia en el mundo científico, tales como SCOPUS, SCIENCEDIRECT, EBSCO.

Tabla 3: Artículos identificados en la búsqueda de información

N°	Base de datos	N° de artículos	% Porcentaje
1	WASTE MANAGEMENT	15	19.8%
2	ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT	7	9.6%
3	REDALYC ACADÉMICO	12	16.5%
4	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	9	12.6%
5	ECOLOGICAL ENGINEERING	12	16.5%
6	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	6	9.2%
7	ECOLOGICAL MANAGEMENT & RESTORATION	11	15.8%
Total		51	100%

Fuente: Elaboración propia, 2022

3.4. Participantes

Los contribuyentes en el presente trabajo de investigación fueron los diferentes artículos científicos localizados en las siguientes bases de datos:

A continuación, se exhibe la tabla de bases de datos:

Tabla 4: Base de Datos.

BASE DE DATOS	Dirección
• SCOPUS	https://www.scopus.com/sources.uri
• SCIENCEDIRECT	https://www.sciencedirect.com/

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas:

Observación directa: Basada en el conocimiento de primera mano de la conducta del sujeto de investigación, la observación es uno de los mejores métodos utilizados en la interpretación del texto, así como una forma discreta y sencilla de examinar todos los datos sin depender del medio de análisis.

Análisis documental: Incluye la actividad intelectual que da lugar a un subproducto o subdocumento que actúa como intermediario o buscador de información entre el documento original y el usuario que solicita la información. Para ello, el nivel intelectual es que el documentalista debe pasar por el proceso de interpretar y analizar la información contenida en el documento para luego compilarla en base al tema de investigación.

Instrumentos

Fichas de descripción: Es un instrumento de investigación de fondo en el cual se realiza una descripción específica del acontecimiento dentro de un documento. Para realizar esta descripción el investigador necesita una revisión literaria y un análisis del acontecimiento que es objeto de estudio.

Fichas de recolección de información: Es una herramienta que obtenemos al escribir información importante que está presente en nuestra búsqueda de información que queremos tener siempre a mano.

3.6. Procedimientos

El Procedimiento de la investigación consistió de 3 etapas, la cual fue fundamental para la recopilación de información, se extrajeron de una manera sujeta con una secuencia ordenada, objetiva y sistemática. Se utilizó fuentes como: ScienceDirect,

Ebsco, Scopus. Para ello para cada base de datos se utilizaron palabras claves como en español e inglés.

Fase 1: Exploración de información.

En la Primera etapa se realizó la Búsqueda de Información mediante: Palabras clave (“Incineración”, “aplicación”, “residuos peligrosos”, “material hospitalario”, “restos de pintura”, “productos químicos”, “productos radioactivos”, “lámparas fluorescentes”, “pilas y baterías”, “contaminación ambiental por residuos peligrosos”, “incineración de los residuos peligrosos”, “destrucción de residuos peligrosos”, “Incineration”, “application”, “hazardous waste”, “hospital material”, “paint residue”, “chemical products”, “radioactive products”, “fluorescent lamps”, “batteries and batteries”, “environmental pollution by hazardous waste”, “hazardous waste incineration”, “hazardous waste destruction”. Todos los términos descritos anteriormente se utilizaron en las diferentes plataformas de artículos científicos tales como (Scopus, Ebsco, ScienceDirect) obteniendo un total de 56 655 artículos en general, incluido de años no permitidos para la elaboración de la tesis, luego paso por la segunda fase para para la selección por años.

Fase 2: Elección de la información.

En esta fase se seleccionaron todos los artículos en las diferentes plataformas que se utilizaron en los Filtros tales como, Año de artículo entre 2018 y 2022 siguiendo con el idioma “inglés”, llegó a obtener 9,786 artículos seleccionados, el segundo filtro fue la calidad donde solo se consideró “cuartil” 1; 2 y 3. Donde 7,462 artículos quedaron excluidos y solo se consideraron 2 324 que cumplían con este filtro .El tercer filtro se consideró a los artículos de interés donde mediante la revisión del texto descartándose 2168 artículos que no tenían relación con los objetivos de la investigación, solo quedando 156 artículos para pasar por la tercera etapa por un filtro minucioso y análisis, así se quedó con los artículos que se trabajaron durante la elaboración de la tesis.

Fase 3: Análisis de información.

En la tercera y última etapa, los artículos fueron seleccionados a través de un filtro de análisis cualitativo, resultando obtener 51 artículos de alto impacto ligados al tema de investigación de aplicación de incineración en la destrucción de los residuos sólidos peligrosos, para ser procesados en los instrumentos de recolección de información para los respectivos resultados de las categorías y subcategorías resultantes de los objetivos.

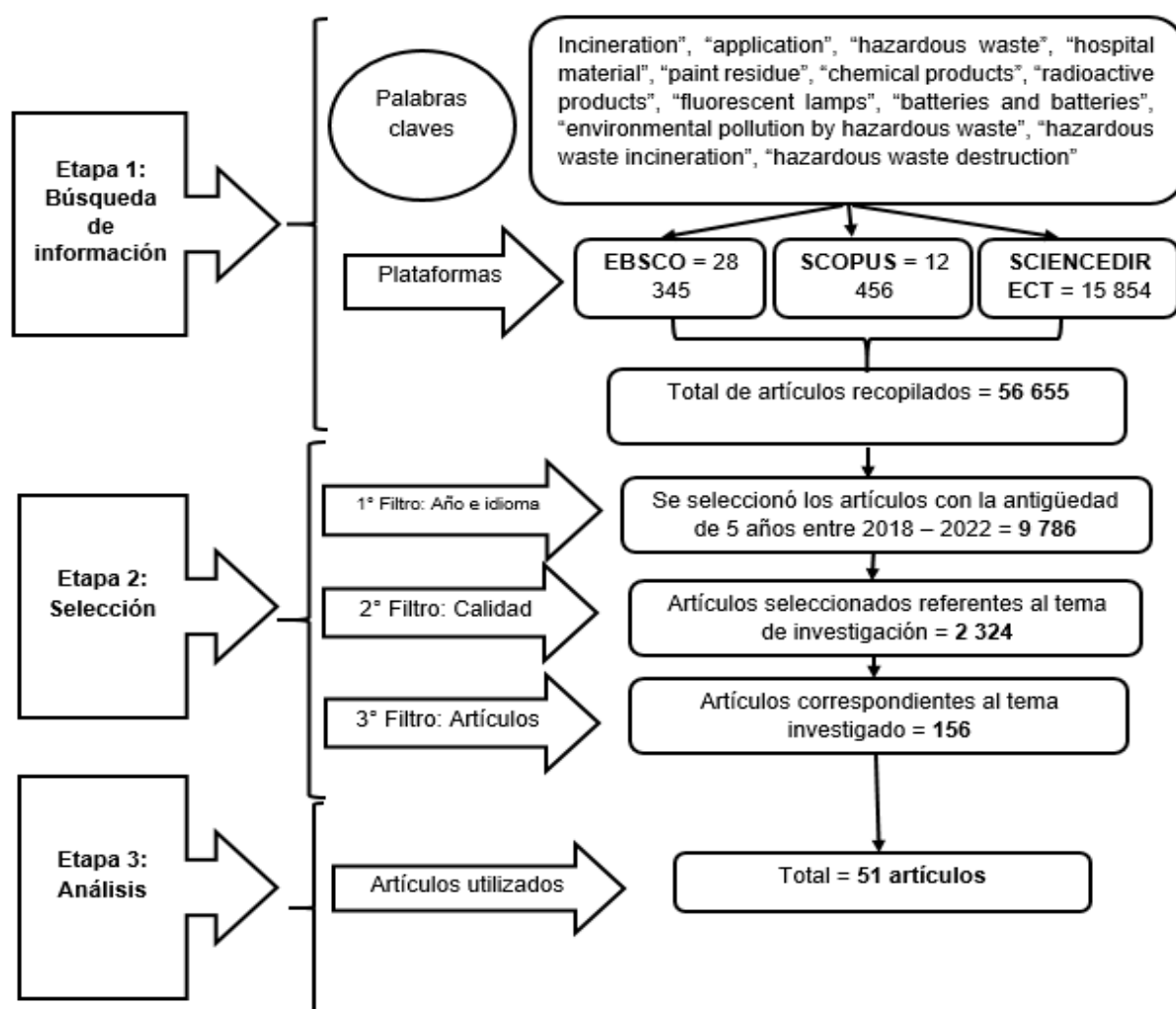


Figura 6: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.7. Rigor científico

Se estableció por criterios para alcanzar la confiabilidad los cuales son:

1. Credibilidad.

2. Transferibilidad.
3. Dependencia.
4. Confiabilidad.

Credibilidad: se enfocó en la aplicación de incineración para la destrucción de residuos peligrosos y la problemática que genera la falta de tratamiento, la información fue extraída de revistas científicas indexadas en bases de datos como SCOPUS, SCIENCE DIRECT, EBSCO (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459).

Transferibilidad; se brindó la posibilidad de extender los resultados y contextos similares, y se trasladaron como consecuencia de la elaboración de un análisis minucioso de las investigaciones a nivel nacional e internacional (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459).

Dependencia; se propuso la recolección de datos para lograr la comprensión de los métodos utilizados para la aplicación de incineración para la destrucción de residuos peligrosos, para el cual se identificó las características y tipo de residuos que se deben de incinerar y la evaluación de resultados obtenidos para desarrollar un análisis reflexivo (Rueda, 1999, p.496-502).

Confiabilidad; se brindó el interés de los autores por lo que elaboraron las investigaciones enfocadas en la aplicación de incineración para la destrucción de residuos peligrosos, se aportó el registro de artículos desarrollados de manera rigurosa, los cuales contribuyeron a comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos (Pope, 1995, p109-112).

3.8. Método de análisis de información

Para el método de análisis en la tesis se usó la estadística descriptiva ya que fue una de las disciplinas que se encargó de recoger, almacenar, ordenar, asimismo se realizó la elaboración de tablas y gráficos para especificar los resultados de los análisis de los diferentes artículos y calcular parámetros básicos sobre el conjunto de datos que cada artículo contribuyó como información en la investigación. Todo esto se describió a detalle ya que no se permitió describirlo de cualquier forma.

La tesis específica en los análisis comparativos de los tipos de incineración por el alto grado de eficiencia teórica de las mismas, ya que el poder calorífico que tuvieron los syngas obtenido después de haber llevado a cabo el proceso es bastante elevado, sin dar uso excesivo de algún consumo de energía para contribuir el elevar las temperaturas.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos de los resultados de la investigación se centraron en el afecto de valores y buenas prácticas de los autores para realizar y aplicar los resultados justificados, honestos, veraces y referenciados con la norma ISO 690 de la Universidad César Vallejo para cada autor del estudio. Así mismo se aplicó la estructura de la investigación en las fases de formulación de la guía propuesta hasta la ejecución de la tesis.

La comisión universitaria con respecto a los lineamientos de la norma científica en relación al investigador, hace valer los derechos de los resultados de otros investigadores con el programa turnitin para consagrar los resultados de la transparencia con la responsabilidad del investigador evitando el plagio.

De acuerdo la guía de elaboración de tesis RVI N°011-2020 durante la elaboración de la tesis se respetó el esquema establecido y la información utilizada se referencio por cada actor de los artículos en relación con el tema que se investigó que fue la aplicación de Incineración para la destrucción de residuos peligrosos ya que estos fueron muy perjudiciales para la salud de las personas y el medio ambiente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

OE1: Tipo de residuos peligrosos

Tabla 5: Incineración para residuos sólidos peligrosos

Residuos sólidos peligrosos								
Tipo de residuo	Fuente generadora	País	Tipo de reactor	% de cenizas	% de vapor	Tiempo	Resultados	Fuente
Latas de pintura	Locales de venta	Bangladesh	Horno rotativo	Se generó 88.1 kg de cenizas por bloque equivalente a 27% del total de residuo	Durante la incineración se produjo 72.9 MW de vapor constituyente a 32% del residuo	La degradación de los residuos en el horno rotativo tuvo un tiempo de 48 horas para ser reducidos a cenizas	Los resultados mostraron que mediante la eficiencia de la incineración se produjo eficiencias energéticas	Adib et al (2021)
Envases de aceite	Fábricas, talleres mecánicos	Estados Unidos	Modular a temperatura de 450	Se generó durante un año 262.800 toneladas de cenizas	Se generó mediante los procesos de incineración 8760 MWh	Por cada bloque de residuos sólidos peligrosos	se consideran "más limpios" (65% menos de residuos tóxicos)	Mukherjee, C. et al (2020)

			°C a 550 °C	equivalente a 13% de los residuos sólidos	de vapor al año equivalente a 53% del total de cenizas	incinerados en el reactor se empleaba 52 horas en destruir a cenizas		
Restos de motores	Fábricas, talleres mecánicos	Estados Unidos	Modular a temperatu ra de 450 °C a 550 °C	Se generó durante un año 73,000 toneladas de cenizas al año equivalente a 45% de los residuos sólidos	Se generó mediante los procesos de incineración 41,610– 52,560 MWh de vapor al año equivalente a 60% del total de cenizas	Por cada bloque de residuos sólidos peligrosos incinerados en el reactor se empleaba 52 horas en destruir a cenizas	Se logró conocer que durante un año de incineraciones de restos de motores de talleres mecánicos se produce 73,000 toneladas de cenizas al año, mientras que 41,610–52,560 MWh de vapor al año	Mukherjee, C. et al (2020)
Latas de pintura		China		Durante el proceso de incineración	En el proceso de incineración	Los resultados de generación de cenizas y	La temperatura de deshidratación de CW aplicada fue de	

envases de material tóxico	Hospitales, clínicas, lugares de venta		Horno de cámara pirolizada	se produjeron 40 toneladas de cenizas en relación a 65% a 94% de los residuos incinerados	se generó 42 m ³ de vapor equivalente a 86% de los residuos sólidos	vapores se produjeron por el periodo de 28 días	200 °C, 500 °C y 800 °C, y el aglutinante resultante se marcó como DCW2, DCW5 y DCW8, respectivamente.	Pei et al (2020)
restos de medicamentos								
Baterías	Farmacias, hospitales, industrias, locales de venta	China (Berlín, Tokio y Singapur)	Horno rotativo a temperaturas de 550 °C a 850 °C	En el procesos de incineración se produjeron 25 toneladas de cenizas en relación a 52,8% del porcentaje de residuos sólidos peligrosos	El proceso del reactor se acumuló un vapor de 263 MWh de un 65,3% de residuos sólidos peligrosos	Los bloques de residuos sólidos peligrosos se incineraron en un periodo de 5 días convertidos en cenizas y vapor	La generación de RSU muestra una variación espaciotemporal en las ciudades, para ello la eficacia de incineración reduce el grado de peligrosidad en el ambiente	Yin et al (2021)
Medicamentos vencidos								
Latas de pintura								
Guantes								
Mascarillas								

Baterías de cámaras fotográficas	Industrias	China	Horno rotativo	El proceso de incineración acumulo 934 kg de cenizas del 70% de residuos sólidos peligrosos	Se acumuló 8.7 m ³ de vapor del proceso de incineración equivalente al 42% de cenizas producidas	El proceso de incineración se realizó en un periodo de 24 horas	Los residuos de HWI de diferentes sitios de muestreo variaron mucho en composición. La suma del contenido de Na, S y Cl en la ceniza del filtro de mangas superó incluso el 70 %.	Liu et al., 2022
restos de computadora								
latas de material inflamable								
Latas de pintura	Industrias, locales de venta	China	Horno rotatorio	Se produjeron 100 kg de cenizas producto de la incineración del 1.9% de los residuos sólidos peligrosos	Se generó 10 m ³ de vapor equivalente al 94% de los residuos	El tiempo empleado por bloque de residuo incinerado fue de 18 horas a una temperatura de 450 °C a 650 °C	Se logró reducir los desechos peligrosos que eran enviados a rellenos sanitarios en un porcentaje de 68% en un tiempo de 18 horas en unos incinerados de hornos rotativos.	Jiang et al., 2019
restos de disolventes								
botellas de vidrio de disolventes								

Mascarillas	Hospitales	República de Corea	Horno rotatorio	Se produjeron 88 kg de cenizas producto de la incineración del 90% de los residuos sólidos peligrosos	Se generó 5 m ³ de vapor equivalente al 95% de los residuos	El tiempo empleado por bloque de residuo incinerado fue de 24 horas	Se logró que durante la incineración por un periodo de 24 horas se produjeron 88 kg de cenizas y 5m ³ de vapor a una incineración con una temperatura en la cámara de 1100 °C	Kumar et al., 2021
Lentes								
Mandiles								
Gorros								
Guantes								
Jeringas								
Restos de medicamentos								
Hierro	Residuos de Malasia generados del sector industrial	Malasia	Hornos con cámara de combustión	Se produjeron 9.26 kg/m ³ de cenizas producto de la incineración del 55.01% de los residuos sólidos peligrosos	Se generó 31.36 kg/m ³ de vapor equivalente al 24% de los residuos	El tiempo empleado por bloque de residuo incinerado fue de 1 hora	Se logró que durante la incineración por un periodo de 1 hora se produjeron 9.26 kg/m ³ de cenizas y 31.36 kg/m ³ de vapor a una incineración con una temperatura en la cámara de 850°C.	Chua, H., 2019
Restos de telas con pintura								
Plásticos de reactivos								
Tubos								

Fuente: Elaboración propia, 2022.

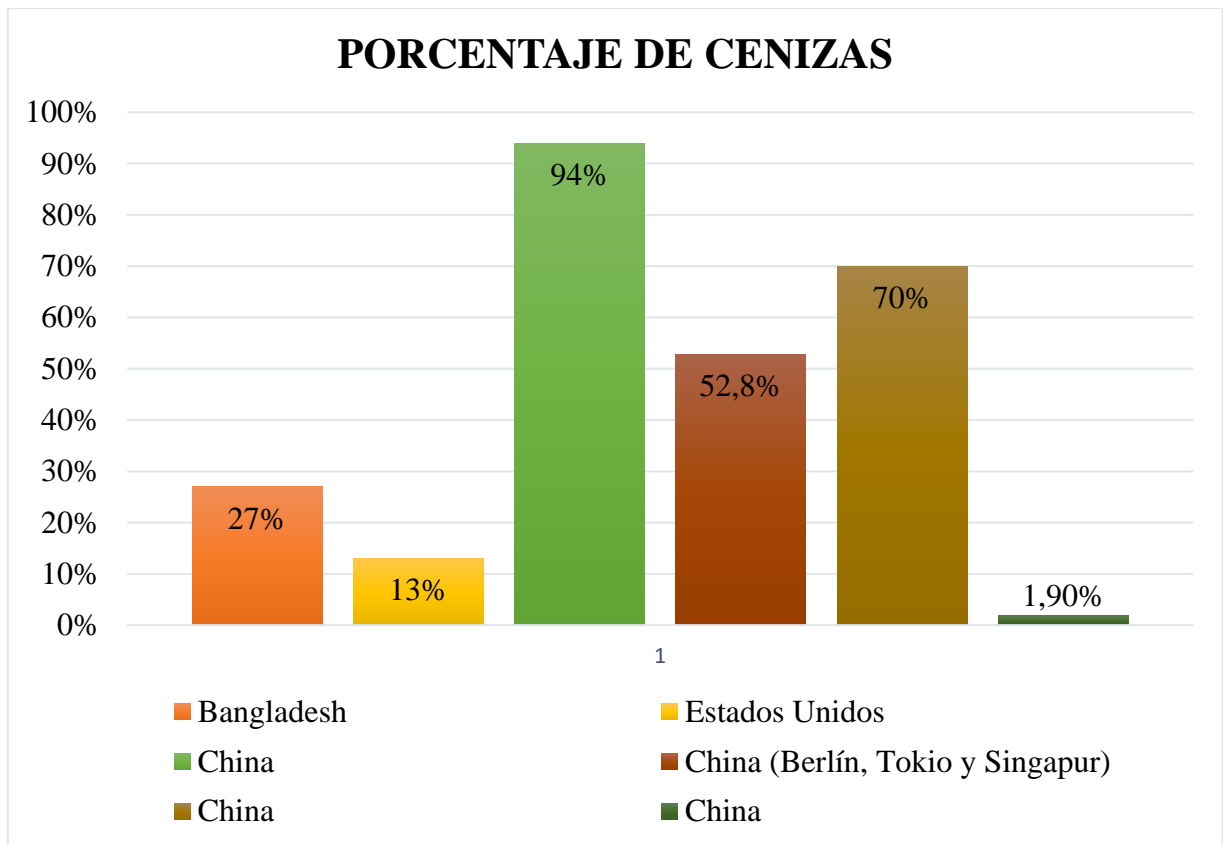


Figura 7: Porcentaje de cenizas durante la incineración de RSP
Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: En la figura 7 se demostró la cantidad del porcentaje de cenizas que se generaron al momento de la incineración de los residuos sólidos peligrosos. Para Pei et al (2020) fue quien generó más cenizas con un porcentaje de 94% al momento de incinerar residuos sólidos peligrosos de hospitales, industrias de jebe del país de China. Por lo tanto, Jiang et al., 2019 al momento de incinerar residuos sólidos peligrosos como plásticos, vidrios, latas, generó 1.9% de cenizas en el país de china

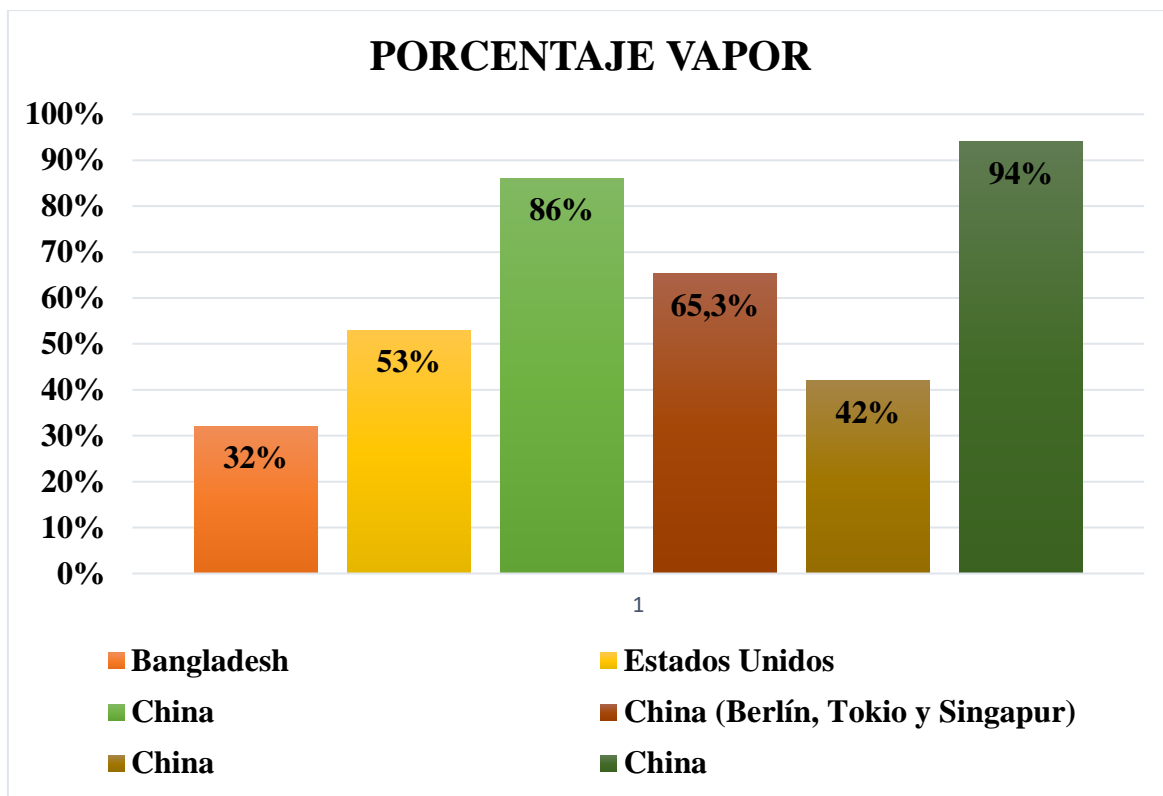


Figura 8: Porcentaje de vapor durante la incineración de RSP

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: En la figura 8 se demostró la cantidad del porcentaje de vapor que se generaron al momento de la incineración de los residuos sólidos peligrosos. Para Jiang et al., 2019 fue quien generó más vapor con un porcentaje de 94% al momento de incinerar residuos sólidos peligrosos de industrias y locales de venta del país de China. Por lo tanto, Adib et al (2021) al momento de incinerar residuos sólidos peligrosos como latas, cartones, cueros y botellas generó 32% de vapor en el país de Bangladesh.

De acuerdo al desarrollo de la investigación en cuanto a Pei et al (2020), en la evaluación de incineración de residuos peligrosos de los restos de latas de pintura, envases de material tóxico y restos de medicamentos que estimaron a una cantidad de 96 toneladas, utilizaron un horno de cámara pirolizada a temperaturas que oscilaban entre los 200 °C, 500 °C y 800 °C, la cual produjo un promedio de cenizas como residuo final de 79.5%, además de la cantidad de vapor de 42 m² equivalente a 86%, durante el proceso de incineración en un periodo de 86 días. Asimismo al

comparar con otras investigaciones relacionadas a los resultados ya indicados como Jiang et al., (2019), realizó la incineración de restos de latas de pinturas, restos de disolventes tipo envases de plásticos y Botellas de vidrio de disolventes, en una cantidad de 8 toneladas, aplicado en un Horno rotatorio a una temperatura de 450 °C a 650 °C, durante la incineración se generó 100 kg de cenizas equivalente al 1.9% del total de los residuos, seguido de la generación de vapor en 10 m³ equivalente a 94% del total de residuos incinerados.

Seguidamente Yin et al. (2021), Incinero residuos sólidos como los restos de baterías, medicamentos vencidos, latas de pinturas, guantes, Mascarillas, producto de los desechos de farmacias, hospitales y locales de venta aplicados en un Horno rotativo a una temperatura inicial a 550 °C y 850 °C, produciendo un porcentaje de cenizas como residuo final de 52.8% y una cantidad vapor 263 MWh de un 65,3% de residuos sólidos peligrosos. Al comparar con otras investigaciones de Kumar et al., (2021), determino la incineración de Mascarillas, lentes, mandiles, Gorros, guantes, Jeringas y restos de medicamentos producidos en los hospitales, posteriormente aplicados en un Horno rotatorio a una temperatura de 1100 °C, donde se obtuvo un porcentaje final de cenizas equivalente a 55.01% de los residuos sólidos peligrosos y vapor se generó 31.36 kg/m³ de vapor equivalente a 24% de los residuos

Categoría 2: Ciclo de vida

Tabla 6: Manejo adecuado de sólidos peligrosos

MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS						
Tipo de residuo sólido peligroso	Fuente generadora	Cantidad de residuos	Medio de transporte	Pirólisis	Almacenamiento	Fuente
Hierro, Restos de telas con pintura, plásticos de reactivos, tubos	Fuentes urbanas e industrias	41,035 tn/día	Empresas encargadas	Pirólisis a altas temperaturas (400 - 600°C) en la destrucción de residuos sólidos peligrosos, el peso se redujo al 14% a 780°C después de 50 minutos. Las sustancias ácidas como SOx, NOx	En tachos a condicionados a residuos peligrosos	Chua, H., 2019
Mascarillas, guantes, restos de						

indumentaria, botellas de alcohol, bolsas expuestas a restos de medicamentos	Clínicas y hospitales	50 kg/día	Contenedores	Incinerador de flujo de aire controlado 77,3-87,5% de efectividad	Bolsas y área reservada con recipientes seleccionados	Tuyen et al., 2020
Mascarillas quirúrgicas de un solo uso personal, Bolsas de polietileno (PE) con desechos de medicamentos, Guantes de mano fabricados en PE, batas utilizadas en partos y tratamiento de Covid, botellas de agua utilizadas en los hospitales en contacto directo con el personal médico.	Hospitales	Durante un día se produjeron 53.07 t/día de los hospitales	Contenedores especializados	Destrucción total del volumen de desechos peligrosos junto con toxinas (es decir, dioxina, furano) después del proceso de incineración expuestas al ambiente.	Bolsas de polietileno de color rojo puestas en contenedores	Sazzadul et al., 2021

Mascarillas, batas de bolsos desechables, guantes en tratamiento de pacientes con Covid, gorros descartables, botas de plástico, restos de farmacéuticos (jarabes, sueros, jeringas, etc)	Clínicas y hospitales	Se generaron 4,214 tn/día de los hospitales y clínicas de las ciudades	Contenedores especializados pues en los centros médicos	Pirólisis de bajas temperaturas o semicoquefacción (450 - 550°C) en la destrucción de los residuos peligrosos	Tachos de color rojo	Hantoko et al., 2021
Restos de refrigeradoras en contacto con gas nitrógeno, computadoras (Cables, placas, baterías), restos de televisores, baterías	Viviendas domesticas de la ciudad	Se produjeron 2,325 tn/día de residuos sólidos peligrosos de la ciudad	Vehículos tipo Compactadoras	Pasaron por una destrucción de 200°C, 500°C Y 800 °C, convirtiendo en gases tipo CO, NOx.	contenedores especiales	Pei et al (2020)

Fuente: Elaboración Propia, 2021

De acuerdo al desarrollo de la investigación del ciclo de vida de los residuos peligrosos, mostrado por Chua, H., (2019), tuvo como fuente generadora al sector urbano e industrial con residuos de fierros, restos de telas con pintura, plásticos de reactivos, tubos con una cantidad generada de 41,035 tn/día, donde fueron trasladados por empresas encargadas de la recolección de residuos, asimismo llevadas al procesos de incineración mediante la Pirólisis a unas temperaturas de (400 - 600°C) en la destrucción de residuos sólidos peligrosos, el peso se redujo al 14% a 780°C después de 50 minutos. Donde al igualar con su investigación de Pei et al (2020), evaluó la cantidad de residuos peligrosos generados en las viviendas de la ciudad tales como los restos de refrigeradoras en contacto con gas nitrógeno, computadoras (Cables, placas, baterías), restos de televisores, baterías, que fueron recolectados mediante vehículos autorizados por las autoridades en cargadas del proceso de incineración, la cual fueron aplicados al incinerador a una temperatura de 200 °C, 500 °C Y 800 °C, produciendo gases tipo CO, NOx.

Categoría 3: Tipos de incineradores

Tabla 7: Tipos de incineración para residuos sólidos peligrosos.

TIPOS DE INCINERACIÓN						
Tipo de incinerador	Tipo de residuos	País	Temperatura	% Vapor	Volumen cenizas	Fuente
Cámara múltiple	Restos de motores, Restos autopartes	Italia	Los residuos sólidos pasaron a cenizas a una temperatura de 700°C	Los gases emitidos fueron en un porcentaje de 46 %	Durante el proceso de incineración de los RSP se generó 19 m ³ de cenizas	Abis et al., 2021
Aire controlado	Bolsas de pintura, baldes de aceite, jebes, restos de alambre, clavos, baterías y	Austria	El horno maneja una cámara de temperatura de 850°C	Se produjeron un porcentaje 55% de gases	Se obtuvieron 300 kg de cenizas producto de la incineración	Florián et al., 2020

	transformadores					
Cámara múltiple	Vidrios de envases de medicamentos, latas de compuestos inflamables, telas adheridas a derivados de hidrocarburos.	China	Para el proceso de incineración se realizó a una temperatura de 1000°C	Se obtuvieron un 66% de gases producto de la incineración	100 kg de cenizas producto de la incineración	Zheng et al., 2020
Horno rotativo	Botellas expuestas a solventes, baldes de pinturas, bolsas de pinturas.	Colombia	1100°C temperatura usada en la cámara del incinerador para destruir residuos.	Se produjeron 35% de gases como CO _x , NO _x	3.1 kg de cenizas obtenidas de la incineración	Domínguez, et al., (2020)

Fuente: Elaboración propia, 2022.

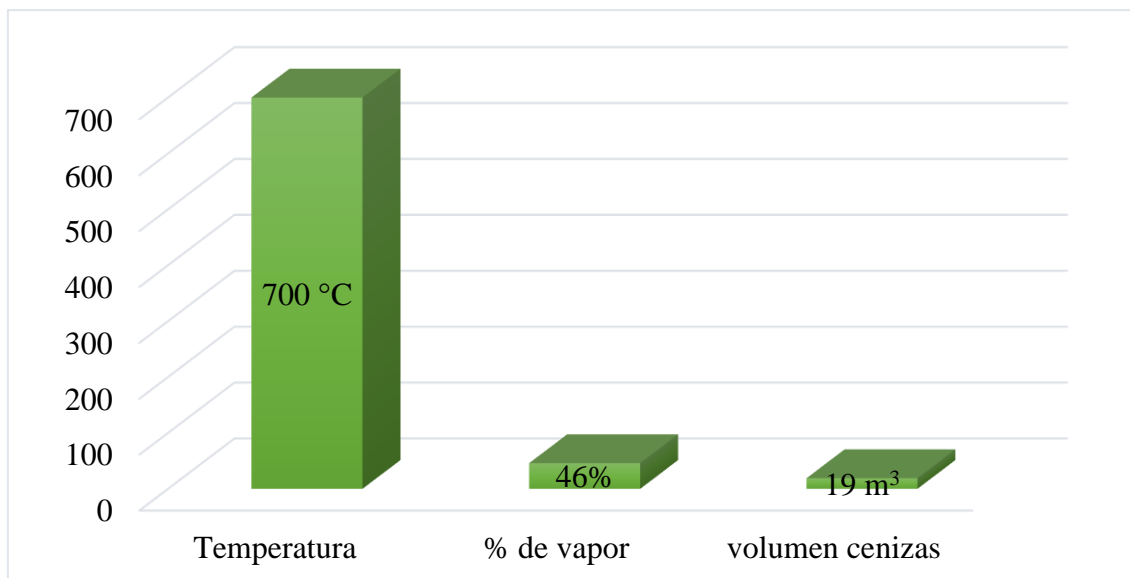


Figura 9: Incinerador de cámara múltiple

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: En la figura 9 de acuerdo a Abis et al., (2021), mediante el proceso de incineración de los residuos peligrosos tales como restos de motores, restos de autopartes, utilizó un incinerador de cámara múltiple a una temperatura de 700°C, producto de ello emitió un vapor de 46% de los residuos incinerados, quedando un volumen de Cenizas de 19 m³. Donde en comparación con otras investigaciones como Zheng et al., (2020), determino la incineración de residuos peligrosos como vidrios de envases de medicamentos, latas de compuestos inflamables, telas adheridas a derivados de hidrocarburos en un incinerador de cámara múltiple a una temperatura de 1000 °C, emitiendo un porcentaje de gases de 66% producto de la incineración, asimismo se obtuvo 100 kg de cenizas como residuo final la cual contribuyo con el cuidado del medio ambiente, demostrado en la figura 10.

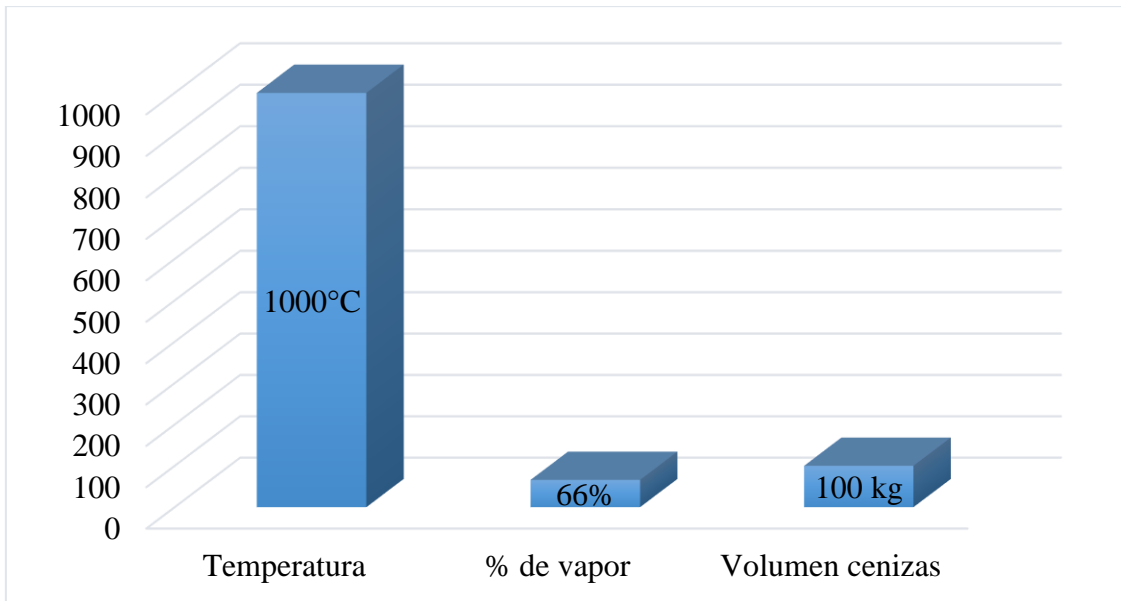


Figura 10: Incinerador de cámara múltiple
Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: En la figura 10 se mostró el proceso del tipo de incinerador de cámara múltiple, que emplea una temperatura de 1000°C, para ello emitió un vapor de 66% de los residuos sólidos peligrosos incinerados, quedando un volumen de Cenizas de 100 t/d.

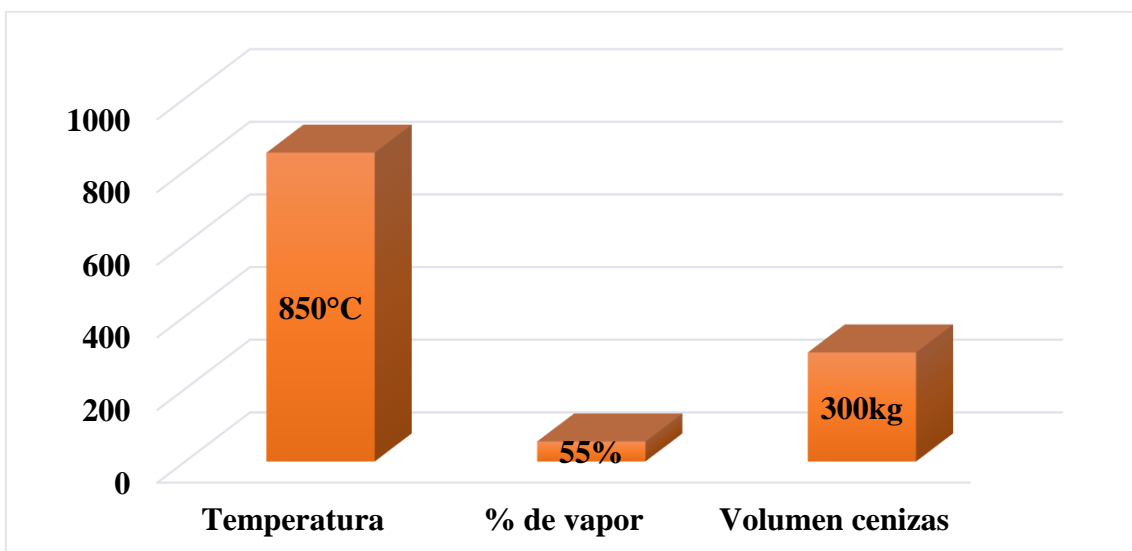


Figura 11: Incinerador de aire controlado
Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: En la figura 11 de acuerdo Florián et al., 2020 mostró el proceso de incineración mediante un incinerador de aire controlado, que utilizó una

temperatura de 850°C, llegando a emitir vapor en un porcentaje de 55% de los residuos sólidos peligrosos incinerados, quedando un volumen de Cenizas de 300 kg. Al igual que en su investigación de Domínguez et al., (2020), incinero residuos sólidos peligrosos en un horno rotativo a una temperatura de 1100°C, emitiendo un porcentaje de vapor de 35% y quedando un volumen de cenizas de 3.1 kg. Demostrado en la siguiente figura 12.

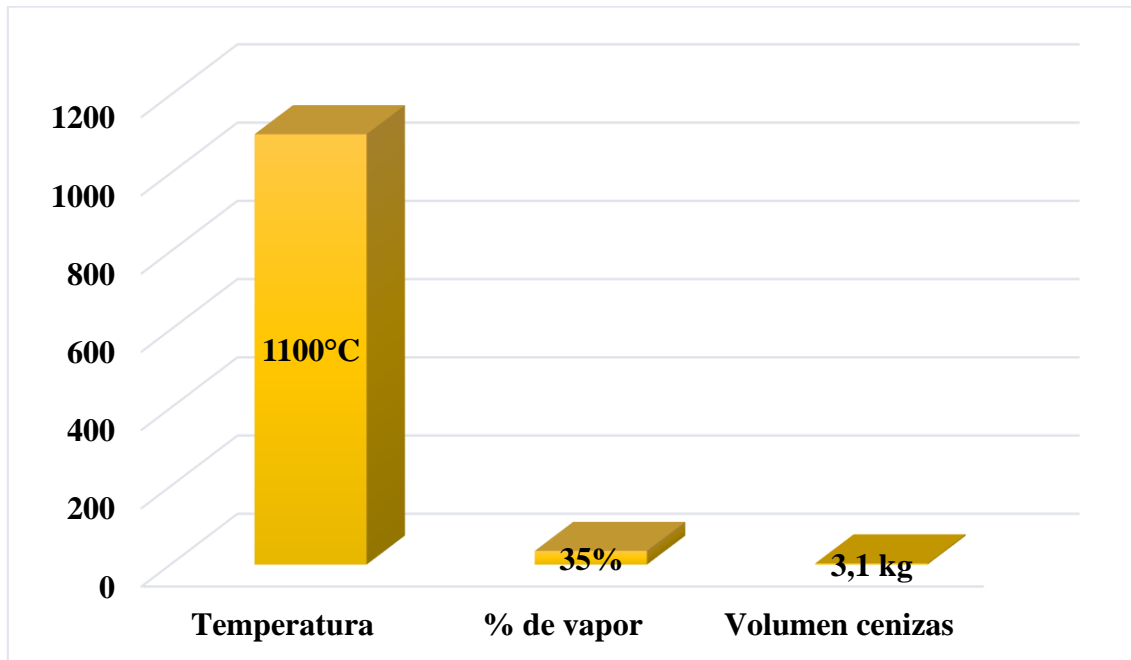


Figura 12: Incinerador de horno rotativo

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: En la figura 12 se mostró el proceso del tipo de incinerador de horno rotativo, que emplea una temperatura de 1100°C, para ello emitió un vapor de 35% y un volumen de cenizas de 3.1 kg de los residuos sólidos peligrosos incinerados.

Categoría 4: Métodos de incineración

Tabla 8: Métodos de incineración para residuos sólidos peligrosos

MÉTODOS DE INCINERACIÓN					
Tipo de residuos	País	Temperatura	Incineración	Resultados	Fuente
Baterías, productos electrónicos, latas de pintura	China (Berlín, Tokio y Singapur)	500°C temperatura usada en la cámara del incinerados	La incineración se dio en un reactor lecho fijo a una escala pequeña	Se presentan (6) recomendaciones para desarrollar un sistema óptimo que integre la gestión de RSU	Yin et al., 2021
Cilindros de aceites, restos de calaminas, botellas de plástico expuestas a disolventes, bolsas de pintura	Rusia	Se utilizó 1000°C en la destrucción de los residuos	La incineración se realizó en un reactor de lecho fluidizado a escalas grandes	Los combustibles con residuos sólidos municipales se caracterizan por tener menores concentraciones de nitrógeno y óxido de azufre en los gases de combustión	Dmitrii et al., 2020

Latas de pintura, cauchos, botellas de herbicidas, restos de medicamentos	China	900°C	El reactor utilizado fue de lecho fijo a una escala grande	Se logró conocer que las cenizas volantes de la incineración de desechos sólidos peligrosos se consideran desechos altamente peligrosos, con gran amenaza para la seguridad ambiental debido a los metales pesados tóxicos inherentes y los contaminantes orgánicos.	Pei, et al., 2020
Latas, restos de electrodomésticos, baldes	México	2000°C	Se utilizó un reactor de horno rotativo a escala grande	En este proceso de tratamiento, se utiliza la vitrificación para poder vitrificar las cenizas, con el uso del plasma.	Sarango y Valentín., 2020
Jeringas, mascarillas, guantes, gorros, bolsas, lentes,	Perú	Se utilizó temperaturas bajas entre 135°C a 137°C	Utilizaron un reactor de lecho móvil	Su impacto ambiental es mínimo, puesto que consumen poca energía y	MINSA (2015)

restos de medicamentos				agua como recurso para el proceso, además no generaron emisiones	
Jeringas, mascarillas, guantes, gorros, bolsas, lentes, restos de medicamentos	Perú	850°C	Se usó un reactor de lecho fluidizado a escala grande	Solo se usa este método para los residuos de clase A y clase B, a excepción de los residuos radiactivos, se incineran de 50 Kg hasta 3 toneladas por proceso en incineradores industriales de plantas de tratamiento.	MINSA (2015)
Baterías, tarros de material toxico, cables de tipo cobre, bolsas con residuos peligroso tubos de calderas	China	Se utilizó temperaturas de 134 °C a 500 °C	Utilizaron un reactor de lecho fijo	La técnica de esterilización tiene buen efecto de eliminación y generaron una mínima contaminación ambiental al consumir menos tiempo y energía eléctrica.	Fang et al (2018)

Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante los métodos de incineración para Yin et al., (2021), utilizó un reactor de lecho fijo a una escala pequeña a una temperatura de 500°C en una cámara de incineración para residuos de restos de baterías, restos de productos electrónicos y latas de pinturas. Al igual que en su investigación de Pei, et al., (2020), requirió para la incineración de residuos un reactor de lecho fijo a una escala grande con una temperatura de 900 °C para los residuos de latas de pintura, cauchos, botellas de herbicidas, restos de medicamentos, que fueron muy perjudiciales para el medio ambiente.

Seguidamente para Dmitrii et al., (2020), hizo el uso de un reactor de lecho fluidizado a escala grande para incinerar residuos peligrosos como restos de cilindros de aceites, restos de calaminas, botellas de plástico expuestas a disolventes, bolsas de pintura, la cual utilizaron una temperatura de 1000°C en la destrucción de los residuos transformados a cenizas. Donde al comparar con otras investigaciones como MINSA (2015), utilizaron un reactor de lecho fluidizado a escala grande para incinerar residuos como Jeringas, mascarillas, guantes, gorros, bolsas, lentes, restos de medicamentos la cual fueron aplicados a una temperatura de 850 °C donde fueron transformados a cenizas contribuyendo al cuidado del medio ambiente por residuos sólidos peligrosos.

V. CONCLUSIONES

OG: Se determinó que mediante los procesos de incineración de los residuos sólidos peligrosos fueron incinerados en diferentes reactores, a temperaturas distintas de acuerdo a las características del residuo

OE1: Se determinó los tipos de residuos sólidos peligrosos que se generaron en las actividades antropogénicas en el mundo, provocando daños y perjuicios en el medio ambiente y la salud de las personas, por ello con los procesos de incineración a temperaturas altas de acuerdo a los incinerados se logró reducir los residuos peligrosos a cenizas.

OG2: Se determinó el ciclo de vida de los residuos sólidos peligrosos de acuerdo a las historias desde que nace hasta que se convierte en residuo perjudicioso. Por lo tanto, se determinó las fases como la extracción, fabricación, uso, descomposición; donde cada una tiene entradas de energía y materiales consumidos y salidas de los residuos o impactos ambientales, terminado con la degradación o incineración de los mismos.

OG3: Se determinó los tipos de incineradores de residuos peligrosos como los de cámara múltiple, aire controlado, hornos rotativos y parrilla móvil fueron muy eficientes en la incineración de residuos sólidos peligrosos que causaban zozobras, daños y perjuicios en la salud de los humanos, biodiversidad y el medio ambiente.

OG4: Se determinó los métodos de incineración de residuos peligrosos fueron empleados adecuadamente para los procesos de destrucción de los residuos peligrosos en los reactores por las altas temperaturas adecuadas, teniendo como resultado cenizas y gases menos contaminantes para el ambiente, previo a un tratamiento.

OE5: Se tuvo en cuenta los factores que gobiernan el proceso de incineración de residuos peligrosos obteniendo buenos resultados desde la generación de gases y cenizas que al final fueron perjudiciales para el medio ambiente, la cual se estimó un previo tratamiento evitando más daños y perjuicios a los ecosistemas receptores.

VI. RECOMENDACIONES

OG: Se recomienda seguir incentivando a los estudiantes de la Universidad César Vallejo seguir con investigaciones de incineración de residuos sólidos peligrosos, ya que la información requerida es limitada, para ellos indagar más a fondo los procesos de incineración, porque estos residuos son muy peligrosos para el medio ambiente y salud de las personas.

OE1: Se recomienda a las autoridades encargadas de velar por el cuidado del medio ambiente incentivar a la población con la clasificación de los residuos sólidos peligrosos, con el fin de ser trasladados y destruidos en un ambiente adecuado.

OE2: Se recomienda a la población en general tener cuidado en la generación de los residuos sólidos peligrosos desde el ciclo de vida productivo hasta la degradación de los mismos por medio natural o mecánica.

OE3: Se recomienda que para realizar un proceso de incineración de residuos sólidos peligrosos determinar el tipo de incinerador más efectivo y que demande de menos tiempo en la destrucción de los residuos.

OE4: Se recomienda a las autoridades tener en cuenta los métodos más adecuados para el proceso de incineración de residuos sólidos peligrosos y obtener resultados más eficaces de restos de cenizas menos contaminantes previos a un tratamiento.

OE5: Se recomienda a las personas encargadas de la incineración tener en cuenta las condiciones operativas favorables en la aceleración del reactor para la incineración de los residuos peligrosos y que estos se vuelvan cenizas en un tiempo menos de lo esperado.

REFERENCIAS

1. ALINE Bhering Trindade, José Carlos Escobar Palacio, Aldemar Martínez González, Dimas J. Rúa Orozco, Electo E. Silva Lora, 2018. Advanced exergy analysis and environmental assessment of the steam cycle of an incineration system of municipal solid waste with energy recovery, [En Línea] Volumen 157, 1 February 2018, [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.11.083>
2. ADIB Adnan, Shadman Mahmud, Mohammed Raihan Uddin, Anish Modi, M. Monjurul Ehsan, Sayedus Salehin, 2021. Energy, Exergy, Exergoeconomic, and environmental (4E) analyses of thermal power plants for municipal solid waste to energy application in Bangladesh, [En Línea] Volume 134, October 2021, [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.08.006>
3. AGUAYO, María. Convenio de Minamata y la regulación del mercurio en Chile [En Línea] UNIVERSIDAD DE CHILE, 2019 [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170105>
4. AHMAD Assi, Fabjola Bilo, Alessandra Zanoletti, Jessica Ponti, Andrea Valsesia, 2020. Zero-waste approach in municipal solid waste incineration: Reuse of bottom ash to stabilize fly ash, [En Línea] Volume 245, 1 February 2020, 118779, [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118779>
5. ANTOINE Beylot, Stéphanie Muller, Marie Descat, Yannick Ménard, Jacques Villeneuve, 2018. Life cycle assessment of the French municipal solid waste incineration sector, [En Línea] Volume 80, October 2018, Pages 144-153, [Fecha de consulta: 14 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.037>
6. ABIS, Kerstin Kuchta, Franz Georg Simon, Raul Grönholm, Michel Hoppe, Silvia Fiore, 2021, Material flow, economic and environmental assessment of municipal solid waste incineration bottom ash recycling potential in Europe, [En Línea] Volume 317, 1 October 2021, 128511, [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128511>

7. ARIF Mohammad, Venkata Siva Naga Sai Goli, Devendra Narain Singha, 2021. Discussion on 'Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic, [En Línea] by Sharma et al. (2020), [Fecha de consulta: 14 de Enero de 2022] Disponible en: doi: 10.1016/j.resconrec.2020.105175
8. BISINELA, Valentina et al. Environmental assessment of carbon capture and storage (CCS) as a post-treatment technology in waste incineration [En Línea] Gestión de residuos Volumen 128 , 1 de junio de 2021, páginas 99-113 [Fecha de consulta: 14 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.046>
9. BRINGEZU, Stefan. Reciclaje de carbono para materiales renovables y suministro de energía [En Línea] Journal industrial Ecology, 2020 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jiec.12099>
10. BO LECKNER, Fredrik Lind, 2020. Combustion of municipal solid waste in fluidized bed or on grate – A comparison, [En Línea] Volume 109, 15 May 2020, Pages 94-108, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.050>
11. CARRASCO, Fanny. Instrumento de manejo de residuos sólidos 2020, [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible en: https://doc.contraloria.gob.pe/portal_ecoeficiencia/Medidas_Ecoeficiencia/N%C2%B04-Instrumento_de_manejo_de_RRSS.pdf
12. COTRINA, Guillermo et al., Manejo integral de residuos sólidos para minimizar la contaminación del ambiente en el distrito de Panao, Huánuco, Perú [En Línea] Ambiente y desarrollo volume 24 junio 2020. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd24-46.mirs>
13. CRESWEL. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos [En Línea] liber. v.13 n.13 Lima 2005 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible en: [http://www.sciello.org.pe/sciello.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272007000100009#:~:text=Creswel%20\(2005\)%20se%20se%C3%B1ala%20que%20el,evaluar%20una%20sucesi%C3%B3n%20de%20acontecimientos.](http://www.sciello.org.pe/sciello.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272007000100009#:~:text=Creswel%20(2005)%20se%20se%C3%B1ala%20que%20el,evaluar%20una%20sucesi%C3%B3n%20de%20acontecimientos.)
14. CHAVEZ. Metodología de la investigación, 2007. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible en: <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0094191/cap03.pdf>

15. CHEN, Guanyi et al., Nitrogen, sulfur, chlorine containing pollutants releasing characteristics during pyrolysis and combustion of oily sludge [En Línea] Fuel Volume 273, 1 August 2020, 117772 [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117772>
16. CHUNCHAO Liu, Huijuan Dong, Yang Cao, Yong Geng Haifeng Li, 2021. Environmental damage cost assessment from municipal solid waste treatment based on LIME3 model. [En Línea] Volume 125, 15 April 2021, [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.051>
17. CHUA, H et al. A sustainable pyrolysis technology for the treatment of municipal solid waste in Malaysia [En Línea] Published Online: 24 July 2019 [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1063/1.5117076>
18. DMITRII O. Glushkov, Kristina K. Paushkina, Dmitrii P. Shabardin, 2020. Co-combustion of coal processing waste, oil refining waste and municipal solid waste: Mechanism, characteristics, emissions, [En Línea] Volume 240, February 2020, 124892, [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124892>
19. FALAH Alobaid, Wisam Abed Kattea Al Maliki, Thomas Lanz, Martin Haaf, 2018. Simulación dinámica de un incinerador de Residuos Peligrosos, [En Línea] Volumen 149, 15 de abril de 2018, [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.170>
20. FLORIAN Huber, Dominik Blasenbauer, Philipp Aschenbrenner, Johann Felner, 2020. Complete determination of the material composition of municipal solid waste incineration bottom ash, [En Línea] Volume 102, 1 February 2020, [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.036>
21. GAO, Ruitong y Xu, Zhenming. Pyrolysis and utilization of nonmetal materials in waste printed circuit boards: Debromination pyrolysis, temperature-controlled condensation, and synthesis of oil-based resin [En Línea] Journal of Hazardous Materials Volume 364, 15 February 2019, Pages 1-10 [Fecha de consulta: 21 de febrero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.09.096>
22. HAO NAN GUO, Shu biao Wu, Ying jie Tian, Jun Zhang, 2021. Application of machine learning methods for the prediction of organic solid waste treatment and

- recycling processes: A review, [En Línea] Volume 319, January 2021, 124114, [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124114>
23. HAQUE, Sazzadul et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced waste scenario: A short overview [En Línea] Journal of Environmental Chemical Engineering Volume 9, Issue 1, February 2021. [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104660>
 24. HANTOKO, Dwi et al. Challenges and practices on waste management and disposal during COVID-19 pandemic [En Línea] Journal of Environmental Management Volume 286, 15 May 2021, 112140 [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112140>
 25. HARUSSANI, M. Review on green technology pyrolysis for plastic wastes [En Línea] 7th Postgraduate Seminar on Natural Fibre reinforced Polymer Composites 2020 [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022]
 26. IBORRA, Montserrat et al. Reactores multifásicos [En Línea] Universidad de Barcelona, 2018 [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/33262/1/APUNTES%20RM.pdf>
 27. JIANG, Xuguang et al. Hazardous waste incineration in a rotary kiln: a review [En Línea] Waste Disposal & Sustainable Energy volume 1, pages3–37 (2019) [Fecha de consulta: 21 de febrero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42768-019-00001-3>
 28. JÁCOMO, Alfredo et al. Reactores de lecho fluidizado [En Línea] fichas técnicas de procesos unitarios de plantas de tratamiento de efluentes líquidos de la industria textil, 2018 [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Reactores+de+lecho+fluidizado.pdf/6ca7e2f6-d323-926d-9055-6e05bbbed7fde>
 29. KUMAR, Atanu et al. COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy – A mini-review [En Línea] Science of The Total Environment Volume 778, 15 July 2021, 146220 [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146220>
 30. LEO Jaymee et al. Incineration of municipal solid waste in Brazil: An analysis of the economically viable energy potential, [En Línea] Volume 149, April 2020,

- [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.134>.
31. LEMIEUX, Pablo et al. Computational simulation of incineration of chemically and biologically contaminated wastes [En Línea] Journal of the Air & Waste Management Association Volume 71, 2021 [Fecha de consulta: 13 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1853627>
 32. LI, Weihua et al. Municipal solid waste incineration fly ash exposed to carbonation and acid rain corrosion scenarios: Release behavior, environmental risk, and dissolution mechanism of toxic metals [En Línea] Science of The Total Environment Volume 744, 20 November 2020, 140857 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140857>
 33. LIU, Huimen et al. Ash formation and the inherent heavy metal partitioning behavior in a 100 t/d hazardous waste incineration plant [En Línea] Science of The Total Environment Volume 814, 25 March 2022, 151938 [Fecha de consulta: 8 de marzo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151938>
 34. LIANG, Guanbing et al. Ash properties correlated with diverse types of biomass derived from power plants: an overview [En Línea] Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1804012>
 35. LOAN, Robert et al. The impact of incineration phase-out on municipal solid waste landfilling and life cycle environmental performance: Case study of Madrid, Spain, [En Línea] Volume 755, Part 1, 10 February 2021, 142537, [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142537>
 36. LOAN Robert Istrate, Diego Iribarren, José Luis Gálvez Martos, Javier Dufour, 2020. Review of life-cycle environmental consequences of waste-to-energy solutions on the municipal solid waste management system, [En Línea] Volume 157, June 2020, 104778, [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104778>
 37. MIORITA Ungureanu, Juhasz Jozsef, Valeria Mirela Brezoczki, Peter Monka, Nicolae Stelian Ungureanu, 2021. Research Regarding the Energy Recovery from Municipal Solid Waste in Maramures County Using Incineration, [En Línea]

Received: 18 February 2021, [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022]
Disponibile en: <https://doi.org/10.3390/pr9030514>

38. MARTÍNEZ, Javier. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos, 2018 [En Línea] Fundamentos [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/35868/IDL-35868.pdf?sequence=1>
39. MACHACA, Leonardo. Diseño del reactor de lecho móvil para la incineración de residuos sólidos hospitalarios [En Línea] Universidad Nacional de Callao, 2018 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/1062/263.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
40. MINAM. Promovemos la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la puesta en valor de la diversidad biológica y la calidad ambiental [En Línea] Ministerio del ambiente, 2020 [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <https://www.gob.pe/minam>
41. MINSA. Gestión de los residuos sólidos en el Perú en tiempos de COVID – 19 [En Línea] MINSA, 2020 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible en: <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2020/07/Informe-Especial-N%C2%B0-24-2020-DP.pdf>
42. MUKHERJEE, J. Denney, E. G. Mbonimpa, J. Slagley, R. Bhowmik, 2020. A review on municipal solid waste-to-energy trends in the USA, [En Línea] Volume 119, March 2020, [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109512>
43. MUHAMMAD, L. Ibrahim Badi, Ahmed Abba Haruna, I.A. Mohammed, 2021. Selecting the Best Municipal Solid Waste Management Techniques in Nigeria Using Multi Criteria Decision Making Techniques, [En Línea] Vol. 2 No. 1 (2021), [Fecha de consulta: 16 de Enero de 2022] Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.31181/rme2001021801b>
44. PANEPINTO, M. C. Zanetti, 2018. Municipal solid waste incineration plant: A multi-step approach to the evaluation of an energy-recovery configuration, [En Línea] Volume 73, March 2018, Pages 332-341, [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.036>

45. PEI TANG, Wei Chen, Dongxing Xuan, Hiuwun Cheng, Chi Sun Poon. Immobilization of hazardous municipal solid waste incineration fly ash by novel alternative binders derived from cementitious waste, [En Línea] Volume 393, 5 July 2020, [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122386>
46. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. Los Convenios sobre productos químicos y desechos peligrosos [En Línea] PNUMA, 2004 [Fecha de consulta: 16 de Enero de 2022] Disponible en: <http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/pub/threeConventions-s.pdf>
47. RIGANG Zhong, Chen Wang, Zuotai Zhang, Qingcai Liu, ZongweiCai, 2020. PCDD/F levels and phase distributions in a full-scale municipal solid waste incinerator with co-incinerating sewage sludge, [En Línea] Volume 106, 1 April 2020, [Fecha de consulta: 16 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.020>
48. RAMIREZ, César. Tendencias globales en el manejo de residuos peligrosos y no peligrosos: hacia una economía circular [En Línea] ACODAL, 2019-2020 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible en: <https://www.acodal.com/tendencias-globales-en-el-manejo-de-residuos-peligrosos-y-no-peligrosos-hacia-una-economia-circular/>
49. REVISTA DE LA SOCIEDAD QUÍMICA DEL PERÚ, [En Línea] Rev. Soc. Quím. Perú v.73 n.4 Lima oct./dic. 2008 [Fecha de consulta: 16 de Enero de 2022] Disponible en: http://www.sciello.org.pe/sciello.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000400009
50. SALGADO, Jorge. Metodologías investigación Colombia, 2007. [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: https://www.academia.edu/10163287/Metodologias_investigacion_COLOMBIA
51. SAZZADUL, Md et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced waste scenario: A short overview [En Línea] Journal of Environmental Chemical Engineering Volume 9, Issue 1, February 2021, 104660 [Fecha de consulta: 16 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104660>

52. SCHRADER, Kristyn y Liu, Andy. Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes [En Línea] Banco mundial, 2018 [Fecha de consulta: 16 de Enero de 2022] Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
53. SHIMA, Yazdani et al. A comparison between a natural gas power plant and a municipal solid waste incineration power plant based on an emergy analysis, [En Línea] Volume 274, 20 November 2020, 123158, [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123158>
54. SHI, Yifei, Li, Yue, Yuan Xueliang Fu, Junhua Ma Qiao, Wang, Qingsong. Environmental and human health risk evaluation of heavy metals in ceramsites from municipal solid waste incineration fly ash. Environmental Geochemistry & Health. Nov2020, [En Línea] Vol. 42 Issue 11, [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: DOI: 10.1007/s10653-020-00639-7
55. TENG, Pei. Immobilization of hazardous municipal solid waste incineration fly ash by novel alternative binders derived from cementitious waste [En Línea] Journal of Hazardous Materials Volume 393, 5 July 2020, 122386 [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122386>
56. TIANBAO GU, Chungen Yin, Wenchao Ma, Guanyi Chen, 2019. Municipal solid waste incineration in a packed bed: A comprehensive modeling study with experimental validation, [En Línea] Volume 247, 1 August 2019, [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.014>
57. TUYEN, Van et al. Treatment of medical solid waste using an Air Flow controlled incinerator [En Línea] Polish Journal of Chemical Technology, 22, 1, 29—34, 10.2478/pjct-2020 [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: <https://sciencedirect.com/pdf/10.2478/pjct-2020-0005>
58. VALIZADEH, Jaber. Hazardous infectious waste collection and government aid distribution during COVID-19: A robust mathematical leader-follower model approach [En Línea] Sustainable Cities and Society Volume 69, June 2021, 102814 [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102814>

59. WAJDA, Agata y Jawordski, Tomasz. Optimization and Security of Hazardous Waste Incineration Plants with the Use of a Heuristic Algorithm [En Línea] *sensors* volume 21, 2020 [Fecha de consulta: 17 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s21217247>
60. WAYNE, Kit. Abatement of hazardous materials and biomass waste via pyrolysis and co-pyrolysis for environmental sustainability and circular economy [En Línea]
61. ENVIRONMENTAL POLLUTION VOLUME 278, 1 June 2021, 116836 [Fecha de consulta: 22 de Febrero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116836>
62. XIE, Kang. A novel method for salts removal from municipal solid waste incineration fly ash through the molten salt thermal treatment [En Línea] *Chemosphere* Volume 241, February 2020, 125107 [Fecha de consulta: 22 de Febrero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125107>
63. YIN DINGA, Jun Zhao, Jia Wei Liu, Jizhi Zhou, Liang Cheng, Jia Zhao, Zhe Shao, 2021. A review of China's municipal solid waste (MSW) and comparison with international regions: Management and technologies in treatment and resource utilization, [En Línea] Volume 293, 15 April 2021, 126144, [Fecha de consulta: 14 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126144>
64. YONG SUN, Zhen Qin, Yuting Tang, Tao Huang, Sichun Ding, Xiaoqian Ma, 2021. Techno-environmental-economic evaluation on municipal solid waste (MSW) to power/fuel by gasification-based and incineration-based routes, [En Línea] Volume 9, Issue 5, October 2021, 106108, [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106108>
65. ZHENG PENG, Roland Weber, Yong Ren, Jianwei Wang, Yangzhao Sun, Lifang Wang, 2020. Characterization of PCDD/Fs and heavy metal distribution from municipal solid waste incinerator fly ash sintering Process, [En Línea] Volume 103, 15 February 2020, Pages 260-267, [Fecha de consulta: 12 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.12.028>
66. ZHANG, Fei et al. Status and Development of Sludge Incineration in China [En Línea] *Waste and Biomass Valorization* volume 12, 2021 [Fecha de consulta: 15 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01217-9>
ISSN: 02001 217

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Categorías	Subcategorías	Criterios
PG: ¿Cómo evaluar los procesos de incineración de residuos peligrosos? Revisión sistemática 2022	OG: Evaluar los procesos de incineración de residuos peligrosos. Revisión sistemática 2022	Tipo de residuos peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Envases de agroquímicos • Envases de pinturas • Residuos electrónicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Botellas de plaguicidas, insecticidas, herbicidas. • Baldes, latas, bolsas • Restos de computadora, pilas, restos refrigeradores, baterías • Convenio de Basilea, Rotterdam y Estocolmo
Problema específico	Objetivo Específicos			
PE1: ¿Qué tipo de residuos sólidos peligrosos se generaron en las actividades antropogénicas?	OE1: Analizar el tipo de residuos sólidos peligrosos que se generaron en las actividades antropogénicas	Ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo adecuado de los Residuos Peligrosos en cada componente 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección. • Transporte. • Recepción. • Almacenamiento final
PE2: ¿Cuál es el ciclo de vida de los residuos sólidos peligrosos?	OE2: Analizar el ciclo de vida de los residuos sólidos peligrosos			
PE3: ¿Cuáles son los tipos de incineradores de residuos peligrosos?	OE3: Definir los tipos de incineradores de residuos peligrosos.	Tipos de incineradores	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara múltiple • Aire controlado • Horno rotativo • Parrilla móvil 	<ul style="list-style-type: none"> • % de residuos sólidos peligrosos • Bajo costo • Muy versátil • Recupera energía

PE4: ¿Cuáles son los métodos de incineración de residuos peligrosos?	OE4: Identificar los métodos de incineración de residuos peligrosos	Métodos de incineración	<ul style="list-style-type: none"> • Alta temperatura • Fijo en gran escala • Fijo en pequeña escala • Móvil 	<ul style="list-style-type: none"> • Son para residuos primarios. • Para residuos peligrosos • Tiene una sola cámara de posquemador. • Muy deficiente
		Incineración	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones operativas • Control de las emisiones y residuos 	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones favorables al proceso de Combustión, Etapas contaminantes, Control de gases. • Tipo de almacenamiento de cenizas, Volumen de las cenizas.