

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Evaluación de los riesgos asociados a la gestión de los residuos sanitarios COVID en el Reino de España



EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS
SANITARIOS COVID EN EL REINO DE ESPAÑA



Autor Principal: Javier Quiñones Díez (Guardia Civil - SEPRONA)

Otros autores: Carlos Astráin Aguado (Guardia Civil - SEPRONA), Jesús Gálvez Pantoja (Guardia Civil - SEPRONA), Ana Prieto Rego (Guardia Civil - SEPRONA), José Salvador Romero (Guardia Civil - SEPRONA), María Rastrero Tocón (Guardia Civil - SEPRONA)

EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SANITARIOS COVID EN EL REINO DE ESPAÑA

RESUMEN

La pandemia de la COVID-19 en el Reino de España, además de los riesgos directos para la salud de las personas cuando sufren la enfermedad, existen otros riesgos derivados que incrementan los riesgos para la salud, como es la gestión de los residuos generados por los enfermos y/o su tratamiento.

Dentro de las competencias de la Guardia Civil, más concretamente el SEPRONA, esta la protección del medio ambiente y de la salud de las personas; en este trabajo se presenta el análisis de los riesgos realizado sobre la gestión de los residuos sanitarios y lo constatado de las distintas inspecciones realizadas en la operación RETROVIRUS.

El análisis de riesgos sobre la gestión de los residuos sanitarios hay que tener en cuenta los factores siguientes: letalidad, existe una reglamentación (uniformidad en el territorio nacional) y normativa de prevención de riesgos laborales, procedimientos para su tratamiento para su gestión, formación de los trabajadores, volumen de residuos a gestionar, etc. Uno de los factores que más condiciona los riesgos es que los residuos sanitarios (categoría II) que estuvieron en contacto con la COVID-19, se reclasificaron en medio de la pandemia como de categoría III, hecho que asociado con el volumen de residuos generados produjo un incremento del riesgo que de hecho fue constatado debido a una gestión inadecuada.

En este trabajo se evaluarán los riesgos constatados en la operación RETROVIRUS, en el territorio Nacional, durante las operaciones de acondicionamiento, transporte, tratamiento y almacén final. A modo de conclusiones indicar que se ha constatado que uno de los factores que más influye es la formación de los trabajadores encargados de las tareas de acondicionamiento, transporte y tratamiento, dado que ya existían los canales de gestión de estos residuos sanitarios categoría 3, cuyo incumplimiento induce riesgos para la salud de los trabajadores, las personas y el medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

La pandemia del COVID-19 no solo ha provocado la afección, según los últimos datos de 3.370.256 casos confirmados en el Reino de España, 46.361.979 en Europa y 135.646.671 en el Mundo, mientras que el número de fallecidos en España hasta la fecha es > 76.200 personas y de 2.930.000 en el Mundo [1], [2]. Además del problema social de índole moral que ha supuesto la pandemia, ha requerido de los gobiernos la realización de toma de medidas y esfuerzos para reducir los efectos de la pandemia en cada uno de los territorios, como han sido los realizados en las instituciones hospitalarias donde en muchos casos y durante periodos elevados de tiempos se ha producido una sobresaturación de enfermos ingresados solo a causa de esta enfermedad, lo cual provocó un incremento de los residuos sanitarios generados por estos

enfermos. Una estimación a nivel internacional de este incremento en el volumen los residuos sanitarios generados lo estiman entre un 18 % - 425 % en el período comprendido entre 22 de enero al 22 de septiembre de 2020, es decir a nivel mundial se estima en alrededor de 2,9 millones de toneladas (2,9 Gg) generados [3].

El riesgo de estos residuos sanitarios procedentes del contacto con la enfermedad SARS-COV-2, no sólo era el riesgo medioambiental asociado a la gestión de los residuos sanitarios [3], sino que había que adicionar el hecho que estos pudieran ser una nueva fuente de contacto y propagación de la enfermedad en base a estudios científicos previos y revisiones como la realizada por Kampt et al. [4] y Cervino et al. [5], demuestran la persistencia del virus en la superficie de distintos materiales y más concretamente su persistencia en aguas residuales y para el consumo, donde como indican los resultados de La Rosa et al. [6] es conveniente realizar un control del contenido para eliminar riesgos de propagación de la enfermedad por estas vías.

En base a estos estudios el Gobierno del Reino de España en la declaración del estado de alarma (RD 463/2020 [7]) estableció nuevas normas como la SND/274/2020 [8] de mejorar la calidad de las aguas de consumo humano y de saneamiento de aguas residuales, hay que poner de manifiesto el hecho científico comprobado que las personas infectadas por el virus durante el proceso de la enfermedad excretan cargas virales que pueden variar entre los $10^{10} - 10^{12}$ virus/g (en procesos con diarrea [9]) a los $10^{12} - 10^{14}$ virus/d en enfermos normales [10], [11], siendo estas proporciones mayores en el caso de niños [12], [13], que junto con los trabajos de Casanova et al. [14], [15] que demuestran que los virus tipo TGEV y MHV a temperaturas en el intervalo entre 4 – 25 °C persisten en medios acuosos durante largos períodos de tiempo > 45 d y para el caso concreto del SARS-CoV (de la familia del COVID19) remarca que la persistencia de los coronavirus en las aguas residuales, contaminada con estos virus, seguirá siendo un riesgo de exposición incluso después de que los individuos infectados ya no estén presentes.

En el caso de los residuos sanitarios que han estado en contacto con el SARS-COV-2, no se trata de una corriente nueva en la generación en instalaciones sanitarias que no estuviera ya incluida en la Ley 22/2011 [16] sino que como consecuencia de la orden ministerial SND/271/2020 [17], se habría cambiado su método de gestión y tratamiento al ser calificados como residuos sanitarios peligrosos, los cuales exigen una medidas de manipulación, tratamiento, almacén y vertido distintas. Esta problemática desde el SEPRONA de la Guardia Civil se percibió como un factor que incrementaba el riesgo para la salud de las personas y del medio ambiente debido al incremento del volumen de residuos a gestionar, como a la peligrosidad de los mismos, por lo que desde la Jefatura Nacional del SEPRONA a través de la Unidad Central Operativa de Medio Ambiente (UCOMA) se encargo el análisis de riesgos y posterior actuación a la Unidad Técnica del UCOMA y al Grupo de Investigación Medio Ambiental, GIMA III. Un resumen de los resultados del análisis y de las operaciones realizadas hasta la fecha se presentan en este documento.

ANÁLISIS DE RIESGOS

En la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados [16], cuyo objetivo es la regulación de la gestión de los residuos impulsando medidas que prevengan su generación y mitiguen los impactos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente asociados a su

generación y gestión, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos y que describe las siguientes definiciones

Residuo peligroso: *residuo que presenta una o varias de las características peligrosas enumeradas en el anexo III, y aquél que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en los convenios internacionales de los que España sea parte, así como los recipientes y envases que los hayan contenido”.*

Gestión de residuos: *la recogida, el transporte y tratamiento de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos, incluidas las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente.*

El citado Anexo III [16], sobre características que permiten clasificar los residuos como peligrosos, define en su apartado “H 9” **Infecioso: Se aplica a las sustancias y los preparados que contienen microorganismos viables, o sus toxinas, de los que se sabe o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos.**

Para una correcta actuación de las distintas unidades del SEPRONA de la Guardia Civil, en primer lugar y en base a la legislación nacional vigente [16], [17], aquellas específicas de las Comunidades Autónomas, las recomendaciones del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [18]–[21], y las guías de las OMS [22], [23], permite establecer los riesgos a los que se puede ver sometidos la salud de los trabajadores y del medio ambiente, durante las operaciones siguientes:

- Manipulación y almacén previo
- Transporte
- Proceso de esterilización - desinfectación e incineración
- Vertido o almacén final

A continuación, en los puntos siguientes se describen algunos de los riesgos en cada una de estas etapas.

Manipulación y almacén previo

Este es el estadio previo o etapa inicial del análisis de riesgo que se describe en este trabajo, es decir, donde el productor almacena temporalmente los residuos sanitarios peligrosos pendientes de su emisión, que según la Ley 22/2011 obliga a

- Mantener los residuos almacenados en condiciones adecuadas de higiene y seguridad mientras se encuentren en su poder.
- No mezclar ni diluir los residuos peligrosos con otras categorías de residuos peligrosos ni con otros residuos, sustancias o materiales.
- Almacenar, envasar y etiquetar los residuos peligrosos en el lugar de producción antes de su recogida y transporte con arreglo a las normas aplicables.

Por tanto en un escenario de generación de residuos sanitarios peligrosos de la pandemia de COVID-19, se obliga a los productores sean familias, centros hospitalarios, residencias de ancianos, disminuidos psíquicos o resto de centros sanitarios, a almacenar adecuadamente y etiquetar los residuos peligrosos siguiendo con las normas de su recogida para el transporte, es decir, el ADR [24] y acuerdos posteriores [25], pero hay que tener en cuenta que para algunos casos durante la pandemia el Ministerio de Sanidad especificó algunas recogidas especiales para aquellos productores no habituados a su gestión, como familias y algunos centros sanitarios a que en coordinación con los municipios pudieran gestionar de manera segura este tipo de residuos [17]. Pero en ningún caso les exime de la responsabilidad de la gestión adecuada de los residuos y solo a las familias les indica que se deben mezclar todos los residuos generados sin hacer la correspondiente segregación, no así en el resto de productores que tienen la responsabilidad de la gestión, almacén y etiquetado adecuados para su transporte.

En la mayoría de las CCAA en los centros de producción pueden estar en recintos con control de accesos, como máximo 72 h, si se trata de un almacén refrigerado hasta 1 semana; lo cual indica una clara finalidad de reducir el riesgo de dispersión de patógenos y afección a la salud de las personas, es decir, en ningún caso la ley permite la existencia de almacenes – sin las condiciones adecuadas (lugares acotados, bultos cerrados, preparados para transporte y etiquetados). En aquellos casos excepcionales provocados por la pandemia, el Ministerio ordena comunicar al municipio para su retirada de manera urgente para reducir los riesgos graves para la salud antes mencionados.

Las Obligaciones de los gestores de residuos, en el Art. 20 de la Ley 22/2011 [16], detalla que:

- Llevar a cabo el tratamiento de los residuos entregados conforme a lo previsto en su autorización y acreditarlo documentalmente.
- Gestionar adecuadamente los residuos que produzcan como consecuencia de su actividad.
- Recoger los residuos y transportarlos cumpliendo las prescripciones de las normas de transportes, las restantes normas aplicables y las previsiones contractuales.
- Mantener durante su recogida y transporte, los residuos peligrosos envasados y etiquetados con arreglo a las normas internacionales y comunitarias vigentes.
- Entregar los residuos para su tratamiento a entidades o empresas autorizadas, y disponer de una acreditación documental de esta entrega.

En cuanto a las obligaciones del gestor de residuos la Ley 22/2011 en el Art. 20 [16], las siguientes de interés en esta evaluación de riesgo:

- Llevar a cabo el tratamiento de los residuos entregados conforme a lo previsto en su autorización y acreditarlo documentalmente.
- Gestionar adecuadamente los residuos que produzcan como consecuencia de su actividad.
- Recoger los residuos y transportarlos cumpliendo las prescripciones de las normas de transportes, las restantes normas aplicables y las previsiones contractuales.
- Mantener durante su recogida y transporte, los residuos peligrosos envasados y etiquetados con arreglo a las normas internacionales y comunitarias vigentes.
- Entregar los residuos para su tratamiento a entidades o empresas autorizadas, y disponer

de una acreditación documental de esta entrega.

- Mantener los residuos almacenados en las condiciones que fije su autorización. La duración del almacenamiento de los residuos no peligrosos será inferior a dos años cuando se destinen a valorización y a un año cuando se destinen a eliminación. En el caso de los residuos peligrosos, en ambos supuestos, la duración máxima será de seis meses; en supuestos excepcionales, el órgano competente de las Comunidades Autónomas donde se lleve a cabo dicho almacenamiento, por causas debidamente justificadas y siempre que se garantice la protección de la salud humana y el medio ambiente, podrá modificar este plazo. Durante su almacenamiento los residuos peligrosos deberán estar envasados y etiquetados con arreglo a las normas internacionales y comunitarias vigentes.
- No mezclar residuos peligrosos con otras categorías de residuos peligrosos ni con otros residuos, sustancias o materiales. La mezcla incluye la dilución de sustancias peligrosas

De lo anteriormente expuesto, la instalación gestora de los residuos sanitarios peligrosos en la documentación preceptiva previa, necesaria para la autorización de funcionamiento (por ejemplo, Autorización Ambiental Integrada) deberá describir las zonas de almacén, modos de acceso, riesgos y volúmenes máximos permitidos que se pueden depositar en ellos. **El incumplimiento de alguno de ellos**, como, por ejemplo, la deposición a la intemperie, mezcla de residuos sanitarios peligrosos con otros (es decir, de diferente categoría o ya esterilizados o desinfectados) **pone en riesgo la salud de los trabajadores, personas o el medio ambiente**. El almacén de residuos en la vía pública o en zonas de libre acceso contraviene lo indicado en el Art. 31 del RD 833/1988 [26].

El objetivo es su gestión lo más rápida y eficiente posible, de manera que se evite el riesgo de dispersión de los patógenos contenidos y sus graves efectos en la salud de las personas y el medio ambiente, por lo que todas aquellas actuaciones que demoren o favorezcan la posibilidad de dispersión están en contra de la filosofía de gestión propuesta desde las CCAA, Nacional y de la Unión Europea.

Riesgos asociados

La clasificación y categorización de los residuos sanitarios peligrosos es una etapa crítica para la definición de las tareas y procedimientos a la hora de manipular este tipo de materiales residuales peligrosos y cuya incorrecta realización afectará de manera sensible a los riesgos siguientes:

- **Definición adecuada de los equipos de protección individual** necesaria para la manipulación de los materiales residuales, en concordancia con la Ley 31/1995 [47] por lo indicado por el INSST [56] [76] [55].
- **Considerar que la carga vírica existente en el residuo sanitario peligroso está únicamente asociada al SARS-CoV-2**. Existe una concepción generalizada, en el personal no habituado a manipular residuos sanitarios peligrosos grupo III y IV, en que los residuos sanitarios peligrosos generados durante la pandemia de COVID-19, tienen un riesgo mayor. Hecho que dista mucho de la realidad puesto que pueden existir residuos con carga vírica asociada a otras enfermedades con mayor riesgo. Por lo tanto, la manipulación de estos residuos sanitarios peligrosos, siempre ha de realizarse con los mismos requisitos de

seguridad e higiene en el trabajo.

- En ninguna de las etapas de gestión de estos materiales se pueden mezclar, y menos diluir, con otros tipos de residuos a los sanitarios peligrosos, según ordena el RD 952/1997 [8].
- La definición correcta de estos residuos sanitarios peligrosos – códigos **LER 18 01 03*** - es crítica para evitar posibles riesgos posteriores contra la salud de las personas y el medio ambiente. Por ejemplo, si estos residuos fueran etiquetados de manera incorrecta con los códigos LER 18 01 01, 18 01 02 o 18 01 04. La categorización incorrecta, además de las irregularidad administrativas o penales que pudieran derivarse, ya de por si generarían un incrementando del riesgo de contaminación (y por consiguiente, la afección a la salud de las personas y al medio ambiente) en las etapas posteriores de gestión.

Transporte

Para determinar cuál es el tipo de transporte requerido para este tipo de residuos sanitarios peligrosos, es necesario revisar lo descrito en el ADR [24]¹ clasifican las materias infecciosas con 6.2., más concretamente en la Categoría A *“Materia infecciosa que se transporta en una forma que, al exponerse a ella, es capaz de causar una incapacidad permanente o una enfermedad mortal o potencialmente mortal para seres humanos o animales, hasta entonces con buena salud. En el cuadro al final de este párrafo figuran ejemplos indicativos de materias que cumplen esos criterios.”*[24]

Además, de puntualizar e indicar que “Las materias infecciosas que cumpliendo esos criterios causan enfermedades en seres humanos o tanto en ellos como en animales se asignarán al N° ONU 2814”, fijando los siguientes puntos:[24]

- Disposiciones particulares relativas al embalaje de materias infecciosas (clase 6.2)
- Como se deben etiquetar los bultos, fijando su tamaño, color disposición, colocación, resistencia a la degradación, ..., como se muestra en la figura siguiente:

Peligro de clase 6.2: materias infecciosas						
6.2	-	Tres medias lunas superpuestas sobre un círculo: negro	Blanco	6 (negro)		La mitad inferior de la etiqueta puede llevar las siguientes menciones escritas en negro: "MATERIAS INFECCIOSAS" y "En caso de desperfecto o fuga, avisese inmediatamente a las autoridades sanitarias."

Figura 1 Ejemplo de etiquetado de los materiales infecciosos clase 6.2 del ADR.[24]

- Embalaje empleado: Tipo características de los materiales pruebas a realizar. Todo ello esta descrito en el capítulo 6.1 del ADR [24], y su última modificación por acuerdo multilateral M317 [27]. Hecho que será fundamental para eliminar el riesgo de dispersión del agente infeccioso. Más concretamente, en el caso de emplear embalajes de doble capa, es necesario tener en cuenta que los colores y tipologías de los embalajes varían en cada CCAA,

¹ De manera resumida y para una mejor y rápida comprensión de los requerimientos específicos para el transporte de los residuos sanitarios peligrosos la OMS [23] ha editado una guía clara y concisa.

que son las que de manera específica han regulado el tipo y color de los envases (de doble capa) que deben ser empleados. Para poder aplicar el acuerdo multilateral M317 [27] - embalaje de triple capa -, es decir el empleo de un embalaje externo de cartón (50). Se ha de cumplir lo indicado en dicha instrucción que se aplica a los desechos con el N.º ONU 3549 transportados para su eliminación y autoriza los siguientes embalajes/envases, siempre que se respeten las disposiciones generales del 4.1.1 y del 4.1.3 (ver Cuadro I):

Los embalajes/envases exteriores serán conformes al nivel de prestaciones del grupo de embalaje/envase I para sólidos. Debiendo cumplir una serie de requisitos de resistencia mecánica, química, a la degradación. Por ejemplo, en el caso de emplear cajas de cartón, estas deben ser de las denominadas como "50G", las cuales tienen unos requisitos morfológicos (es decir, ausencia de agujeros o troqueles, solape de tapas, identificación en el idioma, etc.) y mecánicos que en nada se parecen a los utilizados en otro tipo de residuos.

Cuadro I Anexo I del acuerdo multilateral M317. [27]

Embalajes/envases interiores	Embalajes/envases intermedios	Embalajes/envases exteriores
de metal.	de metal	Cajas
de plástico.	de plástico.	de acero (4A).
		de aluminio (4B).
		de otro metal.
		de madera contrachapada (4D).
		de cartón (4G).
		de plástico rígido (4H2)
		Bidones
		de acero (1A2).
		de aluminio (1B2).
		de otro metal (1N2).
		de madera contrachapada (1D).
		de cartón (1G).
		de plástico (1H2).
		Jerricanes
		de acero (3A2).
		de aluminio (3B2).
		de plástico (3H2).

Al ser el empaquetado y transporte de los residuos sanitarios un tema clave en su gestión segura, la OMS ha publicado guías [22], [23] donde indica la forma de gestionar materiales de la clase 6.2 del ADR [24], explicando como debe realizarse este sistema básico de embalaje/envasado tripe, que consta de:

- **Recipiente primario.** Un recipiente impermeable y estanco que contiene la muestra. El recipiente se envuelve en material absorbente suficiente para absorber todo el fluido en

caso de rotura.

- **Embalaje/envase secundario.** Un segundo embalaje/envase estanco, impermeable y duradero que encierra y protege el recipiente o recipientes primarios. Se pueden colocar varios recipientes primarios envueltos en un embalaje/envase secundario, pero se deberá usar suficiente material absorbente para absorber todo el fluido en caso de rotura.
- **Embalaje/envase exterior.** Los embalajes/envases secundarios se colocan en embalajes/envases exteriores de expedición con un material amortiguador adecuado. Los embalajes/envases exteriores protegen el contenido de los elementos exteriores, como daños físicos, mientras el bulto se encuentra en tránsito. Ninguna de las caras del embalaje/envase exterior tendrá dimensiones inferiores a 10 x 10 cm.

Normalmente, cada embalaje/envase preparado para su expedición deberá estar correctamente marcado y etiquetado e ir acompañado de los documentos de envío pertinentes (según proceda). A modo de ejemplo la OMS [23] en su documento pone algunos gráficos para indicar como se debe realizar dicho embalaje de triple envase, ver Figura 2 y la Figura 3.

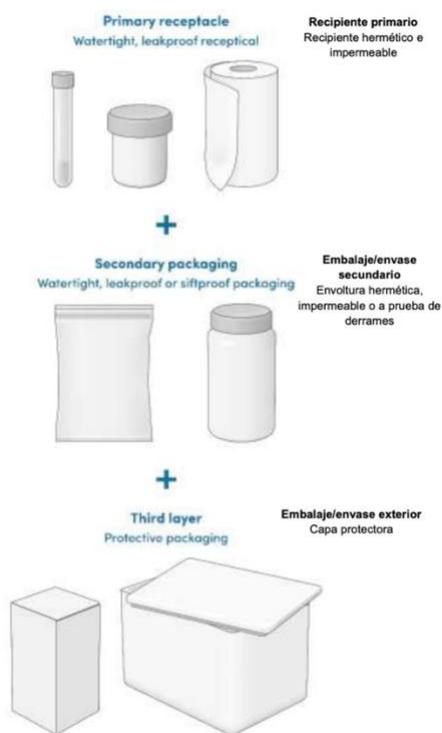


Figura 2. Ejemplo de materiales básicos para un embalaje triple (fuente laboratorio de OMS) [23]

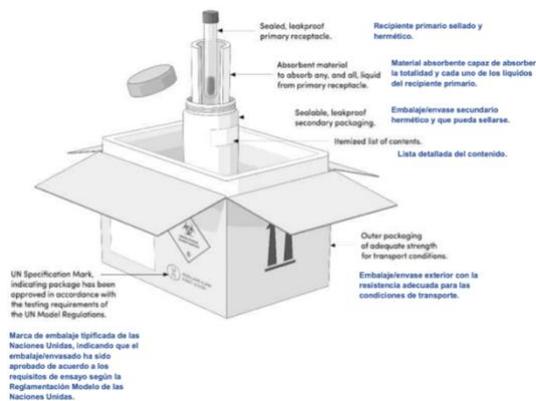


Figura 3. Ejemplo de materiales utilizados para el embalaje/envasado triple en las sustancias infecciosas de categoría A (fuente laboratorio de OMS) [23]

Como indica la OMS en su guía [23]: *“Mientras se transportan materiales que contengan agentes biológicos, existe la posibilidad de exposición para las personas y el medio ambiente por el que pasa el material. Para controlar y reducir adecuadamente este riesgo, varios grupos internacionales han desarrollado recomendaciones o reglamentaciones (o ambas) que describen la forma en que las sustancias infecciosas deben ser envasadas, marcadas, etiquetadas y documentadas, para garantizar la seguridad y su contención durante todo el proceso de transporte.”*

- Requerimientos al conductor del vehículo, se describen todos los requisitos formación en ADR, equipos de protección individual necesarios en función de los materiales peligrosos que se transportan en los bultos reglados por el ADR.
- Como se debe realizar el transporte y en el caso de sea por carretera, donde y como se pueden estacionar

Riesgos asociados

A partir de lo descrito con anterioridad, se puede distinguir los siguientes riesgos (principales) asociados con una realización inadecuada:

- Utilización de embalajes de doble o de triple capa que incumplan con los requerimientos indicados en el ADR [24]. Como se indica en la guía de la OMS [23] la inadecuada preparación de los bultos supone un riesgo asociado de dispersión de la carga viral, contaminante al medio ambiente y afecciones a la salud de los trabajadores y personas expuestas. Este riesgo se acrecienta si se utilizan por ejemplo en los siguientes casos:
- Cajas de cartón inadecuadas (con troqueles, por ejemplo), galgas de características de seguridad inferiores a las requeridas (uso de galgas inferiores a las galgas de 300), ..., hechos que al incumplir los requerimientos de seguridad del ADR, ponen en riesgo la salud de las personas y al medio ambiente.
- Embalajes que chorrean líquido del interior, posiblemente como consecuencia de no contener los envases (triple o doble) necesarios e íntegros. Favorecería la dispersión de la carga viral.
- Apilamiento de la carga inadecuada, sin las medidas de seguridad exigidas en el ADR.
- Códigos de señalización del embalaje incorrectos, es decir, no se marcan los bultos como ONU 3549 [24], lo cual induce riesgos a la manipulación.
- Manipulación de embalajes por los trabajadores sin los equipos de protección adecuados.
- Transporte en vehículos que no cumplen con los requisitos impuestos por el ADR para mercancías peligrosas, que requiere que:
- Los vehículos empleados deben ser estancos, es decir, impidan la dispersión de la atmósfera interior o de cualquier líquido durante el trayecto. En el caso de incumplir esto durante el trayecto se estaría produciendo la dispersión de la carga viral con la correspondiente afectación a la salud de los trabajadores, las personas y el medio ambiente.
- Compresión de los bultos (por ejemplo, utilización de pulpos en carga, compresión de bultos en vehículos con cajas compactadoras, ...), lo cual produciría la ruptura de las barreras de

contención (embalajes) y la dispersión de la carga viral durante el trayecto y la manipulación, lo que conllevaría un riesgo contra la salud de las personas y en concreto los trabajadores, las personas y el medio ambiente.

En relación con la realización del transporte de este tipo de materiales peligrosos indicar, que en el Reino de España algunas CCAA exigen el transporte se realice en camiones refrigerados, mientras que en otras de ellas no. El incumplimiento de esta normativa, siempre y cuando se cumplan con los requerimientos indicados en el ADR no conlleva asociados riesgos para la salud, pero si la correspondiente infracción administrativa.

Instalación de tratamiento de residuos

Manipulación por los operarios

En el Reino de España existe una normativa que regula como se ha de realizarse la manipulación de los residuos sanitarios peligrosos y como tal en base a la Ley 31/1995 [28], el INSST ha publicado unas guías [18]–[21] en las que establece como han de realizarse las distintas operaciones de manipulación de estos materiales residuales peligrosos. Pero además para el caso de los residuos sanitarios peligrosos con COVID-19 en la Orden SND 271 [17], se especifica que:

- No se procederá en ningún caso a la apertura manual de las bolsas de fracción resto en instalaciones de recogida.
- En caso de que se lleven a cabo tratamientos previos a su incineración o depósito en vertedero, podrán realizarse tanto de forma automática como manual, siempre que se adopten todas las medidas de seguridad necesarias.

Además, las instalaciones autorizadas en su Autorización Ambiental Integrada, correspondiente, deberá describirse de manera detallada todo el proceso de tratamiento de los residuos sanitarios peligrosos, incluyendo los siguientes temas:

- Descripción de accesos de materiales y personal
- Zonas específicas de almacén temporal, en las que se detalla la capacidad mínima a almacenar durante una semana.
- Resto de zonas de la instalación y usos.
- Zona de tratamiento
- Etapas del proceso y tratamiento.
- Tiempos de almacén de los residuos en la instalación, entre otros ...

Riesgos asociados

A partir de la evaluación se determino que esta es una de las etapas en las que el residuo sanitario peligroso está en mayor contacto con los trabajadores, y por lo tanto los riesgos que pueden estar asociados con esta etapa se pueden subdividir en 2 grupos asociados a: el

transporte o al embalaje o a la manipulación en la instalación. Entre estos últimos cabrían los siguientes:

- Manipulación de embalajes por los trabajadores sin los equipos de protección adecuados.
- Almacén y/o manipulación de residuos sanitarios peligrosos en zonas no autorizadas, sin vigilancia o de fácil acceso. Hecho que posibilitaría el acceso a los mismos de gente o de animales que pudieran verse afectados por la carga viral.
- Sobrepasar la capacidad de almacén de las zonas y/o la instalación.
- Utilizar almacenes no autorizados para este tipo de residuos sanitarios peligrosos.
- Almacén desorganizado o mezclando residuos de distinta naturaleza o categoría. En algunos de las CCAA se exigen ciertas condiciones de almacén y tiempos máximos de residencia.
- Apertura de los embalajes para deposición de las bolsas de residuos en cubetas (vagonetas) o zonas previas para su posterior tratamiento. Con el riesgo asociado a la dispersión de la carga viral con efectos directos en la salud de los trabajadores, las personas y en el medio ambiente.
- Llenado de las cubetas para el tratamiento de esterilización o desinfección por encima de la capacidad (límite máx. es el 75 % de la capacidad) lo que conllevaría que el tratamiento realizado fuera ineficaz y por tanto los residuos seguirían conteniendo carga viral; por lo que cualquier gestión posterior pondría en riesgo la salud de las personas y el medio ambiente.
- Compresión de los embalajes en las cubetas para el tratamiento de esterilización o desinfección con medios mecánicos o manuales, se produciría el riesgo de dispersión de aerosoles y el tratamiento realizado no alcanzaría la esterilización del residuo lo que conllevaría un riesgo asociado de dispersión de la carga viral con efectos directos en la salud de los trabajadores, las personas y en el medio ambiente.
- Mezcla de residuos sanitarios peligrosos con residuos esterilizados, contraviniendo lo indicado por el RD 952/1997 [29], lo que podría conllevar el riesgo de re-contaminación y por tanto el riesgo asociada a la salud de las personas y del medio ambiente.

Tratamiento de incineración

El proceso se basa en el incremento de calor (energía térmica) para destruir los patógenos en los residuos (carga vírica). Estas instalaciones se agrupan en dos tipos principales en función de la intensidad de calor empleada, es decir, instalaciones de alto y bajo poder calorífico, lo cual implica cambios en las reacciones termoquímicas, los cambios físicos que se producen en los residuos y emisiones a la atmósfera durante el tratamiento de los residuos.

En la incineración de los residuos sanitarios peligroso se produce la combustión, es decir, reacción química de oxidación térmica (en exceso de oxígeno). Las características generales de la incineración de residuos, son las siguientes:[30]

- Es imprescindible la existencia de exceso de oxígeno, respecto al estequiométrico durante la combustión, para poder asegurar una completa oxidación.
- La temperatura de combustión estará en el intervalo comprendido entre los 850 - 1.100 °C,

después de la última inyección de aire secundario y en función de la composición en compuestos halogenados del residuo a tratar.

- Los productos generados durante la combustión son de dos tipos:
 - Gases de combustión, principalmente CO₂, H₂O, O₂ (en exceso), N₂ y otros compuestos en menores proporciones procedentes de los diferentes elementos que formaban parte de los residuos. Los componentes minoritarios presentes dependerán de la composición de los residuos tratados, de manera general serán: gases ácidos derivados de reacciones de halógenos, azufre, metales volátiles o compuestos orgánicos y partículas finas, que son arrastradas por los gases.
 - Residuo sólido, compuesto por escorias inertes, cenizas y residuos del sistema de depuración de los gases de combustión.

Riesgos asociados

Al tratarse de sistemas automáticos durante el tratamiento, si las condiciones de tratamiento son las óptimas y los sistemas trabajan acordes a la regulación no existen riesgos adicionales a este tratamiento. El principal riesgo se da en el área de carga del material y en función de cómo se manipule la misma.

Tratamiento de esterilización / desinfección

En relación con el proceso de esterilización/desinfección con vapor de agua de los residuos sanitarios peligrosos, ante la ausencia de una normativa específica sobre las condiciones de operación de este tipo de sistemas exige una revisión del estado del arte sobre la eficiencia de estos sistemas [31], [32] demuestran la capacidad de esterilización de residuos contaminados con bacterias, cuando se emplea vapor de agua en intervalos de temperatura entre 121 – 131 °C durante 60 – 30 min. Por otro lado, distintas organizaciones han propuesto guías para el manejo y manipulación de estos sistemas complejos, por ejemplo, el Gobierno de los EEUU [33] proponen el empleo de un intervalo de temperatura variable entre 121 – 132 °C con tiempos de 20 y 4 min, respectivamente. El estudio realizado por la OMS [34], remarca el hecho de que la operación de autoclaves requiere la combinación adecuada de temperatura / presión y tiempo de exposición para lograr desinfección eficaz, para lo cual será necesario realizar las etapas siguientes con un tratamiento térmico y de presión combinada. El tratamiento de esterilización/desinfección está compuesto por las etapas de:

- Recolección de carga – Carga de los residuos sanitarios peligrosos en las cubetas metálicas
- Pre calentamiento (opcional)
- Carga de la autoclave
- Evacuación del aire
- Tratamiento con vapor
- Adsorción del vapor
- Descarga

- Documentación y registro del proceso y los residuos tratados
- Tratamiento mecánico (por ejemplo, trituración).

Riesgos asociados

Esta etapa es crucial en la gestión segura de los residuos sanitarios peligrosos, dado que, si se realiza de manera adecuada, los residuos habrán sido esterilizados, es decir, han perdido su clasificación de peligrosos y pueden ser gestionados como RSU.

Por tanto, los riesgos asociados a esta etapa son los mismos que los descritos en las etapas de transporte y manipulación, pero además hay que sumarles los asociados con cada una de las partes del proceso de tratamiento y será en función de estas etapas como a continuación se describen:

- Recolección de carga
 - Exceso de carga en la cubeta (volumen ocupado > 75 %) – impide el correcto tratamiento por lo que podrán quedar en el interior zonas sin tratar y en las que exista patógeno sin esterilizar, lo cuál conlleva un riesgo asociado para la salud de los trabajadores, personas y el medio ambiente (al ser los residuos depositados en vertederos como si fueran RSU, ver apartado siguiente).
 - Compresión mecánica de la carga en la vagoneta. La ruptura de los embalajes de doble o triple capa puede provocar la dispersión de los patógenos en forma de aerosoles y durante el tratamiento será más difícil extraer el aire y que vapor caliente los sólidos para su esterilización, por lo tanto, no se alcanzará la esterilización del residuo y quedaran patógenos en el mismo. Esta actuación provoca un grave riesgo para la salud de los trabajadores las personas y el medio ambiente
- Carga de la autoclave. Un exceso de carga provocada por actuaciones similares a las descritas en el punto anterior tendría los mismos riesgos
- Evacuación del aire. Es necesaria su eliminación para conseguir un correcto acceso del vapor a todas las superficies del sólido. Toda reducción en el vacío alcanzado, puede provocar que no se rompan las bolsas que contienen los residuos o la existencia de bolsas de aire que consumirán calor en su calentamiento reduciendo la efectividad del ciclo. Si no se rompen todas las bolsas o envases el vapor no accede a todos los sólidos y pueden seguir existiendo patógenos al final del tratamiento, lo que significa un grave riesgo para la salud de las personas y del medio ambiente.
- Tratamiento con vapor. Los tiempos de inyección de vapor a una determinada temperatura están ajustados para asegurar la esterilización del más resistente de los patógenos, cualquier reducción implicará que no se ha calentado el sólido a la temperatura necesaria durante el tiempo necesario, por lo que el patógeno puede seguir activo. Si el residuo tratado así se gestionara al salir de la autoclave como un RSU supondría un grave riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente.
- Adsorción del vapor. El vapor debe ser recolectado, comprobando la ausencia de patógenos en el mismo. En el caso de que no se recolecte y el tratamiento de esterilización no hubiera sido el adecuado podrían existir patógenos en la disolución acuosa, lo que una gestión

inadecuada de esta, pondría en grave riesgo la salud de los trabajadores y del medio ambiente.

Los riesgos inherentes asociados a esta actividad, para la salud de las personas y el medio ambiente, están establecidos y debidamente identificados, en las propias normas en relación con los residuos sanitarios, no es una actividad arbitraria, sino que responde a antecedentes científicos que advierten sobre este tipo de residuos para la salud de las personas tanto por vía respiratoria como por contacto y, que se incrementa en el caso de contener elementos punzantes o cortantes.

Depósito final en vertederos

La mayoría de las CCAA del Reino de España consideran sólo el vertido de los residuos sanitarios en vertederos una vez tratados (es decir, convertidos en RSU), pero existen algunas CCAA que consideran como una opción de gestión viable la deposición directa en vertederos de los residuos sanitarios peligrosos. Esta es una opción segura de gestión, siempre y cuando se tomen las medidas oportunas, de hecho y a falta de otras opciones para un municipio el uso de un vertedero es una opción realista para proteger la salud pública. Normalmente se trata de emplazamientos operados de una manera controlada y que ya se emplean para la gestión de residuos municipales.

Los estudios de análisis de riesgos en la gestión de residuos sanitarios peligrosos [34] proponen las buenas prácticas siguientes:

- En un hueco poco profundo excavado en residuos urbanos maduros (preferiblemente de más de tres meses de antigüedad) inmediatamente frente a la base de la cara de trabajo en la que se inclinan los residuos. Cuando se ha depositado una carga de residuos sanitarios, se deberá cubrir el mismo día con la inclinación progresiva de los RSU frescos (preferiblemente creando una capa de RSU de ≈ 2 m de espesor). Con posterioridad deberá evitarse la excavación en esta parte del repositorio. Este mismo procedimiento se emplea para los residuos industriales peligrosos. Esta manera de proceder evita el riesgo de que los animales y los carroñeros vuelvan a excavar en los residuos sanitarios peligrosos una vez depositados.
- En un pozo más profundo (1 – 2 m) excavado en un área cubierta de residuos urbanos maduros (es decir, residuos de al menos 3 meses de antigüedad). Una vez depositados la fosa se rellena con los RSU maduros extraídos previamente, y una cubierta de suelo intermedia (≈ 30 cm) o cubierta de suelo superior (hasta 1 m). Una vez finalizada debe evitarse la excavación en esta parte del sitio.

Cuando se plantea este tipo de gestión de los residuos sanitarios peligrosos para minimizar riesgos sería necesario considerar los siguientes puntos durante el diseño de las operaciones:

- El repositorio debería tener un control de accesos.
- Personal formado, capacitado y con los equipos de protección individual necesarios para la realización de las operaciones necesarias.
- Acotamiento de zonas en el repositorio que permitan la realización de las operaciones de gestión necesarias.
- Sellado y control del repositorio que permita controlar el agua residual (lixiviados), con un

sistema de control adecuado que permita su recolección y tratamiento en caso de ser necesario.

- Los huecos o pozos deberían ser rellenados y cubiertos en el mismo día, por lo que será necesaria una correcta organización de los vertidos.
- Al final de la vida útil del repositorio, colocar una cobertura que impida la infiltración del agua de lluvia y su acceso a las zonas donde se depositaron los residuos peligrosos.

Riesgos asociados

La selección del emplazamiento directo en un vertedero de los residuos sanitarios peligrosos, basa la seguridad en la gestión en el funcionamiento de las barreras físicas que impidan la liberación de los patógenos (carga viral o bacterias) del residuo, hacia la biosfera. Motivo por el que los principales riesgos a la salud de las personas y el medio ambiente serán los siguientes:

- Excavación, manipulación de embalajes y relleno de los huecos o pozos en el vertedero por los trabajadores sin los equipos de protección adecuados, lo cual implica un riesgo para la salud de los trabajadores.
- Vertido en la superficie del repositorio de los residuos sanitarios peligrosos sin cubrir, lo que permitirá el acceso a animales roedores, con el consiguiente impacto a la salud de las personas y el medio ambiente.
- Vertedero mal organizado en el que los residuos sanitarios peligrosos se depositan sin organización ni control, esto podrá dar lugar a escenarios donde se ponga en riesgo la salud de los trabajadores, personas y del medio ambiente.
- Vertedero sin control de accesos y/o ausencia de personal capacitado y formado.

Actuaciones realizadas por el SEPRONA

En base al análisis de riesgos realizado el GIMA III y las Unidades del SEPRONA, 2000 agentes dispersos por el territorio nacional iniciaron labores de inspección para la protección de la salud de las personas y del Medio Ambiente como resultado de estas actuaciones de vigilancia e inspección se han realizado 1761 actuaciones que se resumen en el cuadro 2. Estas actuaciones han supuesto que, por ejemplo, a fecha de junio de 2020, se han arrestado a 20 personas y están siendo investigadas 8 empresas de gestión de residuos.

Las operaciones descritas se encuentran enmarcadas dentro de la operación de EUROPOL RETROVIRUS habiendo sido realizadas en todo el territorio nacional y en Portugal.

Cuadro 2 Resumen de las 1761 actuaciones realizadas por el SEPRONA en el año 2020 en relación con la gestión segura de los residuos sanitarios peligrosos.

Tipo de delito o actuación	Descripción	Nº de actuaciones
Criminal	Casos	10
	Personas arrestadas detenidas o investigadas	53
Administrativo	Inspecciones	497
	Denuncias administrativas realizadas	184
Informativas	Entrevistas y visitas con empresas del sector, gestores, etc.	1128

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ministerio de Consumo, "Situación Actual - Enfermedad por nuevo coronavirus, COVID-19," *Gobierno de España*, 2021. <https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/situacionActual.htm>.
- [2] OMS, "WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard," *World Health Organization*, 2021. <https://covid19.who.int/>.
- [3] Y. Liang, Q. Song, N. Wu, J. Li, Y. Zhong, and W. Zeng, "Repercussions of COVID-19 pandemic on solid waste generation and management strategies," *Front. Environ. Sci. Eng.*, vol. 15, no. 6, p. 115, 2021, doi: 10.1007/s11783-021-1407-5.
- [4] G. Kampf, D. Todt, S. Pfaender, and E. Steinmann, "Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents," *Journal of Hospital Infection*, vol. 104, no. 3. 2020, doi: 10.1016/j.jhin.2020.01.022.
- [5] G. Cervino *et al.*, "Sars-cov-2 persistence: data summary up to q2 2020," *Data*, vol. 5, no. 3. MDPI AG, pp. 1–16, Sep. 01, 2020, doi: 10.3390/data5030081.
- [6] G. La Rosa, L. Bonadonna, L. Lucentini, S. Kenmoe, and E. Suffredini, "Coronavirus in water environments: Occurrence, persistence and concentration methods - A scoping review," *Water Research*, vol. 179. Elsevier Ltd, Jul. 15, 2020, doi: 10.1016/j.watres.2020.115899.
- [7] BOE, "Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19," *Boletín Oficial del Estado*, nº 67, de 14 de marzo de 2020, 2020. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-3692.
- [8] BOE, "Orden SND/274/2020, de 22 de marzo, por la que se adoptan medidas en relación con los servicios de abastecimiento de agua de consumo humano y de saneamiento de aguas residuales," *Boletín Oficial del Estado*, 2020.

- <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-4009#:~:text=A-2020-4009-Orden SND%2F274%2F2020%2C de 22 de marzo%2C,de saneamiento de aguas residuales>.
- [9] C. N. Haas, J. B. Rose, and C. P. Gerba, "Microbial Agents and Transmission," in *Quantitative Microbial Risk Assessment*, 2014, pp. 15–62.
- [10] R. G. Feachem, D. J. Bradley, and D. M. Mara, *Sanitation and Disease - Health Aspects of Excreta and Wastewater Management. World Bank studies in water supply and sanitation ; no. 3*. 1983.
- [11] R. G. Feachem, D. J. Bradley, and D. M. Mara, "Sanitation and disease(Health aspects of excreta and wastewater management) World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3 By Richard G. Feachem, David J. Bradley, Hemda Garelick and D. Duncan Mara," *Water Res.*, vol. 19, no. 1, 1985, doi: 10.1016/0043-1354(85)90337-9.
- [12] C. P. Gerba, W. Q. Betancourt, and M. Kitajima, "How much reduction of virus is needed for recycled water: A continuous changing need for assessment?," *Water Research*, vol. 108. 2017, doi: 10.1016/j.watres.2016.11.020.
- [13] J. Ayukekbong, M. Lindh, N. Nenonen, F. Tah, T. Nkuo-Akenji, and T. Bergström, "Enteric viruses in healthy children in Cameroon: Viral load and genotyping of norovirus strains," *J. Med. Virol.*, vol. 83, no. 12, 2011, doi: 10.1002/jmv.22243.
- [14] L. M. Casanova, S. Jeon, W. A. Rutala, D. J. Weber, and M. D. Sobsey, "Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 76, no. 9, 2010, doi: 10.1128/AEM.02291-09.
- [15] L. Casanova, W. A. Rutala, D. J. Weber, and M. D. Sobsey, "Survival of surrogate coronaviruses in water," *Water Res.*, vol. 43, no. 7, 2009, doi: 10.1016/j.watres.2009.02.002.
- [16] BOE, "Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados," *Boletín Oficial del Estado*, 2011. <https://www.boe.es/boe/dias/2011/07/29/pdfs/BOE-A-2011-13046.pdf>.
- [17] BOE, "Orden SND/271/2020, de 19 de marzo, por la que se establecen instrucciones sobre gestión de residuos en la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19," *Boletín Oficial del Estado*, 2020. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-3973>.
- [18] P. Canales Perez, E. Gadea Carrera, and M. Solórzano Fabrega, "NTP 838: Gestión de Residuos," Madrid (España), 2009. [Online]. Available: <https://www.insst.es/documents/94886/328096/838+web.pdf/66e04a8f-f3d5-485d-8a4c-1062e51d971f>.
- [19] P. Canales Perez, E. Gadea Carrera, and M. Solórzano Fabrega, "NTP 853: Recogida, transporte y almacenamiento de residuos sanitarios," Madrid (España), 2009. [Online]. Available: <https://www.insst.es/documents/94886/328096/853+web.pdf/ad3429b6-806c-41ad-8460-22606256baf7>.

- [20] INSST, “Prevención de riesgos laborales vs. COVID-19 - Compendio no exhaustivo de fuentes de información,” Madrid (España), 2020. [Online]. Available: <https://www.insst.es/documents/94886/693030/Prevención+de+riesgos+laborales+vs.+COVID-19+-+Compendio+no+exhaustivo+de+fuentes+de+información/4098124f-5324-43a6-8881-0bbd4e358de7>.
- [21] INSST, *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos*. Madrid (España): Boletín Oficial del Estado, 2014.
- [22] OMS, “Guía sobre la reglamentación relativa Al Transporte De Sustancias Infecciosas,” *Minist. Salud Publica*, vol. 1, 2020.
- [23] World Health Organization, “Guía sobre la reglamentación relativa al transporte de sustancias infecciosas 2019–2020,” 2019.
- [24] UNECE, “ADR 2019 (files)European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road,” *United Nations*, 2019. <https://unece.org/adr-2019-files>.
- [25] BOE, “Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos,” *Boletín Oficial del Estado*, 2002. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1988-18848>.
- [26] BOE, “Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos,” *Boletín Oficial del Estado*, 1988. <https://www.boe.es/eli/es/rd/1988/07/20/833/con>.
- [27] BOE, “Acuerdo Multilateral M317 en virtud de la sección 1.5. del Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR), relativo al transporte de desechos médicos sólidos o clínicos, Categoría A, hecho en Madrid el 23 de ma,” *Boletín Oficial del Estado*. [https://www.boe.es/eli/es/ai/2020/03/23/\(1\)](https://www.boe.es/eli/es/ai/2020/03/23/(1)).
- [28] BOE, “Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales,” *Boletín Oficial del Estado*, 1995. <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31>.
- [29] BOE, “Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio,” *Boletín Oficial del Estado*, 1997. <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/06/20/952>.
- [30] A. Grau and O. Farre, “Situación y potencial valorización energética directa de residuos. Estudio técnico PER 2011 - 2020,” Madrid (España), 2011. [Online]. Available: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e15_residuos_c3ead071.pdf.
- [31] M. S. Hossain, V. Balakrishnan, N. N. N. A. Rahman, M. Z. I. Sarker, and M. O. A. Kadir, “Treatment of clinical solid waste using a steam autoclave as a possible alternative technology to incineration,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 9, no. 3, 2012, doi: 10.3390/ijerph9030855.

- [32] O. Maamari, L. Mouaffak, R. Kamel, C. Brandam, R. Lteif, and D. Salameh, "Comparison of steam sterilization conditions efficiency in the treatment of Infectious Health Care Waste," *Waste Manag.*, vol. 49, 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2016.01.014.
- [33] CDC, "Steam Sterilization. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities (2008)," *Centres for Disease Control and Prevention*, 2016. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/sterilization/steam.html>.
- [34] WHO, *Safe management of waste from health-care activities*, 2nd ed. WHO, 2014.