



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Diseño de una Máquina para la Reducción del Nivel de Contaminación de Residuos
Sólidos Biocontaminados del Hospital Virgen de la Puerta, La Esperanza

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Morales Silva, Jhosteing Martín (ORCID:0000-0002-7516-4822)

Sánchez Gil, Luis Enrique (ORCID:0000-0002-1875-2134)

ASESOR:

Dr. Olortegui Yume, Jorge Antonio. PhD. (ORCID:0000-0001-5734-040X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

Trujillo – Perú

2019

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Martín y Cecilia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Jheyko y Fabian por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Jhosteing Martín Morales Silva

A mis padres Santiago y Soledad quienes con su amor, dedicación y comprensión han permitido la culminación de mi etapa de formación universitaria, gracias por la motivación constante en el día a día.

A mis hermanas Astrid y Solange por su cariño y apoyo incondicional, por acompañarme en todo momento. A toda mi familia, por su interés en la mejora personal y realización de mis metas propuestas.

Luis Enrique Sánchez Gil

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Martín y Cecilia, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Cesa Vallejo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Jhosteing Martín Morales Silva

A Dios por permitirme tener una familia completa y sólida.

A mi familia por apoyarme en cada proceso académico. Gracias por creer en mí.

A mis docentes, por haberme asesorado y brindado el apoyo necesario

Luis Enrique Sánchez Gil

Índice

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice	iii
Resumen	iv
Abstract	v
I. Introducción.....	1
II. Método	10
2.1. Tipo y Diseño de la investigación.....	10
2.2. Operacionalización de variables.....	11
2.3. Tipo y Diseño de la investigación.....	12
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	12
2.5. Procedimiento.....	12
2.6. Métodos de análisis de datos	13
2.7. Aspectos éticos.....	13
III. Resultados	14
3.1. Necesidades del Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta”	14
3.2. Normativa asociada al diseño de equipos de esterilización hospitalaria	17
3.3. Especificaciones de ingeniería.....	17
3.4. Diseño de Conceptual	18
3.5. Diseño de configuración	24
3.6. Análisis de letalidad	26
3.7. Dimensionamiento general del equipo	31
3.8. Material para la cámara y cabezal cilíndrico.....	31
3.9. Diseño de componentes en forma paramétrica	32
3.10. Diseño de selección	36
3.11. Diseño de detalle	36
3.12. Análisis económico	38
Discusión.....	41
Conclusiones.....	43
Recomendaciones.....	44
Referencias	45
Anexos.....	48

Resumen

En la presente tesis se diseñó una autoclave, máquina que permitirá descontaminar los residuos infecciosos desechados por el Hospital Virgen de la Puerta-La Esperanza en la ciudad de Trujillo.

La gran demanda de volumen residual de 800 kg por día, exige otra alternativa de tratamiento de residuos que no fuera la tercerización, enfocándose a un beneficio económico y medio ambiental. Tres posibles alternativas de solución fueron analizadas y evaluadas en función a criterios de selección, dando como resultado la autoclave como mejor opción.

Luego mediante una GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) se evaluó tres tipos de acero al carbono: SA 283 Gr C, SA 515 Gr55, SA 516 Gr 60, conjuntamente con sus esfuerzos permisibles, siendo este último necesario para determinar el factor de seguridad en relación al espesor del casco. Asimismo, se evaluó el espesor del cabezal toriesférico en función del factor de seguridad. Finalmente se eligió el material SA – 515 Gr 55 para el diseño de la maquina autoclave en el software SOLIDWORKS, aplicado a las partes de la autoclave: cuerpo cilíndrico, tapa superior toriesférica, tapa inferior toriesférica, anillos de sellados y otros. Finalmente, según la normativa antes mencionadas se estimaron cargas de presión y esfuerzos para la simulación y análisis estático de la autoclave.

Palabras Clave: Esterilización, autoclaves, recipientes a presión, residuos sólidos biocontaminados.

Abstract

In this thesis an autoclave was designed, a machine that will allow to decontaminate the infectious residues discarded by the Hospital Virgen de la Puerta - La Esperanza in the city of Trujillo.

The high demand for residual volume of 800 kg per day requires another alternative of waste treatment other than outsourcing, focusing on an economic and environmental benefit. Three possible solution alternatives were analyzed and evaluated according to selection criteria, resulting in the autoclave as the best option.

Then by means of a GUI (Graphic User Interface) three types of carbon steel was evaluated: SA 283 Gr C, SA 515 Gr55, SA 516 Gr 60, together with its permissible efforts, the latter being necessary to determine the safety factor in relation to the thickness of the Helmet. The thickness of the tori spherical head was also assessed according to the safety factor. Finally, the SA – 515 Gr 55 material was chosen for the autoclave machine design in the SOLIDWORKS software, applied to the autoclave parts: cylindrical body, tori spherical top, tori spherical bottom cap, sealing rings and others. Finally, according to the above-mentioned regulations, pressure loads and stresses were estimated for the simulation and static analysis of the autoclave.

Keywords: Sterilization, autoclaves, pressure vessels, bio contaminated solid waste.

I. Introducción

Actualmente el acceso a las tecnologías de tratamiento de residuos sólidos por parte de los hospitales tiene una gran demanda en el mercado, debido al gran volumen residual que se desechan, además que dichas entidades deben cumplir con las normas de salud correspondientes. Dentro de los diversos medios de los tratamientos de los desechos biocontaminados, el sector salud debe de optar por el medio más amigable con el medio ambiente que garantice la descontaminación de los residuos hospitalarios (Advíncula, 2018). Los hospitales no evalúan la necesidad de la adquisición de equipos de descontaminación de residuos hospitalarios y sus ventajas que estos ofrecen. Dentro de ellas se encuentra la disponibilidad inmediata de operación y mantenimiento de la máquina, ahorro económico, reducción de tiempos y mejora de la calidad del servicio del hospital (Díaz y Romero, 2016).

La World Health Organization (WHO), en su traducción al español como Organización Mundial de la Salud (OMS), mencionan que el manejo inadecuado de los desechos generados en los centros de atención médica puede tener un impacto directo en la salud de la comunidad, el personal que trabaja en los centros de atención médica y el medio ambiente. Además, el medio ambiente contaminado por el tratamiento inadecuado de los desechos puede causar efectos indirectos en la salud de la comunidad (WHO, 2000). En un estudio de la WHO y el Fondo de las Naciones Unidas para la infancia (UNICEF), se determinó que, de las instalaciones de salud de 24 países, el 58% tenía un sistema adecuado para la eliminación de los residuos sanitarios (WHO/UNICEF, 2015). dentro de todos los desechos generados por las actividades de atención sanitaria, aproximadamente un 85% de los desechos son comunes, es decir, no contiene ningún peligro; el 15% restante se considera que puede ser de tipo tóxico, radioactivo o infeccioso (OMS, 2018).

A nivel latinoamericano, según Jaramillo (2011), el cuidado de la salud de las personas compromete a criterios que antiguamente no se toman importancia, pero que en la actualidad se torna más relevante, relacionándose a su vez con el medio ambiente, la limpieza, las normativas para el manejo de los residuos y los protocolos de bioseguridad, entre otros (Jaramillo, 2011). Por ejemplo, Arauca es uno de los departamentos con mayor grado de contaminación y riesgo a la salud en Colombia, debido a que cuentan con un solo botadero a cielo abierto y no se cumplen las normas medioambientales según ley, tras no contar con licencia municipal. Además, los residuos sólidos hospitalarios son llevados a este vertedero sin descontaminación alguna, la cual la convierte en una zona infecciosa y de propagación de enfermedades (Blanco y Briceño, 2005).

Según el Ministerio de trabajo y promoción del empleo del Perú, se registró en el 1er. Trimestre del 2016, en el rubro accidentes en servicios sociales y de salud 292 notificaciones por accidentes percutáneos. En el departamento de Lima-Perú, se realizó un estudio de 153 consultorios oncológicos privados, encontrándose que solo el 20.3% de ellos tratan los residuos punzocortantes o le dan una adecuada disposición final según las normas de salud antes de su eliminación (Advíncula, 2018).

El Hospital de alta complejidad Virgen de la Puerta cuenta con un área total de 71,695.93 m2, que se encuentra ubicado en el distrito de La Esperanza, Provincia de Trujillo. Pertenece a EsSalud y fue ejecutado por el Consorcio Hospitalario Trujillo (CAPECO, 2014). Dicho Hospital cuenta con la mayor tecnología en América Latina, cuenta con 240 camas, 4 salas de operaciones, 36 consultorios externos, 9 laboratorios, 1 resonador magnético, un centro quirúrgico con cuatro salas de operaciones, y áreas de Diagnósticos más modernas del país, que cuenta con un litotriptor, un equipo de stereotaxis, dos mamógrafos, un ecógrafo, rayos X, un resonador magnético, entre otros (RPP, 2014; Seguro Social de Salud, 2014).

El hospital Virgen de la Puerta, al ser uno de los centros de atención de mayor demanda de la Red Asistencial La Libertad, es considerada uno de los mayores generadores de Residuos Sólidos Biocontaminados como se muestra en la Figura 1. En el Anexo 1 se puede encontrar la información detallada que sustenta a esta figura.

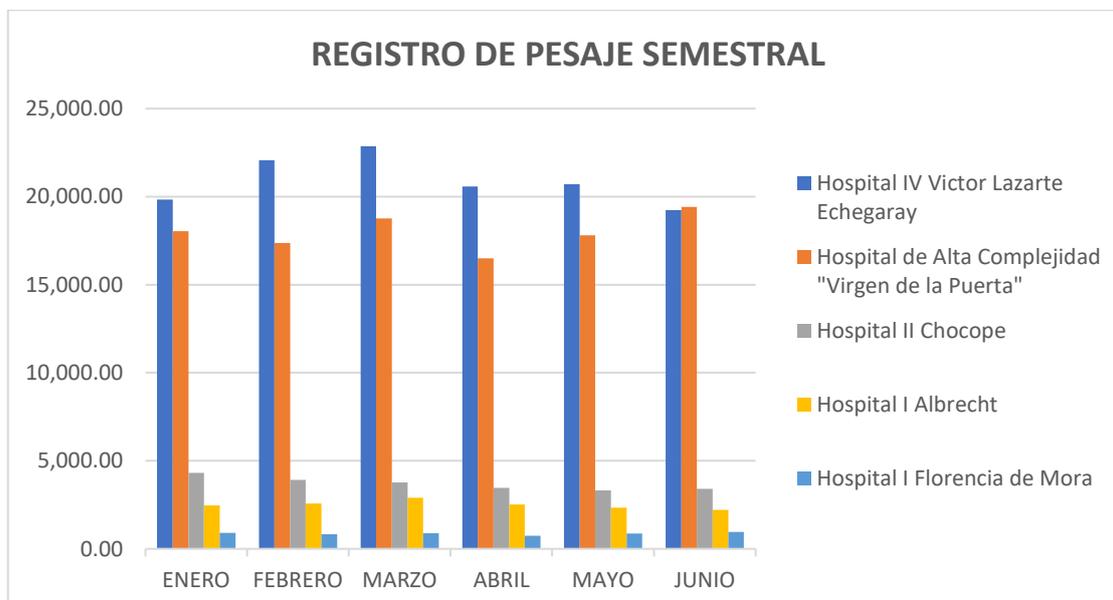


Figura 1. Gráfica de los pesajes de hospitales en el primer semestre del año 2019

Fuente: Empresa PROMAS

La Figura 1 presenta la gráfica de los valores de los pesos a nivel mensual, el cual afirma que el Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” es uno de los Centros Asistenciales con mayor demanda de Residuos Sólidos Biocontaminados, por lo cual es necesario un tratamiento acorde a la demanda diaria generada. El Hospital “Virgen de la Puerta” no cuenta con un servicio propio de tratamiento de sus Residuos Sólidos Biocontaminados. Debido a esto, el hospital hace uso de servicios de empresas externas para tratamiento de residuos sólidos contaminados antes de su disposición/eliminación final. Esto conlleva a que se desconoce los protocolos de descontaminación usados por estas empresas, provocando incertidumbre en el destino final y nivel de contaminación de estos residuos peligrosos. Asimismo, la contratación de servicios de empresas privadas eleva los costos operativos del hospital. Esta situación es corroborada por un informe del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2017), el cual indica que gran parte de los desechos hospitalarios en la ciudad de Trujillo, tienen como destino final el “Botadero EL MILAGRO”, y que gran parte de ellos no son descontaminados en su totalidad debido a un deficiente proceso de tratamiento. Esto es altamente peligroso no solo para los trabajadores en dichos botadero, sino para toda la población de Trujillo al ser el Botadero un vector infeccioso (Dulanto, 2013).

La oficina de Ingeniería Hospitalaria y Servicios del Hospital “Virgen de la Puerta” está considerando con una buena opción el diseño y fabricación propia de un sistema de esterilización de residuos sólidos biocontaminados debido al ahorro económico y el aseguramiento de la letalidad del proceso.

En este trabajo, se plantea el diseño de una unidad de autoclave capaz de garantizar la inocuidad de los residuos sólidos biocontaminados producidos por el Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” y reducir los costos de proceso.

Son pocas las investigaciones realizadas al diseño y simulación de una autoclave, el cual tenemos las siguientes recomendaciones, para poder realizar el cálculo de una autoclave se debe tener en cuenta el producto que se desea someter al proceso de cocción u otro proceso para definir el nivel de presión de la autoclave. El efecto corrosivo de las autoclaves es un factor negativo para su vida útil (La Rosa, 1999).

Jaime (2017) en su proyecto de Diseño, construcción y comprobación de un autoclave solar para países en vías de desarrollo, utilizan la energía solar para llegar a la temperatura necesaria para la esterilización del producto, para ello utilizan la temperatura de esterilización de 121°C y la presión de trabajo de 1 bar.

Mariño y Tello (2010) en su proyecto de investigación diseñó un autoclave a vapor, toma en consideración la norma técnica colombiana ICONTEC NTC4618 para dar valores a los parámetros de esterilización a la temperatura de 121°C, presión de 30 psi y tiempo de proceso de 20 min.

A continuación, se presenta algunas teorías más relevantes para el entendimiento del trabajo de investigación.

La definición que nos da la Norma Técnica de Salud 144-MINSA/2018/DIGESA: “Gestión Integral y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud (EESS), Servicios Médicos de Apoyo (SMA) y Centros de Investigación (CI)”. Acerca de Residuos Sólidos, menciona lo siguiente: Son aquellos residuos generados en las actividades de atención e investigación médica en establecimientos de atención de salud, laboratorios, consultorios, entre otros afines. Estos residuos tienen la particularidad de estar contaminados con algún agente infeccioso o contener una alta concentración de microorganismos que son peligrosos para salud como, por ejemplo: agujas hipodérmicas, algodones, medios de cultivos, órganos patológicos, material de laboratorio, entre otros (RM N° 1295, 2018).

Los Residuos Sólidos que se generados en los EESS, SMA y CI se clasifican en tres tipos según la naturaleza y riesgos que representan la exposición, clasificándolos en Residuos Biocontaminados, Residuos Especiales y Residuos Comunes. Siendo de consideración para esta investigación los Residuos Sólidos Biocontaminados ya que es nuestro objeto de estudios, teniendo la siguiente definición:

Son aquellos residuos generados en el proceso de investigación y atención médica y científica, que está contaminada con algún tipo de agente infeccioso o que contengan concentraciones de microorganismos que son de riesgo para las personas que entres en contacto con dichos residuos.

Según su origen pueden ser: De atención al paciente, biológicos, Bolsas conteniendo sangre humana y hemoderivados, Residuos quirúrgicos y anatomo-patológicos, Punzocortantes y Animales contaminados (RM N° 1295, 2018).

La definición brindada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) dice lo siguiente: “Los Agentes infecciosos son organismos (virus, rickettsia, hongo, bacterias,

helminto o protozoo) que sea capaz de producir una infección o una enfermedad infecciosa” (OPS, s.f.).

El nivel de contaminación de los Residuos Sólidos Hospitalarios hace referencia al grado de concentración de microorganismos y agentes infecciosos dentro de la misma, por lo cual el indicador es el número de microorganismos y agentes infecciosos dentro de ella, la medición de estos niveles pueden ser de diferentes modos uno de los cuales es el método Turbidimétrico, definida por la Organización Internacional de Normalización (ISO), como la reducción de la transparencia de un líquido causado por la presencia de partículas no disueltas en material distinto al propio líquido, la turbidez es proporcional a la concentración de partículas en ella. La correlación entre la concentración de las partículas y la turbidez, también llamada calibración, depende, en el caso de los análisis de los cultivos bacterianos, de las especies bacterianas que se estén analizando, y en ocasiones, incluso de la cepa específica utilizada (Theofanis, Christos y Christos, s.f.; Métris, George, Michael, y Baranyi, 2013).

Para reducir el nivel de contaminación de los Residuos Sólidos Biocontaminados es necesario la esterilización de los residuos, ya que estos se encuentran contaminados de varios patógenos que pueden en la mayoría de los casos son peligrosos cuando se exponen al medio ambiente. Mariño y Tello (2010) definen a la Esterilización como la destrucción de todas las formas de vida. Puede ser efectuada por varios agentes. En relación a los requisitos prácticos del laboratorio bacteriológico muchos de esos agentes tales como electricidad, luz del sol, entre otros, son de poco valor y se limitan en sus aplicaciones; otros están tan bien satisfechos a los propósitos determinados que su uso está restringido casi enteramente a tales aplicaciones. Los métodos más usados son por calor, vapor y presión, y productos químicos, no obstante, el autoclave es el más eficaz si está realizado correctamente. Los dos métodos generales de esterilización son el físico y el químico. Para más información de la Esterilización por calor húmedo ver el Anexo 2.

Conseguir la esterilización de los residuos sólidos requiere de conocer la cinética de muerte de los microorganismos, también conocido como la termorresistencia, el significado de termorresistencia por Jaramillo (2011) nos dice: “La termorresistencia de los microorganismos es definido como el tiempo en minutos a una temperatura dada, que es necesario para reducir un 90% de la población de microorganismos o para la reducción a la décima parte del número original de microorganismos presentes en residuos hospitalarios”.

Lewis y Heppel (2010) menciona que los microorganismos presentan diferentes comportamientos a la variación de la temperatura, por ejemplo, las células vegetativas y las levaduras son más vulnerables, mientras que las más resistentes a las altas temperaturas son las esporas.

La termorresistencia de las células de las bacterias es diferente entre si dependiendo cada una de las especies, oscilando desde la termorresistencia de las poco patógenas lo cual pueden ser destruidas con mucha facilidad, hasta las termófilas, las cuales necesitan de una elevada temperatura, de entre 80 a 90 °C durante varios minutos (Frazier y Westhoof, 1993).

Tabla 1.

Tiempo de muerte térmica de algunas células bacterianas

Bacteria	Tiempo, min	Temperatura °C
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	2.0-3.0	50
<i>Salmonella typhi</i>	4.3	60
<i>Staphuloccus aureius</i>	18.8	60
<i>Escherichia coli</i>	20-30	57.3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	55
<i>Streptococcus lactis</i>	2	55
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	30	71

Fuente: Vázquez (2007)

El tratamiento de los Residuos Sólidos, según la NTS 144-MINSA/2018/DIGESA, señala que: “Es cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente” (RM N° 1298, 2018). La cual también nos propone diferente métodos de tratamiento de los Residuos Sólidos, una de ellas es la Esterilización por Autoclave, lo cual debe llevarse el control de esterilidad usando indicadores biológicos.

El Autoclave a vapor consta de un recipiente de presión, el cual para la metodología de su diseño requiere ser un recipiente que soporte presiones internas, teniendo como definición lo siguiente: Se considera recipiente a presión cualquier contenedor que es capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea vacío o presión interna, que son independientes a su forma y dimensiones (León, 2001). Se tienen tres tipos de autoclave, los cuales son Autoclaves de desplazamiento de gravedad o gravitacional y esterilizadores de pre-vacío (OPS, 2008). Algunas de las partes que conforman el autoclave son el recipiente

de alta presión con tapa junta, la válvula de control de presión, válvula de seguridad y el mecanismo de expulsión de aire (OPS, 2008). Para información más detallada sobre autoclaves ver el Anexo 5.

Para el diseño de recipientes a presión se debe considerar que estos están sujetos a varias cargas, que causan esfuerzos de diferentes intensidades en los componentes de los recipientes. El tipo e intensidad de los esfuerzos es una función de la naturaleza de las cargas, de la geometría del recipiente y de su construcción (Megyesy, 1992). Un análisis preciso permite calcular el esfuerzo en cualquier punto. Las fórmulas para realizar ese cálculo están presentes en el Anexo 15.

Para lograr los objetivos en presente trabajo de investigación, es necesario tener una metodología de diseño, la cual está representada gráficamente en el anexo 3. En donde se puede observar que la metodología es la siguiente, para poder realizar el diseño de una máquina de residuos sólidos biocontaminados empezamos con la selección del tipo de tratamiento de los residuos, para la selección del tipo de tratamiento se toma en consideración los criterios de selección, si no cumple los criterios, se selecciona otro tipo de tratamiento. Una vez escogido el tipo de tratamiento que cumpla con los criterios, se procede a determinar las especificaciones generales de la máquina, uno de ellos es material y el espesor de las paredes y casco de la máquina, luego con estos datos se procede a realizar el cálculos de los esfuerzos de trabajo, así como también se realiza el cálculo del factor de seguridad del material escogido para la máquina. Luego de ello evaluamos si cumple con las normas y requerimientos de diseño, si no cumple, se deberá regresar a las especificaciones de la máquina y cambiar parámetros. En caso cumpla con las normas y requisitos, se procederá a culminar con los cálculos.

Las Variables de Diseño están representada en el Anexo 4, el cual se aprecia las variables de diseño, las cuales son las propiedades físicas de los materiales a utilizar, las variables intervinientes son las dimensiones de la cámara a presión, para finalmente conocer las variables de solución al espesor de la cámara y al Factor de Seguridad.

Según lo expuesto en la realidad problemática del Hospital de Alta Complejidad Virgen de la Puerta, se planteó la siguiente pregunta:

¿Cuál será la geometría y características técnicas de un equipo de esterilización para reducir el nivel de contaminación de los residuos sólidos biocontaminados producidos por

el Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” y al mismo tiempo reducir costos operativos?

Los hospitales son uno de los principales productores de residuos sólidos peligrosos por naturaleza, presentan riesgos potenciales para la salud y seguridad de quienes trabajan en los hospitales y para la población en general. Su recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición constituyen un serio problema ambiental (Mato y Kassenga, 1997)

El presente estudio contribuirá a la reducción de los diferentes tipos de contaminación que se originan por el mal tratamiento que se les dan a los residuos biocontaminados del Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” que actualmente se terceriza, es así como se podrá construir una máquina para que pueda ser usada en las mismas instalaciones del Hospital. Por otro lado, el estudio ayudará a contribuir con el cuidado de la salud de las personas y del medio ambiente porque el nivel de peligrosidad de los desechos se reducirá.

Se justifica el estudio a nivel académico ya que no existe un estudio del diseño de una tecnología capaz de hacer el tratamiento de los residuos sólidos en la localidad de Trujillo

El presente tema de investigación tiene como objetivo principal el diseñar y simular una máquina de tratamiento de residuos sólidos biocontaminados generados por el Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” para reducir el nivel de contaminación previo a su eliminación/disposición final. Se pretende alcanzar este objetivo general por etapas u objetivos específicos. Primero, realizara una visita al Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” para determinar las necesidades de descontaminación biológica. Segundo, se realizará una búsqueda bibliográfica y documentaria de normativa asociada a equipos de esterilización hospitalaria en términos de requerimientos y diseño. En tercer lugar, se determinará específicamente las especificaciones de ingeniería como punto de partida del diseño. Se procederá luego a la etapa de diseño de ingeniería comenzando por el análisis de conceptos de diseño capaces de resolver el problema planteado. Luego de encontrado el concepto óptimo mediante una matriz ponderada se plantearán configuraciones candidatas según sea necesario, mismas que serán filtradas por comparación en una nueva matriz de selección. A continuación, se realizará un cálculo de letalidad según los requerimientos del hospital que verifique un grado de descontaminación adecuado. Con el concepto y la configuración seleccionados se procederá a realizar un dimensionamiento general del equipo para continuar el proceso de diseño. Llegado este punto, la selección de materiales y procesos

de fabricación se ejecutará hasta donde sea posible. El paso lógico siguiente será el diseño mecánico del recipiente de alta presión el cual se realizará en forma paramétrica. Finalizada esta etapa, se continuará con el diseño de selección de componentes estándar para luego elaborar el juego de planos del equipo. Dado que se trata de poseer un equipo propio que reduzca costos comparado con un servicio externo, se plantea un análisis económico que lo sustente.

La hipótesis del presente Informe de investigación es: El factible diseñar una Máquina para para disminuir el nivel de contaminación de residuos sólidos biocontaminados producidos por el Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta”.

II. Método

2.1. Tipo y Diseño de la investigación

La investigación aplicada es aquella que mediante acciones específicas enfrentan al problema y no están dirigidas a desarrollar teorías o resultados, teniendo como fin la solución de la problemática en un periodo corto de tiempo ,con conocimientos adquiridos a través de investigaciones (Chávez, 2015), con esta definición, podemos afirmar que el tipo de la presente investigación es Aplicada, debido a que se utiliza las teorías sobre el diseño de máquinas: esfuerzos de Von Mises y otros tipos de conocimientos previos, con la finalidad de poder ser aplicados al diseño y simulación de la máquina.

El nivel de investigación es descriptivo, Bernal (2010), dice que la investigación es de nivel descriptivo cuando se reseña los rasgos más resaltables del objeto de estudio. El presente informe de investigación caracteriza la situación actual de los residuos sólidos biocontaminados, siendo tomados como objeto de estudio.

El diseño de la investigación es No experimental de tipo transversal, Kerlinger y Lee (2002), mencionan que no se tiene pleno control con las variables predictoras, debido a que ya han ocurrido o no son manipulables; además las relaciones de las variables no las prueban. En la investigación los datos que serán recolectados son del primer trimestre del año 2019, según eso se proyectará para realizar los respectivos cálculos de la máquina.

2.2. Operacionalización de variables

Variable	Tipo	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Nivel de Contaminación	Dependiente	Cantidad de agentes nocivos que deterioran la salud humana y estado medioambiental, causados por acción humana o natural	Indicador del grado de partículas biocontaminados en un espacio cerrado o de uso común.	Peso	Cantidad de Microorganismos	Kg
Temperatura de Esterilización	Independiente	Magnitud física que nos indica incremento o disminución de la temperatura en un proceso térmico sometidos a valores de área.	Nivel de temperatura de trabajo de una autoclave que refleja el grado de desinfección de los residuos a descontaminar.	Temperatura	Nivel de Letalidad	C°
Presión de Esterilización	Independiente	Magnitud física que muestra la reacción inmediata de un cuerpo en relación a su peso o fuerza	Grado de presión aplicable a los procesos de vapor para descontaminar un residuo dentro de un recipiente hermético.	Presión	Grado de Presurización	PSI

2.3. Tipo y Diseño de la investigación

La Población son los Residuos Sólidos Biocontaminados de los establecimientos de salud de la Región La Libertad.

La Muestra son los Residuos Sólidos Biocontaminados del Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta”.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La recolección de datos en la investigación tiene como técnica el análisis documental en donde el instrumento que se usará son las fichas de registro de datos, la cual cuenta con la validez de la empresa PROMAS (Anexo 1) que es la que se encarga del pesaje de los residuos sólidos en el Hospital; la confiabilidad de estos pesajes se refleja en que los instrumentos de medición, son calibrados mensualmente en empresas certificadas para realizar el propósito final.

Adicionalmente los resultados de los parámetros de medición y control de la máquina autoclave se validarán en tablas estandarizadas según norma, para dar fe y seguridad de operación

2.5. Procedimiento

El trabajo de investigación se va a realizar con el siguiente procedimiento

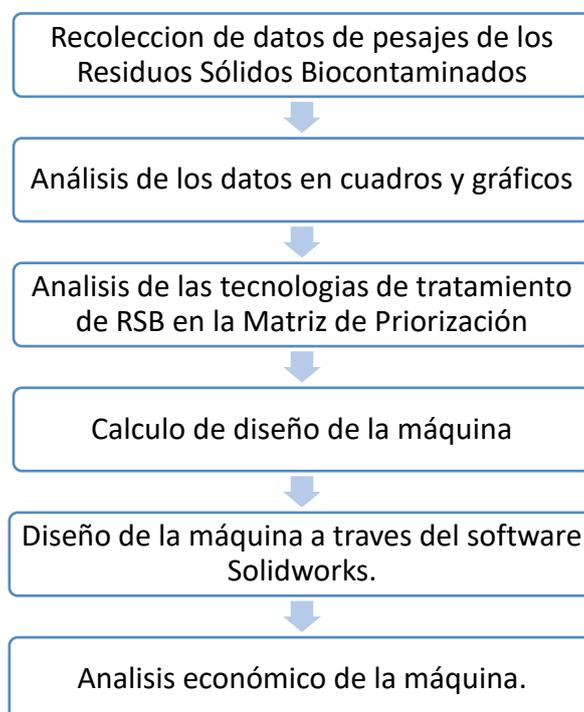


Figura 2. Procedimiento de la Investigación

2.6. Métodos de análisis de datos

Los Métodos de análisis de los datos de pesaje de Residuos Sólidos son los Cuadros estadísticos, diagrama de dispersión, y los Métodos de análisis para el diseño son los esfuerzos de Von Mises, Factor de Seguridad, Resistencias Térmicas.

2.7. Aspectos éticos

La información mostrada en la presente investigación se caracteriza por su veracidad, siendo datos verdaderos y recolectados de la empresa PROMAS; también se destaca por su originalidad, por lo cual este documento presentará las citas del material de estudio, a fin de corroborar la inexistencia del plagio intelectual.

III. Resultados

3.1. Necesidades del Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta”

Se realizó una visita al Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” ubicado en el distrito de La Esperanza, Trujillo para determinar sus necesidades de descontaminación. De esta visita se pudieron obtener tres tipos de información importante para el desarrollo de este trabajo. Primero, se pudo conocer la normativa y/o directivas bajo las cuales el hospital debería gestionar sus desechos sólidos contaminados. También se pudo obtener la demanda de esterilización de desechos sólidos contaminados debido a la producción de los mismos por parte del hospital. Finalmente, se buscó los tipos de material de desecho clínico, sus porcentajes de participación en el global y los microorganismos nocivos esperados.

El hospital en mención está regido por la Norma Técnica de Salud 144-MINSA/2018/DIGESA: “Gestión Integral y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud (EESS), Servicios Médicos de Apoyo (SMA) y Centros de Investigación (CI)”. En la Tabla 2 se puede ver un resumen de las exigencias de la normativa bajo la cual debería operar el hospital. En el Anexo 6 se puede apreciar esta Norma.

Se encontró que la demanda de eliminación de residuos sólidos biocontaminados del hospital es de aproximadamente de 800 kg/día como límite superior. En la Figura 3 se tiene el reporte condensado del pesaje de residuos sólidos biocontaminados producidos por el hospital diariamente durante los tres primeros meses del año 2019. Los registros completos de pesos de material contaminado producido por el hospital, se encuentran reportados en la Tabla 17 al final del Anexo 1.

No se encontraron reportes de los tipos de desecho biocontaminados ni mucho menos de sus porcentajes para el Hospital “Virgen de la Puerta”. Tampoco se conoce a ciencia cierta la cantidad y tipos de microorganismos presentes. Debido a ello se procedió a utilizar la información reportada por el Ministerio de Salud MINSA (1995) que condensa un estudio de materiales clínicos biocontaminados producidos por el Hospital Regional Docente de Trujillo como desecho. En la Tabla 3 se puede observar esta información. Es necesario indicar que este estudio del MINSA no reporta los tipos de microorganismos detectados en los residuos sólidos biocontaminados. La caracterización de los microorganismos presentes en desechos se estimó mediante un reporte hospitalario de la literatura (CETESB, 1981) los cuales se muestran en la Tabla 4.

Tabla 2.

Exigencias de la normativa NTS 144-MINSA

Criterios para la selección del tipo de tratamiento	Para poder seleccionar el mejor tipo de tratamiento más adecuado de los residuos sólidos, es conveniente evaluar diferentes factores, algunos de ellos son: Impacto ambiental, costos y tiempos de instalación, suministros necesarios para la instalación del equipo, costos operativos y de mantenimiento, factores de seguridad del personal
Consideraciones para la selección	La alternativa seleccionada no debe generar ningún tipo de gases, ni liquido contaminantes durante el proceso de tratamiento.
Requerimiento para el tratamiento de los residuos sólidos	El hospital debe contar con uno de los procesos de tratamiento, los cuales son: la esterilización pro autoclave, desinfección por microondas, incineración, entre otros sistemas.

Fuente: Propia

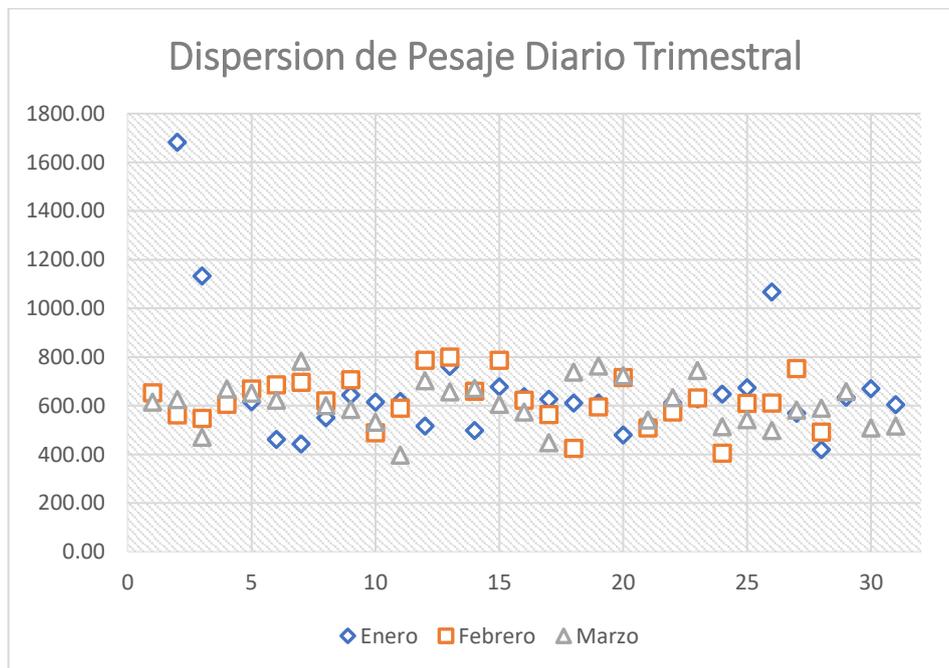


Figura 3. Dispersión de los pesajes de residuos biocontaminados del primer trimestres del año 2019

Fuente: PROMAS

Tabla 3.

Detalle de desechos biocontaminados producidos por el Hospital Regional Docente de Trujillo.

COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS DE HOSPITALES PERÚ	
MATERIAL	COMPOSICIÓN (%)
Papel	37
Cartón	3
Plástico	9.7
Yeso	2
Placenta y otros,	2.1
Vidrio	4
Algodón y gasa	15.5
Otros	26.5

Fuente: Ministerio de Salud (1995)

Tabla 4.

Microorganismos presentes en residuos sólidos hospitalarios

Tipo	Nombre
	BACILO GRAM NEGATIVO ENTERICOS: Coliformes Shigella sp. Salmonella typhi
Bacteria	OTROS BACILOS GRAM NEGATIVOS: Pseudomonas
	COCOS GRAM POSITIVOS: Estreptococos Staphylococcus Aureus
Hongos	Candida Albicans
Virus	Polio Tipo I Virus entéricos Virus de Hepatitis A y B Bacilo Tuberculoso (Bacilo de Koch)

Fuente: CETESB, 1995

3.2. Normativa asociada al diseño de equipos de esterilización hospitalaria

3.2.1. Norma UNE EN 285:2016.

Esta norma europea especifica los ensayos y requisitos pertinentes aplicables a los esterilizadores a vapor de agua grandes utilizados en aplicaciones sanitarias, en el Anexo 7 se puede apreciar la norma.

3.2.1. Norma ISO 17665-1:2016.

Especifica los requisitos para el desarrollo, validación, control de la rutina de un proceso de esterilización, por el calor húmedo en dispositivos de médicos, en el Anexo 8, se aprecia la norma.

3.2.3. Norma ISO 11138-1:2017.

Especifica los métodos de prueba y las características de rendimiento de los indicadores biológicos para la validación de los procesos de esterilización, una vista de esta norma se aprecia en el Anexo 9.

3.3. Especificaciones de ingeniería

Luego de analizar la información obtenida en la visita al hospital y la normativa relacionada, se elaboró el cuadro de especificaciones de ingeniería el cual se muestra en la tabla No. XX. Este cuadro presenta un buen punto de partida para un sólido inicio del proceso de diseño. Se especificó la cantidad diaria de los residuos que deberá tratar la máquina a diseñar. Esta cantidad se especificó en la tabla 5.

Tabla 5.

Especificaciones de ingeniería.

Parámetro	Rango	Unidad de medida
Masa de residuos sólidos a tratar	> 800	Kg/día
Temperatura mínima de operación	> 121	°C
Temperatura máxima de operación	< 135	°C

Fuente: Propia

3.4. Diseño de Conceptual

Se generaron 03 conceptos de diseño capaces de resolver el problema planteado por los desechos biocontaminados producidos por el hospital. Estos fueron filtrados por una matriz de selección de criterios ponderados.

CONCEPTO 1: Autoclave (Proceso de vapor caliente)

Este proceso se basa según el Manual de Esterilización y Desinfección hospitalaria (MINSA, 2002). El autolavado es un proceso de tratamiento térmico el cual utiliza vapor (este puede ser vapor húmedo o sobrecalentado), en un recipiente de presión metálico con paredes de espesor considerable y cierre hermético, que permite trabajar a altas presiones para poder realizar la esterilización con vapor de agua, esto con la finalidad de destruir los patógenos presentes en los residuos sólidos (RM N° 1295, 2018).

Las ventajas de este tipo de sistema son los altos grados de efectividad que se tiene, no produce emisiones gaseosas consideradas peligrosas, fácil operación y los efluentes son estériles (RM N° 217, 2004).

Algunas de sus desventajas es que requiere de una línea de vapor, no reduce los desechos de los volúmenes tratados (RM N° 217, 2004).

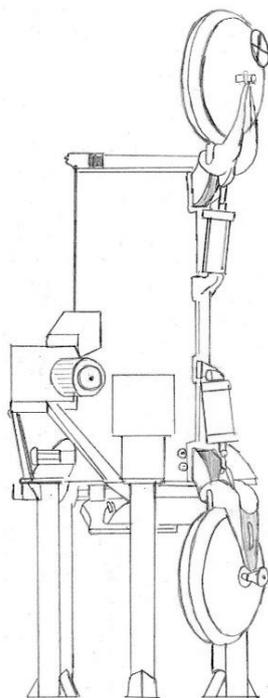


Figura 4. Autoclave

Fuente: Adaptado de Manual de Esterilización y desinfección hospitalaria (MINSA, 2002)

CONCEPTO 2: Incinerador

El concepto fue adaptado del trabajo de Flores (2012). La incineración consiste es el proceso en el cual los residuos son quemados, produciendo oxidación química bajo condiciones controladas para la oxidación de del carbón e hidrogeno, destruyendo así a los patógenos presentes en los desechos. Se debe tener en cuenta que la máquina debe presentar con dos o más cámaras de incineración, la cuales, la cámara principal debe tener una temperatura de entre 650 °C a 850 °C, temperatura en donde combustionan los desechos con contenido de patógenos; la cámara secundaria debe tener una temperatura de 1200 °C para poder neutralizar los gases tóxicos de la quema de plásticos que emana de la cámara principal. (RM N° 1295, 2018).

Las ventajas de este tipo de tratamiento son que el volumen de los residuos disminuye en un 90%, elimina todos los patógenos si se opera de manera adecuada y destruye los materiales con contenido orgánico (RM N° 217, 2004).

Las desventajas de este tipo de sistema son los riesgo que implicar trabajar con elevadas temperaturas, estos pueden causar accidentes letales mientras este en funcionamiento debido a fogonazos, costo de la operación y de mantenimiento son elevados, requieres de personal altamente calificado para su operación y tiene riesgos de emisiones de sustancias tóxicas en la atmosfera (RM N° 217, 2004).

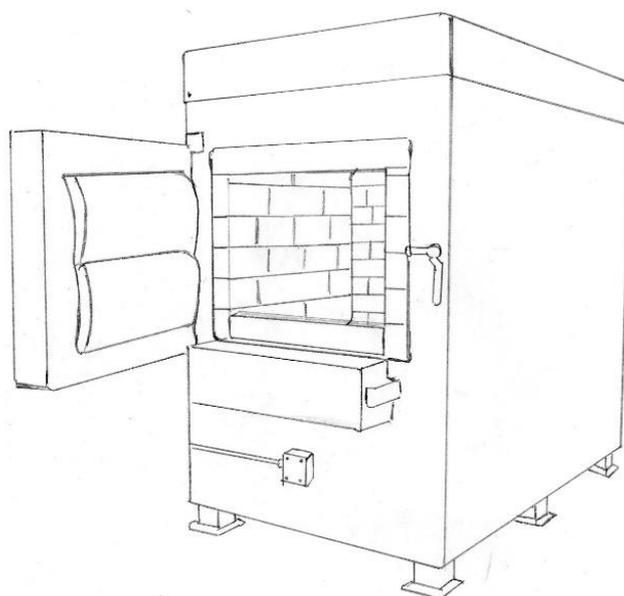


Figura 5. Incinerador de una cámara funcional

Fuente: Adaptado de Flores (2012)

CONCEPTO 3: Microondas

El concepto es basado en la investigación de Martínez (2016). El proceso de esterilización por microondas consiste en aplicar la radiación electromagnética de corta longitud de onda a una frecuencia característica. Esta radiación afecta a las moléculas de agua que contiene materia orgánica, ocasionando que se friccionen entre sí produciendo calor elevando la temperatura de la materia, causando la esterilización de los desechos (RM N° 1298, 2018).

La ventaja de este tipo de sistema es que los residuos reducen su volumen hasta en un 60%, bajo riesgo de operación y no genera efluentes (RM N° 217, 2004).

Las desventajas de este tipo de tratamiento es que requiere de un proceso de trituración antes de realizar el tratamiento para que pueda aumentar la efectividad de la esterilización, su alto costo de inversión, el costo del mantenimiento es elevado, requiere de personal entrenado para su operación, no todo los parásito y bacterias son destruidos y no es apropiado para tratar la cantidad superior de 800 Kg (RM N° 217, 2004).

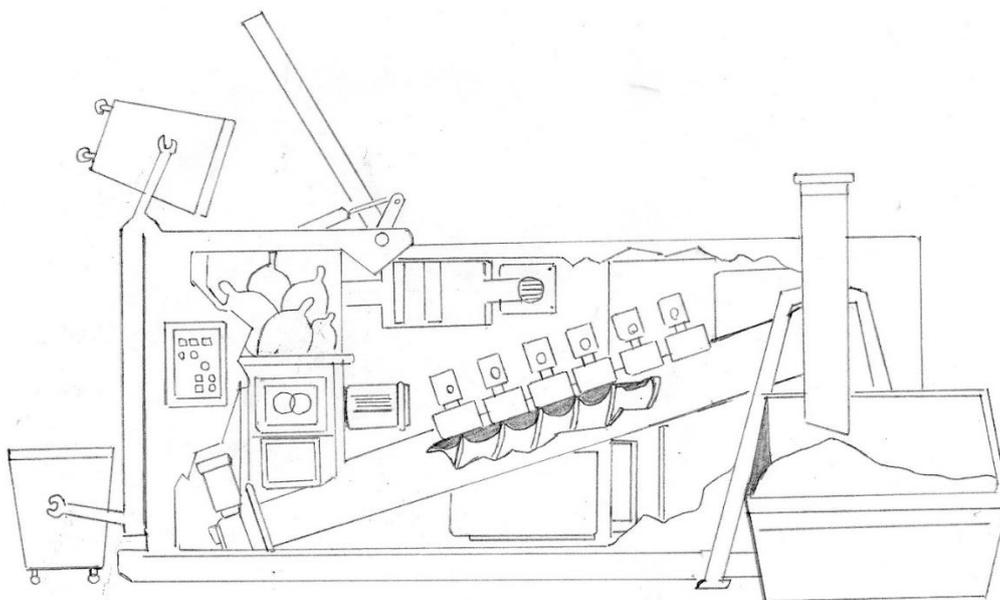


Figura 6. Esterilización por Microondas

Fuente: Adaptado de Martínez (2016)

3.4.1. Selección de mejor concepto de diseño

Se utilizó una matriz de selección de criterios ponderados para extraer el mejor concepto para el tratamiento de los residuos sólidos, en función a los criterios de selección mencionados en la Tabla 6.

El valor de los porcentajes de ponderación se seleccionó teniendo en consideración de las necesidades del hospital, los valores asignados se tomaron en una escala del 1 al 10, en donde el valor 1 significa un nivel pésimo de funcionalidad/desempeño, y el valor 10 significa una excelente funcionalidad/desempeño para el criterio seleccionado, estos valores asignados son mostrados en la tabla N° 7.

Luego de asignar los valores de los criterios en la matriz de ponderación, ver tabla 8, se halló al mejor concepto para los criterios evaluados el autoclave, el cual podrá realizar el tratamiento de los residuos sólidos biocontaminados del hospital.

Tabla 6.

Criterios de selección de Alternativas

Criterio	Definición
Nivel de esterilización	El nivel de esterilización que puede alcanzar la alternativa en funcionamiento normal.
Seguridad de Operación	La seguridad que tiene la máquina para la seguridad del establecimiento y de los operarios
Mantenibilidad	El grado de mantenimiento que se le pueda brindar a la alternativa
Impacto Ambiental	Se evalúa el grado que repercute en el ambiente.
Reducción de volumen	El nivel de reducción del volumen de reducción de los desechos

Fuente: Propia

Tabla 7.

Escala de ponderación para los criterios seleccionados

Criterio	Escala de ponderación	
	Menor Valor: 1	Mayor Valor: 10
Nivel de esterilización	No alcanza la esterilización de todos los microorganismos de los residuos	Logra esterilizar completamente los residuos.
Seguridad de Operación	La operación del sistema implica un alto grado de peligro para el operario	No implica peligro para el operario que trabaja con el sistema.
Mantenibilidad	Dificultades al realiza el mantenimiento correctivo del sistema	Se puede realizar el mantenimiento correctivo del sistema sin complicaciones
Impacto Ambiental	El sistema en funcionamiento provoca daños en el medio ambiente	El sistema no provoca ningún tipo de daño al medio ambiente
Reducción de volumen	No reduce la cantidad de los residuos sólidos de manera independiente.	Reduce el volumen de los residuos a cantidades mínimas

Fuente: Propia

Tabla 8.

Matriz de Selección de Mejor Alternativa

MATRIZ DE SELECCION							
CONCEPTOS		ALTERNATIVAS					
CRITERIOS DE SELECCION	%	AUTOCLAVE	INCINERADOR		MICROONDAS		
Nivel de Esterilización	40	9	3.60	9	3.60	5	2.00
Seguridad de Operación	25	7	1.75	3	0.75	7	1.75
Mantenibilidad	15	8	1.20	4	0.60	7	1.05
Impacto ambiental	10	8	0.80	3	0.30	7	0.70
Reducción de Volumen/Masa	10	6	0.60	8	0.80	3	0.30
Total	100		7.95		6.05		5.80

Fuente: Propia

3.5. Diseño de configuración

El diseño de configuración permite analizar de forma particular el diseño, en base a requerimientos y necesidades del cliente, configura un producto o un sistema a partir de componentes prediseñados (Bacab, 2015). Se desarrollaron dos configuraciones tentativas con potencial para aportar en la solución del problema planteado.

Configuración No 1: Autoclave Cilíndrica Horizontal

Este concepto se basa el proyecto de Estrada (2001). Las autoclaves de este tipo constan de pared simple o doble, cuyo rango de soporte de presión es de 30 Lbs/pulg². Su efectividad radica en que, a mayor temperatura, mayor será la temperatura de ebullición del agua. No son adecuados para laboratorios de investigación. Por otro lado, su costo es menor que el del autoclave vertical. Las ventajas y desventajas se pueden ver en el Anexo 10. En la figura 7 se muestra la autoclave cilíndrica horizontal

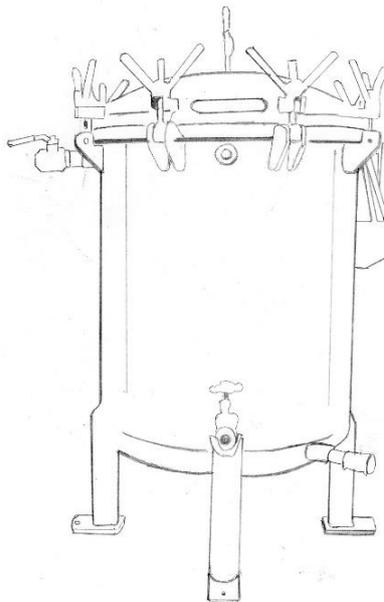


Figura 7. Autoclave cilíndrico vertical

Fuente: Adaptado de Estrada 2001

Configuración No 2: Autoclave Cilíndrica Vertical

El diseño se basa en el modelo de Manual de Diseño de Equipos e Instalaciones (2003). Las autoclaves cilíndricas verticales cuentan con sistemas de bandejas portátiles, teniendo la dificultad de llenado y vaciado con el material desechado cuando los desechos contaminados están calientes. Las ventajas y desventajas se pueden ver en el Anexo 10. En la Figura 8 se muestra la autoclave cilíndrica vertical.

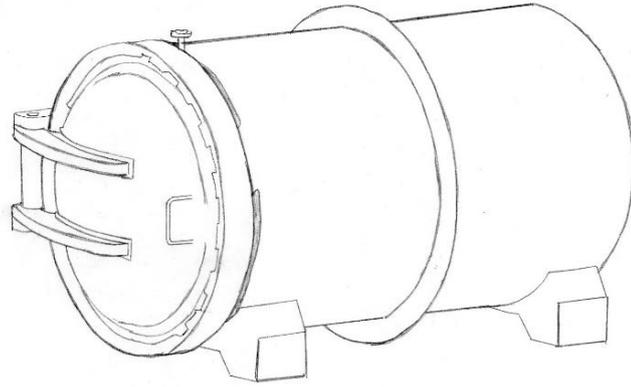


Figura 8. Autoclave cilíndrico horizontal

Fuente: Adaptado de de Manual de Diseño de Equipos e Instalaciones (2003).

3.4.2. Matriz de selección para configuración de autoclave

En la tabla 9 se puede apreciar la realización de la matriz de selección para determinar la posición de la autoclave cilíndrica. Se evaluó 2 alternativas, las cuales son: Horizontal y Vertical. Las alternativas fueron evaluadas en función a criterios de selección y porcentajes asignados, siendo estos: Menor costo de fabricación, Fácil mantenibilidad, área de planta, facilidad de instalación. La ponderación respectiva se realizó en función de las ventajas y desventajas de cada tipo de posición propuesta. A continuación, se describe los valores asignados a cada criterio de selección:

En el criterio de menor costo de fabricación, el valor 0 indica el menor costo requerido para la fabricación de la máquina y el valor 10 indica mayor costo de la máquina.

En el criterio de Fácil mantenibilidad, el valor 0 indica mayor dificultad para el mantenimiento de la máquina y el valor 10 indica menor nivel de dificultad de la autoclave.

En el criterio área de planta, el valor 0 indica la necesidad de menor área para la instalación de la máquina y el valor 10 indica el requerimiento de mayor área para su operación e instalación.

En el criterio área facilidad de Instalación, el valor 0 indica menor dificultad para la instalación de la autoclave y el valor 10 indica mayor dificultad para la instalación de la autoclave.

En el criterio capacidad de fluido, el valor 0 indica menor disponibilidad de trabajo de fluido en la cámara de la autoclave y el valor 10 indica mayor disponibilidad de trabajo del fluido.

La configuración 1, resulta ser la más óptima para el diseño y fabricación de la autoclave cilíndrica con un valor acumulado de 7.9 en relación a la configuración 2

Tabla 9.

Matriz de ponderación de configuración

MATRIZ DE SELECCION					
CONCEPTOS		ALTERNATIVAS			
CRITERIOS DE SELECCION	%	Autoclave Cilíndrica Vertical		Autoclave Cilíndrica Horizontal	
Menor Costo de Fabricación	25	8	2	6	1.5
Fácil Mantenibilidad	15	9	1.35	7	1.05
Área de Planta	10	7	0.7	5	0.5
Facilidad de Instalación	15	7	1.05	5	0.75
Capacidad de Fluido	35	8	2.8	7	2.45
Total	100	39	7.9	30	6.25

Fuente: Propia

3.6. Análisis de letalidad

3.6.1 Ciclo de Esterilización por Vapor en Autoclave

Para la eliminación efectiva de las colonias de microorganismos se requiere del diseño del ciclo de esterilización. Este se diseñó para este trabajo siguiendo las recomendaciones de Teng et. al. (Teng et. al., 2015). Se sabe que el rango de temperatura recomendado para estos procesos en autoclave esta entre 121 °C y 135°C. y la presión de trabajo recomendada según La Rosa (1999), es de 3 bar en el proceso de esterilización. En este trabajo se planteó el ciclo mostrado en la Figura 9.

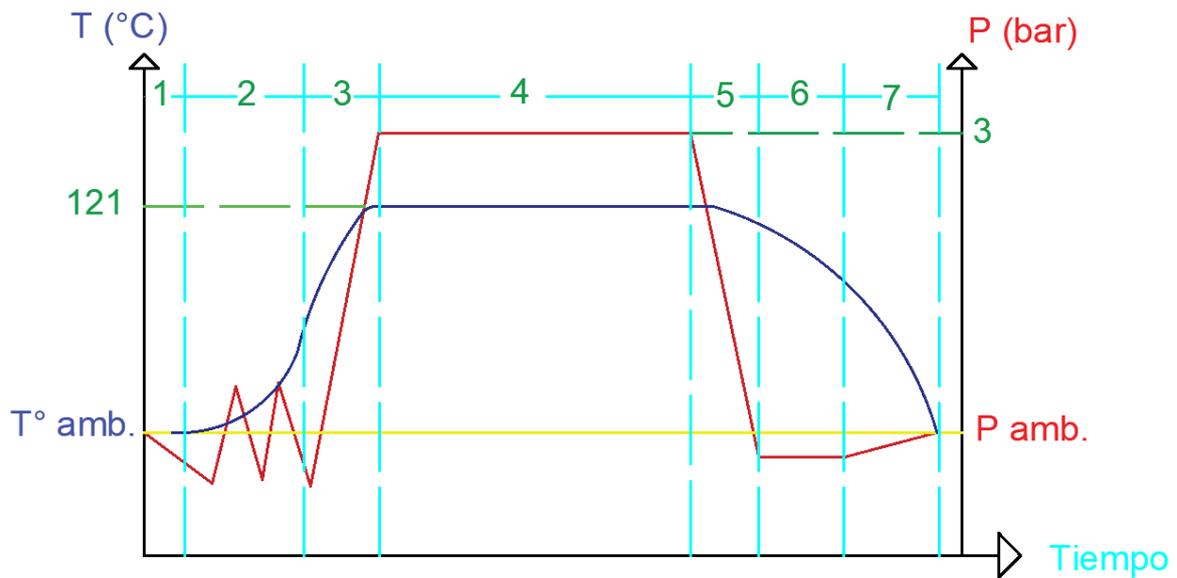


Figura 9. Curvas de temperatura y presión en ciclo de esterilización por vapor

Fuente: Adaptada de Teng (2015)

La figura 9 nos muestra las curvas de temperatura y presión en el proceso de esterilización con vapor en los autoclaves, el funcionamiento de este sistema se encuentra en el anexo 11.

3.6.2 Análisis de letalidad del proceso de esterilización

Debido a la inexistencia de la información de los microorganismos presentes en los residuos sólidos del Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” se procedió a utilizar la información de un reporte del Ministerio de Salud (MINSA, 1995) que estudio los desechos sólidos generados por el Hospital Regional Docente de Trujillo y un reporte técnico clínico de una entidad extranjera. Esta información se organizó en la Tabla 10.

Tabla 10.

Valores de Temperatura y tiempo de muerte de los microorganismos

Bacterias	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
Coliformes	60	20
Shigella sp.	60	20
Salmonella typhi	55	60
Otros bacilos gran positivos		
Pseudomonas	121	9
Cocos Gram Positivos		
Estreptococos	54	10
Staphylococcus Aureus	60	15
Hongos		
Candida Albicans		
Virus		
Polio Tipo I	60	5
Virus entéricos	60	10
Virus de Hepatitis A y B	90	1.5
Bacilo Tuberculoso (Bacilo de Koch)	60	15

Fuente: Ministerio de Salud (1995)

Los datos de la temperatura y tiempo de muerte, nos ayudaron para el cálculo de la temperatura crítica de tratamiento, junto a los tiempos de tratamiento.

La cinética de muerte térmica de los microorganismos, ver Anexo 12, nos ofrece las ecuaciones para la rectificación de los tiempos de esterilización (ecuación 1).

$$D2 = D1 * 10^{\frac{T1-T2}{Z}} \dots (1)$$

Donde:

D1: Tiempo de reducción microbiana a temperatura de referencia

D2: Tiempo de reducción microbiana a temperatura de evaluación

T1: Temperatura de muerte del microorganismo de referencia

T2: Temperatura de muerte térmica del microorganismo de evaluación.

Z: pendiente de muerte térmica de los microorganismos

Los microorganismos evaluados en la tabla 10, se evaluarán a la temperatura crítica de 121°C, debido a que esta es la temperatura del microorganismo más resistente de los encontrados en los residuos sólidos biocontaminados hospitalarios. Fedegari Group (2014) nos recomienda que, si no se saben los valores Z de los microorganismos, se tome como valor de referencia a 10 °C en procesos de Temperatura T entre 100°C y 130°C. es así que tenemos los siguientes resultados a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11.

Valores modificados de tiempos de muerte térmica a una temperatura de 121°C

Bacterias	Temperatura T1 (°C)	Tiempo D1 (min)	Temperatura T2 (°C)	Tiempo D2 (min)
Coliformes	60	20	121	1.588E-05
Shigella sp.	60	20	121	1.589E-05
Salmonella typhi	55	60	121	1.507E-05
Otros bacilos gran positivos				
Pseudomonas	121	9	121	9
Cocos Gram Positivos				
Estreptococos	54	10	121	1.995E-06
Staphylococcus Aureus	60	15	121	1.191E-05
Hongos				
Candida Albicans	80	30	121	2.383E-03
Virus				
Polio Tipo I	60	5	121	3.972E-06
Virus entéricos	60	10	121	7.943E-06
Virus de Hepatitis A y B	90	1.5	121	1.191E-03
Bacilo Tuberculoso (Bacilo de Koch)	60	15	121	1.191E-05

Fuente: Propia

Las recomendaciones del manual de esterilización de los centros de salud (2008), nos indica que la temperatura de esterilización por vapor en autoclaves debe realizarse entre las temperaturas entre 121°C y 135°C, por un tiempo no menor a 5 minutos, asegurando la calidad del proceso de esterilización. También la Tabla 11 muestra a la bacteria *Pseudomonas* como la más resistente a la esterilización térmica con 9 min requeridos para reducción de sus colonias en un 90% a 121 °C.

Por lo tanto, se tiene que usar al microorganismo más resistente para parametrizar

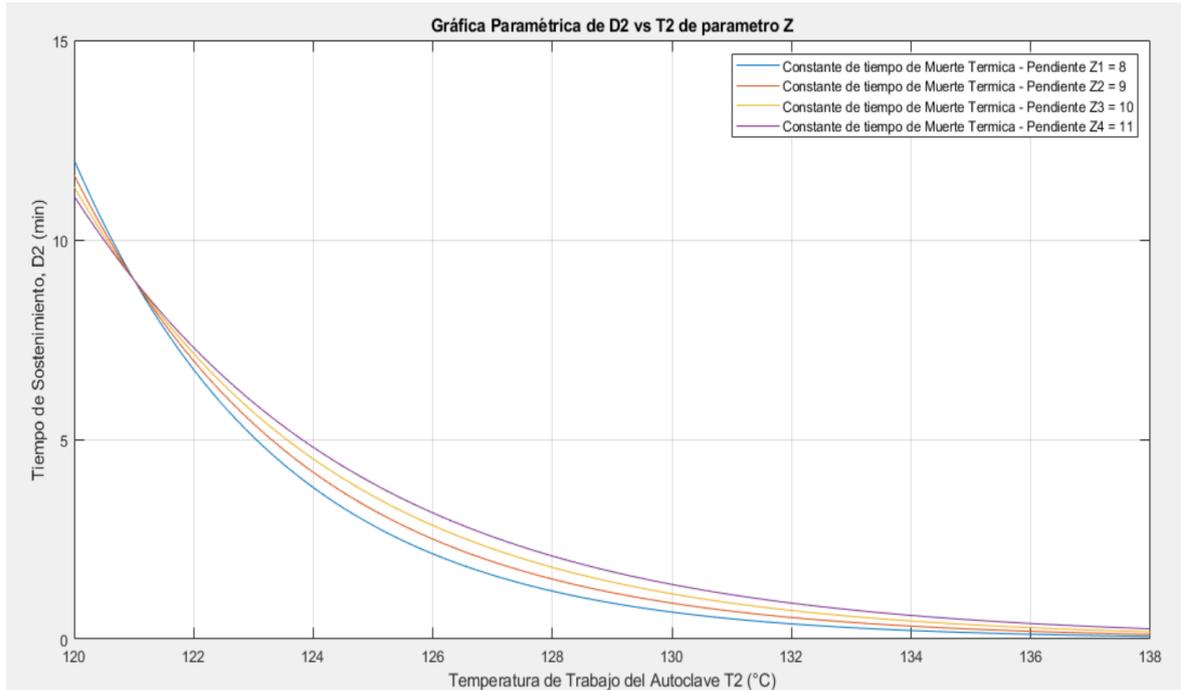


Figura 10. Grafica paramétrica de Tiempo vs Temperatura con respecto a la constante de muerte térmica

En la Figura 10 se muestra la variación del tiempo de sostenimiento(D2) y Temperatura de la autoclave(T2) en relación de las constantes de muerte térmica Z1, Z2, Z3, Z4 asignadas; por lo cual se encontró y comprobó que la temperatura de 121 C y tiempo de sostenimiento de 9 minutos son valores estándares óptimos para la muerte térmica de los microorganismos de análisis en la investigación; esto se refleja en el punto de inflexión de las curvas logarítmicas.

3.7. Dimensionamiento general del equipo

A través de la visita técnica realizada al hospital, se tomó en cuenta las dimensiones que debe tener la máquina, es así que la altura de la cámara debe tener un aproximado de 1.70 m y que el radio de la cámara no debe tener más que 1 m de diámetro como se muestra en la Figura 11.

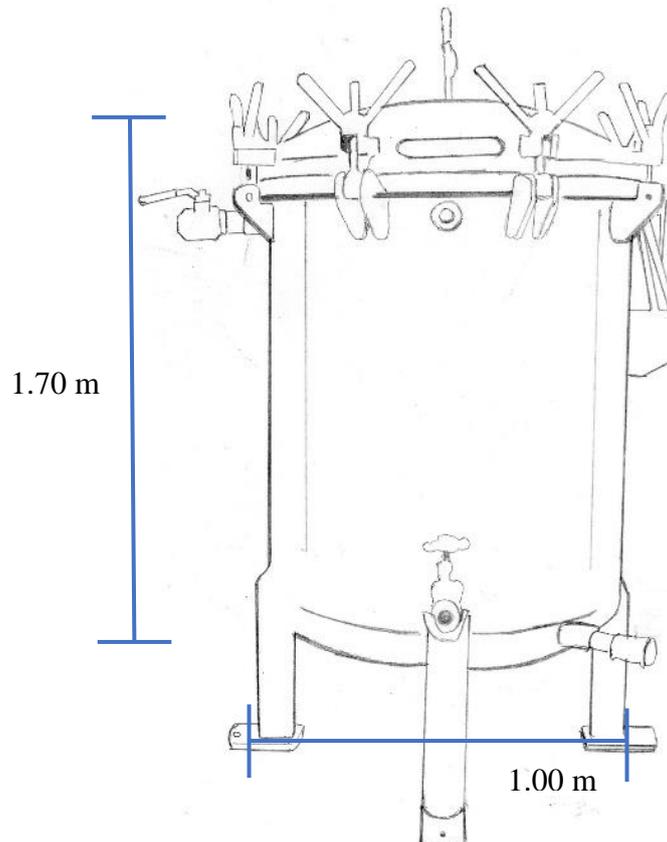


Figura 11. Dimensionamiento del autoclave

Fuente: propia

3.8. Material para la cámara y cabezal cilíndrico

El material que se va a utilizar debe estar normado por la Norma ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección II, los materiales que son aptos para la fabricación de los autoclaves se encuentran en el Anexo 13. Para determinar los espesores se requiere tener en consideración los factores de seguridad, las cuales por norma deben ser mayor a 3.5.

Los materiales escogidos son 3 los cuales son SA 283 Gr C, SA 515 Gr 55, SA 516 Ge 60. Los datos de los materiales escogidos para el análisis se encuentran en la tabla 12.

Tabla 12.

Propiedades de los materiales

Propiedades	SA 283 Gr C	SA 515 Gr 55	SA 516 Gr 60	Unidades
Esfuerzo máximo permisible	892.898	970.236	1054.60	Kg/cm ²
Módulo elástico	190000	200000	200000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.29	0.29	0.29	----
Modulo cortante	73000	80000	80000	N/mm ²
Densidad de masa	7800	7800	7800	Kg/m ³
Conductividad térmica	51	52	52	W/m*°C
Calor especifico	470	470	470	J/Kg *°C

3.9. Diseño de componentes en forma paramétrica

3.9.1. Determinación analítica de espesores de la cámara cilíndrica y los cabezales

La parametrización de los cálculos de los espesores se realizará con ayuda de la caja negra, se encuentra en el Anexo 4, los cuales nos servirán como base para la obtención de los valores de factor de seguridad, variando los espesores y seleccionando uno de los tres tipos de materiales que pueden ser implementados.

El cálculo analítico de los espesores y Factores de Seguridad de la Cámara Cilíndrica y de la tapa torisférica se programaron en una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) dentro del paquete de aplicación Matlab® con la intención de hallar las mejores condiciones de seguridad para espesores de los diferentes Materiales utilizados en el análisis. El programa permite Calcular los esfuerzos obtenidos planteados y el factor seguridad, cuyas fórmulas se encuentran en el Anexo 15, además, también se realizó el barrido de datos, calculando de manera individual los factores de seguridad con el cual aseguramos que el GUI esté funcionando perfectamente sin arrojar datos erróneos; ingresando valores como el radio interior de la cámara, material de la cámara, Longitud de la cámara. En la figura 12 y 13 se muestra la interfaz creada con los datos optimizados.

El Programa permite calcular el mejor espesor del cilindro teniendo en cuenta el Factor seguridad, y el criterio de Factor de Seguridad Mínimo para los Recipientes

Sometidos a Presión Interna están establecidos en la Norma ASME Sección VIII División 1.

Finalmente se decidió por elegir al material SA – 515 Grado 55, para el cuerpo y la tapa torisférica del autoclave por sus propiedades mecánicas y al ser un mejor material para trabajar con temperaturas medias. Los espesores calculados a través de la interfaz son de 10 mm para la cámara cilíndrica con un factor de seguridad de 3.92; así mismo se escogerá un espesor de 5 mm para la tapa torisférica, obteniendo como factor de seguridad el valor de 16.37.

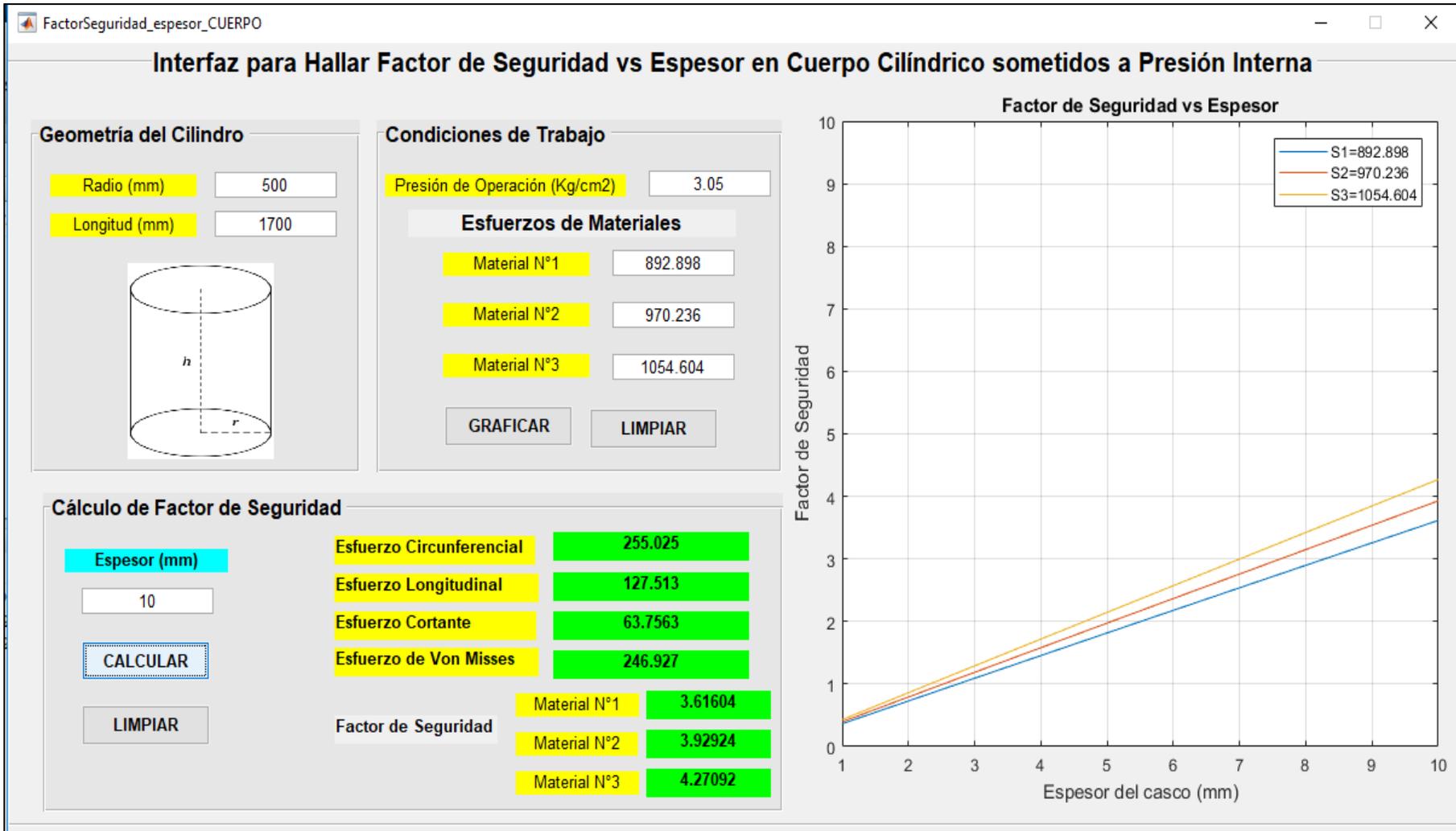


Figura 12. GUI MatLab para el cálculo de Factor de Seguridad en Cuerpo Cilíndrico

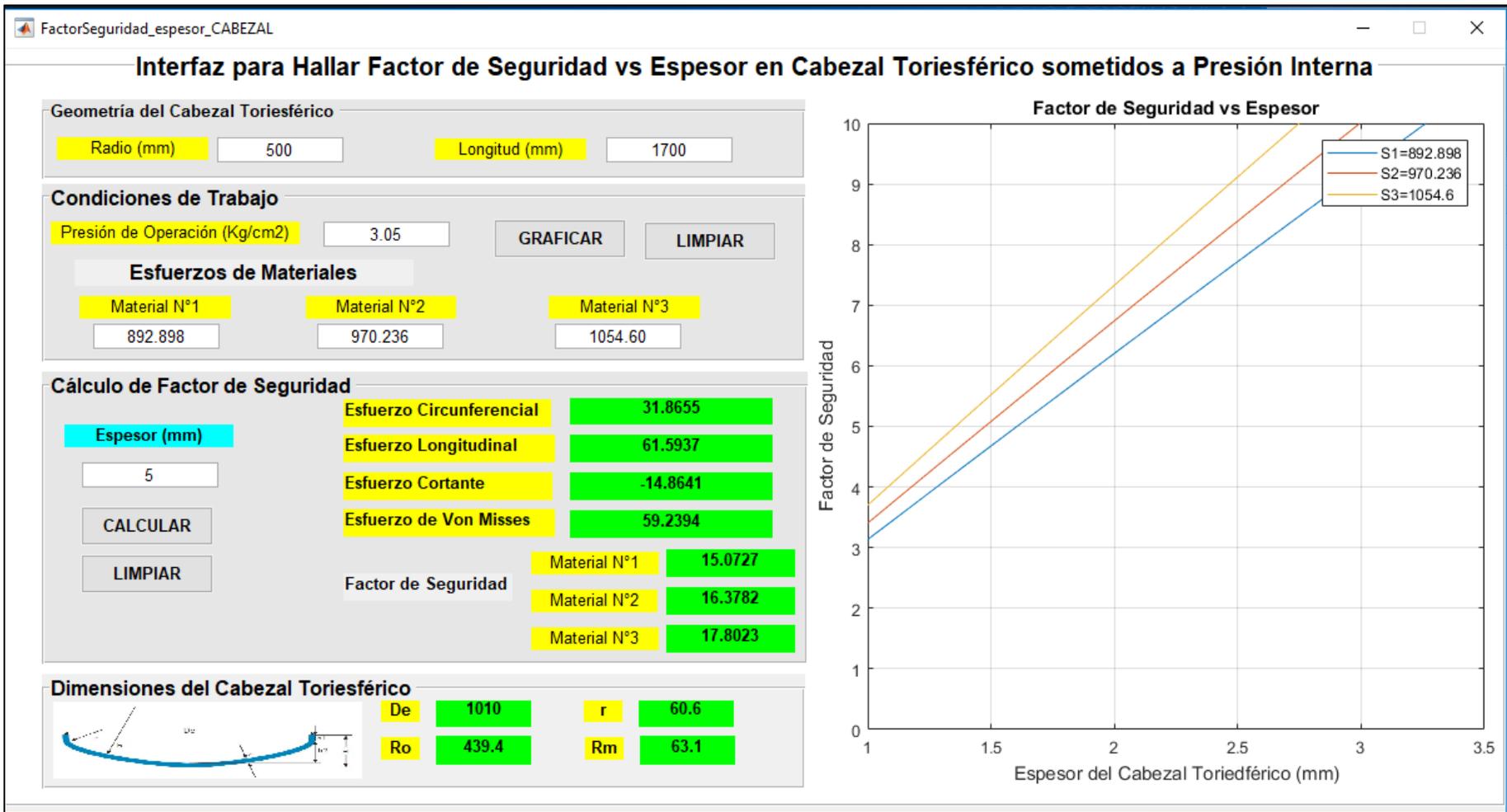


Figura 13. GUI MatLab para el cálculo de Factor de Seguridad en Tapas Torisférica

3.10. Diseño de selección

Tomando como referencia los componentes principales de la autoclave (Ver Anexo 5), se procede al diseño de selección de la misma, teniendo en cuenta los requerimientos de operación de la máquina. Adicionalmente se detalla el proveedor por cada componente. Ver tabla 13.

Tabla 13.

Componentes de la Autoclave

Designación	Requerimiento	Equipo seleccionado	Proveedor
Tanque a presión	Acero al carbono	Tanque a presión Vertical	Dafumechanical (2018)
Válvula de Seguridad	Presión de 5 Bar	Válvula de Seguridad Modelo VSGR de 1/2" - 2 1/2" Npt	TECVAl (2018)
Válvula Reguladora de Presión	Reducción de presión de 12 a 3 Bar	Válvula Reductora de Presión RKT Modelo DR 7541	Genera Vapor (2018)
Eyector de Vapor Venturi	Temperatura máxima de 121 ° C y Presión de 3 Bar	Eyector Venturi Compacto, Serie VEC	CAMOZZI (2018)

3.11. Diseño de detalle

Luego de concluido el diseño conceptual, de configuración y paramétrico, así como la selección de componentes estándar se continuo hacia el diseño de detalle. Este comprende la elaboración de los planos de la máquina. El plano general del equipo de autoclave se puede ver en la Figura 14 y el juego completo de planos (plano general, plano de ensamble y planos de despiece) se presentan en el Anexo 16.

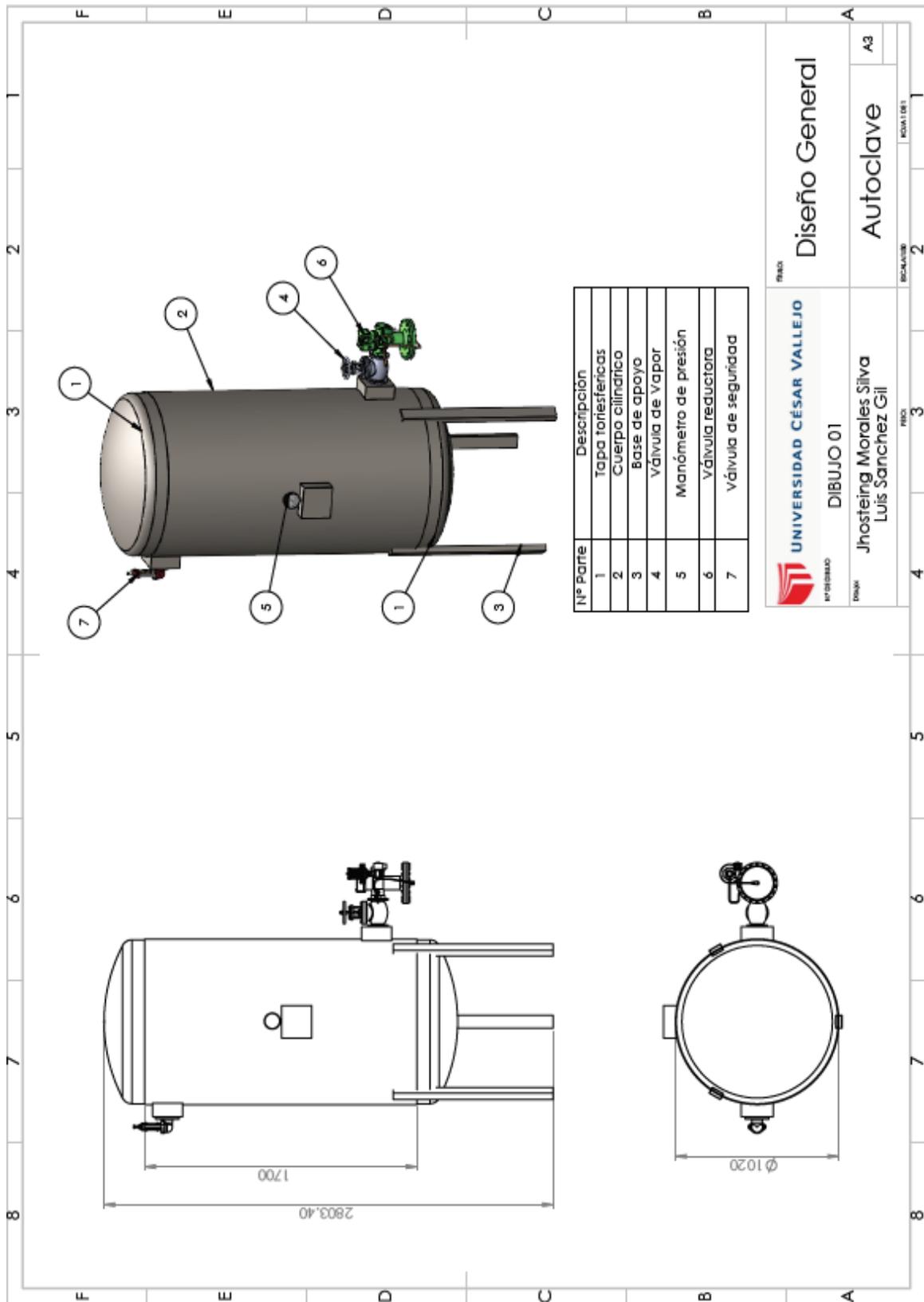


Figura 14. Plano general

Fuente: Propia

3.12. Análisis económico

3.8.1 Presupuesto

En el presente análisis de costos para la fabricación de la autoclave, se tiene en cuenta: costos de mano de obra, costos de materiales, costos de procesos y costos de equipamiento. El material común aplicado a las piezas evaluadas de la maquina es “SA 515 Grado 55”. Los costos unitarios de los recursos especificados para cada componente de la máquina esterilizadora son cifras promedio de acuerdo al mercado. En la siguiente tabla se muestra el costo total de la maquina teniendo en consideración los componentes de diseño de selección de la misma.

Tabla 14.

Presupuesto de fabricación de la máquina autoclave

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (S/.)	TOTAL
MATERIALES				
Plancha SA 515 -Grado 55				
Cuerpo Cilíndrico	kg	540	6.07	3277.8
Tapa Toriesférica	kg	94	6.07	570.58
Anillos de Sellado	Kg	27	6.07	163.89
Articulaciones	Kg	15	6.07	91.05
Soldadura	Kg	4	17	68
Piedra Abrasiva	Kg	2	50	100
			Subtotal	4271.32
PROCESOS				
Rolado Y Soldado	H/m	450	1.65	742.5
Prensado y rebordeado	H/m	60	3.3	198
CNC	H/m	24	8	192
			Subtotal	1132.5
MANO DE OBRA				
Operario	H/h	42	12	504
Ayudante	H/h	30	10	300
			Subtotal	804
COSTOS DE DISEÑO DE SELECCIÓN				
Válvula de control de Presión	Unidad	2	550	1100
Válvula de seguridad	Unidad	1	470	470
Mecanismo de expulsión de aire	Unidad	1	3500	3500
			Subtotal	5070
SUBTOTAL				11277.82
IGV				2030.008

3.8.2 Comparación de alternativas

En nuestro caso se compararon dos alternativas: contratar una empresa privada para que se encargue de los desechos o comprar un equipo de autoclavado diseñado y fabricado a medida. En el primer caso el hospital debe gastar 1 344 000 soles/año y en el segundo una inversión inicial de 13307 soles con un costo de mantenimiento anual de 8000 soles. Se utilizó una tasa de interés bancario de 8% anual y se asumió 5 años como periodo de comparación. Debido a las características del análisis se escogió el Método del Valor Presente, MVP, (Eggert, 2001) cuyo cálculo requiere el uso de la fórmula del Valor Presente de una Serie de Pagos Uniforme (SPPW):

$$\frac{P}{A} = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \dots (2)$$

Donde:

$\frac{P}{A}$: Razón de Valor Presente de una Serie de Pagos Uniforme

i : Tasa de interés anual (%)

n : Numero de periodos (adim.)

Entonces el valor de presente que considera el contratar a una empresa privada para que realice el proceso de desecho viene dado por:

$$PW_{Privado} = -A_{privado} * \frac{P}{A} = -A_{privado} * \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \dots (3)$$

Donde:

$PW_{Privado}$: Valor presente de la alternativa privada (Soles)

$A_{privado}$: Desembolso anual con la alternativa privada (Soles)

$$PW_{Privado} = -1\,344\,000 * \frac{(1+0.08)^5 - 1}{0.08(1+0.08)^5} = -5366200 \text{ soles}$$

El valor de presente que considera a la empresa adquiriendo un equipo diseñado y fabricado a medida se puede calcular como:

$$PW_{Propio} = -C_o - A_{propio} * \frac{P}{A} = -C_o - A_{propio} * \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \dots (4)$$

Donde:

PW_{Propio} : Valor presente de la alternativa privada (Soles)

A_{propio} : Desembolso anual con la alternativa de equipo propio – Mantenimiento
(Soles)

C_o : Desembolso Inicial por el diseño y fabricación de la alternativa de equipo propio (Soles)

$$PW_{Propio} = -13307 - 8000 * \frac{P}{A} = -13307 - 8000 * \frac{(1 + 0.08)^n - 1}{0.08(1 + 0.08)^5}$$

$$PW_{Propio} = -45249 \text{ soles}$$

La alternativa de poseer un equipo propio diseñado a medida por parte del hospital es la alternativa económica optima.

Discusión

La visita al Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” permitió obtener el punto de partida para los datos clínicos usados posteriormente en los cálculos de letalidad. Desafortunadamente, esta información está incompleta, debido a que no existen estudios detallados de los tipos de microorganismos presentes en el desecho biocontaminado generados por este hospital. Se recurrió a un trabajo de mayor cobertura en el hospital Regional Docente de la ciudad de Trujillo (MINSA, 1995) el cual solo brinda los materiales desechados y sus porcentajes de participación sin mencionar los tipos de microorganismos presentes. Finalmente, para realizar cálculos de letalidad se tuvo que recurrir a fuentes foráneas debido a la inexistencia, hasta donde se realizó la búsqueda literaria, de información de entidades patógenas presentes.

Desde el punto de vista de operación de la autoclave se pudo demostrar que con las dimensiones planteadas en el diseño final de detalle (juego de planos), este equipo es capaz de sostener la demanda de 800kg/desecho por día de biocontaminados. Asimismo, el equipo puede garantizar la muerte térmica de la bacteria más resistente (*Pseudomonas*, 9 min a 121°C) con tan solo incrementar el tiempo de sostenimiento. Esto representa un hito importante debido a que permite usar la esterilización por vapor húmedo (autoclavado) en lugar de la incineración, la cual implica un costo más alto, así como una huella de carbono más marcada.

El análisis económico compara las opciones de contratar una empresa privada para la esterilización de desechos biocontaminados o de diseñar y fabricar un equipo de autoclave para uso dentro de las instalaciones del hospital. Para la comparación de alternativas se usó el método del Valor Presente, MVP (Eggert, 2001). Al utilizar 5 años como periodo total de comparación se encontró que es conveniente económicamente poseer un equipo diseñado y fabricado a medida para que funcione dentro del hospital. Esta información no es solo valiosa económicamente, sino que asegura que los desechos generados por el hospital estén adecuadamente esterilizados.

La metodología de conceptos de diseño permite determinar la evaluación y selección de la mejor alternativa para el tratamiento de residuos sólidos hospitalarios, en torno a criterios específicos de las necesidades de la empresa. Se escogió la autoclave como

alternativa ecológica, frente al incinerador y el sistema de desinfección por microondas. Dicha metodología nos permite evaluar de forma ingenieril la aceptación y requerimiento de la máquina, actividades que no se consideran en la mayoría de diseños actuales, lo que ocasiona toma de decisiones inadecuadas.

Conclusiones

Los resultados del presente informe de investigación nos llevan a concluir lo siguiente:

La información de los materiales, microorganismos y porcentajes de participación en los desechos sólidos biocontaminados producidos por el Hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta” son inexistentes. Debido a ello se tuvo que utilizar información externa: local y extranjera.

La opción de diseñar y fabricar un equipo de autoclave propio resulta más ventajosa que contratar una empresa privada. Esta ventaja económica unida a la posibilidad de controlar la esterilidad adecuada de los desechos enviados al botadero representa una mejora en el control de posibles enfermedades generadas por desechos mal procesados.

El uso del autoclave para esterilizar desechos sólidos biocontaminados, verificada con la posibilidad de reducir/eliminar las colonias de las bacterias más resistentes da lugar a su recomendación en lugar de la incineración. Esto último representa una buena noticia pues el método de incineración representa más gastos y altas huellas de carbono comparativas.

La metodología de diseño adoptada y adaptada de Eggert y Schmidt brindo un marco sólido y serio para un proceso secuencial que disminuyo la necesidad de iteraciones engorrosas al proporcionar claridad para la toma de decisiones de buen criterio.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un control exhaustivo del tipo y cantidad de material de desecho biocontaminado por parte del Hospital “Virgen de la Puerta”, manteniendo archivos de dicho control

Del mismo modo se recomienda hacer un muestreo estadístico periódico de las bacterias presentes antes y después del tratamiento de esterilización, cuidando de archivar detalladamente esta información.

Se recomienda adquirir el equipo de autoclave diseñado y fabricado a medida debido a los ingentes recursos económicos que podrían ahorrarse.

Se recomienda realizar los procesos de diseño apegados a metodologías aprobadas por expertos de la materia.

Referencias

- Advíncula, G. (2018). *Manejo de residuos biocontaminados y accidentes ocupacionales producidos en consultorios de la División de Odontología del Hospital de la Policía Nacional del Perú, Luis Nicasio Sáenz, Lima – Perú, 2014* (Tesis de Grado). Universidad Privada Norbert Wiener, Lima, Perú.
- Bacab, (2015). *Metodologías de Ingeniería Concurrente*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/257030118/2-2-1-Diseno-de-Configuracion>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. Colombia. Pearson.
- Blanco, J. y Briceño, F. (2005). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Hospitalarios y Similares en el Municipio de Arauca, Capital* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Colombia, Arauca, Colombia.
- CAPECO. (20 de enero de 2014). Nuevo Hospital Regional de Alta Complejidad de La Libertad [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.capeco.org/blog/nuevo-hospital-regional-de-alta-complejidad-de-la-libertad/>
- Chávez, R (2015). *Introducción a la Metodología de la Investigación*. Machala, Ecuador: UTMACH.
- Díaz, F. y Romero, M. (2016). *Estrategias Para Mejorar La Gestión De Residuos Sólidos Hospitalarios. Servicio De Emergencia. Hospital Regional Docente Las Mercedes. Chiclayo 2015* (Tesis de grado). Universidad Señor de Sipán, Trujillo, Perú.
- Dulanto, A. (2013). *Asignación de competencias en materia de residuos sólidos de ámbito municipal y sus impactos en el ambiente* (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Estrada, Juan (2001). Diseño y Calculo de recipientes a presión. Manual de Diseño.
- Fedegari Group (2014). *Fo a technical note*. Recuperado de: <https://fedegari.com/en/e-book-f0-technical-note/>
- Flores (2012). “Diseño y Construcción de un sistema de esterilización húmeda para Sustratos sólidos con funcionamiento eléctrico y a Gas” (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica Del Chimborazo-Ecuador
- Frazier, W. y Westhoff, D. (1993). *Microbiología de alimentos*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA S.A.
- Jaime, A. (2017). *Diseño, construcción y comprobación de un autoclave solar para países en vías de desarrollo* (Tesis de Grado). Universidad de Valladolid, España.

- Jaramillo, E. (2011). *Autoclaves De Media Capacidad: Aplicación A Manejo De Desechos Sólidos Hospitalarios* (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador
- Kerlinger, F. & Lee, H. (2002). *Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en ciencias sociales*. México. McGraw Hill.
- La Rosa, D. (1999). *Diseño y Fabricación de 03 autoclaves verticales de 30 PSI* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- León, J. (2001). *Diseño y Cálculo de Recipientes a Presión*. México: Ingeniería León.
- Manual de diseño de equipos e instalaciones (2003). Depósitos y Recipientes de Proceso, Tema 6.
- Mariño, A. y Tello, D. (2010). *Diseño y construcción de un dispositivo médico de esterilización automático para la industria odontológica* (Tesis de Grado). Universidad de San Buenaventura, Bogotá, Colombia.
- Martínez (2016). Propuesta de plan de validación del proceso de esterilización por calor húmedo en una Central de Esterilización de un Hospital público de máxima complejidad (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Córdoba – Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Argentina
- Mato, R. y Kassenga, G. (1997). *A study on problems of management of medical solid wastes in Dar es Salaam and their remedial measures. Resources, Conservation and Recycling, 21(1), 1-16*. Doi: 10.1016/S0921-3449(97)00010-4
- Megyesy, E. (1992). *Manual de Recipientes a Presión*. México: Editorial LIMUSA.
- Métris, A., George, M., Michael, W. y Baranyi, J. (2013). Distribution of turbidity detection times produced by single cell-generated bacterial populations. *Journal of Microbiological Methods, 55(3), 821-827*.
- Ministerio de Salud (1995). *Diagnostico situacional del manejo de los residuos sólidos de hospitales administrados por el Ministerio de Salud*. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/2150-1.pdf>.
- MINSA (2002). Manual de desinfección y esterilización hospitalaria.
- Organización Mundial de la Salud (2018). *Desechos de las actividades de atención sanitaria*. Recuperado de <https://www.who.int/es>
- Organización Panamericana de la Salud (2008). Manual de esterilización para centros de salud. Recuperado de: http://www1.paho.org/PAHO-USAID/dmdocuments/AMR-Manual_Esterilizacion_Centros_Salud_2008.pdf

- Organización Panamericana de la Salud (s.f.). Taller sobre Planificación, Administración y Evaluación, Glosario. Recuperado de <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/3300/Taller%20sobre%20planificacion,%20administracion%20y%20evaluacion%20Glosario.pdf;jsessionid=192237610459C2AA92BE924203BD9956?sequence=1>
- Resolución Ministerial N° 1295 (2018). Aprobar la NTS N° 144-MINSA/2018/DIGESA, *Norma Técnica de Salud “Gestión Integral y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud, Servicios Médicos de Apoyo y Centros de Investigación”*. Ministerio de Salud. Diario Oficial El Peruano.
- Resolución ministerial N° 217 (2004). *Aprobar la norma técnica: “Procedimientos para el manejo de residuos sólidos hospitalarios”*. Ministerios de salud. Diario oficial El Peruano.
- RPP. (2014). *Ollanta Humala inauguró Hospital de Alta Complejidad en Trujillo*. Recuperado de <https://www.rpp.pe>
- Seguro Social de Salud. (2014). *EsSalud puso en marcha Hospital de Alta Complejidad de la Libertad “Virgen de La Puerta”*. Recuperado de <http://www.essalud.gob.pe>
- Teng, H., JIN, D., BAO, Z. y LI, T. (2015). The key problem and solution of medical waste high-temperature steam treatment. *Asia-Pacific Energy Equipment Engineering Research Conference*, 349-353.
- Theofanis, L., Christos, A. y Christos, P. (s.f.). *A Nephelometric Turbidity System for Monitoring Residential Drinking Water Quality*. Recuperado de: <http://www2.ucy.ac.cy/~faniseng/publications/SENSAPPEAL09.pdf>
- Vázquez, M. (2007). Fundamentos de la determinación de parámetros cinéticos para microorganismos de interés en tratamiento térmicos de alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 1 (2007). 1 – 14.
- World Health Organization (2000). *Policy analysis Management of Health-care wastes*. Recuperado de <https://www.who.int>
- World Health Organization / UNICEF. (2015). *Water, sanitation and hygiene in health care facilities: Status in low- and middle-income countries and way forward*. Recuperado de <https://apps.who.int>

Anexos

Anexo 1. Registro de pesaje de los residuos sólidos por establecimientos de salud



PRD. Y SERV. DE MANTEN. Y SEG. IND. S.R.L.
 AV. TUPAC AMARU MZA. G-5 LOTE: 19 / 1143
 20397923381
 Tel: 044-222689, RPM #001373, CH 949036350



PRIMERA EMPRESA TILULIANA EPS - RS Y DE SANEAMIENTO AMBIENTAL CON
 CERTIFICACION DE CALIDAD ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, CHSAS 18001:2007

N° Orden de Compra
 N° de proceso
 Plazo de Entrega

Del 01/01/2019
 al 31/01/2019

CONTRATACION DEL SERVICIO DE TRASLADO, TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS BIOCOTAMINADOS
 RALL CONTRATO COMPLEMENTARIO N° 43-DADO-04-G-RALL-ESSALUD-3911

PERIODO: 01 al 31 de Enero del 2019
 RESUMEN KILOGRAMOS.

N°	ESTABLECIMIENTO	P.UNITARIO	BIOCOTAMINADO	ESPECIALES	CANTIDAD TOTAL	P. TOTAL
1	HOSPITAL IV VÍCTOR LAZARTE ECHEGARAY	5.00	19.835.60	647.40	20,783.00	103,915.00
2	HOSPITAL II CHOCOPE	5.00	4.311.86	150.80	4,462.66	22,313.26
3	CENTRO MÉDICO CASA GRANDE	5.00	452.60	108.75	561.35	2,806.75
4	HOSPITAL I FLORENCIA DE MORA	5.00	906.55	13.40	919.95	4,594.75
5	HOSPITAL I ALBRECHT	5.00	2.474.25	39.55	2,513.80	12,569.00
6	HOSPITAL I PACASMAYO	5.00	646.20	9.85	656.05	2,775.26
7	HOSPITAL I LA ESPERANZA	5.00	643.30	37.10	680.40	3,402.00
8	POLICLINICO MEDICO EL PORVENIR	5.00	401.30	16.26	417.56	2,067.75
9	HOSPITAL I MOCHE	5.00	463.15	2.20	465.35	2,326.75
10	CENTRO MÉDICO ASCOPE	5.00	133.15	45.95	179.10	896.60
11	POLICLINICO VÍCTOR LARCO	5.00	296.40	3.35	299.75	1,499.75
12	CAP III METROPOLITANO	5.00	312.65	6.65	319.30	1,597.50
13	CENTRO MÉDICO HUANCHACO	5.00	29.35	1.10	30.45	152.25
14	HOSPITAL DE VIRÚ	5.00	489.60	33.65	523.25	2,616.25
15	CAP II LAREDO	5.00	79.90	5.90	85.80	429.00
16	POSTA MEDICA DE CHAO	5.00	51.35	-	51.35	256.75
17	LOCAL DE RADIOTERAPIA	5.00	47.50	-	47.50	237.50
18	POSTA MÉDICA PAJAN	5.00	15.10	-	15.10	75.50
19	CAP II GUADALUPE	5.00	23.70	-	23.70	118.50
20	CAP I CHICAMA	5.00	19.45	-	19.45	97.25
21	CAP I MALBRIGO	5.00	27.00	-	27.00	135.00
22	CAP I SAN PEDRO DE LLOC	5.00	14.70	-	14.70	73.50
23	CAP I CARTAVIO	5.00	22.10	-	22.10	110.50
24	CAP I JEQUETEPEQUE	5.00	6.90	-	6.90	34.50
25	CAP I LIMONCARRO	5.00	5.55	-	5.55	27.75
26	POSTA MÉDICA SAN JOSÉ	5.00	9.45	-	9.45	47.25
27	POSTA MÉDICA SAUSAL	5.00	11.65	-	11.65	58.25
28	POSTA MÉDICA SANTIAGO DE CAO	5.00	13.40	-	13.40	67.00
29	CAP I SALAVERRY	5.00	23.50	0.55	24.05	120.25
30	CAP II OTUZCO	5.00	33.55	4.60	38.15	190.75
31	POSTA MÉDICA QUIRIVILCA	5.00	19.60	4.20	23.80	119.00
32	CAP II HUAMACHUCO	5.00	37.65	6.55	44.20	222.00
33	POSTA MÉDICA SOLEDAD	5.00	17.85	4.15	22.00	110.00
34	POSTA MÉDICA TAYABAMBA	5.00	31.40	5.30	36.70	183.50
35	CASONA BRACAMONTE	5.00	31.35	-	31.35	156.75
36	CAP I CASCAS	5.00	11.00	1.15	12.15	60.75
37	HOSPITAL VIRGEN DE LA PUERTA	5.00	18.045.30	766.70	18,812.00	94,060.00
38	CAP I SANTIAGO DE CHUZO	5.00	25.00	4.35	29.35	146.75
MONTO TOTAL (S/.)			49,917.10	2,219.66	52,136.76	260,683.75

Trujillo, 31 de enero del 2019

Oficina: Av. Túpac Amaru N° 1143
 Teléfono: 044- 222689 / Celular: 947822633
 Planta: Mz. C10 Lt. 06 - Parque Industrial
 Trujillo - Perú

Reg. EPS-RS N° EP-1301-024.16/DIGESA
 Reg. San. N° 0472-2017/D5A/DIGESA/SA
 REG. NAC: N° 1500209MRP
 Plan Contingencia: RD N° 571571-2013-MTC/16

www.promas.com.pe | informes@promas.com.pe | RUC: 20397923381

Profesionales en Medio Ambiente

PRO Y SERV. DE MANTEN. Y SEG. IND.S.R.L.
AV. TUPAC AMARU MZA. G-5 LOTE 19 / 1143
20397923381
Tel: 044 222689, RPN 9501373, Cel 948633350

N° Orden de Compra
N° de proceso
Plazo de Entrega

4520227490
181970001
01/01/2019
28/02/2019

CONTRATACION DEL SERVICIO DE TRASLADO, TRATAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS BIOCONTAMINADOS
RALL CONTRATO N° 82-OAQ-04-G-RALL-ESSALUD-2018

PERIODO: 01 al 28 de febrero del 2019
RESUMEN KILOGRAMOS.

N°	ESTABLECIMIENTO	P. UNITARIO	BIOCONTAMINADO	ESPECIALES	CANTIDAD TOTAL	P. TOTAL
1	HOSPITAL IV VÍCTOR LAZARTE ECHEGARAY	5.05	22,074.15	1,011.50	23,085.65	116,582.53
2	HOSPITAL II CHOCOPE	5.05	3,911.35	130.95	4,042.30	20,413.62
3	CENTRO MEDICO CASA GRANDE	5.05	487.00	59.75	546.75	2,781.09
4	HOSPITAL I FLORENCIA DE MORA	5.05	828.05	27.70	855.75	4,321.54
5	HOSPITAL I ALBRECHT	5.05	2,574.55	87.80	2,662.35	13,444.87
6	HOSPITAL I PACASMAYO	5.05	509.35	6.35	515.70	2,604.29
7	HOSPITAL I LA ESPERANZA	5.05	631.05	23.10	654.15	3,303.48
8	POLICLINICO MEDICO EL PORVENIR	5.05	420.05	19.40	439.45	2,219.22
9	HOSPITAL I MOCHE	5.05	412.25	8.50	420.75	2,124.79
10	CENTRO MEDICO ASCOPE	5.05	124.55	22.15	146.70	740.84
11	POLICLINICO VÍCTOR LARÇO	5.05	258.05	7.40	265.45	1,345.57
12	CAP II METROPOLITANO	5.05	285.50	5.50	291.00	1,469.55
13	CENTRO MEDICO HUANCHACO	5.05	27.80	2.40	30.20	151.50
14	HOSPITAL DE VIRÚ	5.05	473.00	6.25	479.25	2,420.21
15	CAP II LAREDO	5.05	84.90	4.00	88.90	448.95
16	POSTA MEDICA DE CHAO	5.05	48.55	1.20	49.75	251.74
17	LOCAL DE RADIOTERAPIA	5.05	49.30	-	49.30	248.57
18	POSTA MEDICA PAJAN	5.05	13.10	-	13.10	66.16
19	CAP II GUADALUPE	5.05	26.70	-	26.70	134.84
20	CAP I CHICAMA	5.05	15.65	-	15.65	79.03
21	CAP I MAJ ABRIGO	5.05	31.25	-	31.25	157.81
22	CAP I SAN PEDRO DE LLOC	5.05	18.10	-	18.10	91.41
23	CAP I CARTAVIO	5.05	22.15	-	22.15	111.85
24	CAP I JEQUETEPEQUE	5.05	9.45	-	9.45	47.72
25	CAP I LIMONCARRO	5.05	6.75	-	6.75	34.09
26	POSTA MEDICA SAN JOSE	5.05	7.10	-	7.10	35.86
27	POSTA MEDICA SAUSAL	5.05	32.80	-	32.80	165.54
28	POSTA MEDICA SANTIAGO DE CAO	5.05	14.55	-	14.55	73.48
29	CAP I SALAVERRY	5.05	30.35	3.20	33.55	169.43
30	CAP II OTUZCO	5.05	30.75	1.60	32.35	163.37
31	POSTA MEDICA QUIRUVILCA	5.05	14.75	3.70	18.45	93.17
32	CAP II HUAMACHUJO	5.05	34.30	7.95	42.25	213.36
33	POSTA MEDICA SOLEDAD	5.05	12.15	1.80	13.95	70.45
34	POSTA MEDICA TAYABAMBA	5.05	20.80	2.85	23.65	119.43
35	CASDNA BRACAMONTE	5.05	28.40	-	28.40	143.42
36	CAP I CASCAS	5.05	15.05	0.20	15.25	77.01
37	HOSPITAL VIRGEN DE LA PUERTA	5.05	17,362.40	746.25	18,108.65	91,448.68
38	CAP I SANTIAGO DE CHUCO	5.05	16.65	5.05	21.70	110.60
MONTO TOTAL (S/.)			50,963.75	2,196.55	53,160.30	268,459.52

Trujillo, 28 de febrero del 2019

Oficina: Av. Túpac Amaru N° 1143
Teléfono: 044- 222689 / Celular: 947822633
Planta: Mz. C10 Lt. 05 - Parque Industrial
Trujillo - Perú

Reg. EP5-RS N° EP-1301-024.16/DIGESA
Reg. San. N° 0472-2017/DSA/DIGESA/SA
REG. NAC: N° 1500209MRP
Plan Contingencia: RD N° 571571-2013-MTC/16

PRO. Y SERV. DE MANTEN. Y SER. IND.S.R.L.
AV. TUPAC AMARU N°A. 0-6 LOTE 19 I 1143
20397923381
Tel: 044-222689, RPM #601373, Cel: 949636340

N° Orden de Compra
N° de proceso
Plazo de Entrega

4603227480
1815P03061
01/03/2019
al
31/03/2019

CONTRATACION DEL SERVICIO DE TRASLADO, TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS BIOCONTAMINADOS
RALL CONTRATO N° 62-0400-06-0-RALL-ESSALUD-2018

PERIODO: 01 al 31 de Marzo del 2019
RESUMEN KILOGRAMOS.

N°	ESTABLECIMIENTO	P. UNITARIO	BIOCONTAMINADO	ESPECIALES	CANTIDAD TOTAL	P. TOTAL
1	HOSPITAL IV VÍCTOR LAZARTE ECHEGARAY	5.05	22,859.85	852.95	23,712.80	119,749.04
2	HOSPITAL II CHCCOPE	5.05	3,775.40	100.70	3,876.10	19,674.31
3	CENTRO MÉDICO CASA GRANDE	5.05	830.15	5.95	836.10	2,704.28
4	HOSPITAL I FLORENCIA DE MORA	5.05	879.25	21.90	901.15	4,550.81
5	HOSPITAL I ALBRECHT	5.05	2,907.20	51.10	2,958.30	14,939.42
6	HOSPITAL I PACASMAYO	5.05	539.25	38.75	578.00	2,918.90
7	HOSPITAL I LA ESPERANZA	5.05	568.80	39.20	607.70	3,088.89
8	POLICLINICO MÉDICO EL PORVENIR	5.05	485.15	20.90	506.05	2,554.55
9	HOSPITAL I MOCHE	5.05	389.35	1.25	390.60	1,972.53
10	CENTRO MÉDICO ASCOPE	5.05	100.30	-	100.30	506.52
11	POLICLINICO VÍCTOR LARCO	5.05	263.75	3.35	267.10	1,348.86
12	CAP II METROPOLITANO	5.05	319.95	4.05	324.00	1,636.20
13	CENTRO MÉDICO HUANCHACO	5.05	24.05	1.20	25.25	127.51
14	HOSPITAL DE VIRÚ	5.05	354.80	-	354.80	1,791.74
15	CAP II LAREDO	5.05	105.80	3.30	109.90	549.95
16	POSTA MÉDICA DE CHAO	5.05	39.80	0.60	40.20	203.01
17	LOCAL DE RADIOTERAPIA	5.05	53.30	-	53.30	269.17
18	POSTA MÉDICA PAIJAN	5.05	16.70	-	16.70	84.34
19	CAP II GUADALUPE	5.05	25.45	-	25.45	128.52
20	CAP I CHICAMA	5.05	17.65	-	17.65	89.13
21	CAP I MALBRIGO	5.05	20.40	-	20.40	103.02
22	CAP I SAN PEDRO DE LLOC	5.05	14.20	-	14.20	71.71
23	CAP I CARTAVIO	5.05	27.15	-	27.15	137.11
24	CAP I JEQUETEPEQUE	5.05	9.65	-	9.65	48.73
25	CAP I LIMONCARRO	5.05	5.05	-	5.05	25.50
26	POSTA MÉDICA SAN JOSÉ	5.05	12.45	-	12.45	62.87
27	POSTA MÉDICA SAUSAL	5.05	11.10	-	11.10	56.06
28	POSTA MÉDICA SANTIAGO DE CAO	5.05	11.90	-	11.90	60.10
29	CAP I SALAVERRY	5.05	27.00	1.90	28.50	143.93
30	CAP II OTUZCO	5.05	30.45	3.70	34.15	172.46
31	POSTA MÉDICA QUIRUVILCA	5.05	20.45	2.90	22.95	115.90
32	CAP II HUAMACHUCO	5.05	35.20	5.25	40.45	204.27
33	POSTA MÉDICA SOLEDAD	5.05	18.95	3.35	20.30	102.52
34	POSTA MÉDICA TAYABAMBA	5.05	29.15	4.98	34.13	172.38
35	CASONA BRACAMONTE	5.05	37.25	-	37.25	188.11
36	CAP I GASCAS	5.05	11.50	7.30	18.80	94.94
37	HOSPITAL VIRGEN DE LA PUERTA	5.05	18,784.80	768.20	19,553.00	98,641.65
38	CAP I SANTIAGO DE CHUCO	5.05	25.40	3.35	28.75	145.19
MONTO TOTAL (S/.)			53,345.30	1,944.73	55,290.03	279,214.65

Trujillo, 31 de marzo del 2019

Oficina: Av. Túpac Amaru N° 1143
Teléfono: 044- 222689/ Celular: 947822633
Planta: Mz. C10 Lt. 06 - Parque Industrial
Trujillo - Perú

Reg. EPS-RS N° EP-1301-024.16/DIGESA
Reg. San. N° 0472-2017/DSA/DIGESA/SA
REG. NAC. N° 1500209MRP
Plan Contingencia: RD N° 571571-2013-MTC/16

www.promas.com.pe | informes@promas.com.pe | RUC: 20397923381

PRO. Y SERV. DE MANTEN. Y SEG. IND S.R.L.
AV. TUPAC AMARU MZA. G-5 LOTE. 19 / 1143
2099762531
Tel: 044-222669. RPM #01373. Cel: 949626350

N° Orden de Compra
N° de proceso
Plazo de Entrega

4503227480
1816P00961
016402019
Del
al
30/04/2019

CONTRATACION DEL SERVICIO DE TRASLADO, TRATAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS BIOCONTAMINADOS
RALL CONTRATO N° 03-GADQ-GA-G-RALL-ESSALUD-2019
PERIODO: 01 al 30 de Abril del 2019
RESUMEN KILOGRAMOS.

N°	ESTABLECIMIENTO	P.UNITARIO	BIOCONTAMINADO	ESPECIALES	CANTIDAD TOTAL	P. TOTAL
1	HOSPITAL IV VICTOR LAZARTE ECHEGARAY	5.05	20,561.00	770.00	21,351.00	107,822.55
2	HOSPITAL II CHOCOPE	5.05	3,455.44	86.70	3,542.14	17,867.81
3	CENTRO MEDICO CASA GRANDE	5.05	551.45	6.10	559.55	2,825.73
4	HOSPITAL I FLORENCIA DE MORA	5.05	741.00	27.00	768.00	3,873.40
5	HOSPITAL I ALBRECHT	5.05	2,522.50	28.50	2,551.00	12,862.55
6	HOSPITAL I PACASMAYO	5.05	428.75	40.25	469.00	2,368.45
7	HOSPITAL I LA ESPERANZA	5.05	452.00	25.50	477.50	2,411.38
8	POLICLINICO MEDICO EL PORVENIR	5.05	376.00	36.00	412.00	2,080.60
9	HOSPITAL I MOCHE	5.05	364.05	0.75	364.80	1,791.74
10	CENTRO MEDICO ASCOPE	5.05	189.70	-	189.70	957.99
11	POLICLINICO VICTOR LARCO	5.05	231.15	19.25	250.40	1,264.62
12	CAP II METROPOLITANO	5.05	278.50	5.50	284.00	1,434.20
13	CENTRO MEDICO HUANCHACO	5.05	20.40	0.60	21.00	106.05
14	HOSPITAL DE VIRU	5.05	368.75	1.05	370.80	1,872.54
15	CAP II LAREDO	5.05	86.00	8.00	94.00	474.70
16	POSTA MEDICA DE CHAO	5.05	43.55	-	43.55	219.93
17	LOCAL DE RADIOTERAPIA	5.05	44.50	-	44.50	224.73
18	POSTA MEDICA PAIJAN	5.05	16.35	-	16.35	82.57
19	CAP II GUADALUPE	5.05	19.25	-	19.25	97.21
20	CAP I CHICAMA	5.05	14.30	-	14.30	72.22
21	CAP I MALABRIGO	5.05	34.55	-	34.55	174.48
22	CAP I SAN PEDRO DE LLOC	5.05	8.45	-	8.45	42.67
23	CAP I CARTAVIO	5.05	13.95	-	13.95	70.45
24	CAP I JEQUETEPEQUE	5.05	6.30	-	6.30	31.62
25	CAP I LIMONCARRO	5.05	5.75	-	5.75	29.04
26	POSTA MEDICA SAN JOSE	5.05	9.85	-	9.85	49.74
27	POSTA MEDICA SAUSAL	5.05	8.55	-	8.55	43.18
28	POSTA MEDICA SANTIAGO DE CAO	5.05	12.90	-	12.90	65.15
29	CAP I SALAVERRY	5.05	25.90	1.00	26.90	135.85
30	CAP II OTUZCO	5.05	27.75	5.80	33.35	168.42
31	POSTA MEDICA QUIRUVILCA	5.05	18.54	5.00	23.54	118.88
32	CAP II HUAMACHUCO	5.05	40.75	5.10	45.85	231.54
33	POSTA MEDICA SOLEDAD	5.05	16.55	2.55	19.10	96.46
34	POSTA MEDICA TAYABAMBA	5.05	26.20	2.35	28.55	144.18
35	CASONA BRACAMONTE	5.05	34.70	-	34.70	175.24
36	CAP I CASCAAS	5.05	15.05	1.00	16.05	81.05
37	HOSPITAL VIRGEN DE LA PUERTA	5.05	16,497.50	713.00	17,210.50	86,913.03
38	CAP I SANTIAGO DE CHUCO	5.05	21.06	4.40	25.45	128.52
MONTO TOTAL (S/.)			47,599.93	1,787.20	49,397.13	249,455.51

Trujillo, 30 de abril del 2019

Oficina: Av. Túpac Amaru N° 1143
Teléfono: 044- 222689 / Celular: 947822633
Planta: Mz. C10 Lt. 06 - Parque Industrial
Trujillo - Perú

Reg. EPS-RS N° EP-1301-024.16/DIGESA
Reg. San. N° 0472-2017/DSA/DIGESA/SA
REG. NAC: N° 1500209MRP
Plan Contingencia: RD N° 571571-2013-MTC/16

www.promas.com.pe | informes@promas.com.pe | RUC: 20397923381

PRO. Y SERV. DE MANTEN. Y SEG. IND. S.R.L.
AV. TUPAC AMARU N° 1143
2009792081
Tel: 044-222689, RPM 4801373, Cel: 048698880

N° Orden de Compra
N° de proceso
Plazo de Entrega

489327490
1615P00061
01/05/2019
31/05/2019

CONTRATACION DEL SERVICIO DE TRASLADO, TRATAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS BIOCONTAMINADOS
RALL CONTRATO N° 42-QADQ-DA-G-RALL-ESSALUD-2018

PERIODO: 01 al 31 de Mayo del 2019
RESUMEN KILOGRAMOS.

N°	ESTABLECIMIENTO	P.UNITARIO	BIOCONTAMINADO	ESPECIALES	CANTIDAD TOTAL	P. TOTAL
1	HOSPITAL IV VÍCTOR LAZARTE ECHEGARAY	5.05	20,711.00	889.50	21,600.50	109,082.53
2	HOSPITAL II CHOCOPE	5.05	3,311.35	119.40	3,430.75	17,325.29
3	CENTRO MEDICO CASA GRANDE	5.05	325.70	22.45	348.15	1,758.18
4	HOSPITAL I FLORENCIA DE MORA	5.05	879.00	34.50	913.50	4,613.18
5	HOSPITAL I ALBRECHT	5.05	2,343.50	28.00	2,372.50	11,981.13
6	HOSPITAL I PACASMAYO	5.05	426.20	21.10	447.30	2,258.87
7	HOSPITAL I LA ESPERANZA	5.05	810.00	25.00	835.00	3,205.75
8	POLICLINICO MEDICO EL PORVENIR	5.05	374.00	29.50	403.50	2,037.68
9	HOSPITAL I MOCHE	5.05	428.80	0.85	429.65	2,168.72
10	CENTRO MEDICO SCOPE	5.05	239.40	64.60	304.00	1,534.70
11	POLICLINICO VICTOR LARCO	5.05	250.30	9.00	259.30	1,309.47
12	CAP III METROPOLITANO	5.05	278.10	6.05	284.15	1,424.86
13	CENTRO MEDICO HUANCHACO	5.05	27.05	0.75	27.80	140.39
14	HOSPITAL DE VIRU	5.05	379.50	0.80	380.30	1,919.51
15	CAP II LAREDO	5.05	83.50	3.50	87.00	439.85
16	POSTA MEDICA DE CHAO	5.05	59.80	14.70	74.50	376.23
17	LOCAL DE RADIOTERAPIA	5.05	27.50	-	27.50	138.88
18	POSTA MEDICA PALIAN	5.05	17.15	-	17.15	86.61
19	CAP II GUADALUPE	5.05	18.80	-	18.80	94.94
20	CAP I CHICAMA	5.05	16.30	-	16.30	82.32
21	CAP I MALABRIGO	5.05	18.90	-	18.90	95.45
22	CAP I SAN PEDRO DE LLOC	5.05	11.45	-	11.45	57.82
23	CAP I CARTAVIO	5.05	20.35	-	20.35	102.77
24	CAP I JEQUETEPEQUE	5.05	7.40	-	7.40	37.37
25	CAP I LIMONCARRO	5.05	5.15	-	5.15	26.01
26	POSTA MEDICA SAN JOSÉ	5.05	9.55	-	9.55	48.23
27	POSTA MEDICA SAUSAL	5.05	16.10	-	16.10	81.31
28	POSTA MEDICA SANTIAGO DE CAD	5.05	11.00	-	11.00	55.55
29	CAP I SALAVERRY	5.05	26.30	1.00	27.30	137.87
30	CAP II OTUZCO	5.05	38.11	5.60	43.71	220.74
31	POSTA MEDICA QUIRUVILCA	5.05	20.70	3.45	24.15	121.95
32	CAP II HUAMACHUCO	5.05	42.81	9.10	51.91	262.15
33	POSTA MEDICA SOLEDAD	5.05	18.20	2.40	20.60	104.03
34	POSTA MEDICA TAYABAMBA	5.05	33.95	5.30	39.25	198.21
35	CASONA BRACAMONTE	5.05	33.00	-	33.00	166.85
36	CAP I CASCAS	5.05	9.65	1.40	11.05	55.80
37	HOSPITAL VIRGEN DE LA PUERTA	5.05	17,813.50	785.00	18,598.50	93,922.43
38	CAP I SANTIAGO DE CHUCO	5.05	36.30	4.57	40.87	206.39
MONTO TOTAL (S/.)			48,987.37	2,088.02	51,075.39	257,930.72

Trujillo, 31 de mayo del 2019

Oficina: Av. Túpac Amaru N° 1143
Teléfono: 044- 222689 / Celular: 947822633
Planta: Mz. C10 Lt. 06 - Parque Industrial
Trujillo - Perú

Reg. EPS-RS N° EP-1301-024.16/DIGESA
Reg. Son. N° 0472-2017/DSA/DIGESA/SA
REG. NAC. N° 1500209MRP
Plan Contingencia: RD N° 571571-2013-MTC/16

www.promas.com.pe | informes@promas.com.pe | RUC: 20397923381

PRO. Y SERV. DE MANTEN. Y SEQ. IND S R.L.
AV. TUPAC AMARU UZA, G-5, LOTE 19 / 1143
20207623381
Tel: 044-222689, RPM #801373, Cel 943636350

N° Orden de Compra
N° de proceso
Plazo de Entrega

450327480
1815P00061
01/06/2019
Del
al
30/06/2019

CONTRATACION DEL SERVICIO DE TRASLADO, TRATAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS BIOCONTAMINADOS
RALL CONTRATO N° 62-OADQ-DA-G-RALL-ESSALUD-2019

PERIODO: 01 al 30 de Junio del 2019
RESUMEN KILOGRAMOS.

N°	ESTABLECIMIENTO	P.UNITARIO	BIOCONTAMINADO	ESPECIALES	CANTIDAD TOTAL	P. TOTAL
1	HOSPITAL IV VÍCTOR LAZARTE ECHEGARAY	5.05	19,245.00	959.50	20,204.50	102,032.73
2	HOSPITAL II CHOCOPE	5.05	3,418.55	197.20	3,615.75	18,249.44
3	CENTRO MÉDICO CASA GRANDE	5.05	407.50	25.20	432.70	2,185.14
4	HOSPITAL I FLORENCIA DE MORA	5.05	967.00	28.50	995.50	5,027.28
5	HOSPITAL I ALBRECHT	5.05	2,212.50	30.50	2,243.00	11,327.15
6	HOSPITAL I PAGASIMAYO	5.05	458.25	41.70	499.95	2,509.80
7	HOSPITAL I LA ESPERANZA	5.05	706.00	36.50	742.50	3,749.63
8	POLICLINICO MEDICO EL PORVENIR	5.05	446.50	30.00	476.50	2,406.33
9	HOSPITAL I MOCHIE	5.05	440.20	1.15	441.35	2,228.82
10	CENTRO MÉDICO ASCOPE	5.05	251.40	21.90	273.30	1,380.17
11	POLICLINICO VÍCTOR LARCO	5.05	269.20	8.95	278.15	1,404.66
12	CAP II METROPOLITANO	5.05	295.50	2.90	298.40	1,506.92
13	CENTRO MEDICO HUANCHACO	5.05	33.25	-	33.25	167.91
14	HOSPITAL DE VIRÚ	5.05	475.20	1.20	476.40	2,405.82
15	CAP I LAREDO	5.05	122.00	5.00	127.00	641.35
16	POSTA MÉDICA DE CHAO	5.05	69.30	2.00	71.30	360.07
17	LOCAL DE RADIOTERAPIA	5.05	40.50	-	40.50	204.53
18	POSTA MÉDICA PAJAN	5.05	22.95	-	22.95	115.90
19	CAP I GUADALUPE	5.05	18.35	-	18.35	92.67
20	CAP I CHICAMA	5.05	16.10	-	16.10	81.31
21	CAP I MALABRIGO	5.05	18.95	-	18.95	95.70
22	CAP I SAN PEDRO DE LLOC	5.05	17.70	-	17.70	89.39
23	CAP I CARTAVIO	5.05	27.50	-	27.50	138.86
24	CAP I JEQUETEPEQUE	5.05	8.60	-	8.60	43.43
25	CAP I LIMONCARRO	5.05	6.30	-	6.30	31.82
26	POSTA MÉDICA SAN JOSÉ	5.05	12.45	-	12.45	62.87
27	POSTA MÉDICA SAUSAL	5.05	13.20	-	13.20	66.66
28	POSTA MÉDICA SANTIAGO DE CAO	5.05	14.00	-	14.00	70.70
29	CAP I SALAVERRY	5.05	26.55	4.55	31.10	156.56
30	CAP II OTUZCO	5.05	26.40	3.95	30.35	153.27
31	POSTA MÉDICA QUIRUVILCA	5.05	16.02	2.70	18.72	94.54
32	CAP II HUAMACHUCO	5.05	40.70	6.80	47.50	234.83
33	POSTA MÉDICA SOLEDAD	5.05	14.75	1.10	15.85	80.04
34	POSTA MÉDICA TAYABAMBA	5.05	26.26	1.10	27.36	138.17
35	CASONA BRACAMONTE	5.05	39.40	-	39.40	199.97
36	CAP I CASCAS	5.05	12.00	1.15	13.15	66.41
37	HOSPITAL VIRGEN DE LA PUERTA	5.05	19,425.50	914.50	20,340.00	102,717.00
38	CAP I SANTIAGO DE CHUCO	5.05	21.62	1.90	23.42	118.27
MONTO TOTAL (S/.)			49,688.05	2,328.95	52,017.00	262,685.85

Trujillo, 30 de junio del 2019

Oficina: Av. Túpac Amaru N° 1143
Teléfono: 044- 222689 / Celular: 947822633
Planta: Mz. C10 Lt. 06 - Parque Industrial
Trujillo - Perú

Reg. EPS-RS N° EP-1301-024.16/DIGESA
Reg. San. N° 0472-2017/DSA/DIGESA/SA
REG. NAC. N° 1500209MRP
Plan Contingencia: RD N° 571571-2013-MTC/16

Tabla 15.

Registro diario de pesaje de los residuos sólidos biocontaminados del primer trimestre del año 2019

Mes:	Enero	Febrero	Marzo
Días	Biocontaminado (Kg)	Biocontaminado (Kg)	Biocontaminado (Kg)
1	-----	652.70	614.40
2	1681.85	561.70	624.80
3	1132.20	547.70	470.00
4	624.10	606.10	668.20
5	616.65	668.30	651.40
6	461.55	685.00	622.60
7	443.30	696.30	782.80
8	550.20	620.20	601.00
9	644.05	706.30	584.00
10	615.10	488.50	532.40
11	617.30	589.60	397.00
12	517.05	787.10	703.30
13	761.15	799.40	657.40
14	497.90	660.00	671.55
15	678.25	786.60	605.65
16	637.60	623.10	574.50
17	626.45	563.40	448.00
18	610.85	424.30	738.00
19	610.25	594.80	763.00
20	479.10	716.40	724.00
21	527.75	508.70	541.50
22	612.00	574.20	633.50
23	628.00	631.80	744.00
24	647.15	405.20	514.00
25	673.55	609.60	543.00
26	1067.55	611.40	498.00
27	568.65	752.40	582.00
28	419.95	491.60	590.30
29	634.60	-----	658.50
30	669.80	-----	509.00
31	604.00	-----	517.00
TOTAL	19857.90	17362.40	18764.80

Anexo 2. Esterilización por calor húmedo

Es el conjunto de operaciones destinadas a eliminar o matar todas las formas de los seres vivientes, contenidos en un objeto o sustancia. Todo artículo crítico debe ser sometido a algún método de esterilización de acuerdo a su compatibilidad.

Los factores que afectan la eficacia de los proceso de esterilización son el número de microorganismos, materia orgánica, tiempo, temperatura, humedad relativa, estandarización de la carga. Keene (1996) y Rutala (1993) describieron estos factores, que deben tenerse en cuenta a fin de realizar un adecuado proceso de esterilización.

Número de microorganismos (Co). Este es un factor fundamental ya que es uno de los dos factores que miden la efectividad de los diferentes procesos de esterilización. El valor R o D se refiere al tiempo necesario para que el método de esterilización logre la eliminación del 90% de los microorganismos. Se utiliza en función de la evaluación de los diferentes métodos.

Materia orgánica (S). La presencia de materia orgánica dificulta la eliminación de los microorganismos, pero es uno de los factores fácilmente modificables. Estos dos factores Co y S justifican la importancia de la limpieza antes de la esterilización, para garantizar siempre una disminución de riesgos que afecten dicho proceso.

Tiempo. Es otro de los factores por medio del cual se evalúa la función de los métodos de esterilización. El valor F es el tiempo necesario para que una suspensión a temperatura de 121°C elimine todas las esporas bacterianas. También es utilizado como valor de referencia en la evaluación de los métodos de esterilización.

Temperatura. Al aumentar la temperatura durante un proceso específico de esterilización, su efectividad aumenta pues cuando ésta es superior a la temperatura óptima de crecimiento de un microorganismo generalmente provoca la muerte del mismo.

Humedad relativa (HR). Se define como la fracción de presión de vapor de agua en un sistema con respecto a otro sistema con la máxima presión (saturado 100%) y a la misma temperatura. A mayor humedad relativa, mayor contenido de agua en las células o esporas y mejor resultado final de esterilización. Es decir, más rápido.

Estandarización de la carga. Los paquetes deben tener las medidas (28 x 28 x 47 cm.) y los envoltorios normados internacionalmente. La carga a esterilizarse es muy variable. Puede

cambiar con respecto al número de instrumentos, volumen de carga, tamaño de los instrumentos y contenido de los paquetes. Es importante estandarizar los procesos de esterilización según los diferentes artículos de la carga ya que la efectividad del método puede variar en función de los artículos.

La resistencia de los microorganismos a los procesos de esterilización es la siguiente, siendo el primero de la lista más resistente a la esterilización, mientras que el último de la lista es más susceptible.

1. Priones
2. Esporas Bacterianas
3. Resistencia
4. Micobacterias (*M. tuberculosis*, *M. avium*, *M. chelonae*).
5. Protozoos (Quistes: *Giardia*, *Cryptosporidium*)
6. Virus pequeños sin envoltura (*Picoravirus*, *Poliovirus*, *Parvovirus*, y algunos *Rotavirus*, Hepatitis A y E, *Norovirus*)
7. Virus grandes sin envoltura (*Adenovirus*)
8. Esporas fúngicas (*Aspergillus*, *Absidia*)
9. Formas vegetativas bacterianas y fúngicas
10. Virus grandes con envoltura lipídica (VIH, VHC, VHB, Herpes, Varicela, Rubéola).

Esterilización por vapor o calor húmedo

La esterilización por vapor o calor húmedo es el procedimiento más utilizado para la esterilización de material hospitalario, este posee las siguientes ventajas:

- Elevada acción microbicida en períodos cortos de tiempo.
- Gran poder de penetración.
- Ausencia de posibles residuos tóxicos.
- Facilidad de control de los procesos efectuados
- Coste relativamente bajo.

Por otro lado, la esterilización no es apropiado para materiales termo sensibles, sensibles a la humedad, aceites libres de agua, grasas, parafina, polvos cosméticos o farmacéuticos. Para entender el proceso de esterilización, primero es necesario comprender como funciona el mecanismo de destrucción de bacterias o esporas por exposición al calor.

Método de esterilización por Calor Húmedo

Cuando se aplica calor húmedo, el mecanismo de destrucción microbiana se produce a través de la coagulación de las proteínas de las células, originándose una desnaturalización de estas

moléculas que sucumben con la hidrólisis de las mismas. En presencia de humedad, este proceso se da habitualmente en ciclos de 15 min a 121°C o mínimo 3 min a 134°C.

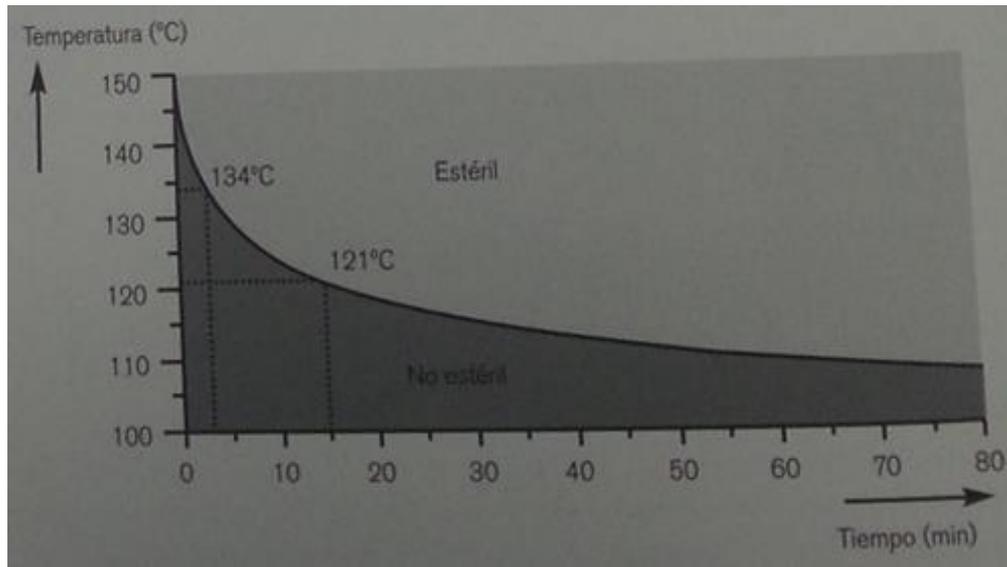


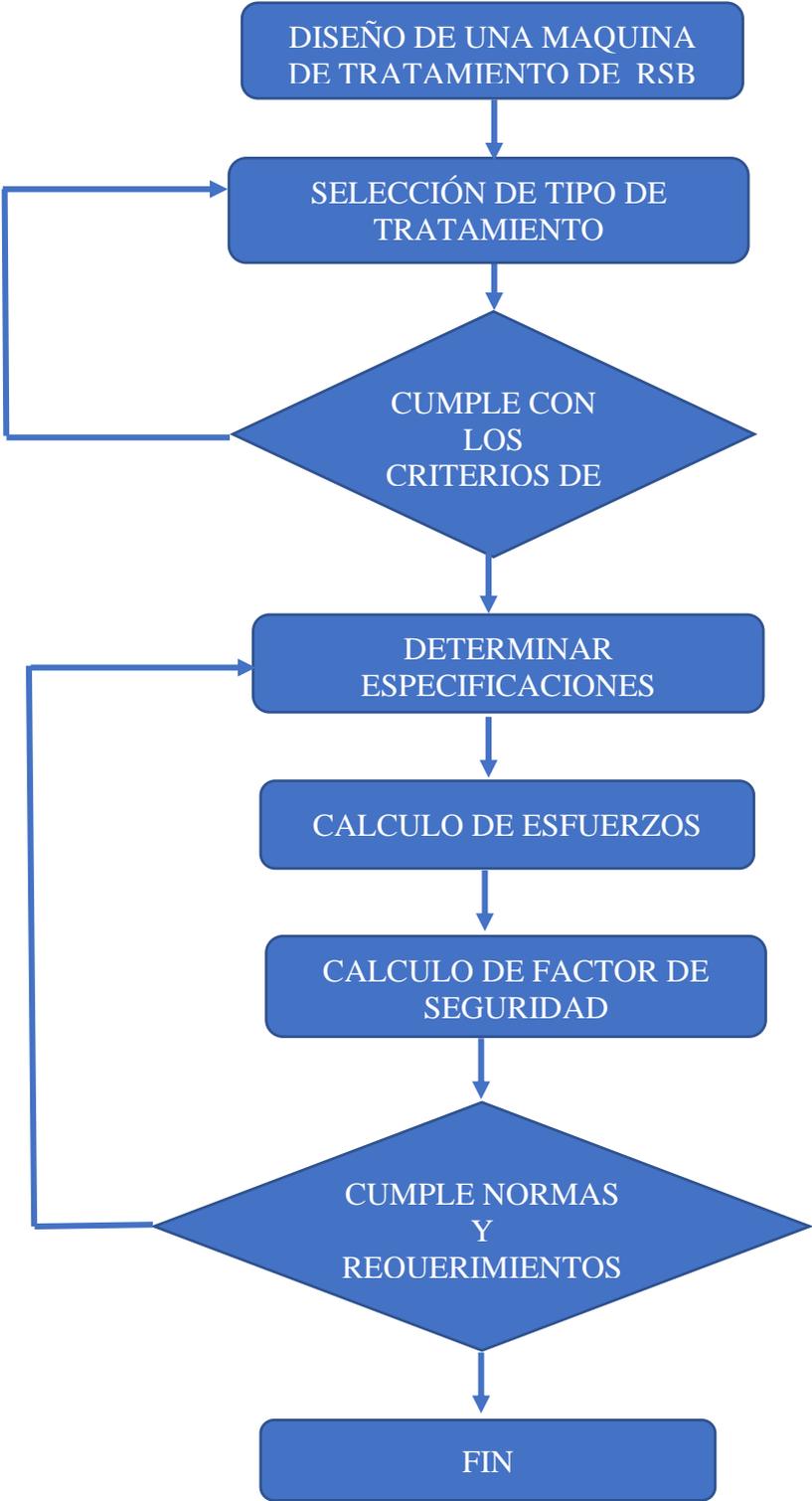
Figura 15. Tasa de destrucción para el calor húmedo

Fuente: Jaime (2017)

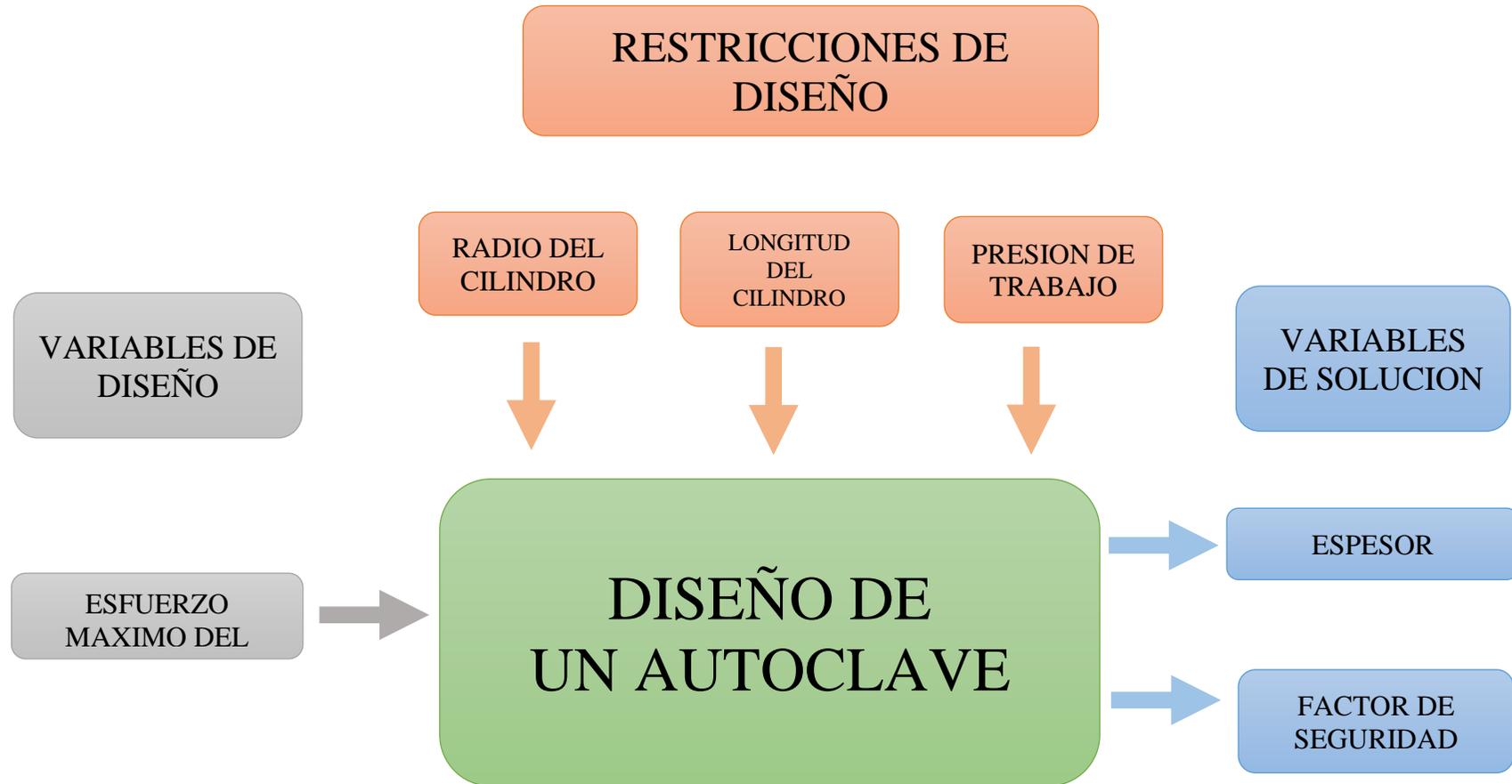
La curva muestra este efecto de la temperatura en el tiempo necesario para alcanzar la tasa de destrucción de microorganismos deseada. Delimita el tiempo mínimo de esterilización para cualquier temperatura dada. Los materiales estarán estériles si son expuestos al calor húmedo, mediante una combinación de temperatura y tiempo, dentro de las áreas sombreadas del diagrama.

Anexo 3. Metodología de diseño

DIAGRAMA DE FLUJO



Anexo 4. Diagrama de caja negra para diseño



Anexo 5. Autoclaves

Tipos de autoclave

a) Autoclaves de desplazamiento de gravedad o Gravitacional

En estos equipos el aire es removido por gravedad, ya que el aire frío es más denso y tiende a salir por un conducto colocado en la parte inferior de la cámara cuando el vapor es admitido. Este proceso es muy lento y favorece la permanencia residual del aire. Estos equipos varían en tamaño. Los hay desde modelos pequeños que se colocan sobre la mesa y son utilizados en clínicas y consultorios, hasta grandes unidades capaces de manejar carritos de carga de materiales.

El tiempo de penetración es prolongado por una incompleta salida del aire y, por tanto, los tiempos de esterilización son mayores. Este tipo de equipo es obsoleto. En la actualidad se fabrican equipos mucho más sofisticados que aun cuando funcionan con el mismo principio, facilitan la operación y aumentan el nivel de seguridad por medio de controles automáticos, bombas de vacío y microprocesadores.

b) Esterilizadores de Pre-vacío

Estos equipos tienen una bomba de vacío, o sistema de Venturi, para retirar el aire de la cámara rápidamente en forma de pulsos, de modo que el vapor ingrese a la cámara a mayor velocidad, mejorando la eficiencia del autoclave al eliminar las bolsas de aire e incrementar la velocidad del proceso, incluso cuando operan a la misma temperatura que los esterilizadores de desplazamiento de gravedad (121°C o 132° C). Constituye un sistema mucho más eficiente que otros.

La ventaja de este sistema radica en que la penetración del vapor es prácticamente instantánea aún en materiales porosos. Además, con este método los períodos de esterilización son menores debido a la rápida remoción del aire tanto de la cámara como de la carga y la mayor temperatura a la que es posible exponer los materiales. Las autoclaves con bomba de vacío funcionan a temperaturas de 121°C a 132°C en períodos de 4 a 18 minutos.

Componentes de un autoclave

Un autoclave tiene los siguientes componentes principales.

a) Recipiente de alta presión con tapa junta

El envase o recipiente sólido donde el agua se calentará en los equipos de vapor bajo presión se llama autoclave. El espacio donde se ponen los objetos a ser esterilizados se llama cámara esterilizadora. Para evitar escapes entre el recipiente y la tapa el esterilizador cuenta con una junta entre ambos. Además, tiene un mecanismo de cerradura con tornillos, o caso contrario, un sistema tipo bayoneta compuesta de autoclaves pequeñas y portátiles. Ver figura 12.



Figura 16: Recipiente Cilíndrico de alta Presión

Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/ema-europe-sro/product-142020-1624649.html>

b) Válvula de control de presión

La válvula de control de presión se encuentra sobre la base para mantener el nivel de vapor deseado. De ser necesario, este permitirá el escape de cierta cantidad de vapor. En las unidades modernas este instrumento es un sensor de presión para el vapor y un sensor de temperatura para el calor. Ver figura 13.



Figura 17: Válvula Reguladora de presión RKT

Fuente: <https://www.generavapor.com.pe/catalogo/valvulas-de-control-moduladoras/797-valvula-de-control-con-actuador-neumatico-mod-pv6274-34-4-rtk.html>

c) Válvula de seguridad

Es útil cuando existe la posibilidad que la válvula de control no funcione bien. Si ello ocurre, no habrá escape del vapor, y la presión de éste podría subir tanto que podría explotar. En ese caso, la válvula de seguridad permitirá el escape del vapor. En algunos países esta válvula de seguridad es obligatoria por ley. Ver figura 14.



Figura 18: Válvula de seguridad

Fuente: <https://www.swagelok.com/downloads/webcatalogs/es/MS-01-141.pdf>

d) Mecanismo de expulsión de aire

Llamado también purgador. Las autoclaves modernas están equipadas con un sistema de expulsión de aire que opera mediante una pieza o fuelle, relleno con una mezcla de agua y alcohol. Ver figura 15.



Figura 19: Eyector de Venturi Compacto Serie VEC

Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/camozzi-automation/product-5625-429844.html>

Anexo 6. Norma NTS 144-MINSA/2018/DIGESA

NTS Nº 144-MINSA/2018/DIGESA

NORMA TÉCNICA DE SALUD: "GESTIÓN INTEGRAL Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD, SERVICIOS MÉDICOS DE APOYO y CENTROS DE INVESTIGACIÓN"

I. FINALIDAD Y JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Contribuir a brindar seguridad al personal, pacientes y visitantes de los establecimientos de salud (EESS), servicios médicos de apoyo (SMA) y centros de investigación¹ (CI), públicos, privados y mixtos a nivel nacional, a fin de prevenir, controlar y minimizar los riesgos sanitarios, ocupacionales y ambientales por la gestión y manejo inadecuado de sus residuos sólidos que generan, así como disminuir el impacto negativo a la salud pública y al ambiente que éstos producen.

La presente Norma Técnica de Salud se justifica técnicamente en la medida que es necesario lograr los siguientes objetivos:

- a) Establecer los lineamientos y procedimientos para una gestión y manejo de los residuos sólidos generados por los EESS, SMA y CI de manera integrada, sanitaria y ambientalmente adecuada;
- b) Estandarizar las condiciones de seguridad a los pacientes, personal de la salud, de limpieza y visitantes expuestos a los residuos sólidos peligrosos que allí se generan;
- c) Brindar alternativas para minimizar la generación de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos de los EESS, SMA y CI y disminuir el impacto negativo que éstos ocasionan al ambiente y a la salud de las personas.

II. ÁMBITO DE APLICACIÓN



Las disposiciones contenidas en esta Norma Técnica de Salud son de aplicación en todos los EESS, SMA y CI a nivel nacional, regional y local, del Ministerio de Salud, Seguro Social de Salud - EsSalud, Fuerzas Armadas, Policía Nacional del Perú, Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales o Municipales y otros públicos; así como los privados, tales como Clínicas, Policlínicos, Consultorios (Médicos y Dentales), los centros veterinarios, laboratorios, Entidades Educativas (ciencias de la salud) y otros que generen residuos sólidos en cualquier atención de la salud.

III. BASE LEGAL

- 3.1. Ley Nº 26842, Ley General de Salud, y sus modificatorias.
- 3.2. Ley Nº 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, y sus modificatorias.
- 3.3. Ley Nº 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, y sus modificatorias.
- 3.4. Ley Nº 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, y su modificatoria.

¹ <https://www.usb.edu.pe/institucion/minsa/normas-legales/189286-021-2017-es>

Artículo 83: De los centros de investigación, enténdase como centro de investigación a la unidad física de la institución de investigación, donde se conduce uno o más ensayos clínicos (...)



Spanish standard
UNE EN 285:2016
December 2007

Sterilization - Steam sterilizers - Large sterilizers



Asociación Española
de Normalización
Génova, 6 - 28004 Madrid
915 294 900
info@une.org
www.une.org

Anexo 8. Norma ISO 17665-1:2016

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО
17665-1—
2016

Стерилизация медицинской продукции

ВЛАЖНОЕ ТЕПЛО

Часть 1

**Требования к разработке, валидации и текущему
контролю процесса стерилизации медицинских
изделий**

ISO 17665-1:2006

**Sterilization of health care products — Moist heat — Part 1 : Requirements for
development, validation and routine control of a sterilization process for medical
devices
(IDT)**

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2016

Anexo 9. Norma ISO 11138-1:2017



ÖNORM
EN ISO 11138-1

Edition: 2017-07-15

Sterilization of health care products — Biological indicators

Part 1: General requirements

(ISO 11138-1:2017)

Sterilisation von Produkten für die Gesundheitsfürsorge — Biologische Indikatoren — Teil 1: Allgemeine Anforderungen
(ISO 11138-1:2017)

Sterilisation des produits de santé — Indicateurs biologiques — Partie 1: Exigences générales
(ISO 11138-1:2017)

Publisher and printing
Austrian Standards Institute/
Österreichisches Normungsinstitut
Heinestraße 38, 1020 Wien

Copyright © Austrian Standards Institute 2017
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means — electronic, mechanical and photocopying or any other data carrier — without prior permission!
E-Mail: publishing@austrian-standards.at
Internet: www.austrian-standards.at/forms-of-use

Sale and distribution of national and foreign standards and technical regulations via Austrian Standards plus GmbH
Heinestraße 38, 1020 Wien
E-Mail: sales@austrian-standards.at
Internet: www.austrian-standards.at
Webshop: www.austrian-standards.at/webshop
Tel: +43 1 213 00-300
Fax: +43 1 213 00-858

ICS 11.060.01; 11.080.20

Identical (GDT) with ISO 11138-1:2017-03
Identical (GDT) with EN ISO 11138-1:2017-03

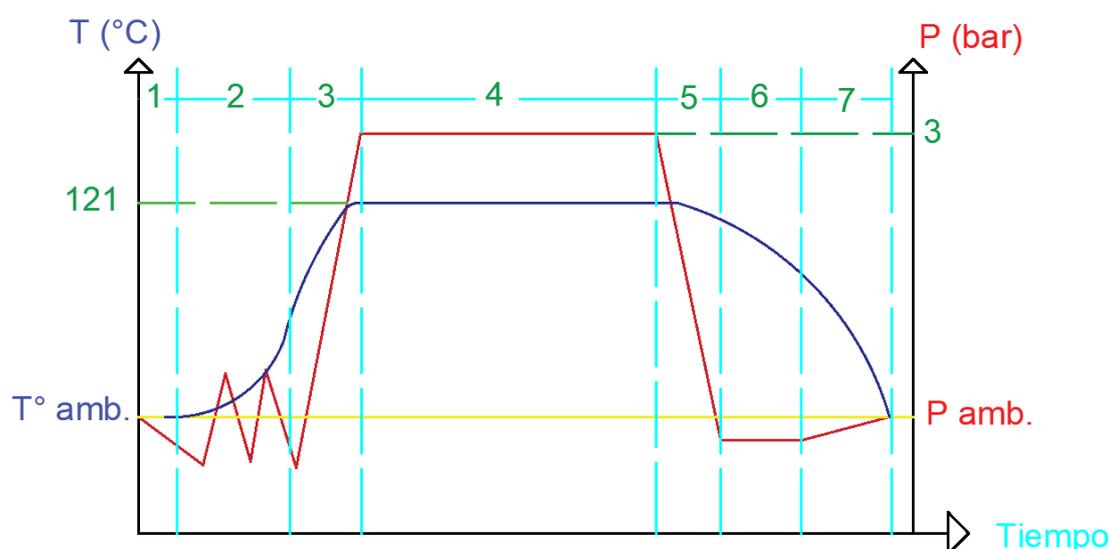
Supersedes ÖNORM EN ISO 11138-1:2009-11

responsible Committee 215
Sterilization and disinfection of medical devices

Anexo 10. Ventajas y desventajas de Autoclave vertical y horizontal

Configuración	Autoclave Vertical	Autoclave Horizontal
Ventajas	Necesita menor superficie de planta	Dirección de caída del líquido perpendicular al flujo en lugar de a contracorriente
	Fácil de limpiar	Mayor capacidad de Líquido
	Bueno para manejo de solidos	Mejor control de turbulencia con platos longitudinales
Desventajas	Menor capacidad de liquido	Mejor uso de volumen de retención
	El líquido fluye a contracorriente del vapor	Mayor superficie de liquido
	No es bueno para líquidos espumosos	Más fácil de mantener
	Problemas de instalación altos	Mejor para líquidos espumosos
		Necesita mayor área de planta
	No es bueno si hay gran cantidad de sólidos en el liquido	
	Los eliminadores de humedad se pueden taponear y romper	

Anexo 11. Curva de vapor en el proceso de esterilización



El proceso de la esterilización se presenta en la tabla XX. en donde se explica los procesos de la esterilización.

Tabla 16.

Descripción del proceso del vapor en la esterilización

N°	Proceso	Descripción
1	Pre-vacío	la bomba de vacío extrae el aire fuera del esterilizador para encontrar el nivel de vacío recomendado
2	Vacío fraccionado	En esta etapa se inyecta vapor hasta una presión de ajuste, y luego se evacua el vapor, este proceso se repite 3 veces. Este proceso asegura que no queden atrapados bolsos de aire en el interior de la cámara que puedan perjudicar el proceso de esterilización.
3	Calentamiento	La cámara se llena de vapor continuamente hasta llegar a la temperatura de tratamiento, el rango de esta temperatura es de 121°C a 135°C
4	Esterilización	Se mantiene a la temperatura de esterilización mediante el tiempo necesario para la inactivación y muerte de los microorganismos presentes en los desechos
5	Bombeo de vacío	Una vez terminado con el tiempo de esterilización, las bombas de vacío extraen el vapor de la cámara
6	Secado	Se mantiene el vacío de la cámara mientras los desechos secan el contenido de agua, el peso del contenido disminuye en un 20%
7	Romper el vacío	Se abre la válvula de entrada de aire a la cámara de esterilización, hasta llegar al equilibrio con la presión externa.

Anexo 12. Cinética de muerte térmica de microorganismos.

La muerte térmica de los microorganismos como consecuencia de un tratamiento de altas temperaturas sigue una cinética exponencial. Si representamos la variación del logaritmo del número de células supervivientes a un tratamiento térmico realizado a una temperatura dada en función del tiempo de tratamiento, se obtiene la recta cuya pendiente nos indica la velocidad de termo destrucción.

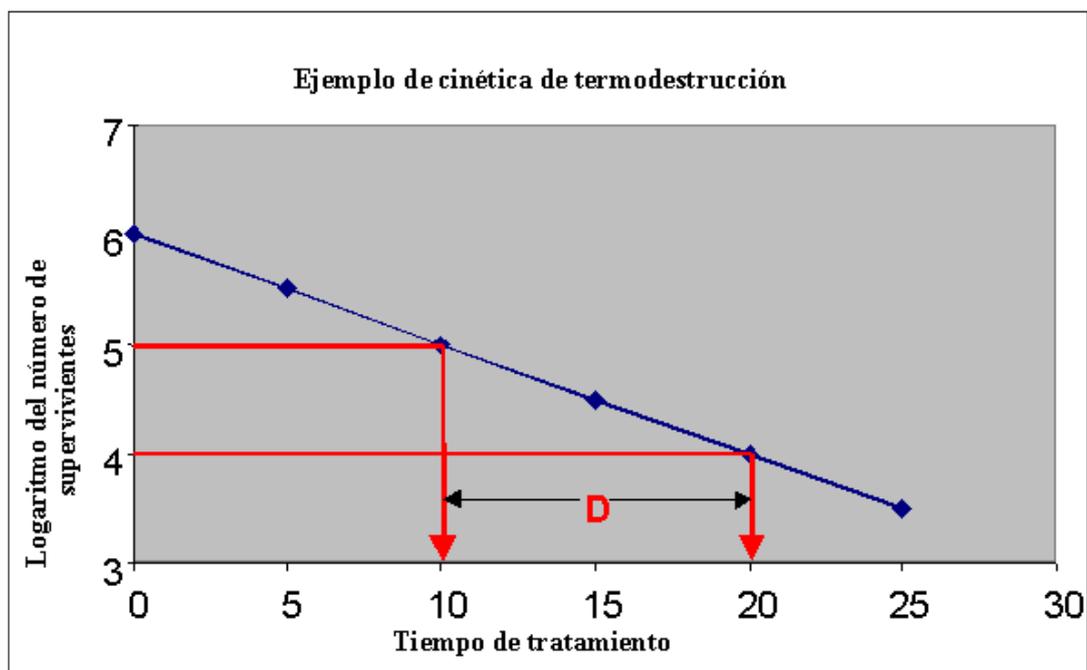


Figura 20. Ejemplo de cinética de termo destrucción

El tiempo de reducción decimal (valor D)

Es el tiempo requerido para reducir una población bacteriana, a un 10%, a una temperatura constantes. Al exponer una suspensión de microorganismos a una temperatura letal, se produce en función del tiempo, una disminución de la población microbiana capaz de reproducirse en condiciones normales. Estas temperaturas letales dependen del microorganismo considerado y del medio.

La destrucción de microorganismos por calor, no significa, una destrucción en el sentido físico sino una pérdida de la capacidad de reproducirse. Los microorganismos al ser sometido al calor húmedo a una temperatura letal, se inactivan o destruyen en una forma exponencial con el tiempo, siguiendo el comportamiento cinético de una reacción monomolecular a una reacción bimolecular de primer orden, que expresado en una ecuación sería:

$$\frac{dN}{dt} = -k_{\theta} \cdot N$$

Integrando se obtiene

$$N = N_o \cdot 10^{-\frac{k}{2.3}t}$$

Donde:

K: constante de velocidad de reacción (min^{-1})

N: número de microorganismo viables

t: Tiempo

D: representa el tiempo necesario para reducir la población microbiana a la décima parte (tiempo de reducción decimal)

Haciendo:

$$N = 1$$

$$N_o = 10$$

$$t = D$$

Tenemos

$$N = N_o \cdot 10^{-\frac{t}{D}}$$

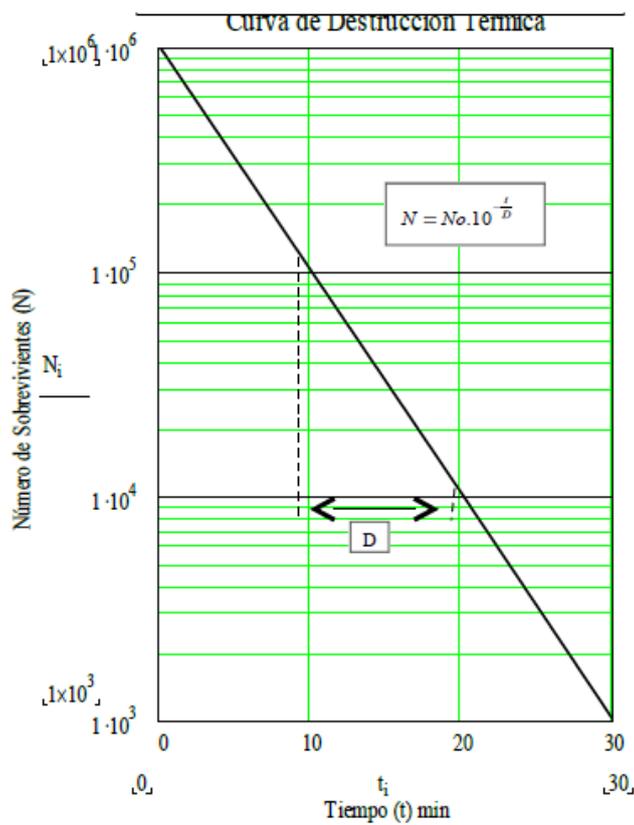


Figura 21. Curva de destrucción térmica

Efecto de la temperatura en el valor K

El valor constante de velocidad de destrucción (K) es principalmente función de la temperatura. Esta relación se puede representar según Arrhenius por:

$$k = C * e^{\frac{Ea}{R} * \left(\frac{1}{T}\right)}$$

$$\log(k) = \log(C) - \left(\frac{Ea}{2.3 * R}\right) * \left(\frac{1}{T}\right)$$

Donde:

Ea: Energía de activación (cal/mol.)

T: Temperatura absoluta

C: Constante empírica

R: Constante general de los gases

Quieres decir que las células microbianas, como las moléculas químicas, necesitan absorber una cierta cantidad de energía (energía de activación) para que se produzca su inactivación. Se ha encontrado que la distribución de energía de las moléculas o de las células microbianas, sigue una distribución normal, dada por la ecuación de Maxwell

$$\frac{N}{No} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} * \left(\frac{Ea}{R * T}\right)^{\frac{1}{2}} * e^{\frac{Ea}{R * T}}$$

N: número de microorganismos inactivados

No: Número total de microorganismos

R: Constante: $2 * \frac{BTU}{célula * °R}$

T: temperatura absoluta

Ea: Energía de activación (BTU/célula)

Si se tiene que la expresión:

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}} * \left(\frac{Ea}{R * T}\right)^{\frac{1}{2}} = 1$$

La ecuación queda reducida a:

$$N = No * e^{\frac{Ea}{R * T}}$$

Algunos valores de Energía de activación:

<i>Bacillus Stearotemophilus</i>	67700 cal/mol
Clostridium Botulinun	82100 cal/mol
Tiamina	26000 cal/mol
Tripsina	12000 cal/mol
Lipasas pancreática	4200 cal/mol

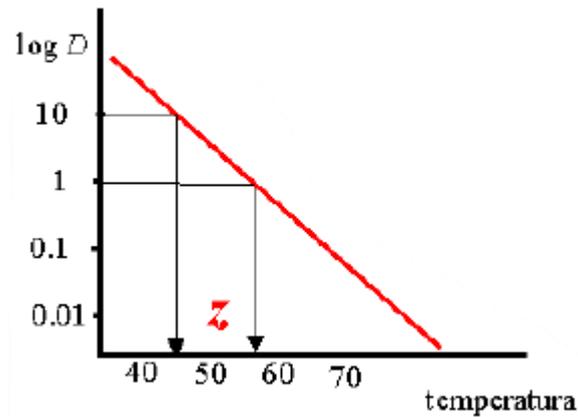


Figura 22. Ejemplo de D y Z para microorganismos

Considerando la Ecuación de Arrhenius se determina el otro parámetro cinético conocido como valor Z. Bajo el principio de que un intervalo corto de temperaturas la Energía de activación permanece constante.

Para una temperatura tal como T1, la ecuación sería:

$$\log(k1) = \log(C) - \left(\frac{Ea}{2.3 * R}\right) * \left(\frac{1}{T1}\right)$$

Y para una temperatura T2:

$$\log(k2) = \log(C) - \left(\frac{Ea}{2.3 * R}\right) * \left(\frac{1}{T2}\right)$$

Cambiando de signo en la ecuación queda:

$$-\log(k2) = -\log(C) + \left(\frac{Ea}{2.3 * R}\right) * \left(\frac{1}{T2}\right)$$

Correlacionando las ecuaciones para las temperaturas T1 y T2

$$\log(k1) - \log(k2) = -\left(\frac{Ea}{2.3 * R}\right) * \left(\frac{1}{T1}\right) + \left(\frac{Ea}{2.3 * R}\right) * \left(\frac{1}{T2}\right)$$

Luego:

$$\frac{\log(k1)}{\log(k2)} = \left(\frac{Ea}{2.3 * R}\right) * \left(\frac{1}{T2} - \frac{1}{T1}\right)$$

Pero

$$k = \frac{2.3}{Dt}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$\frac{\log(D1)}{\log(D2)} = \frac{Ea}{2.3 * R} * \left(\frac{1}{T2} - \frac{1}{T1}\right)$$

$$\frac{\log(D1)}{\log(D2)} = \frac{Ea}{2.3 * R * T2 * T1} * (T1 - T2)$$

$$\log(D2) - \log(D1) = \frac{Ea}{2.3 * R * T2 * T1} * (T1 - T2)$$

$$\log(D2) = -\log(D1) + \frac{Ea}{2.3 * R * T2 * T1} * (T1 - T2)$$

Se puede apreciar que la expresión $\frac{Ea}{2.3 * R * T2 * T1}$, representa matemáticamente la pendiente de la ecuación, entonces:

$$\frac{Ea}{2.3 * R * T2 * T1} = \frac{1}{Z}$$

La cual se reemplaza en la ecuación anterior.

$$\log(D2) = -\log(D1) + \frac{1}{Z} * (T1 - T2)$$

$$D2 = D1 * 10^{\frac{T1-T2}{Z}} \dots (1)$$

Expresión matemática que nos permite determinar el tiempo de reducción decimal en un rango de temperaturas. El valor (Z) está en relación directa a la resistencia a la temperatura, es decir a mayor resistencia a la temperatura mayor será el valor de Z.

**Anexo 13. Materiales recomendados por Norma ASME ASME Boiler and Pressure
Vessel Code, Sección II**

ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE DE DISEÑO A LA TENSION EN 1,000 PSI									
ESPECIFICACION DEL MATERIAL		CUANDO LA TEMPERATURA DE DISEÑO NO EXCEDE DE: °F							
NÚMERO	GRADO	-20 A 650	700	750	800	850	900	950	1050
SA-283	C	12.7	---	---	---	---	---	---	---
SA-285	C	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5		
SA-515	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5
SA-515	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5
SA-515	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5
SA-515	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5
SA-516	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5
SA-516	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5
SA-516	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5
SA-516	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5
SA-105		17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5
SA-181	I	15.00	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5
SA-350	LF1	15.0	---	---	---	---	---	---	---
	LF2	17.5	---	---	---	---	---	---	---
SA-53	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	---	---
SA-106	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5
SA-193	B7C-1/2 ^o	25.0	25.0	23.6	21.0	17.0	12.5	8.5	4.5
SA-194	2H	---	---	---	---	---	---	---	---
SA-307	B	---	---	---	---	---	---	---	---

**Anexo 14. Uniones soldadas recomendados por Norma ASME Boiler and Pressure
Vessel Code, Sección II**

TIPOS DE UNIONES NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA UNION CUANDO LA JUNTA ESTA RADIOGRAFIADA		
		AL 100 %	POR PUNTOS	SIN
	SOLDADURA A TOPE UNIDA CON SOLDADURA POR AMBOS LADOS, O BIEN POR OTRO METODO CON LO CUAL SE OBTENGA LA MISMA CALIDAD DEL METAL DE APORTE EN AMBOS LADOS DE LA SUPERFICIE SOLDADA. SI SE USA LA SOLERA DE RESPALDO, DEBERA QUITARSE DESPUES DE APLICAR LA SOLDADURA Y ANTES DE RADIOGRAFIAR.	1.00	0.85	0.70
	SOLDADURA SIMPLE A TOPE CON SOLERA DE RESPALDO LA CUAL PERMANECERA EN EL INTERIOR DEL RECIPIENTE.	0.90	0.80	0.65
	UNION SIMPLE POR UN SOLO LADO SIN SOLERA DE RESPALDO	---	---	0.60
	UNION TRASLAPADA CON DOBLE FILETE	---	---	0.55
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO Y TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.50
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO SIN TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.45

Anexo 15. Esfuerzos en Recipientes a Presión

Datos de la presión de trabajo y de las dimensiones del cuerpo cilíndrico.

P_o : 3.05 Kg/cm²

P : mayor $(1.1P_o, 3.05+2) = 5.05$ Kg/cm².

D : 1010 mm

Espesor: 10 mm

Datos de las dimensiones para el cabezal torisférico.

Espesor: 5 mm

Esfuerzo del material escogido

S : 970.236 Kg/cm².

3.6.1. Factor de Seguridad para Cascos sometidos a Presión

La presión uniforme, interna o externa, induce en la costura longitudinal un esfuerzo unitario igual al doble del que obra en la costura circunferencial, por la geometría misma del cilindro. Cuando otras fuerzas (de viento, sísmicas, entre otras) no son factores importantes, un recipiente sujeto a presión externa, debe diseñarse para resistir solo la deformación circunferencial. Las normas establecen el método de diseño para llenar tal requisito. Cuando actúan las demás cargas, la combinación de la mismas puede ser la que rija, y podrá requerirse una placa de mayor espesor que el necesario para resistir únicamente la deformación circunferencial. (Megyesy)

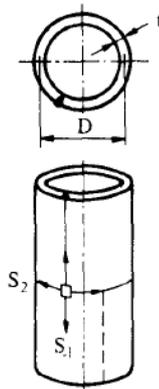


Figura 23. Cuerpo Cilíndrico

Esfuerzo circunferencial

Para ello se deberá obtener el Valor del Esfuerzo circunferencial (o de Zuncho) con la siguiente fórmula matemática:

$$S_c = \frac{P * D}{2 * t}$$

Donde:

$$S_c = \text{Esfuerzo circunferencial } \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$$

$P = \text{Presión interna de diseño}$

$D = \text{Diametro medio del recipiente} = 2 * R + t$

$t = \text{Espesor del casco}$

Reemplazando datos, tenemos:

$$S_c = \frac{P * D}{2 * t} = \frac{5.05 * 1010}{2 * 10}$$

$$S_c = 255.025 \frac{Kg}{cm^2}$$

Esfuerzo Longitudinal

El cálculo del esfuerzo Longitudinal es el siguiente:

$$S_l = \frac{P * D}{4 * t}$$

Donde:

$$S_l = \text{Esfuerzo longitudinal } \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$$

$P = \text{Presión interna de diseño}$

$D = \text{Diametro medio del recipiente} = 2 * R + t$

$t = \text{Espesor del casco}$

Reemplazando datos tenemos:

$$S_l = \frac{P * D}{4 * t} = \frac{5.05 * 1010}{4 * 10}$$

$$S_l = 127.513 \frac{Kg}{cm^2}$$

Cálculo de esfuerzo cortante en el cuerpo cilíndrico

$$\tau_{xy} = \frac{S_c - S_l}{2} = \frac{255.025 - 127.513}{2}$$

$$\tau_{xy} = 63.756 \frac{Kg}{cm^2}$$

Cálculo del esfuerzo equivalente de Von Mises en el cuerpo cilíndrico

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x * \sigma_y + 3 * \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_t = \sqrt{255.025^2 + 127.513^2 - 255.025 * 127.513 + 3 * 63.756^2}$$

$$\sigma_t = 246.926 \frac{Kg}{cm^2}$$

Para poder hallar el factor de seguridad del Casco Cilíndrico se tendrá que tomar el Valor del esfuerzo del material estudiado entre el valor del Esfuerzo Circunferencial, es así que tenemos lo siguiente.

$$FS = \frac{S}{\sigma_t}$$

Donde:

FS = Factor de Seguridad

S = Valor del esfuerzo del Material ($\frac{Kg}{cm^2}$)

S_c = Valor del esfuerzo circunferencial ($\frac{Kg}{cm^2}$)

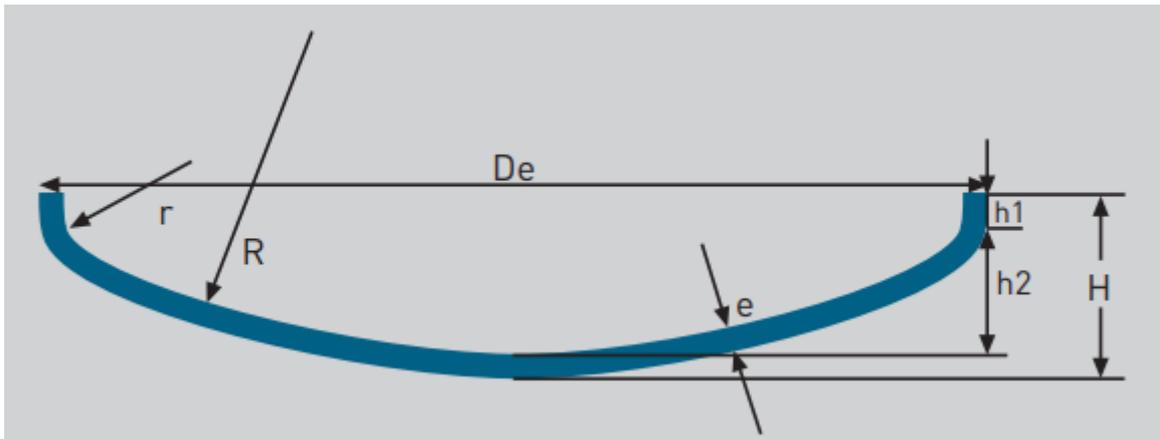
$$FS = \frac{970.236}{246.926}$$

$$FS = 3.929$$

Para el material SA 515 Grado 55 y con el espesor de 5 mm para el trabajo de presión de 3 bar, el factor de seguridad que nos ofrece es de 16.87

3.6.2. Factor de Seguridad para Cabezales sometidos a Presión

La presión interna de trabajo del autoclave va a repercutir en los esfuerzos del cabezal, es por ello que es necesario calcular los esfuerzos y los esfuerzos circunferenciales del cabezal torisférico, para ello se dispone primero de identificar los valores de la forma geométrica del cabezal torisférica:



REFERENCIA		TIPO				
F13		FLANGED & DISHED				
EJEMPLO PRÁCTICO						
De	e	R	r	h1	H	V (h2)
2000	10	2000	120	50	393	616

NORMA	
A S M E	$R=De$
	$r=0.006De$
	$h2= R-\sqrt{(R-r)^2-\left(\frac{Di}{2}-r\right)^2}$
	$H=h2+h1+e$
	$V(h2)=\left(\frac{Di}{25,4}\right)^3 \cdot 0,0013$

Figura 24. Dimensiones de tapa torisférica

Donde:

R = Radio de la esfera interior

D_e = Diametro Exterior

D_i = Diámetro Interior

r = Radio de rebordeo interior

H = Altura total exterior

e = Espesor del Material

Entonces reemplazamos de valor ya encontrados y dejando los términos en función del espesor, para luego analizarlo en una tabla de Matlab. teniendo así lo siguiente:

$$D_e = D_i + 2 * e$$

$$D_e = R = 1010 \text{ mm}$$

$$r = 0.06 * D_e$$

$$r = 60.6 \text{ mm}$$

Cálculo de esfuerzo longitudinal en la parte del toroide σ_x

Para realizar este cálculo se realizará la semejanza a la forma de un toroide, la cual se toma la cuarta parte de la circunferencia total, ya que esta define la forma torisférica.

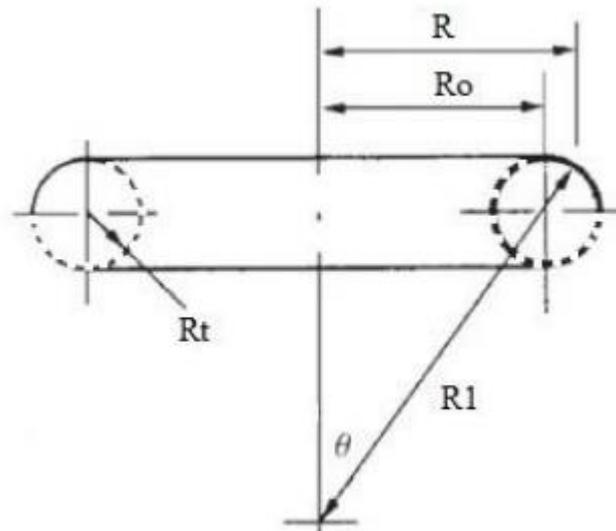


Figura 25. Geometría del toroide

Donde:

$$R_t = r = 0.06 * (1000 + 2 * e)$$

$$R_m = r + \frac{e}{2} = 63.1 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_i - 2 * r}{2} = 439.4 \text{ mm}$$

$R_m = \text{Radio Medio}$

$R_o =$ Radio interno del Toroide

Entonces el esfuerzo longitudinal se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma_x = \frac{R_m * P}{2 * e}$$

$$\sigma_x = \frac{63.1 * 5.05}{2 * 5}$$

$$\sigma_x = 31.86 \frac{Kg}{cm^2}$$

Cálculo de esfuerzo circunferencial en la parte del toroide σ_y

Para el caso del esfuerzo circunferencial variará según el ángulo θ , la cual se empezará con el valor de $\theta = 27.75^\circ$ que es el valor donde se unen la semiesfera y la parte del toroide.

$$\sigma_y = \frac{R_m * P}{e} * \left[1 - \frac{R_m \sin\theta}{2(R_o + R_m \sin\theta)} \right]$$

$$\sigma_y = \frac{63.1 * 5.05}{5} * \left[1 - \frac{63.1 * \sin\theta}{2 * (439.4 + 63.1 * \sin\theta)} \right]$$

$$\sigma_y = 61.73 \frac{Kg}{cm^2}$$

Cálculo del esfuerzo cortante en la pared del toroide τ_{xy}

$$\tau_{xy} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} = \frac{31.86 - 61.73}{2}$$

$$\tau_{xy} = -14.935 \frac{Kg}{cm^2}$$

Cálculo del esfuerzo equivalente de Von Mises en la parte del toroide σ_t

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x * \sigma_y + 3 * \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_t = \sqrt{31.86^2 + 61.73^2 - 31.86 * 61.73 + 3 * (-14.935)^2}$$

$$\sigma_t = 57.48 \frac{Kg}{cm^2}$$

Cálculo de Factor de Seguridad del toroide

Para hallar el valor del factor de seguridad, se tomará el valor del esfuerzo del material escogido, en esta investigación, el acero SA 515 Grado 55

$$FS = \frac{S}{\sigma_t}$$

$$FS = \frac{970.236}{57.48}$$

$$FS = 16.87$$

Para el material SA 515 Grado 55 y con el espesor de 5 mm para el trabajo de presión de 3 bar, el factor de seguridad que nos ofrece es de 16.87

Anexo 16. Planos de la Máquina

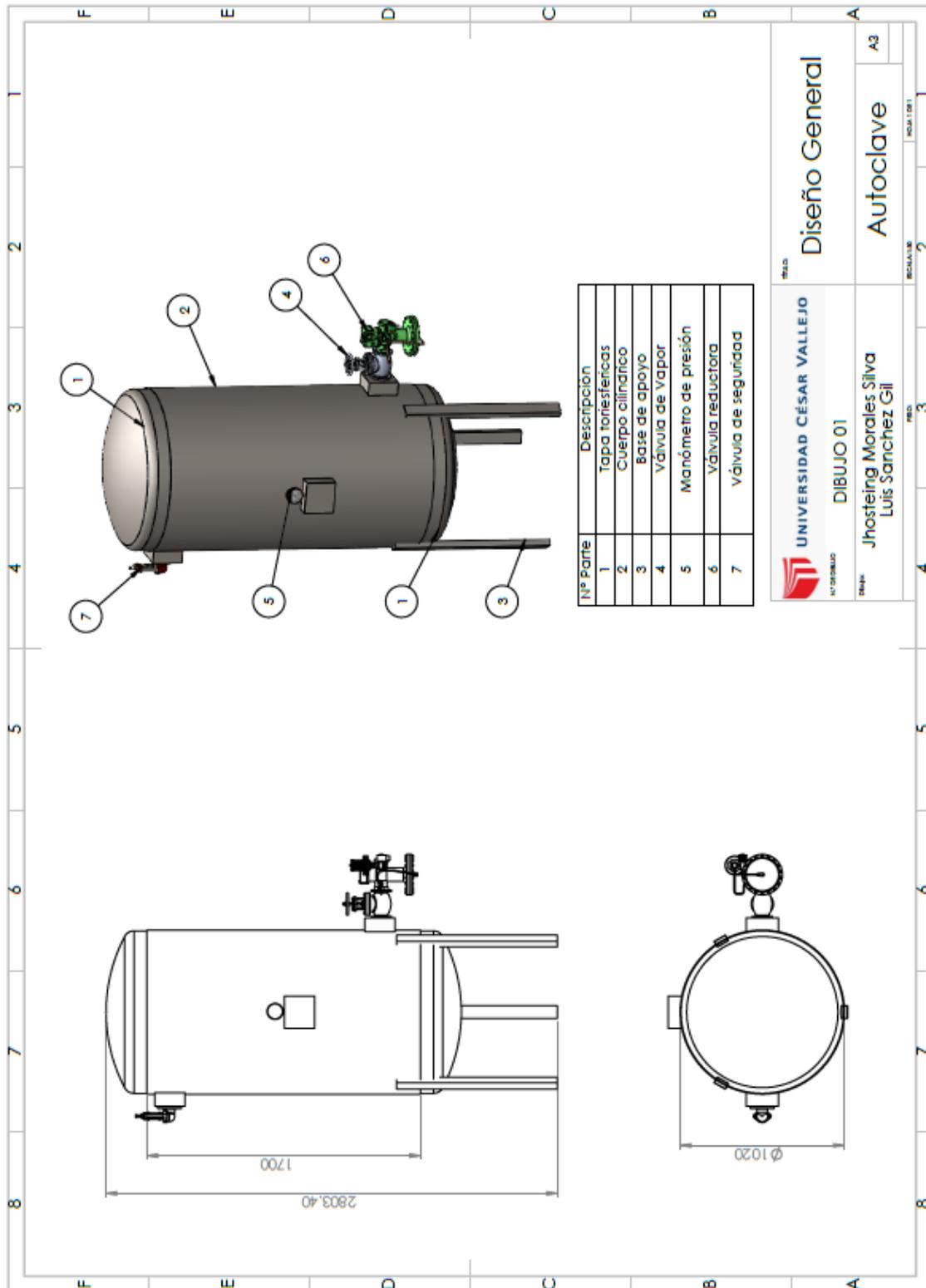
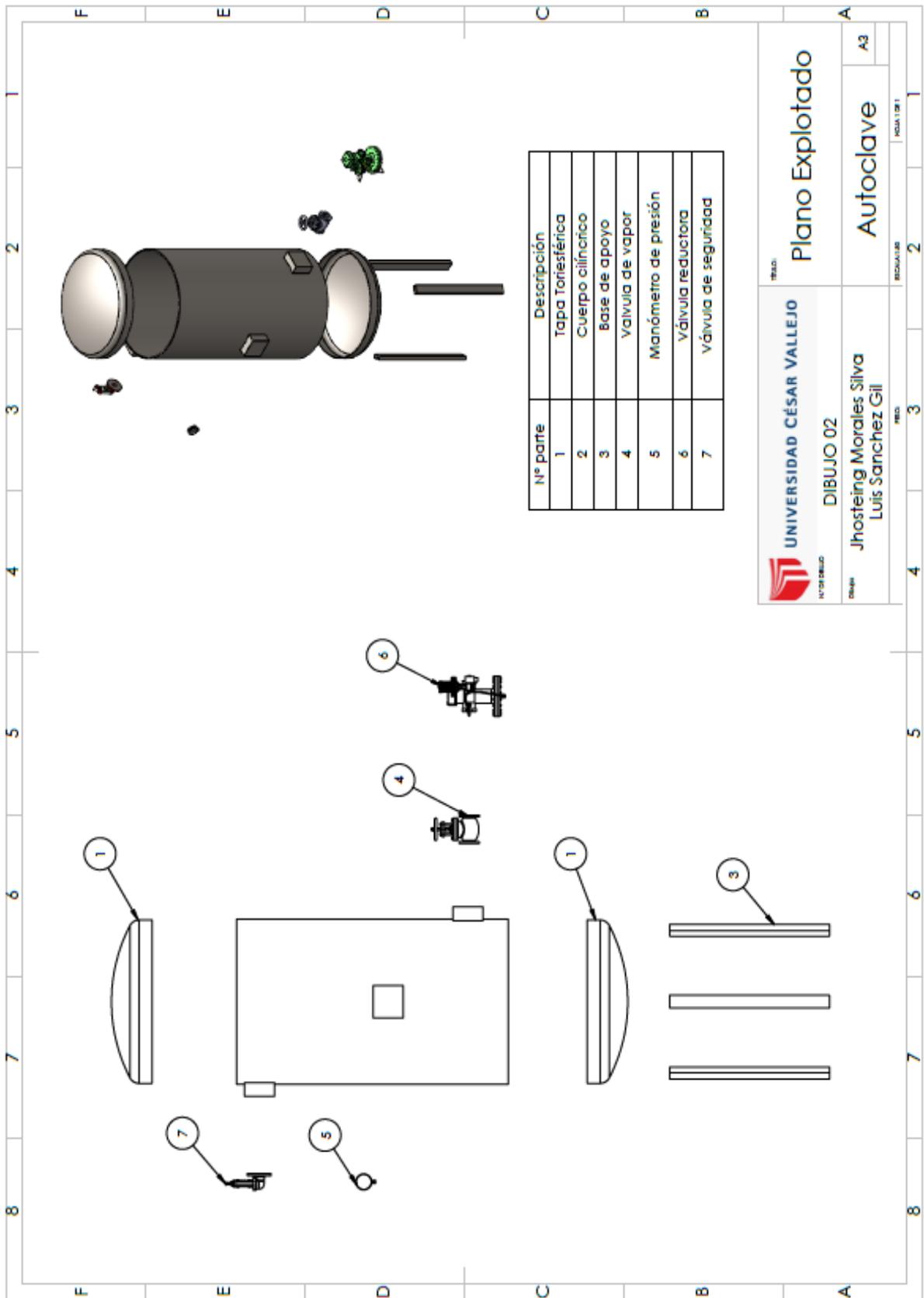


Figura 26. Plano general

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 DIBUJO 02
 Diseñó: Jhosteing Morales Silva
 Luis Sanchez Gil

TÍTULO: **Plano Explotado**

ESCALA: 1:1

FECHA: 1/1/2011

Autoclave

A3

Figura 27. Plano de explotado

Fuente: Propia

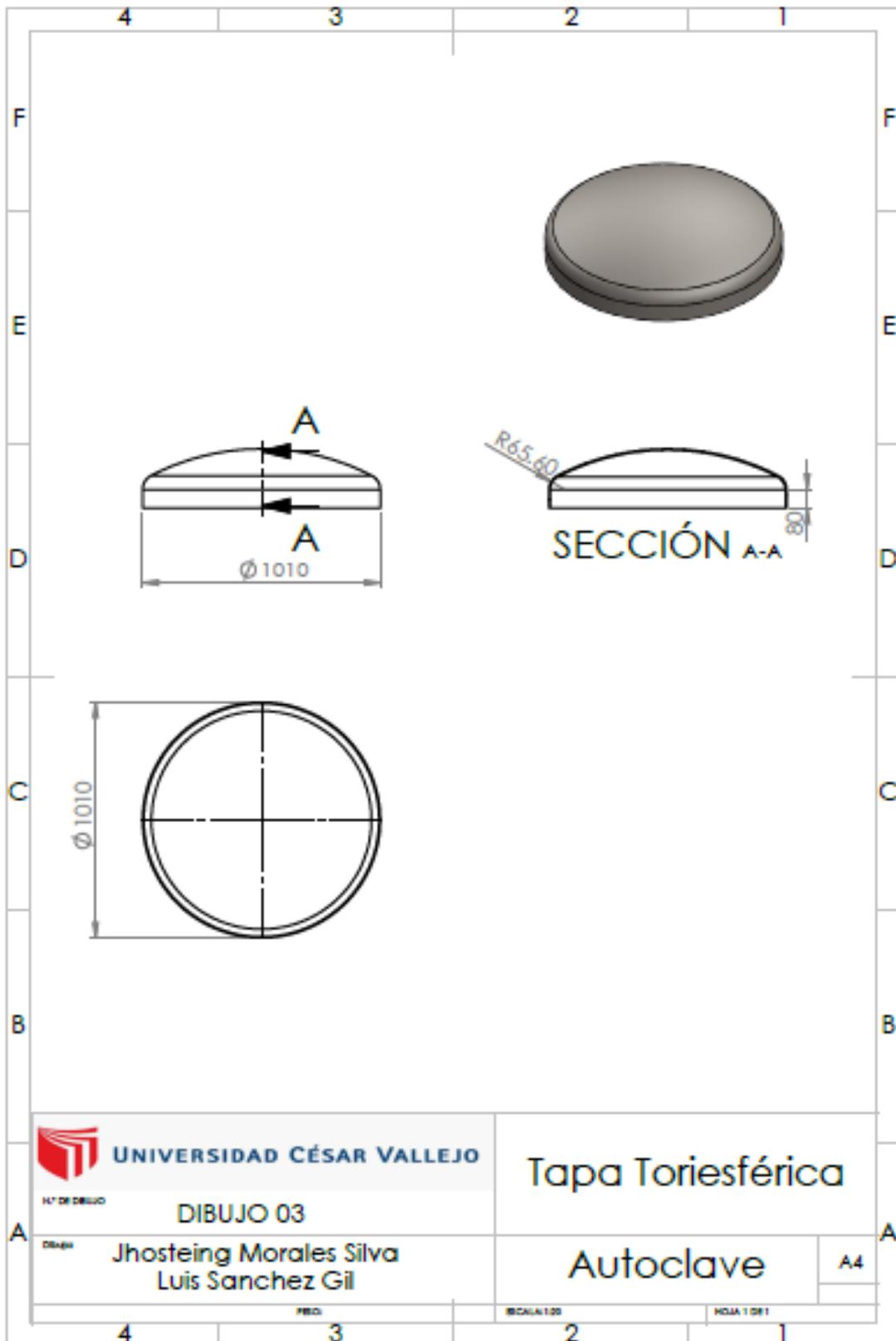


Figura 28. Plano de la tapa

Fuente: Propia

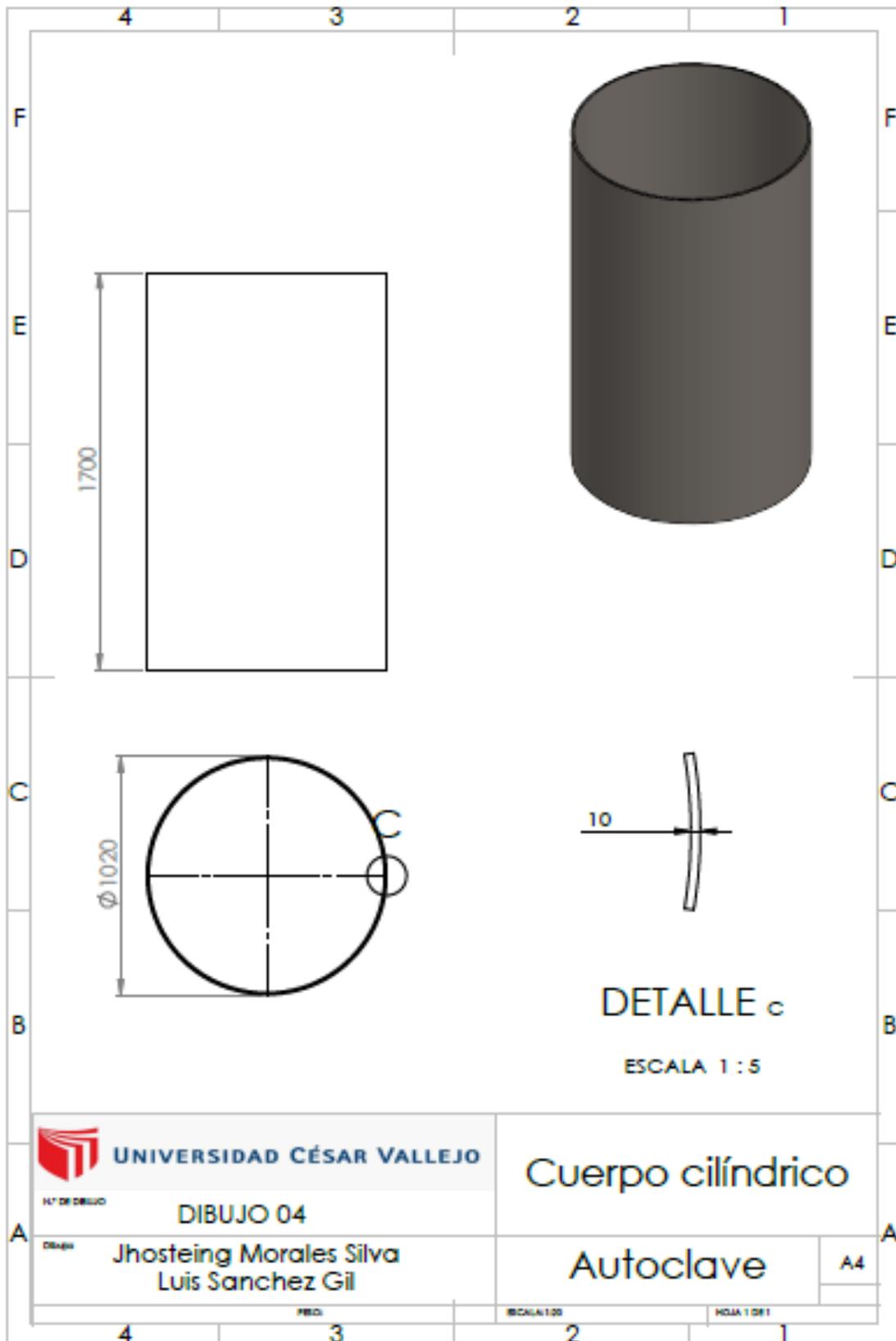


Figura 29. Plano del cuerpo cilíndrico

Fuente: Propia