



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA**

**“Diseño sustentable de componentes mecánicos  
utilizados en un AUTOCLAVE”**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERIA MECANICA**

**PRESENTA:  
MINERVA MARIANA CRUZ JIMENEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
Dr. MARCELO LOPEZ PARRA**



**MEXICO, D.F.**

**2018**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Autónoma Nacional de México

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería Mecánica

**“Análisis desde el punto de vista de Sustentabilidad  
de componentes mecánicos utilizados en un  
AUTOCLAVE”**

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestro en Ingeniería Mecánica

**Presenta:**

Minerva Mariana Cruz Jiménez

**Dirigido por:**

Dr. Marcelo López Parra

**SINODALES**

Dr. Marcelo López Parra  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Firma

Dr. Saúl Santillán Gutiérrez  
Secretario

\_\_\_\_\_  
Firma

Dr. Magdalena Trujillo Barragán  
Vocal

\_\_\_\_\_  
Firma

Dr. Alejandro C. Ramírez Reivich  
Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

Adrian Espinoza Bautista  
Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma  
Director de la Facultad

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma  
Director de Investigación y  
Posgrado

## RESUMEN

Actualmente la sustentabilidad es un tema de gran importancia mundial. Se han desarrollado normas para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> buscando tener un balance con los aspectos económicos y sociales.

El presente trabajo reporta los resultados obtenidos del análisis de sustentabilidad efectuado en los componentes de un autoclave industrial. Para la realización de dicho análisis se utiliza la Herramienta de Sustainable Minds (HSM). En la tesis se presentan las características básicas de un autoclave, como son dimensiones, materiales, funcionamiento general, así como los diferentes tipos de autoclaves que existen en el mercado; asimismo, se presentan las especificaciones técnicas de la autoclave que se tomó como base para el análisis. En el trabajo se explica paso a paso el uso de la Herramienta de Sustainable Minds, se describen las secciones del software que utiliza esta herramienta para determinar la sustentabilidad de un componente. La HSM se aplica posteriormente para evaluar el nivel de sustentabilidad de los componentes de la autoclave industrial.

Finalmente en el trabajo se discute la utilidad de los resultados obtenidos con la HSM y en que parte de un proceso de desarrollo de un producto cualquiera puede ser utilizada. Asimismo, se presentan las conclusiones finales del trabajo realizado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis padres, ya que me dan la alegría y la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mis hermanas y amigos por su apoyo y alegría durante este tiempo.

A mis maestros, gracias por su tiempo, su soporte y por constituir mi formación profesional, en especial al Dr. Marcelo López Parra, por su colaboración, paciencia, y guía en el desarrollo de este proyecto, para llegar a la culminación del mismo.

## INDICE

		Página
	Resumen	i
	Agradecimientos	ii
	Índice	iii
1	Introducción	4
2	Sustentabilidad	5
3	Tipos y funcionamiento de autoclaves	6
3.1	Definición	6
3.2	Descripción del equipo	6
3.3	Tipos de Autoclaves	11
3.4	Caso de Estudio	14
4	Metodologías Actuales de Ecodiseño	15
4.1	De cuna a cuna (C2C)	15
4.2	Belleza total (Total Beauty)	17
4.3	Imitación de la naturaleza (Biomimicry)	19
4.4	Diseño Ecológico	20
4.5	Principios ecológicos de Todd	23
4.6	Comparativa entre las metodologías	26
5	Herramienta de Sustainable Minds	27
5.1	Descripción de uso de la HSM	28
5.1.1	Revisión General	28
5.1.2	Fabricación	29
5.1.3	Uso	31
5.1.4	Fin de etapa de vida (obsolescencia)	34
5.1.5	Transporte	35
5.2	Valoración para el sistema Autoclave de Aluminio	37
5.3	Valoración para el sistema Autoclave de Acero Inoxidable	40
5.4	Valoración para el sistema Autoclave de Bronce	43
5.5	Resultado de la evaluación	46
6	Discusión	47
7	Conclusiones	49
8	Bibliografía y Sitios Web	50

## 1.- INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta el análisis desde el punto de vista de sustentabilidad del diseño de componentes de un autoclaves usando el software creado por la empresa Estadounidense Sustainable Minds, LLC, el cual se integró con la ayuda de conocimiento de diseño de producto, evaluación del ciclo de vida ambiental y diseño de sistemas con experiencia en diseño web basado en software de negocios, y la experiencia del cliente. Dicho sistema es confiable y ampliamente utilizado por empresas y universidades desde año 2008.

Se divide en seis partes. En la primera parte se explica la definición de sustentabilidad que permite entender la necesidad de diseñar productos sustentables, en la segunda se describe los diferentes autoclaves identificados en el mercado, con sus ventajas y desventajas. Posteriormente se presentan las metodologías actuales de Ecodiseño y se determina cual es la metodología aplicable al diseño de componentes de un autoclave. En la siguiente sección se muestra el uso de la HSM y resultados que dicha herramienta arroja cuando se analizan los componentes del autoclave que fueron previamente seleccionados.

Finalmente se presentan las conclusiones de este trabajo, el cual tiene el objetivo hacer un análisis de sustentabilidad usando la HSM, para lograr el objetivo se plantean las siguientes metas:

- Investigar los diferentes modelos de autoclaves y metodologías de Ecodiseño
- Describir el uso de la HSM
- Realizar el análisis del caso de estudio

## 2. SUSTENTABILIDAD

Hoy en día una de las palabras más sonadas es *Sustentabilidad*, pero cuando la mencionamos, ¿a qué nos referimos exactamente?; normalmente se entiende por sustentabilidad como la capacidad de tener productos verdes, es decir, que proviene de materiales reciclados, esto es parcialmente cierto. La primera vez que se formalizó la palabra Sustentabilidad fue en un documento conocido como Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. La definición fue la siguiente: Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades <sup>[12]</sup>.

Un Producto Sustentable es aquel que ofrece beneficios ambientales, sociales y económicos a la vez que protege la salud pública, el bienestar y el medio ambiente a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final del producto, esto es las llamadas 3 P's en idioma Inglés: *People, Planet, Profit* <sup>[13]</sup>. Asimismo, se puede afirmar que los productos sustentables también integran las siguientes características y beneficios:

- Ecológicos. Que representan el estado natural (físico) de los ecosistemas, los cuales no deben ser degradados sino mantener las características principales que son esenciales para su supervivencia a largo plazo.
- Económicos. Debe promoverse una economía productiva auxiliada por el Saber-como (know-how) de la infraestructura moderna, la que debe proporcionar los ingresos suficientes para garantizar la continuidad en el manejo sostenible de los recursos.
- Sociales. Los beneficios y costos deben distribuirse equitativamente entre los distintos grupos, etc <sup>[14]</sup>.

La definición está dada pero ¿por qué no surgen más productos sustentables?, una de las razones es la complejidad para integrar los 3 enfoques de diseño sustentable, además el determinar indicadores que midan objetivamente la sustentabilidad de un objeto.



### 3.- TIPOS DE AUTOCLAVES Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE SU FUNCIONAMIENTO



Figura 1. Autoclave industrial

#### 3.1 Definición de Autoclave

Un autoclave es un recipiente metálico con cierre hermético. La forma en la que trabaja la autoclave es por medio de alta presión lo que permite que la temperatura del agua exceda el punto de ebullición, originando la coagulación de las proteínas de los microorganismos de los objetos que son depositados en el interior de la autoclave. Al coagular las proteínas esenciales para la vida y la reproducción de los microorganismos se destruyen [15].

#### 3.2 Descripción del equipo

La descripción de la autoclave utilizada para el análisis de sustentabilidad realizado en este trabajo se presenta a continuación. Se describe el equipo en el siguiente orden:

- Características generales
- Dimensiones generales
- Aplicaciones
- Características técnicas
- Descripción del proceso
  - Diagrama general
  - Venteo
  - Calentamiento
  - Esterilización
  - Pre-enfriamiento
  - Enfriamiento
  - Drenado [B1]

### Características generales

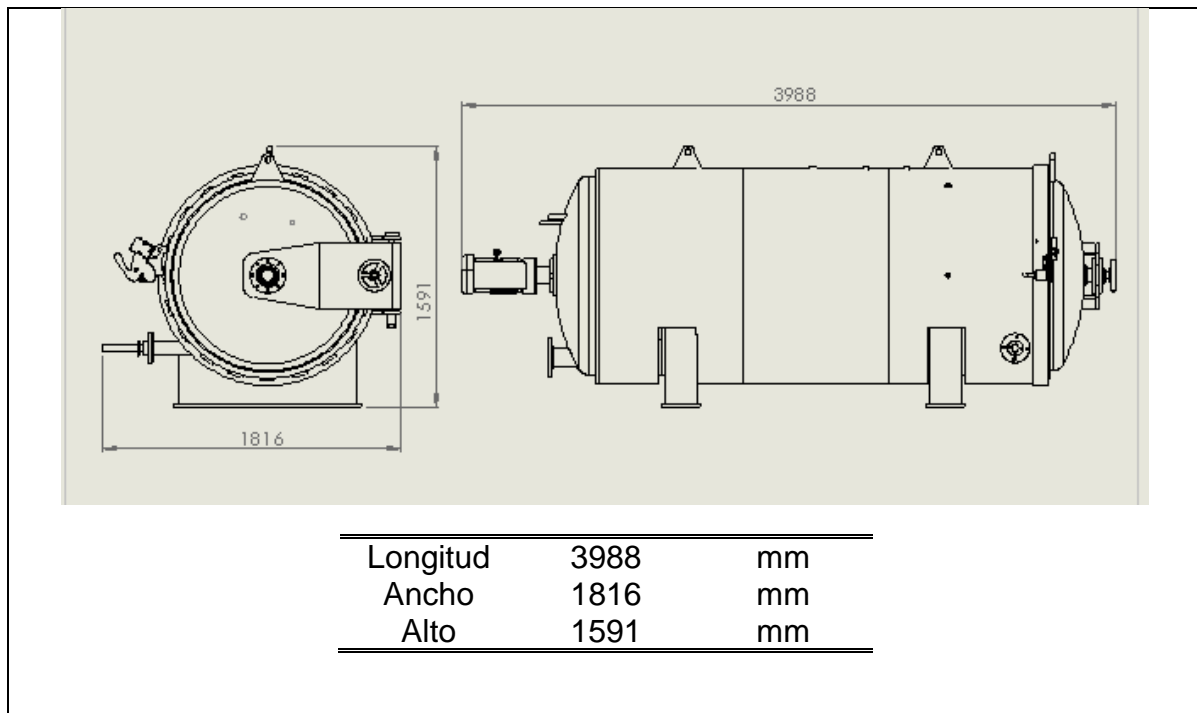
En la fig. 2 se muestran las características generales de un autoclave.

<b>Designación General</b>		<b>Autoclave Cilíndrica Horizontal</b>
<b>Modelo</b>	<b>1200-3</b>	
<b>Proceso</b>	Vapor - Aire	
Diámetro nominal	1200	mm
Capacidad	3	Canastillas
Capacidad	1785	Kg
Consumo vapor	240	Kg/ciclo
Consumo de agua	4230	L/ciclo

*Figura 2. Características generales de un autoclave horizontal*

### Dimensiones generales

Las dimensiones generales de un autoclave industrial se muestran en la fig. 3.



*Figura 3. Dimensiones Generales de la autoclave analizada*

## Aplicaciones

Esta autoclave está diseñada principalmente para esterilización de alimentos envasados en empaques rígidos y flexibles. Los envases empleados en este proceso deben soportar la temperatura y presión de trabajo y choques térmicos fluctuantes. No debe usarse este equipo con material flamable o colapsable <sup>[B1]</sup>.

## Características técnicas

Potencia eléctrica total instalada: 14 KW, 440 V a 60 Hz

Consumo de Aire comprimido: 160 m<sup>3</sup> / hr normales de aire seco a 5 bar

Consumo de Vapor: 1500 kg/hr de vapor a 5 bar de presión máxima y 158°C Max

Consumo de Agua de proceso: 20 m<sup>3</sup> / hr de agua potable a 5bar máx.

Consumo de Agua de enfriamiento: 30 m<sup>3</sup> de agua a 5 bar máx.

Peso del equipo en vacío: 1 620 kg <sup>[B1]</sup>

## Descripción del proceso

El proceso esterilización en la autoclave se realiza siguiendo estas 6 fases principales: venteo, calentamiento, esterilización, pre-enfriamiento, enfriamiento y drenado. A continuación se muestra el diagrama general del equipo para tener un mejor entendimiento del proceso y posteriormente se explica cada una de sus fases de operación: venteo, calentamiento, esterilización, pre-enfriamiento, enfriamiento y drenado

- Diagrama general del equipo

El diagrama de un autoclave se muestra en la siguiente fig. 4.

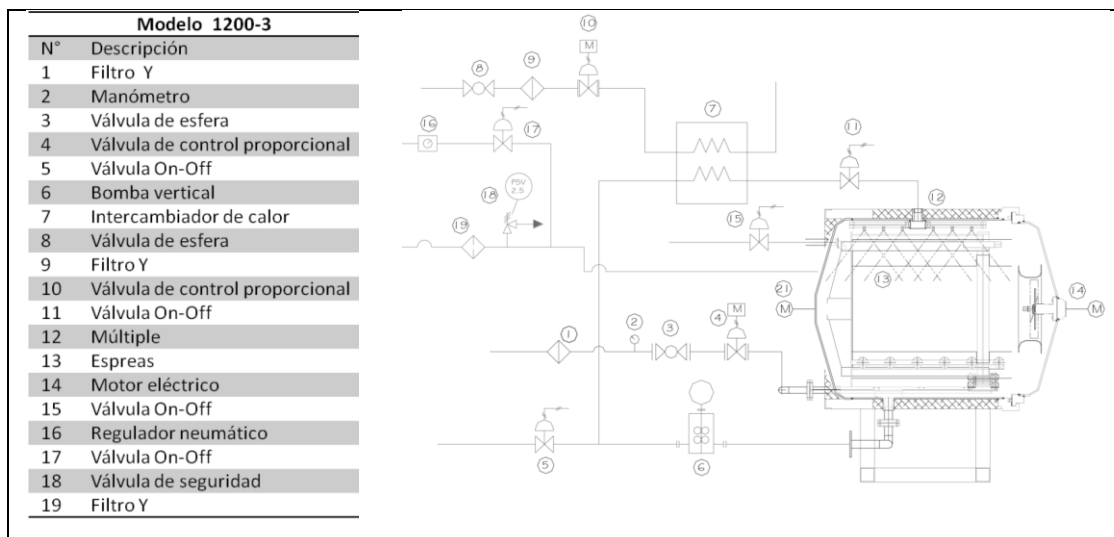


Figura 4. Diagrama general de un autoclave modelo 1200-3

- Venteo

Esta fase inicial es muy importante en la operación de un autoclave porque mejora la homogeneidad de temperatura entre los productos.

Es importante, de hecho, sacar todo cuanto sea posible el aire contenido en el autoclave al inicio del ciclo y reemplazar este volumen de aire con vapor, de esta forma se mejora la transferencia de calor entre el vapor y los productos contenidos en el autoclave.

Esta función se lleva a cabo al mismo tiempo que se abre la válvula que regula la admisión de vapor y la válvula que hace la purga inicial de la autoclave.

Para mejorar aún más la homogeneidad durante esta fase, el ventilador agita la atmósfera dentro de la autoclave <sup>[B1]</sup>.

- Calentamiento

Esta es la fase en la que la temperatura se incrementa para alcanzar el valor de referencia de esterilización a un incremento controlado. Este incremento es llamado gradiente o rampa, y se determina de acuerdo a las características del producto y del empaque.

Esta fase se lleva a cabo cuando la válvula que regula la admisión de vapor se abre y se cierra al llegar a la referencia, durante el tiempo determinado por el programa.

La presión se incrementa hasta que la presión dentro del empaque sea igual a la presión dentro de la autoclave. Para asegurar la homogeneidad durante esta fase, el ventilador agita la atmósfera en la autoclave <sup>[B1]</sup>.

- Esterilización

La temperatura de la autoclave es controlada por la válvula de admisión de vapor y en paralelo por pequeñas inyecciones de aire comprimido a través de la válvula, provocando que la presión dentro de la autoclave se incremente.

El propósito de esta presión es compensar las variaciones de presión dentro de la autoclave, que cambian de acuerdo con el aumento de la temperatura del producto, para garantizar que los envases no pierdan su forma.

Para asegurar la homogeneidad durante esta fase, el ventilador agita la atmósfera dentro de la autoclave <sup>[B1]</sup>.

- Pre-Enfriamiento

Esta es una fase de transición entre la esterilización y el enfriamiento, pero a pesar de la preparación de la autoclave para el proceso de enfriamiento, el proceso de esterilización continua en el interior del empaque.

El propósito principal del pre-enfriamiento es reemplazar el vapor dentro del autoclave con una cantidad de aire comprimido, de modo que el proceso de enfriamiento se realice sin problemas, sin causar la caída súbita de presión que podría ocurrir si el agua se bombea desde el fondo de la autoclave y se rocía directamente sobre los empaques.

El siguiente objetivo es incrementar la cantidad de agua dentro de la autoclave para que la bomba se pueda usar en el proceso de enfriamiento.

Una pequeña cantidad de agua se introduce a la autoclave a través de una válvula, esta operación combinada con la acción del ventilador provoca que el vapor se condense.

Esta condensación causa a su vez que la presión en la autoclave caiga. Esta pérdida de presión se controla automática y coordinadamente por la introducción de aire comprimido a través de la válvula para mantener estable la presión dentro del dispositivo <sup>[B1]</sup>.

- Enfriamiento

El intercambiador de calor que permite el enfriamiento de la autoclave consiste en dos circuitos completamente separados, uno ligado a la toma general de agua llamado circuito de servicio, y otro conectado a la autoclave el cual es llamado circuito de proceso.

El ventilador se detiene, la bomba de agua toma agua del fondo de la autoclave y la pasa a través del circuito de proceso del intercambiador de calor, asimismo, es rociada sobre los empaques al abrir la válvula

En este momento la válvula de enfriamiento en el circuito de servicio del intercambiador se abre, permitiendo desalojar la energía. Durante esta fase, a causa de la caída de temperatura, la presión en el autoclave se reduce gradualmente a través de la válvula de venteo, permitiendo un balance entre el interior del empaque y el autoclave <sup>[B1]</sup>.

- Drenado

Al final del enfriamiento, el agua es drenada de la autoclave en pocos minutos con ayuda de una bomba. Cuando la autoclave está vacía la válvula se abre y la válvula de drenado permanece abierta. El ciclo se completa y después de revisar la presión en el manómetro la puerta se puede abrir <sup>[B1]</sup>.

### 3.3 Tipos de Autoclaves

Con base en el tipo de aplicación, los cuatro principales tipos de autoclaves existentes son:

- Autoclave de laboratorio
- Autoclave de uso médico
- Autoclave industrial
- Autoclave de materiales compuestos

#### Autoclave de laboratorio



Figura 5. Autoclave de laboratorio

Un autoclave de laboratorio es un dispositivo que sirve para esterilizar material de laboratorio. Las autoclaves son ampliamente utilizadas en laboratorios, como una medida elemental de esterilización de material. Aunque cabe notar que, debido a que el proceso involucra vapor de agua a alta temperatura, ciertos materiales no pueden ser esterilizados en autoclave, como el papel y muchos plásticos (a excepción del polipropileno). Cuando la autoclave está destinada a la esterilización de productos sanitarios tiene unos requisitos especiales <sup>[15]</sup>.

#### Autoclave de uso médico



Figura 6. Autoclave Médica

Un autoclave de uso médico es un accesorio de los productos sanitarios que permite su esterilización utilizando para ello vapor de agua a alta presión y temperatura.

Como accesorio de un producto sanitario es considerado por la directiva 93/42/EEC [16] como regulado también por la directiva y clasificado independientemente. Así las autoclaves o esterilizadores de uso médico son productos sanitarios de la clase II por regla 15 de anexo IX de la directiva 93/42/EEC.1 [16]. Esta clasificación cambiará al entrar en vigor la modificación de la directiva por la directiva 2007/47/EC [17].

Las autoclaves son ampliamente utilizadas por los fabricantes de productos sanitarios estériles y en las centrales de esterilización hospitalarias, como una medida elemental de esterilización de los productos [15].

### Autoclave Industrial

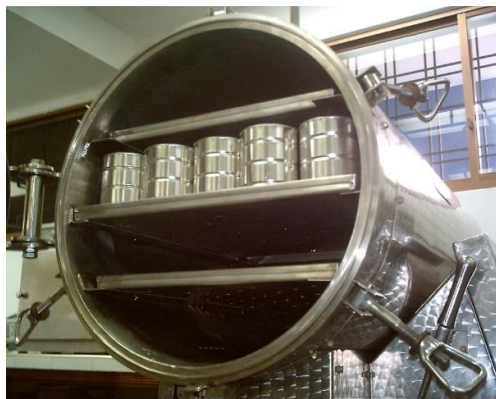


Figura 7. Autoclave Industrial

En el contexto industrial la palabra autoclave se utiliza para referirse a una olla a presión de gran talla, utilizada para cocimiento en procesos industriales.

Algunos usos destacados de las autoclaves industriales son:

- En la industria alimentaria: se utilizan para la esterilización de conservas y alimentos enlatados cuyas características requieren un tratamiento por encima de los 100 grados centígrados.
- En la industria maderera: se utiliza para tratar la madera para construcciones en exterior (pérgolas, porches, etc.) y así protegerla de parásitos.
- En la industria textil: se denominan autoclaves ciertas máquinas utilizadas para el teñido de telas.
- En la industria de los neumáticos: se utilizan para realizar el vulcanizado [15].

## Autoclave para Materiales Compuestos



Figura 8. Autoclave para materiales Compuestos

Un autoclave de materiales compuestos es un recipiente o vasija (normalmente en forma cilíndrica) con un sistema de temperatura y presurización, utilizado para curar y consolidar materiales compuestos.

El tamaño y el diseño de la autoclave depende de la aplicación o, lo que es lo mismo, del tipo de piezas a procesar. Uno de los sectores que más utiliza esta técnica es el aeronáutico, por lo que en ocasiones estos sistemas tienen dimensiones muy grandes.

Los componentes principales de un autoclave de materiales compuestos son:

- Cámara presurizada: Es la vasija propiamente dicha, en la que se introducen los componentes a curar.
- Dispositivos de calentamiento: Son los encargados de conseguir las distintas temperaturas de curado para cada tipo de material introducido.
- Sistema de aplicación de vacío: Es uno de los componentes más importantes en este tipo de autoclaves, ya que es una parte fundamental para el proceso de fabricación de un laminado de material compuesto. Se encarga de la primera compactación del laminado, elimina componentes volátiles de la resina y permite que se aplique presión sobre la pieza a conformar sin que ésta permanezca en contacto con la atmósfera de la autoclave. Consiste en una membrana delgada plástica, no reutilizable, y una serie de elementos que eliminan la cantidad de resina sobrante y consiguen buenos acabados superficiales de la pieza.
- Sistema de control de los parámetros de curado: Asegura en todo momento, mediante sistemas monitorizados, que las condiciones de presión y temperaturas son las adecuadas para el proceso.
- Soporte de los moldes para su introducción en la cámara <sup>[15]</sup>.



### 3.4 Caso de estudio

Se seleccionaron 3 componentes de la autoclave para ser analizados en la HSM. Estos son: el cuerpo (cilindro), la bisagra de la tapa y el fondo-cuerpo; como se ilustran en la fig. 9,



Figura 9. Elementos que se analizarán con la Herramienta de Sustainable Minds

En el capítulo 5 se presentará el análisis de estos componentes usando la HSM.

A continuación se describen las metodologías que existen para el desarrollo de productos sustentables explicando sus principios.

## 4.- METODOLOGÍAS ACTUALES DE ECODISEÑO

Se han creado a lo largo de las últimas décadas varias metodologías de diseño sustentable y ecodiseño. Su propósito principal es generar productos y procesos que permitan satisfacer las necesidades de las personas en la actualidad sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, preservando el medio ambiente o minimizando el impacto que se tiene sobre éste <sup>[B3]</sup>.

Cada metodología busca resolver este problema, sin embargo cada una de éstas hace énfasis en principios distintos y formas diferentes para resolver el problema. Se ha encontrado que los principios de alguna metodología solo son aplicables a un área o industria en particular, dado que su aplicación en otra lleva un impacto ambiental mayor en el producto a diseñar <sup>[B4]</sup>. Sin embargo, cada metodología de diseño sustentable tiene elementos que son de interés para el diseño en ingeniería. Por lo que es necesario revisar estas metodologías y extraer los principios que las sustentan, con el objeto de ver los puntos comunes y diferencias entre ellas e identificar las bases comunes que permiten hacer un producto compatible con el medio ambiente y tener un impacto mínimo o nulo en éste. La aplicación de todos o algunos de los principios dependerá del producto en particular y/o del sector industrial en cuestión <sup>[B3]</sup>.

Las metodologías de ecodiseño y diseño sustentable que presento aquí son:

- De cuna a cuna
- Belleza total
- Imitación de la naturaleza
- Diseño ecológico
- Principios ecológicos de Todd.

### 4.1 De cuna a cuna (C2C)

Dada a conocer por el arquitecto William McDonough y el químico Michael Braungart en su libro del mismo nombre [9], esta metodología tiene 3 principios básicos, los cuales se muestran en la tabla 1. Esta metodología se define como un sistema de patrones que reconoce el sistema operativo del mundo natural como el más adecuado para inspirar los diseños humanos <sup>[18]</sup>, se centra en el análisis y revisión de los materiales en los productos y que fluyen por los procesos que los conforman. Los materiales se dividen en 3 diferentes categorías: consumo (biodegradables), servicio (no degradables, pero que tienen valor agregado y son factibles de reprocesamiento industrial) y tóxicos (aquellos que deben ser eliminados y confinados hasta poder desecharlos de manera segura). La revisión de esta metodología permitió identificar sus principios y características de sustentabilidad, los cuales se muestran en la tabla 1 <sup>[B3]</sup>.

<b>Principios generales de la metodología</b>	<b>Explicación</b>	<b>Necesidades en un producto al aplicar los principios de la metodología</b>
<i>El desperdicio es igual a comida</i>	El desperdicio no existe en la naturaleza, ya que los residuos que de un organismo se vuelven el alimento de otros en la biósfera o bien, se degradan en sus constituyentes esenciales para volverse a aprovechar en el ciclo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de materiales que puedan degradarse en el medio ambiente.</li> <li>• Uso de materiales que puedan mantenerse en ciclos cerrados sin contaminar el medio ambiente.</li> <li>• Uso de materiales seguros para el medio ambiente y no tóxicos.</li> <li>• Disposición segura y controlada de materiales peligrosos, para no contaminar el medio ambiente.</li> </ul>
<i>Usar la energía solar</i>	La fuente principal para obtener energía en los ecosistemas es la luz solar. Toda la cadena alimenticia se basa en la energía recolectada y almacenada por las plantas del sol.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de energía solar (o de medios renovables) en la fabricación y producción de un producto.</li> <li>• Usar baja energía en el proceso y/o producto.</li> </ul>
<i>Celebrar la diversidad</i>	Los ecosistemas son comunidades complejas que se basan en la diversidad para poder aprovechar al máximo los recursos y su situación en particular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar el producto o proceso a su ambiente y entorno de trabajo.</li> <li>• Obtener los recursos de materia y energía locales.</li> <li>• Considerar a los diferentes “usuarios” a lo largo de la vida de un producto.</li> </ul>

Tabla 1. Características De cuna a cuna (C2C) <sup>[B3]</sup>

## 4.2 Belleza total (Total Beauty)

Es una metodología centrada en el diseño, ya que este y los procesos es el principal determinante del impacto ambiental <sup>[19]</sup>. La metodología indica que para obtener un producto sustentable es necesario aplicar en alguna forma los principios básicos que se encuentran listados en la tabla 2A Y 2B, así como formas en que éstos se pueden aplicar a los productos.

Esta metodología indica que aun cuando se haga un análisis del ciclo de vida e impacto ambiental del producto, existe poco margen de maniobra para volver sustentable un producto. Solo la aplicación de los principios descritos en la metodología permite incrementar la sustentabilidad de un producto <sup>[B3]</sup>.

<b>Principios generales de la metodología</b>	<b>Explicación</b>	<b>Necesidades en un producto al aplicar los principios de la metodología</b>
<i>Pensamiento cíclico</i>	Todos los productos deben ser parte de ciclos naturales o artificiales cerrados. Es necesario considerar el método de fin de vida del producto: reuso, remanufactura, reciclaje, disposición final. El objetivo es evitar el desperdicio del producto y/o material al cual se le dio el valor agregado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar materiales con capacidad de reusarse, reciclarse o degradarse (sin afectar al medio).</li> <li>• Usar materiales naturales; materiales que pueden cultivarse.</li> <li>• Considerar el fin de vida del producto con el objeto de evitar que se vuelva desperdicio.</li> </ul>
<i>Energía solar</i>	Es necesario usar fuentes de energía renovables (el Sol) para producir o usar el producto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar energía renovable para hacer funcionar un producto.</li> <li>• Usar energía renovable para fabricar un producto.</li> <li>• Considerar la energía contenida en los productos.</li> </ul>

Tabla 2A. Características de Belleza total (Total Beauty) <sup>[B3]</sup>

<i>Seguridad</i>	Los productos no deben contener productos o subproductos tóxicos o dañinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sustitución de materiales tóxicos por un equivalente más seguro.</li> <li>•Uso de materiales provenientes de fuentes controladas y seguras, con el objeto de no dañar recursos naturales.</li> <li>•Eliminar el uso de materiales tóxicos en el producto y/o en su proceso de manufactura.</li> </ul>
<i>Eficiencia</i>	Los productos deben ser usar la menor cantidad de energía y material posible. Así, son menos dañinos al medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento en el tiempo de uso de un producto Ej: multifuncionalidad, renta o servicio de productos.</li> <li>• Disminución de energía y material en la producción y uso de un producto.</li> <li>• Incrementar la durabilidad de un producto.</li> <li>• Optimizar al ambiente de trabajo.</li> <li>• Incrementar el rendimiento de un producto en su función primaria.</li> <li>• Usar materia y energía en la fabricación y uso de un producto de forma local.</li> <li>• Diseñar el producto para reparaciones y actualizaciones, con el objeto de prolongar la vida útil de éste.</li> </ul>
<i>Justicia social</i>	En el diseño y fabricación de un producto no debe explotarse al capital humano involucrado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar la situación laboral del capital humano involucrado con el producto.</li> </ul>

Tabla 2B. Características de Belleza total (Total Beauty) <sup>[B3]</sup>

### 4.3 Imitación de la naturaleza (Biomimicry)

El diseño biomimético (del griego "bios", vida; y "mimesis", imitación) parte de los modelos, sistemas, procesos y elementos de la naturaleza para resolver problemas humanos [18]. Es posible obtener soluciones basadas en la naturaleza de diversas formas: desde el seguimiento de los principios de ésta para minimizar el impacto de los productos usando tecnologías convencionales, hasta la generación de productos y procesos emulando literalmente las soluciones que implementa el mundo natural, los cuales se aplican a las necesidades humanas. Los principios básicos que la sustentan, así como la forma en que pueden aplicarse a los productos se muestra en la tabla 3A y 3B [B3].

<b>Principios generales de la metodología</b>	<b>Explicación</b>	<b>Necesidades en un producto al aplicar los principios de la metodología</b>
<i>Las soluciones crecen del lugar</i>	El diseño ecológico empieza con el conocimiento íntimo del lugar en particular. Es de pequeña escala y directo, respondiendo a las condiciones locales y personas del lugar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de productos que estén optimizados a su ambiente de trabajo.</li> <li>• Obtener las materias primas/ energía para el uso/ manufactura del producto de fuentes locales.</li> </ul>
<i>La contabilidad ecológica informa al diseño</i>	Trazar los impactos ambientales de diseños existentes o propuestos. Usar esta información para determinar la posibilidad de diseño más ecológica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar los costos en materia y energía asociados a la manufactura y uso del producto.</li> <li>• Considerar los desperdicios y subproductos que genera un producto y/o su proceso.</li> </ul>
<i>Diseñar con la naturaleza</i>	Al trabajar con procesos vivientes, nosotros respetamos las necesidades de todas las especies mientras se satisfacen las nuestras. Al usar procesos que regeneran en vez de explotar, nosotros nos volvemos más vivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emplear materiales que puedan degradarse en el ambiente.</li> <li>• Utilizar materiales que puedan mantenerse en ciclos cerrados sin contaminar el medio.</li> <li>• Utilizar materiales seguros para el medio y no tóxicos.</li> <li>• Usar energía solar o renovable en la manufactura y uso del producto.</li> <li>• Considerar los desperdicios y subproductos que genera un producto y/o su proceso.</li> </ul>

Tabla 3A. Características de Imitación de la naturaleza (Biomimicry) [B3].

<i>Todos son diseñadores</i>	Hay que escuchar a cada voz en el proceso de diseño. Ninguno es solamente participante o diseñador. Hay que poner atención al conocimiento especial de cada persona.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso de eco diseño de productos es concurrente.</li> <li>• Obtener la mayor información posible relacionada a un producto, sus procesos y su impacto de la mayor cantidad de fuentes posibles.</li> </ul>
<i>Hacer la naturaleza visible</i>	Los ambientes desnaturalizados ignoran nuestra necesidad y potencial para aprender. Hacer visibles los ciclos naturales y procesos trae el ambiente a la vida. Un diseño efectivo ayuda a informarnos de nuestro lugar en la naturaleza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener información relacionada con todos los procesos, flujos de materia y energía relacionados con el producto.</li> </ul>

Tabla 3B. Características de Imitación de la naturaleza (Biomimicry) <sup>[B3]</sup>.

#### 4.4 Diseño Ecológico

Ésta fue creada en 1996 por Sim Van der Ryn. Se centra en la existencia de 2 mundos: el natural y el humano. Es la falta de integración de ambos ambientes es lo que genera la no sustentabilidad. Así, el diseño ecológico se define como la forma en la cual el diseño minimiza su impacto destructivo y se integra en los procesos naturales. Sus principios básicos y formas de aplicación a productos se encuentran en la tabla 4A, 4B y 4C <sup>[B3]</sup>.

<b>Principios generales de la metodología</b>	<b>Explicación</b>	<b>Necesidades en un producto al aplicar los principios de la metodología</b>
<i>La naturaleza usa luz solar</i>	La fuente principal para obtener energía en los ecosistemas es la luz solar. Toda la cadena alimenticia se basa en la energía recolectada y almacenada por las plantas del sol.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar energía solar (o de medios renovables) en la fabricación y producción de un producto.</li> <li>• Minimizar el uso de fuentes no renovables.</li> </ul>

Tabla 4A. Características del Ecodiseño Ecológico <sup>[B3]</sup>.

<i>La naturaleza usa solo la energía que necesita</i>	La naturaleza no busca generar grandes reservas. En general, se usa solo la energía necesaria para mantener estables los ecosistemas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar la materia/energía que emplea un producto.</li> <li>• Minimizar la materia/energía que se emplea en la fabricación de un producto.</li> <li>• Minimizar la materia/energía que se emplea en la transportación de un producto.</li> <li>• Usar recursos renovables a un ritmo que permita su renovación.</li> </ul>
<i>En la naturaleza la forma se adecua a la función</i>	A través de la evolución los organismos han cambiado de tal forma que todo lo que hacen tiene un propósito. La función es lo primordial para sobrevivir.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar características superfluas o sin propósito definido.</li> <li>• Incrementar el rendimiento de un producto al hacer su función primaria.</li> <li>• Optimizar el producto dentro de su entorno de trabajo.</li> </ul>
<i>La naturaleza recicla todo.</i>	Los organismos en los ecosistemas utilizan todos los recursos disponibles. El desperdicio de un organismo es el alimento de otros. Así todos los recursos son empleados y reabsorbidos por el medio ambiente para así completar círculos de materia y energía cerrados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar materiales que puedan usarse posteriormente por algún medio: reusables, reciclables o al menos degradables (en forma segura) para generar ciclos cerrados de flujo de materia.</li> <li>• Considerar los flujos de materia y energía (entradas y salidas) que genera un producto y/o su proceso.</li> </ul>
<i>La naturaleza recompensa la cooperación</i>	En la naturaleza los organismos trabajan en cooperación, ya sea trabajando en conjunto (relaciones simbióticas) o al menos en equilibrio con sus alrededores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer vínculos de cooperación entre los diferentes actores asociados en el ciclo de vida de producto (productores, distribuidores, consumidores) con el objeto de maximizar el uso y beneficio.</li> <li>• Usar elementos estandarizados en las partes de producto, ya que estos son una forma de trabajar en cooperación con los diversos actores en el diseño y manufactura de un producto.</li> </ul>

Tabla 4B. Características del Ecodiseño Ecológico <sup>[B3]</sup>.



<i>La naturaleza se sustenta en la diversidad</i>	En la naturaleza los ecosistemas son muy diversos. Cuando hay una plaga o enfermedad que afecta a una especie, otra toma su lugar. Así, la diversidad permite mantener estable el ecosistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener la funcionalidad de un producto mediante la adición de elementos adicionales y/o redundantes, incrementando la durabilidad.</li> </ul>
<i>La naturaleza demanda expertos locales</i>	La evolución ha hecho que los organismos se especialicen y saquen el mayor provecho a sus circunstancias. De no ser así, son eliminados por selección natural y reemplazados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar el producto a su ambiente de trabajo.</li> <li>• Optimizar un producto para llevar a cabo su función primaria lo mejor posible.</li> </ul>
<i>La naturaleza elimina los excesos desde dentro</i>	En los ciclos naturales los excesos generan una desestabilización, lo cual afecta a todo el ecosistema. Los ecosistemas tienden a regularse para eliminar excesos o deficiencias y mantenerse en equilibrio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar de la masa de un producto y su proceso de manufactura.</li> <li>• Minimizar de la energía que emplea un producto en su uso y fabricación.</li> <li>• Considerar los flujos de materia y energía (entradas y salidas) que genera un producto y/o su proceso.</li> </ul>
<i>La naturaleza aprovecha el poder de los límites</i>	En la naturaleza, las especies se encuentran reguladas y limitadas por otras y por el medio. Es a través de estas limitaciones que los organismos viven y aprovechan al máximo su entorno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar el producto a su ambiente de trabajo.</li> <li>• Obtener las materias primas/energía para el uso/manufactura del producto de fuentes locales.</li> <li>• Emplear procesos de baja energía en la manufactura de un producto.</li> <li>• Emplear baja energía durante el uso/consumo del producto.</li> </ul>

Tabla 4C. Características del Ecodiseño Ecológico <sup>[B3]</sup>.

#### 4.5 Principios ecológicos de Todd

Esta metodología se encuentra enfocada en el diseño de asentamientos humanos. Esta metodología fue una de las primeras en surgir debido a la preocupación de la comunidad por el medio ambiente. El enfoque en la urbanización y planeación de asentamientos fue una de las primeras preocupaciones de la comunidad científica respecto a la interacción del hombre con el mundo natural. Sus principios de diseño y características aplicadas al diseño de productos se muestran en la tabla 5 [B3].

<b>Principios generales de la metodología</b>	<b>Explicación</b>	<b>Necesidades en un producto al aplicar los principios de la metodología</b>
<i>El mundo viviente es la matriz de todo diseño</i>	Todo diseño se encuentra inmerso en el mundo viviente. Éste es altamente complejo y solo lo podemos comprender parcialmente. La naturaleza es la reserva, maestra e inspiración para los diseñadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar a la naturaleza como base en el diseño de productos, procesos y servicios.</li> </ul>
<i>El diseño debe seguir y no oponerse a las leyes de la vida</i>	<p>El diseño debe alinearse a los procesos fundamentales para mantener la vida. La vida se encuentra organizada en forma compleja en capas (célula, organismo, ecosistema).</p> <p>Las formas de vida se encuentran interrelacionadas entre sí en forma compleja. La naturaleza se sustenta en la diversidad para mantenerse estable, protegida de influencias externas y con alta eficiencia. La naturaleza se adapta a situaciones de constante cambio. No es estática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar y comprender las relaciones que se producen (proveedores, flujos de materia - energía) en el diseño /manufactura de un producto.</li> <li>• Diseñar productos para que se puedan adaptar a su ambiente de trabajo.</li> <li>• Asegurar la funcionalidad de un producto/proceso mediante la integración de características (redundancia) ante situaciones externas cambiantes.</li> </ul>
<i>La equidad biológica debe determinar el diseño</i>	El diseño debe de tomar en cuenta el impacto que tiene en el medio ambiente. Así mismo, los diseños ecológicos deben de tratar de impactar a todos los estratos de la sociedad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar y comprender las relaciones que se producen (proveedores, flujos de materia - energía) en el diseño / manufactura de un producto.</li> <li>• Considerar el impacto y alcance de los productos en la sociedad.</li> </ul>

TABLA 5A. Características de los Principios ecológicos de Todd [B3].

<i>El diseño debe reflejar la bioregionalidad</i>	Los diseños deben considerar el medio ambiente donde operan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar productos para que se puedan adaptar a su ambiente de trabajo.</li> </ul>
<i>Los proyectos deben basarse en fuentes de energía renovable</i>	<p>Es necesario hacer que los diseños empleen energía renovable en su producción, uso y eliminar la dependencia masiva de combustibles fósiles o energía nuclear.</p> <p>Es necesario considerar la energía que requieren los materiales para la fabricación de los diseños.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar energía renovable en la manufactura de productos.</li> <li>• Utilizar energía renovable durante el uso de productos.</li> <li>• Considerar la energía contenida en los productos y procesos.</li> </ul>
<i>El diseño debe ser sustentable a través de la integración de sistemas vivientes</i>	Es necesario integrar los procesos naturales en los diseños de productos y procesos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar y comprender las relaciones que se producen (proveedores, flujos de materia - energía) en el diseño / manufactura de un producto.</li> <li>• Utilizar procesos y flujos de materia/ energía que sean compatibles con el medio ambiente.</li> <li>• No utilizar sustancias nocivas o tóxicas que afecten al medio ambiente.</li> </ul>
<i>El diseño debe ser coevolucionario con el mundo natural</i>	Los diseños deben de tomar como referencia el mundo natural: tomar información de él para diseñarse y trabajar en él. La naturaleza es capaz de regenerarse. La naturaleza recicla todo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de materiales que puedan usarse posteriormente por algún medio: reusables, reciclables o al menos degradables (en forma segura) para generar ciclos cerrados de flujo de materia.</li> <li>• Asegurar la funcionalidad de un producto/proceso mediante la integración de características redundantes ante situaciones externas cambiantes.</li> <li>• Facilitar la reparación de un producto para tenerlo en estado operativo.</li> <li>• Hacer productos que se adapten a su trabajo.</li> </ul>

TABLA 5B. Características de los Principios ecológicos de Todd <sup>[B3]</sup>.

<p><i>El diseño y construcción deben ayudar a sanar el planeta</i></p>	<p>El diseño no debe de dañar el entorno que lo rodea. Al contrario, su diseño y puesta en marcha debe mejorar la situación del medio ambiente que lo rodea.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar los flujos de materia y energía (entradas y salidas) que genera un producto y/o su proceso.</li> <li>• Los productos y subproductos generados no deben dañar al medio ambiente. Por el contrario, deben mejorarlo.</li> </ul>
<p><i>El diseño debe seguir una ecología sagrada</i></p>	<p>El diseño debe seguir los preceptos ecológicos como fundamento principal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un producto debe considerar el impacto y repercusiones que tiene en el mundo natural antes, durante y después de su diseño y fabricación.</li> </ul>

TABLA 5C. Características de los Principios ecológicos de Todd <sup>[B3]</sup>.

## 4.6 Comparativa entre las metodologías

Como se puede observar las diferentes metodologías con sus diferentes conceptos permiten hacer un diseño sustentable, en la siguiente tabla se muestra cuál de estas metodologías puede implementarse a un menor costo.

	Bajo Costo	Alto Costo (Re-diseño)
Implementación Fácil	<p>De cuna a cuna (C2C)</p> <p>Esta metodología se categoriza en este apartado, ya que su base principal es la selección de materiales y la energía que se usa para fabricar los componentes.</p>	<p>Belleza total (Total Beauty)</p> <p>Esta metodología es fácil de implementar ya que su base es la selección de materiales, pero su alto costo se debe al análisis que se debe hacer para mejorar la eficiencia de un producto.</p>
Implementación Difícil (Re- Diseño)	<p>Imitación de la naturaleza (Biomimicry)</p> <p>La implementación sería difícil ya que la investigación tendría que revisar diversos factores para ser compatibles con la naturaleza.</p>	<p>Diseño Ecológico</p> <p>Esta metodología es costosa y de difícil implementación ya que dentro de sus principios se involucra mucho factor humano y las relaciones entre ellos, como son productores, distribuidores, consumidores, etc.</p> <p>Principios ecológicos de Todd</p> <p>Esta metodología de igual forma involucra al factor humano, eficiencia del producto, procesos del producto, etc, que implica hacer una mayor inversión en la investigación para obtener un producto sustentable</p>

Tabla 6. Relación Costo-Implementación de las metodologías de Ecodiseño.

En el análisis anterior se hizo en base de las empresas actuales, es decir, aquellas que ya se encuentran en funcionamiento y requieren hacer productos sustentables.

En el siguiente capítulo se mostrara el uso de la HSM que tiene como base la metodología De cuna a cuna (C2C).

## 5.- HERRAMIENTA DE SUSTAINABLE MINDS

La Herramienta de *Sustainable Minds* (HSM) (<http://www.sustainableminds.com>), es un software muy interactivo que, gracias a su facilidad de manejo, se ha generalizado su uso tanto en el ambiente académico como industrial. Algunos aspectos importantes a considerar, dentro del marco de la herramienta de *Sustainable Minds*, son los siguientes:

- Un producto sustentable es “incluyente”. La mayoría de las personas deben beneficiarse y tener acceso a él.
- Un producto sustentable crea valor en el consumidor y productor. Cliente o consumidor deben reconocer su valor, no sólo porque es amigable con el medio ambiente, sino también porque se identifican con él, es visualmente atractivo, evoca asociaciones positivas, en general cumple adecuadamente sus funciones (técnicas, estéticas, sociales y económicas), se vende bien, es fácil de producir, etc.
- El diseño sustentable es metodológico. Un producto sustentable no es accidental, tampoco se basa exclusivamente en el ‘genio’ del diseñador. Su implementación es metodológica, dicha metodología(s) debe evaluarse y validarse su efectividad. Algunos diseñadores creen que sólo usar materiales renovables hace a un producto sustentables, en realidad, sólo crean productos amigables con el medio ambiente, lo cual es un medio, no un fin.
- El diseño sustentable está en constante evolución. Este enfoque es relativamente nuevo y por lo tanto no hay nada definido. Si bien se han tratado de determinar principios, estos generalmente no han sido validados y comprobado su efectividad. Es de suma importancia, por lo tanto, tener presente que este enfoque está en constante evolución y no hay reglas fijas.
- El diseño sustentable es multidisciplinario. La complejidad de los problemas ambientales merece que los diseñadores trabajen conjuntamente con especialistas sobre el tema y así tratar de garantizar la creación de objetos sustentables.
- El diseño sustentable es crítico. Los diseñadores que abogan por este enfoque son críticos y estimulan la discusión y esparcimiento del enfoque. Es común encontrar libros de ‘diseño verde’ que sólo presentan productos manufacturados de madera, cartón o plástico reciclado, soluciones simples para un mundo complejo. Es vital cuestionar esas propuestas para evitar el estancamiento del diseño sustentable <sup>[1]</sup>.

## 5.1 Descripción de uso de la HSM

Para realizar una evaluación con la HSM es necesario contar con la siguiente información de cada uno de los componentes que integran el sistema:

- Definición del producto.
- Tiempo de vida del producto.
- Los materiales y las cantidades usadas, así como su empaquetamiento.
- Proceso de manufactura.
- Energía, agua, combustible y otros materiales o productos que son consumidos durante el uso del producto.
- Conocimiento del proceso seguido para desechar el producto.
- Los diferentes modos de transporte y las distancias en todo el ciclo de vida.

La HSM está organizada en cinco secciones:

1. Revisión general.
2. Manufactura.
3. Uso.
4. Fin de vida.
5. Transportación.

Con el fin de explicar la aplicación de la HSM al diseño de la autoclave, a continuación se presentan las cinco secciones aplicadas a la evaluación del componente cilindro, el cual constituye el cuerpo de la autoclave. Se reporta, paso a paso, el uso de la HSM para este componente particular. Al finalizar el capítulo se incluye la tabla comparativa que ilustra la evaluación del sistema autoclave usando diferentes materiales; cabe mencionar que la autora estimó conveniente evaluar solamente tres componentes de un autoclave de vapor típica: el cuerpo (cilindro), la bisagra de tapa y el fondo-cuerpo.

### 5.1.1 Revisión General

Para formar un nuevo concepto usando la HSM primero se realiza la revisión general del diseño que consiste en establecer el nombre de la idea, su descripción y horas de servicio por día de sistema. Abajo, en la figura 10, se ilustra la ventana que despliega la HSM. La herramienta solicita, en idioma inglés, la siguiente información:

1. Descripción del concepto y los atributos de diferenciación del sistema.
2. Número total de horas de servicio, asimismo, el criterio utilizado para realizar dicho cálculo.

**Concept description:**

Include what is distinctive about this concept along with ecodesign strategies being explored.  
[View ecodesign strategy wheel >](#)

El material de los tres componentes de la autoclave sera de Aluminio.

---

**Total amount of service delivered: \***

*Example calculation: one hour per day for 10 years = 3,650 hours of total service delivered. Enter 3,650 below.*

58400 X 1 year of use (functional unit)

*Unit of service is a generic unit of measure for service delivered.*

Describe your rationale or calculations used to estimate the amount of service delivered.

Las autoclaves para esterilizacion de un hospital tienen una duracion aproximada de 20 años y se ocupan al día al rededor de 8 horas.

Figura 10. Sección de revisión general de la HSM

### 5.1.2 Fabricación

El ciclo de vida de fabricación toma en cuenta las actividades que causan emisiones, el agotamiento de los recursos y forma en cómo cambia la tierra antes y durante la etapa de fabricación: la extracción y el material de producción y procesamiento de materiales durante la fabricación.

En la sección de fabricación de la lista de materiales del sistema, se incluyen los materiales en el producto y el embalaje, y procesos asociados aplicados durante la fabricación. Esto se realiza mediante la selección de materiales y procesos de las partes o piezas en subconjuntos.

A continuación, en la figura 11, se ilustra la ventana que despliega la HSM. La herramienta solicita, en idioma inglés, la siguiente información:

- 1.- El material del componente.
- 2.- El peso del componente.



Part name: Cilindro  
 Part #: 1  
 Quantity: \* 1

Select material:\*

Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
Aluminum, cast, lost foam, at plant/ lb	lb	74.891	7.81
Aluminum, cast, precision sand cast lb	lb	298.404	7.71
Aluminum, cast, semi-permanent mc lb	lb	371.29	6.81
<b>Aluminum, primary</b>	<b>lb</b>	<b>54.497</b>	<b>5.51</b>
Aluminum, production mix	lb	38.626	3.87
Aluminum, secondary, new scrap lb	lb	3.583	0.214
Aluminum, secondary, old scrap lb	lb	7.347	0.687

Amount: \* 30 kg - kilogram

Is this selected material and/or amount based on: \* Estimate

Figura 11. Selección del material y asignación del peso del componente (cilindro).

Posteriormente la HSM, dependiendo del material que es utilizado, solicita ingresar el proceso de manufactura utilizado para fabricar el componente analizado, como se muestra en la figura 12.

Process:\*

Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
Heat treatment, al	lb	0.011	0.063
<b>Machining aluminium</b>	<b>lb</b>	<b>0.176</b>	<b>0.057</b>
Section bar extrusion, al	lb	6.556	0.594
Sheet rolling, al	lb	8.826	0.334
Spot welding Al. 1	weld	0.261	0.085
Spot welding Al. 3	weld	1.229	0.399
Turning, aluminum	lb	91.519	4.65
Turning, aluminum, CNC	lb	93.834	5.32
Welding, arc, aluminim	ft	0.842	0.066

Amount: \* 30 kg - kilogram

Is this selected process and/or amount based on: \* Estimate

Figura 12. Selección del proceso de manufactura para el cilindro

Las unidades de medida que utiliza la HSM para la selección de material son las siguientes:

mPts: Las puntuaciones millipoint (mPts) indican el comportamiento medioambiental general del producto o sistema que ha sido evaluado.

MS: Es la base en que se sustenta la información, es decir la “E” es estimado, “L” literatura y “M” medidas.

CO<sub>2</sub>: huella de carbono en kilogramos de CO<sub>2</sub>.

En la siguiente figura 13 se muestra una tabla resumen donde se especifica el material y el proceso de manufactura establecido para un componente.

<span style="float: right;"> <input type="button" value="Add a Part +"/> <input type="button" value="Add Sub-Assembly +"/> <input type="button" value="Import BOM +"/> </span>								
Name	Material/Process	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
- <input type="checkbox"/> Cilindro		1	30	kg	3.62x10 <sup>3</sup>	368	E	1
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		30	kg	3.60x10 <sup>3</sup>	364	E	
<input type="checkbox"/> Process	Machining aluminium		30	kg	11.6	3.78	E	
<b>Manufacturing total</b>					<b>3.62x10<sup>3</sup></b>	<b>368</b>	<b>E</b>	

Figura 13. Tabla resumen, material y proceso de manufactura, para el caso del componente cilindro

### 5.1.3 Uso

La etapa de uso toma en cuenta el uso de energía, de agua y otros materiales consumidos durante el uso del producto, causando emisiones y el agotamiento de recursos durante el uso del producto.

Estos materiales se listan a continuación.

**Material consumido:** incluye los productos y materiales que se consumen durante la etapa de uso de un producto. Si el producto consume, por ejemplo, combustible, lubricantes, detergentes, papel, tinta, agua y otros insumos, durante su uso, lo cual se puede especificar usando la lista de materiales, *system bill of materials* (SBOM).

**Agua:** si el producto y su mantenimiento consumen agua, se especifica utilizando el SBOM.

**Potencia:** si se cuenta con información precisa sobre el consumo de energía durante el uso del producto, esta se ingresa aquí.

La HSM, en este apartado, solicita los consumibles del sistema, es decir, los consumibles de la autoclave, en este caso no es solo del cilindro; por lo que en las figuras 14-16 son introducidos estos consumibles. En la figura 14 se muestra el resumen de los consumibles que son utilizados. En se utiliza lubricante para proteger sus elementos.

**Select consumable:\***

- Liquid consumable
  - Detergent
  - Lubricant
  - Refrigerant
  - Fuel
  - Gas Emissions

Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
Lubricating oil, at plant/RER with US lb		1.584	0.551
White mineral oil, at plant NREL /RN lb		11.421	0.836

Amount: \*  kg - kilogram ▼

Is this selected consumable and/or amount based on: \* Estimate ▼

Figura 14. Lubricante consumido por la autoclave

En la figura 15 se muestra el tipo de agua que utiliza el autoclave, la cual es desmineralizada, ya que ha este tipo de agua se le han sustraído otros minerales como el Hierro Aluminio, Cromo, Magnesio, calcio y Silicio. Para el proceso de esterilización se requiere una buena calidad de agua, la cual debe ser desmineralizada para así evitar dañar el equipo <sup>[10]</sup>.

**Add a water use**

**Select water:\***

- Water

Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
Water, completely softened, at plant	gal	0.003	0
Water, decarbonised, at plant/RER v	gal	0.001	0
Water, deionised	gal	0.058	0.005
Water, deionised, at plant/CH with L	gal	0.058	0.005
Water, depleting	gal	0.001	0
Water, grey (on-site)	gal	0	0
Water, imported	gal	0.003	0
Water, recycled (on-site)	gal	0	0
Water, ultrapure, at plant/GLO with	gal	0.049	0.003

Amount: \*  L - liter ▼

Is this selected water and/or amount based on: \* Estimate ▼

Figura 15. Agua consumida por la autoclave

En la figura 16 se muestra el tipo de voltaje que utiliza un autoclave, para este se tiene una conexión trifásica de trifásica a 220 V o 380 V [11].

Add a power use					
	Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	
<input checked="" type="checkbox"/>	Electricity average mix				
<input type="checkbox"/>	Heat	Electricity, 120 V, EU	kWh	4.895	0.592
<input type="checkbox"/>	Hydro electricity	Electricity, 120 V, US	kWh	2.991	0.839
<input type="checkbox"/>	Nuclear electricity	Electricity, 240 V, EU	kWh	3.575	0.53
<input type="checkbox"/>	Solar electricity	Electricity, 240 V, US	kWh	2.382	0.773
<input type="checkbox"/>	Wind electricity	Electricity, 360 V, EU	kWh	3.423	0.522
		Electricity, 360 V, US	kWh	2.302	0.762
		Electricity, low voltage, DC	kWh	3.654	1.05

Amount: \* 4.5 kWh - Kilowatt-hour

Is this selected power and/or amount based on: \* Estimate

Figura 16. Energía consumida por la autoclave

Finalmente la HSM muestra una tabla resumen de los consumibles utilizados por el sistema, como se muestra en la figura 17.

Name	Consumables/water/power	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS
+  Consumables				69.9	24.3	E
+  Water use				257	23.1	E
+  Power use				16.1	2.39	E
	<b>Use total</b>			<b>343</b>	<b>49.8</b>	<b>E</b>

Figura 17. Tabla que ilustra en forma resumida todos los consumibles de la autoclave y la evaluación ambiental correspondiente

### 5.1.4 Fin de etapa de vida (obsolescencia)

El fin de la etapa de la vida del producto significa los diferentes caminos en los que puede desechar el producto, causando emisiones y cambios de uso del suelo.

En esta etapa se puede seleccionar cualquiera de los tres finales del producto o métodos en los cuales pueden ser reutilizados como vertederos, incineración o reciclaje - para cada parte. Impactos de reciclaje se tienen en cuenta en los materiales secundarios (reciclado).

En general, hay tres caminos para el fin de etapa de vida:

- Llenado Tierra
- Incineración
- Reciclaje

La ruta de acceso dominante depende del tipo de producto y la región en la que se procesa el final de su vida. Por ejemplo, la mayoría de los residuos domésticos y de oficinas en los EE.UU. será llenado de tierra, mientras que la mayoría utiliza los productos electrónicos en la Unión Europea se recicla.

En la mayoría de los casos hay un camino que es claramente dominante, por lo que hay que seleccionar ese extremo de método de vida.

En este punto la HSM solicita el fin de vida del material del componente; en el caso del cilindro se escogió el que tiene más mPts, tal como lo muestra la figura 18.

Material: <b>Aluminum, primary</b>					
Amount: <b>30 kg</b>					
<b>End of life method:*</b>					
<input type="checkbox"/>	<b>Aluminum, primary</b>	<b>Name</b>	<b>Unit</b>	<b>mPts</b>	<b>CO<sub>2</sub> eq. kg</b>
		aluminum, municipal incin.	lb	781.761	0.017
		Aluminum, sanitary landfill	lb	949.36	0.014
		Recycling	lb	0	0

*Figura 18. Fin de vida del material (cilindro)*

### 5.1.5 Transporte

El transporte del ciclo de vida toma en cuenta las actividades de transporte que se producen durante todo el ciclo de vida del producto.

En la sección de transporte el SBOM, se agregan las actividades de transporte y se seleccionan los modos de transporte y las distancias correspondientes.

El transporte es un paso complejo en el proceso de evaluación porque la mayoría de los componentes de productos se mueven a través de escenarios complejos de transporte en el proceso de producción y los productos pasan a través de escenarios complejos de distribución en el proceso de distribución al usuario.

Se pueden realizar cálculos complejos de distribución con muchas capas o cálculos sencillos que incluyan sólo los pasos de transporte más importantes en el ciclo de vida del producto. Los pasos principales de transporte (desde el fabricante al minorista y de usuario a vertedero) suelen crear los principales efectos ambientales, por lo que se deben incluir en la evaluación. Si el producto se envía a través de barco y luego se distribuye por camión al minorista - esos dos pasos deben especificarse.

Finalmente en este punto la HSM solicita ingresar el medio de transporte del sistema completo como se muestra en la figura 19 y posteriormente el medio de transporte del componente como se muestra en la figura 20.

**Name:** Autoclave

**Weight:** 66.1387 lb

**Select transportation mode:\***

	Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
<input type="checkbox"/>	Air			
<input type="checkbox"/>	Rail			
<input checked="" type="checkbox"/>	Road			
<input type="checkbox"/>	Water			
	Bus	person-mi	0.101	0.092
	Car, 96% biogas	person-mi	0.808	0.268
	Car, diesel	person-mi	0.578	0.315
	Truck >28t	mi	~0	~0

**Distance: \*** 100 km - kilometer

**Is this selected transportation mode and/or distance based on: \*** Estimate

Figura 19. Medio de transporte de la autoclave

Material: **Aluminum, primary**  
Amount: **30 kg**

**Transportation mode:\***

<input type="checkbox"/> Air	<b>Name</b>	<b>Unit</b>	<b>mPts</b>	<b>CO<sub>2</sub> eq. kg</b>
<input type="checkbox"/> Rail	Bus	person-mi	0.101	0.092
<input checked="" type="checkbox"/> Road	Car, 96% biogas	person-mi	0.808	0.268
<input type="checkbox"/> Water	Car, diesel	person-mi	0.578	0.315
	Car, gasoline + 5% ethanol	person-mi	1.241	0.348
	Car, gasoline, 15% vol. ETBE with	person-mi	0.645	0.335
	Car, gasoline, fleet average	person-mi	0.6	0.372
	Car, methanol	person-mi	1.166	0.186
	Car, natural gas	person-mi	0.575	0.325
	Car, rape seed methyl ester 5%	person-mi	0.614	0.315
	Truck >28t	mi	~0	~0

Distance: \* 100 km - kilometer

Is this selected transportation mode and/or distance based on: \* Estimate

Figura 20. Medio de transporte del componente (cilindro)

En la siguiente figura se muestra un resumen de los medios de transporte para el sistema y el componente cilindro.

Name	Transportation mode	Qty	Ant	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID	
- Assembled product									
<input type="checkbox"/> Autoclave	Car, diesel		100	km	3.82x10 <sup>3</sup>	2.08x10 <sup>3</sup>	E		Add trans. mode +
- Sub-assemblies and parts									
<input type="checkbox"/> Cilindro		1	30	kg	3.82x10 <sup>3</sup>	2.08x10 <sup>3</sup>	E	1	Add trans. mode +
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		30	kg			E		
<input type="checkbox"/> Transportation	Car, diesel		100	km	3.82x10 <sup>3</sup>	2.08x10 <sup>3</sup>	E		
<b>Transportation total</b>					<b>7.64x10<sup>3</sup></b>	<b>4.17x10<sup>3</sup></b>	E		

Figura 21. Resumen de medios de transporte para el cilindro y la autoclave

## 5.2 Valoración para el sistema Autoclave de Aluminio

A continuación se muestran las tablas resumen de las 4 secciones (Fabricación, Uso, Fin de etapa de vida, Transporte) para el sistema Autoclave de Aluminio, esto es, los 3 componentes son fabricados con este material. Cada uno de los componentes es agregado y llenado como lo pide la HSM y como se muestra en los subtemas anteriores (3.2 - 3.5).

En las figuras 22-25 se presentan dichas secciones para el sistema Autoclave de Aluminio.

<span>▶ Manufacturing</span> <span>Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>								
<span>Add a Part +</span> <span>Add Sub-Assembly +</span> <span>Import BOM +</span>								
Name	Material/Process	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
–  ITEMS		1			526	53.7	E	3.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
–  CILINDRO		1	1	kg	121	12.3	E	1.1.1
Material	Aluminum, primary		1	kg	120	12.1	E	
Process	Machining aluminium		1	kg	0.388	0.126	E	
–  TAPA		1	2	kg	241	24.5	E	1.1.2
Material	Aluminum, primary		2	kg	240	24.3	E	
Process	Machining aluminium		2	kg	0.775	0.252	E	
–  BISAGRA DE T,		1	3	kg	165	16.9	E	1.1.3
Material	Aluminum, primary		3	kg	163	16.5	E	
Process	Machining aluminium		3	kg	1.16	0.378	E	
<b>Manufacturing total</b>					<b>526</b>	<b>53.7</b>	<b>E</b>	

Figura 22. Tabla resumen, material y proceso de manufactura, Autoclave de Aluminio



Name	Consumables/water/power	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS
-  Consumables				69.9	24.3	E
Consumable	Lubricating oil, at plant/RER with US electric 20		kg	69.9	24.3	E
-  Water use				257	23.1	E
Water	Water, deionised	16920	L	257	23.1	E
-  Power use				16.1	2.39	E
Power	Electricity, 240 V, EU	4.5	kWh	16.1	2.39	E
	<b>Use total</b>			<b>343</b>	<b>49.8</b>	<b>E</b>

Figura 23. Resumen de los consumibles de la Autoclave de Aluminio

<u>Manufacturing</u>		<u>Use</u>	<b>End of life</b>	<u>Transportation</u>				
Name	End of life method	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
-  ITEMS		1			7.52x10 <sup>3</sup>	0.160	E	3.1
	<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>							
-  CILINDRO		1	1	kg	0	0	E	1.1.1
Material	Aluminum, primary		1	kg			E	
Process	aluminum, municipal incin.		1	kg	1.72x10 <sup>3</sup>	0.0366		
-  TAPA		1	2	kg	0	0	E	1.1.2
Material	Aluminum, primary		2	kg			E	
Process	aluminum, municipal incin.		2	kg	3.45x10 <sup>3</sup>	0.0732		
-  BISAGRA DE T,		1	3	kg	0	0	E	1.1.3
Material	Aluminum, primary		3	kg			E	
Process	aluminum, municipal incin.		3	kg	2.35x10 <sup>3</sup>	0.0498		
	<b>End of Life total</b>				<b>7.52x10<sup>3</sup></b>	<b>0.160</b>	<b>E</b>	

Figura 24. Fin de vida de los materiales de la Autoclave de Aluminio.

<a href="#">Manufacturing</a>		<a href="#">Use</a>		<a href="#">End of life</a>		<a href="#">Transportation</a>		<a href="#">System BOI</a>	
								<a href="#">Transportat</a>	
								<a href="#">Estimating</a>	
Name	Transportation mode	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID	
- Assembled product									
<input type="checkbox"/> Autoclave Aluminio	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	1.19x10 <sup>3</sup>	335	E		
- Sub-assemblies and parts									
- <input type="checkbox"/> ITEMS		1			1.19x10 <sup>3</sup>	335	E	3.1	
<i>Los ítems pueden de ser de diferentes materiales</i>									
- <input type="checkbox"/> CILINDRO		1	1	kg	274	76.7	E	1.1.1	
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		1	kg			E		
<input type="checkbox"/> Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	274	76.7	E		
- <input type="checkbox"/> TAPA		1	2	kg	547	153	E	1.1.2	
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		2	kg			E		
<input type="checkbox"/> Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	547	153	E		
- <input type="checkbox"/> BISAGRA DE TAPA		1	3	kg	372	104	E	1.1.3	
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		3	kg			E		
<input type="checkbox"/> Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	372	104	E		
<b>Transportation total</b>					<b>2.39x10<sup>3</sup></b>	<b>669</b>	<b>E</b>		

Figura 25. Resumen de medios de transporte para la Autoclave de Aluminio.

Después del llenado de las 4 secciones (Fabricación, Uso, Fin de etapa de vida, Transporte) la HSM provee una tabla de resultados respecto al material que se eligió como referencia, en este caso el material de referencia es el Aluminio, por lo que en este caso no tendremos una tabla comparativa, si no hasta que son analizadas las autoclaves de Acero Inoxidable (Figura 30.) y Acero al Carbón (Figura 35).

### 5.3 Valoración para el sistema Autoclave de Acero Inoxidable

A continuación se muestran las tablas resumen de las 4 secciones (Fabricación, Uso, Fin de etapa de vida, Transporte) para el sistema Autoclave de Acero Inoxidable, siendo sus 3 componentes de este material. Cada uno de los componentes es agregado y llenado como lo pide la HSM y como se muestra en los subtemas anteriores (3.2 – 3.5).

En las figuras 26-29 se presentan dichas secciones para el sistema Autoclave de Acero Inoxidable. En la figura 30 se muestra la tabla comparativa entre la Autoclave de Aluminio y la de Acero Inoxidable.

<span>▶ Manufacturing</span> <span>Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>								
<span>Add a Part +</span> <span>Add Sub-Assembly +</span> <span>Import BOM +</span>								
Name	Material/Process	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
–  ITEMS		1			4.74x10 <sup>3</sup>	250	E	2.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
–  CILINDRO		1	2.9	kg	789	41.6	E	2.1.1
Material	Steel, stainless		2.900000	kg	220	17.4	E	
Process	Milling, stainless steel		2.900000	kg	570	24.2	E	
–  TAPA		1	5.8	kg	1.58x10 <sup>3</sup>	83.2	E	2.1.2
Material	Steel, stainless		5.800000	kg	439	34.8	E	
Process	Milling, stainless steel		5.800000	kg	1.14x10 <sup>3</sup>	48.5	E	
–  BISAGRA DE T...		1	8.7	kg	2.37x10 <sup>3</sup>	125	E	2.1.3
Material	Steel, stainless		8.699999	kg	659	52.2	E	
Process	Milling, stainless steel		8.699999	kg	1.71x10 <sup>3</sup>	72.7	E	
<b>Manufacturing total</b>					<b>4.74x10<sup>3</sup></b>	<b>250</b>	<b>E</b>	

Figura 26. Tabla resumen, material y proceso de manufactura, Autoclave de Acero Inoxidable

<span>Manufacturing</span> <span>▶ Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>						
Name	Consumables/water/power	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS
–  Consumables				69.9	24.3	E
Consumable	Lubricating oil, at plant/RER with US electric 20		kg	69.9	24.3	E
–  Water use				257	23.1	E
Water	Water, deionised	16920	L	257	23.1	E
–  Power use				16.1	2.39	E
Power	Electricity, 240 V, EU	4.5	kWh	16.1	2.39	E
<b>Use total</b>				<b>343</b>	<b>49.8</b>	<b>E</b>

Figura 27. Resumen de los consumibles de la Autoclave de Acero Inoxidable.

Manufacturing		Use	End of life	Transportation				
Name	End of life method	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
ITEMS		1			7.47x10 <sup>3</sup>	0.320	E	2.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
CILINDRO		1	2.9	kg	1.24x10 <sup>3</sup>	0.0533	E	2.1.1
Material	Steel, stainless		2.900000	kg			E	
Process	steel, municipal incin.		2.900000	kg	1.24x10 <sup>3</sup>	0.0533		
TAPA		1	5.8	kg	2.49x10 <sup>3</sup>	0.107	E	2.1.2
Material	Steel, stainless		5.800000	kg			E	
Process	steel, municipal incin.		5.800000	kg	2.49x10 <sup>3</sup>	0.107		
BISAGRA DE T.		1	8.7	kg	3.73x10 <sup>3</sup>	0.160	E	2.1.3
Material	Steel, stainless		8.699999	kg			E	
Process	steel, municipal incin.		8.699999	kg	3.73x10 <sup>3</sup>	0.160		
<b>End of Life total</b>					<b>7.47x10<sup>3</sup></b>	<b>0.320</b>	<b>E</b>	

Figura 28. Fin de vida de los materiales de la Autoclave de Acero Inoxidable.

Manufacturing		Use	End of life	Transportation					
Name	Transportation mode	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID	
Assembled product									
Autoclave Acero Inoxi	Car, gasoline + 5% ethanol	100		km	4.76x10 <sup>3</sup>	1.33x10 <sup>3</sup>	E		
Sub-assemblies and parts									
ITEMS		1			4.76x10 <sup>3</sup>	1.33x10 <sup>3</sup>	E	2.1	
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>									
CILINDRO		1	2.9	kg	793	222	E	2.1.1	
Material	Steel, stainless		2.900000	kg			E		
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	793	222	E		
TAPA		1	5.8	kg	1.59x10 <sup>3</sup>	445	E	2.1.2	
Material	Steel, stainless		5.800000	kg			E		
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	1.59x10 <sup>3</sup>	445	E		
BISAGRA DE TAPA		1	8.7	kg	2.38x10 <sup>3</sup>	667	E	2.1.3	
Material	Steel, stainless		8.699999	kg			E		
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	2.38x10 <sup>3</sup>	667	E		
<b>Transportation total</b>					<b>9.52x10<sup>3</sup></b>	<b>2.67x10<sup>3</sup></b>	<b>E</b>		

Figura 29. Resumen de medios de transporte para la Autoclave de Acero Inoxidable.

## Scorecard

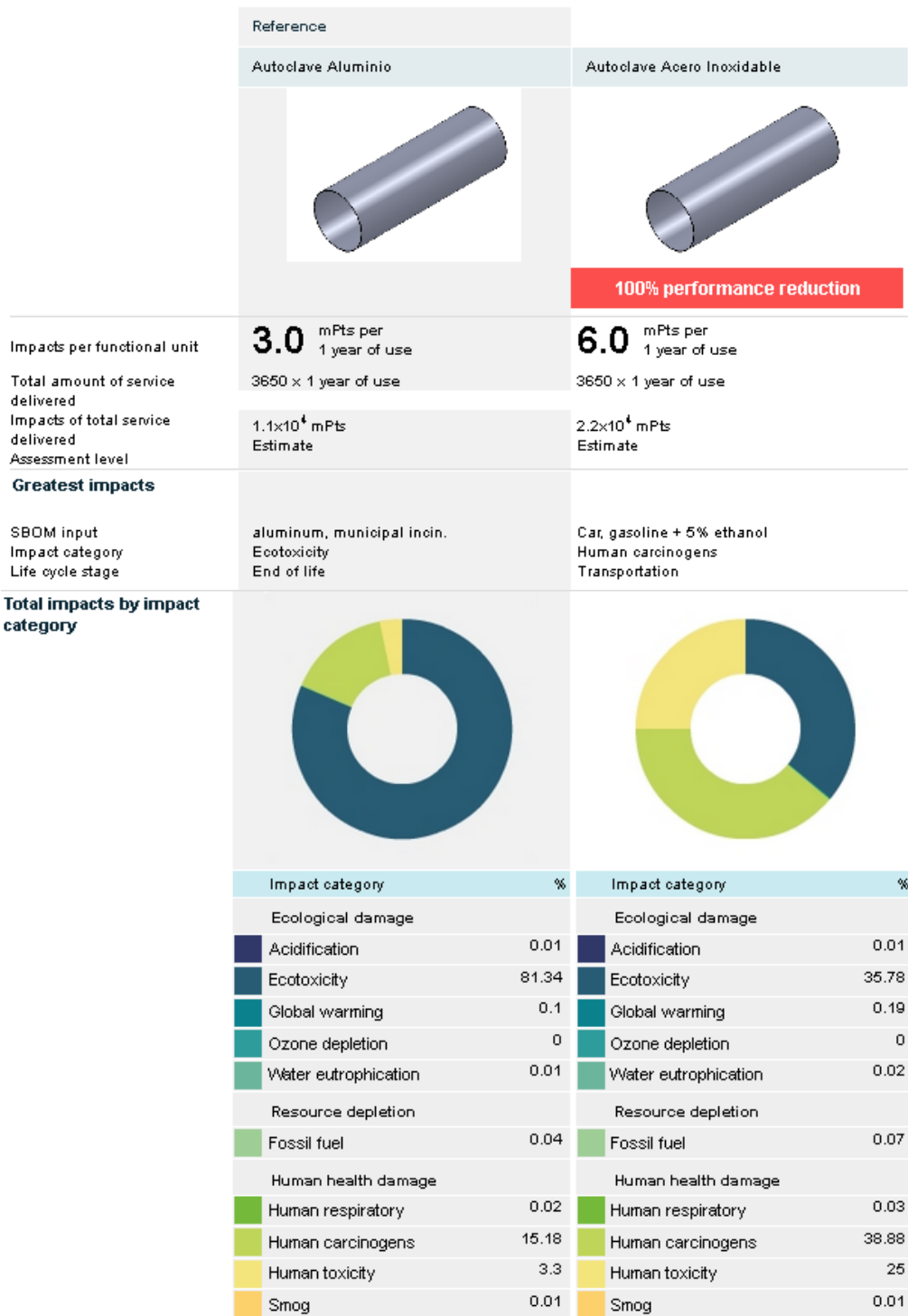


Figura 30. Gráfica de dona para medir los impactos mayores, tales como la Ecotoxicidad de la Autoclave de Acero Inoxidable contra la Autoclave de Aluminio

## 5.4 Valoración para el sistema Autoclave de Acero al Carbón

A continuación se muestra las tablas resumen de las 4 secciones (Fabricación, Uso, Fin de etapa de vida, Transporte) para el sistema *Autoclave de Acero al Carbón*, siendo sus 3 componentes de este material. Cada uno de los componentes es agregado y llenado como lo pide la HSM y como se muestra en los subtemas anteriores (3.2 – 3.5).

En las figuras 31-34 se presentan dichas secciones para el sistema Autoclave de Acero al Carbón. En la figura 35 se muestra la tabla comparativa entre la Autoclave de Aluminio y la de Acero al Carbón.

<span>Manufacturing</span> <span>Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>								
<span>Add a Part +</span> <span>Add Sub-Assembly +</span> <span>Import BOM +</span>								
Name	Material/Process	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
ITEMS		1			7.83x10 <sup>3</sup>	2.71x10 <sup>4</sup>	E	3.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
CILINDRO		1	3.3	kg	7.22	19.6	E	3.1.1
Material	Steel, low-alloyed, 25% seci		3.299999€	kg	3.38	6.32	E	
Process	Milling, steel		3.299999€	kg	3.84	13.3	E	
TAPA		1	6.6	kg	7.81x10 <sup>3</sup>	2.70x10 <sup>4</sup>	E	3.1.2
Material	Steel, low-alloyed, 25% seci		6.599999€	kg	3.06	5.73	E	
Process	Milling, steel		6.599999€	kg	7.80x10 <sup>3</sup>	2.70x10 <sup>4</sup>	E	
BISAGRA DE T		1	9.9	kg	16.1	48.5	E	3.1.3
Material	Steel, low-alloyed, 25% seci		9.899999€	kg	4.59	8.59	E	
Process	Milling, steel		9.899999€	kg	11.5	39.9	E	
<b>Manufacturing total</b>					<b>7.83x10<sup>3</sup></b>	<b>2.71x10<sup>4</sup></b>	<b>E</b>	

Figura 31. Tabla resumen, material y proceso de manufactura, Autoclave de Acero al Carbón.

<span>Manufacturing</span> <span>Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>						
Name	Consumables/water/power	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS
Consumables				69.9	24.3	E
Consumable	Lubricating oil, at plant/RER with US el 20		kg	69.9	24.3	E
Water use				257	23.1	E
Water	Water, deionised	16920	L	257	23.1	E
Power use				16.1	2.39	E
Power	Electricity, 240 V, EU	4.5	kWh	16.1	2.39	E
<b>Use total</b>				<b>343</b>	<b>49.8</b>	<b>E</b>

Figura 32. Resumen de los consumibles de la Autoclave de Acero al Carbón.

Manufacturing		Use	End of life	Transportation				
Name	End of life method	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
ITEMS		1			0.00636	0.0820	E	3.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
CILINDRO		1	3.3	kg	0.00195	0.0251	E	3.1.1
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		3.299999€	kg			E	
Process	Landfill, steel		3.299999€	kg	0.00195	0.0251		
TAPA		1	6.6	kg	0.00177	0.0228	E	3.1.2
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		6.599999€	kg			E	
Process	Landfill, steel		6.599999€	kg	0.00177	0.0228		
BISAGRA DE T		1	9.9	kg	0.00265	0.0341	E	3.1.3
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		9.899999€	kg			E	
Process	Landfill, steel		9.899999€	kg	0.00265	0.0341		
<b>End of Life total</b>					<b>0.00636</b>	<b>0.0820</b>	<b>E</b>	

Figura 33. Fin de vida de los materiales de la Autoclave de Acero al Carbón.

Manufacturing		Use	End of life	Transportation				
Name	Transportation mode	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
Assembled product								
Autoclave Acero al Ca	Car, gasoline + 5% ethanol	100		km	2.95x10 <sup>2</sup>	827	E	
Sub-assemblies and parts								
ITEMS		1			2.95x10 <sup>2</sup>	827	E	3.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
CILINDRO		1	3.3	kg	903	253	E	3.1.1
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		3.299999€	kg			E	
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	903	253	E	
TAPA		1	6.6	kg	819	230	E	3.1.2
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		6.599999€	kg			E	
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	819	230	E	
BISAGRA DE TAPA		1	9.9	kg	1.23x10 <sup>3</sup>	345	E	3.1.3
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		9.899999€	kg			E	
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	1.23x10 <sup>3</sup>	345	E	
<b>Transportation total</b>					<b>5.90x10<sup>3</sup></b>	<b>1.65x10<sup>3</sup></b>	<b>E</b>	

Figura 34. Resumen de medios de transporte para la Autoclave de Acero al Carbón.

## Scorecard



Figura 35. Gráfica de dona para medir los impactos mayores, tales como la Ecotoxicidad de la Autoclave de Acero al Carbón contra la Autoclave de Aluminio



## 5.5 Resultado de la evaluación

Después de haber completado todos los datos de cada componente, para cada una de las tres alternativas de material, la HSM estima el sistema más sustentable. En la figura 36 se observa que el sistema que cumple de una mejor manera con los criterios de sustentabilidad es el de aluminio, ya que el de acero Inoxidable y el de acero al carbón tienen un porcentaje de 100% y 260% más contaminante, respectivamente.

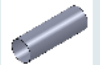
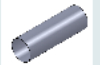
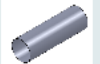
Functional unit: 1 year of use		Impacts / functional unit mPts/func unit	CO <sub>2</sub> eq. kg / functional unit CO <sub>2</sub> eq. kg/func unit	Performance improvement from reference mPts	Performance improvement from reference %	Units of svc delivered Svc. Units	Assessment type
Create a new Concept + Reference, Lowest impact							
	<b>Autoclave Aluminio</b>	<b>3.0</b>	<b>0.21</b>			3650	Estimate
Copy Declare as:   Final							
	<b>Autoclave Acero Inoxidable</b>	<b>6.0</b>	<b>0.81</b>	<b>-3.1</b>	<b>-100%</b>	3650	Estimate
Copy   Delete Declare as: Reference   Final							
	<b>Autoclave Bronce</b>	<b>80</b>	<b>0.87</b>	<b>-77</b>	<b>-2.6x10<sup>3</sup>%</b>	3650	Estimate
Copy   Delete Declare as: Reference   Final							

Figura 36. Tabla de valoración de la HSM para determinar cuál de los tres sistemas propuestos es más sustentable

## 6.- DISCUSIÓN

La HSM es un instrumento útil para establecer un criterio de selección entre diferentes alternativas de solución para un mismo problema, sin embargo, hay dos puntos que son importantes señalar. Uno es relacionado con la falta de información relacionada con los cálculos realizados por la HSM para obtener la estimación de mPts y CO<sub>2</sub>. La HSM no reporta a detalle la metodología y procedimiento seguido para obtener dichos índices, asimismo, la metodología se basa en datos e información técnica principalmente recopilada en los Estados Unidos de América. Actualmente en México existe el programa GEI, que es un programa nacional voluntario de contabilidad y reporte de Gases Efecto Invernadero (GEI), asimismo, es un programa que sirve para la generación de proyectos de reducción de emisiones. El programa GEI se encuentra dentro de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) como una medida del sector industrial para la contabilidad y reporte de emisiones de GEI. Se reconoce a México como un país en donde muchas importantes empresas han adoptado el protocolo de contabilidad y reporte de emisiones propuesto por el WRI (en idioma inglés, World Resources Institute) y el WBCSD (en idioma inglés, World Business Council for Sustainable Development), gracias al cual han desarrollado capacidades técnicas para estimar sus emisiones, elaborar los inventarios correspondientes y encontrar oportunidades de mejora y mitigación.

Otro tema importante es el relacionado con el uso de la HSM dentro de lo que es el proceso de diseño de una máquina o producto. Esto es, dentro del proceso de diseño y construcción de un autoclave completa, ¿cómo encaja y en qué etapas se puede utilizar la HSM? Si se toma, por ejemplo, el proceso de Diseño y desarrollo de productos de Ulrich, que consiste en:

- Identificar necesidades
- Especificaciones del producto
- Diseño conceptual
- Selección de conceptos
- Prueba de conceptos
- Establecer especificaciones finales
- Planeación de desarrollo descendente <sup>[B2]</sup>

La HSM puede utilizarse en dos pasos del proceso; primero en el paso de *especificaciones del producto*, ya que en este punto el equipo de trabajo establece un conjunto de especificaciones que explican, en detalle preciso y medible, lo que el producto tiene que hacer para ser exitoso desde el punto de vista sustentable, comercial etc. Las especificaciones deben reflejar las necesidades del cliente, diferenciar al producto con respecto a los productos de la competencia, y ser técnica y económicamente realizable, además que a partir de la aprobación de la Ley General de Cambio Climático, México exigirá a las empresas medir y reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub>. Aquellas empresas que se anticipen gestionarán sus costos y posibles impactos relacionados al tema, por lo cual el que un producto pueda ser sustentable cobra mayor importancia hoy en día.

El otro en el cual la HSM puede ser utilizada es en el de *selección de concepto*, dado que es el proceso para evaluar conceptos con respecto a necesidades del cliente y otros criterios (sustentabilidad), comparando los puntos fuertes y débiles de los conceptos, y seleccionando uno o más para su posterior investigación o desarrollo. En este punto la HSM es muy visual ya que muestra gráficamente cual concepto tiene un mejor desempeño <sup>[B2]</sup>.

La HSM es una herramienta que aunque no es totalmente transparente es una guía útil para escoger entre diferentes materiales la mejor alternativa sustentable.

## 7.- CONCLUSIONES

El objetivo planteado de incorporar aspectos de sustentabilidad a un autoclave así como determinar de qué forma podría ser empleada la HSM y si esta es una herramienta confiable se logró satisfactoriamente. Durante el proceso de este trabajo se mostró la forma fácil de utilizar la HSM, los conceptos que ésta usa y su utilidad como guía para generar diseño de productos sustentables, cabe mencionar que es una herramienta que puede ser utilizada por toda persona involucrada en el diseño de productos sustentables.

Esta tesis no profundizó en dos elementos fundamentales de sustentabilidad, que son el aspecto social y económico, solamente se enfocó en la parte ambiental, y más específicamente en la parte de materiales, ya que al conocer las propiedades requeridas que un producto requiere de un material se pueden analizar diferentes opciones. Así mismo, se demostró que para la generación de productos sustentables existen herramientas confiables y organismos que son de utilidad para tener un mejor ambiente.

## 8.- BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS WEB

### # Ref Bibliografía

- [B1] Reporte Técnico, UNAM-Jersa, Proyecto “Diseño y Manufactura..... “, Enero 2012, Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica, UNAM
- [B2] Diseño y desarrollo de productos, Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, 4ta edición . Mc Graw Hill
- [B3] Revisión de Principios de Ecodiseño e Integración al Diseño Conceptual. Ricardo Lozada Bastida, Vicente Borja Ramírez, Marcelo López Parra, Alejandro C. Ramírez Reivich. Memorias del XVII Congreso Internacional Anual de la SOMIM.
- [B4] Boks C., Stevels A., 2007. “Essential perspective for design for environment. Experiences from the electronics industry” International Journal of Production Research, 45:18, 402 1-4039.

### # Ref Sitios web

- 11 <http://mooldesign.blogspot.mx/2011/03/que-caracteristicas-tienen-los.html>
- 12 <http://www.expoknews.com/2010/02/18/caracteristicas-de-un-producto-sustentable/>
- 13 <http://www.masr.com.mx/que-son-los-productos-sustentables/>
- 14 <http://extensionacademica.wordpress.com/2010/03/26/el-concepto-de-sustentabilidad-y-la-importancia-de-cuidar-el-medio-ambiente/>
- 15 <https://es.wikipedia.org/wiki/Autoclave>
- 16 <http://www.tecnologias-sanitarias.com/MD/93-42-EEC-esp.pdf>
- 17 [http://www.tecnologias-sanitarias.com/MD/DIR\\_MD\\_9342/directiva-2007\\_47\\_revision-directivas.pdf](http://www.tecnologias-sanitarias.com/MD/DIR_MD_9342/directiva-2007_47_revision-directivas.pdf)
- 18 <http://faircompanies.com/news/view/5-tipologias-diseno-sostenible-c2c-biomimetrico-y-mas/>
- 19 <http://www.biothinking.com/btintro.htm>
- 110 [http://www.slideshare.net/elcrack\\_10jm/exposicion-autoclave](http://www.slideshare.net/elcrack_10jm/exposicion-autoclave)

# Ref Sitios web

I11 <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UIGePFj2MGIJ:w>

I12 [ww.galileoequipos.com/attachment.php%3Fid\\_attachment%3D63+%&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx](http://www.galileoequipos.com/attachment.php%3Fid_attachment%3D63+%&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx)