



**UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ**



**Facultad de Ciencias**  
**Departamento de Biología**

**APUNTES DE CLASES:**  
**(INSTRUCTIVO TÉCNICO)**

**MANUAL BÁSICO**  
**DEL USO DE**  
**AUTOCLAVES**

**ASIGNATURA: MICROBIOLOGÍA**

**PROFESOR : NICOLÁS GARRIDO ABATE**

**ARICA – CHILE**

**2015**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
PORTADA	
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	2
ÍNDICE DE FIGURAS .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
INTRODUCCIÓN .....	6
OBJETIVOS .....	7
UNIDADES Y SIMBOLOGÍA .....	8
Temperatura .....	9
Masa .....	11
Longitud .....	13
Tiempo .....	15
Presión .....	17
Calor .....	20
ESTERILIZACIÓN .....	22
EL AUTOCLAVE .....	23
Relación Presión/T°/Energía .....	26
El agua .....	27
PARTES DEL EQUIPO .....	29
La puerta .....	30
La válvula de seguridad .....	31
Presóstato .....	32
FUNCIONAMIENTO DEL AUTOCLAVE .....	34
Equipos de esterilización .....	35
Características del lugar de instalación .....	36
Antes del proceso de autoclavado .....	38
Durante el proceso de autoclavado .....	39
Después del proceso de autoclavado .....	40
CONTROL DE ESTERILIDAD .....	41

## Manual básico del uso de autoclaves

MANTENIMIENTO .....	43
PLAN B .....	44
DEFINICIONES.....	47
CONCLUSIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
ANEXOS .....	53
Nº 1 Presión de saturación de vapor de agua .....	54
Nº 2 Prefijos utilizados por el Sistema Internacional .....	55
Nº 3 Modelo de registro del “Libro de operación diaria” ....	56
Nº 4 Preguntas.....	57
Nº 5 Ejercicios .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Página

1. Portada de la guía del Sistema Internacional de Unidades .....	8
2. Esquema de presiones .....	14
3. Grados de resistencias de diferentes agentes infecciosos .....	17
4. Procesos asociados a una esterilización .....	17
5. Digestor de Chamberland .....	18
6. Esquema básico de un Autoclave .....	19
7. Principales partes de un Autoclave, con diferentes modelos..	24
8. Partes de la puerta de un Autoclave .....	26
9. Diferentes modelos de válvulas de seguridad .....	26
10. Esquema de un presostato .....	27
11. Fluctuación de temperatura dentro de la cámara .....	28
12. Portada de los libros: de vida y de operación diaria .....	30
13. Esquema sobre la disposición del Autoclave .....	31
14. Tipos de alimentadores de energía eléctrica .....	32
15. Controles químicos de esterilidad .....	36
16. Controles biológicos de esterilidad .....	37
17. Olla a presión comercial .....	39
18. Válvula de seguridad (pituto) de una olla a presión .....	40
19. Explosión de una olla a presión sobre una cocina .....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
PORTADA	
1. Conversión entre 3 diferentes escalas de temperatura.....	9
2. Conversión entre 3 unidades de masa.....	10
3. Conversión entre 5 unidades de longitud.....	11
4. Conversión entre 4 unidades de tiempo.....	12
5. Conversión entre 6 unidades de presión .....	14
6. Conversión entre 3 unidades de energía .....	16
7. Relación existente entre presión, temperatura y energía .....	21

## INTRODUCCIÓN

Desde fines del siglo 19 con el desarrollo de la bacteriología, se han utilizados diversos métodos tanto químicos como físicos para descontaminar y/o esterilizar materiales. El método que presenta una mayor universalidad, es la combinación de alta temperatura y alta presión, por medio de un equipo llamado Autoclave.

En este manual se hará mención a los principios básicos que dan utilidad a este equipo de laboratorio, de la misma forma, se entregarán de forma general las etapas de su operación; como así también las posibles fallas, soluciones, controles, y la mantención que debe tener este equipo.

Para la elaboración de este manual se tomó como base el decreto N° 10 de 2013 del Ministerio de Salud, que hace referencia al uso de calderas y generadores de vapor. Y se complementó con materias técnicas utilizando publicaciones relacionados al trabajo y mantención de equipos de laboratorios.

Es importante recalcar que todo lo escrito en las siguientes páginas sería letra muerta, sin la idónea y responsable operación por parte del personal del laboratorio.

**Lic. Nicolás P. Garrido Abate**  
Profesor de Biología y Ciencias Naturales

## **OBJETIVOS**

- a) Reconocer y caracterizar a un Autoclave y sus partes.
- b) Identificar los principales problemas del uso de un autoclave y darles solución.
- c) Comprender los procesos físicos, químicos y biológicos que están involucrados en el proceso de esterilización.
- d) Ser capaz de realizar conversiones métricas entre diferentes equipos.

## UNIDADES Y SIMBOLOGÍA

Durante siglos las ciencias se han desarrollado con mediciones propias de acuerdo al lugar donde se realizaban, lo que no permitía una uniformidad en los resultados, y dificultaba la reproductibilidad de la experimentación, en cuanto a unidades de medida se refiere. Todo esto cambió en 1960 cuando en, Ginebra, Suiza, la Conferencia General de Pesas y Medidas – Autoridad Internacional del Sistema de Unidades – determinó: El Sistema Internacional de Unidades (Abreviado SI por sus iniciales en idioma francés *Le Système Internationale d'Unités*). En este sistema internacional se tomaron como base 7 “Unidades Básicas”, las que combinándose entrega las “Unidades Derivadas” .



**Figura 01:** Portada de la guía del Sistema Internacional de Unidades

Todas estas mediciones se obtienen gracias a la utilización de instrumentos, los que estando bien calibrados entregarán reproductibilidad a los ensayos experimentales. Estos instrumentos, ya no solo se encuentran aisladamente, sino también como parte de equipos de laboratorio más grandes, como es el caso un equipo de esterilización con vapor, el “Autoclave”.

Para el adecuado manejo de un Autoclave, este manual ha tomado 4 Unidades Básicas, y otras Unidades Derivadas. Además, y producto de la existencia de equipos con fabricación en países que usan el Sistema Inglés o Sistema Imperial de unidades, se han agregado algunas unidades usadas en estos países.

**Temperatura:**

La unidad oficial es el Kelvin (K). Esta tiene la particularidad que es la única unidad de temperatura que su mínimo es el cero, pues no posee números negativos. A este cero se le conoce como el “cero absoluto”. Se suele usar el término “grados Kelvin”, esto no es correcto, pues en la unidad Kelvin no existe el término grado (°).

Aunque existen 8 escalas para medir la temperatura, son 3 las que más se utilizan en ciencias, específicamente en equipos de laboratorio; Kelvin, grados Fahrenheit, y grados Celsius (o centígrados). Los grados Celsius y Kelvin son similares en cuanto a su graduación, por el contrario, los grados Fahrenheit presentan una graduación menor, en concreto 1 grado Celsius equivale a 1,8 grados Fahrenheit.

Para efectuar las conversiones entre las unidades de temperatura se puede usar la siguiente tabla de conversión:

*	Kelvin (K)	Celsius (°C)	Fahrenheit (°F)
Kelvin (K)	—	$K - 273,15$	$K \left(\frac{9}{5}\right) - 459,67$
Celsius (°C)	$^{\circ}C + 273,15$	—	$^{\circ}C \left(\frac{9}{5}\right) + 32$
Fahrenheit (°F)	$(^{\circ}F + 459,67) \frac{5}{9}$	$(^{\circ}F - 32) \frac{5}{9}$	—

**Tabla 01:** Conversión entre 3 diferentes escalas de temperatura

\* Para convertir una unidad de la primera columna en una unidad de la primera fila, se debe multiplicar por el factor que se encuentra en la intersección de ambos.

Ejemplo de conversión:

Se necesita autoclavar a 121°C por 15 minutos una botella de vidrio la cual tiene la indicación “no exponer a temperaturas sobre 260°F”. ¿Se puede autoclavar este material? y ¿A cuántos Kelvin equivale esta temperatura?

Cálculos:

$$\text{a) } (\text{°F} - 32) \frac{5}{9} \text{°C} = (260\text{°F} - 32) \frac{5}{9} \text{°C} = (228) \frac{5}{9} \text{°C} = \mathbf{126,6 \text{ °C}}$$

$$\text{b) } 126,6\text{°C} + 273,15 = \mathbf{399,75 \text{ K}}$$

Respuesta: Sí se puede autoclavar el material de vidrio, pues resiste una exposición de hasta 126,6°C, lo que se traduce en 399,75 K.

**Masa:**

De forma común a esta unidad se le dice “peso” lo cual es un término incorrecto. Pues la masa hace referencia a la cantidad de materia que posee un objeto, y el peso describe a la masa afectada por la fuerza gravitatoria. Según esto, el peso va variando conforme sea la ubicación dentro del planeta, en cambio la masa será siempre la misma.

La unidad oficial de masa es el gramo (g). Sin embargo, existen otras unidades, pero estas son generalmente usadas en países angloparlantes, y aunque no están reconocidas por el SI, es necesario conocer sus equivalencias, para evitar errores en la operación de los equipos de laboratorio.

Para efectuar las conversiones entre las unidades de masa se puede usar la siguiente tabla con sus factores de conversión y obtener equivalencias:

*	Gramo (g)	Libra (lb)	Onza (oz)
Gramo (g)	—	453.59	28,349
Libra (lb)	$2,2046 \times 10^{-3}$	—	16
Onza (oz)	$3,5274 \times 10^{-2}$	0,0625	—

**Tabla 02:** Conversión entre 3 unidades de masa

\* Para convertir una unidad de la primera columna en una unidad de la primera fila, se debe multiplicar por el factor que se encuentra en la intersección de ambos.

Ejemplo de conversión:

Se han adquirido un Autoclave de mesón de 13,6 kg, y un mueble con capacidad de carga de 27 lb, ¿Es capaz el mueble de soportar al Autoclave?

Cálculos:

a)  $13,6 \text{ kg}/1000 = 13.600 \text{ g}$

b)  $13.600 \text{ g} \times 2,2046 \times 10^{-3} = 29,98 \text{ lb}$

c)  $27 \text{ lb (mesón)} - 29,98 \text{ lb (Autoclave)} = -2,98 \text{ lb}$

d)  $-2,98 \text{ lb} \times 453,59 = \mathbf{-1,351 \text{ kg}}$

Respuesta: El mueble no es capaz de soportar al Autoclave, pues soporta 1,351 kg menos de peso. Esta diferencia aumenta si se considera que falta agregar el agua y la carga del material para esterilizar.

**Longitud:**

La unidad oficial es el metro (m). Esta unidad está definida por el camino recorrido por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de 1/299.792.458 (s). Sin embargo aun en países angloparlantes se usan unidades del Sistema Imperial de Unidades tales como:

- Pulgada (pulg)(inch)
- Pie (ft)
- Yarda (yr)
- Milla (mile)

Para efectuar las conversiones entre las unidades de longitud se pueden usar las siguientes equivalencias:

*	Metro (m)	Pulgada (pulg)(inch)	Pie (ft)	Yarda (yr)	Milla
Metro (m)	1	39,37	3,2808	1,0936	1609
Pulgada (pulg)(inch)	0,0254	1	12	36	44,694
Pie (ft)	0,3048	0,083	1	3	5280
Yarda (yr)	0,9144	0,027	3	1	1760
Milla	$6,21 \times 10^{-4}$	$1,578 \times 10^{-5}$	$1,893 \times 10^{-4}$	$5,681 \times 10^{-4}$	1

**Tabla 03:** Conversión entre 5 unidades de longitud

\* Para convertir una unidad de la primera columna en una unidad de la primera fila, se debe multiplicar por el factor que se encuentra en la intersección de ambos.

Ejemplo de conversión:

Un Autoclave proveniente desde un país anglosajón tiene un “manual del usuario” el cual indica que posee una cámara con dimensiones internas de 10 pulg. de diámetro y 14 pulg. de fondo. Según el SI, ¿Cuales son las dimensiones de la cámara?

Cálculos:

a)  $10 \text{ pulg.} \times 0,0254 = 0,254 \text{ m} = \mathbf{25,4 \text{ cm}}$

b)  $14 \text{ pulg} \times 0,0254 = 0,3556 \text{ m} = \mathbf{35,56 \text{ cm}}$

Respuesta: Según el SI, el diámetro interno de la cámara es de 0,254 m (25,4 cm) y el fondo de la cámara es de 0,3556 m (35,56 cm).

**Tiempo:**

La unidad oficial es el segundo (s). Esta unidad está referida a la duración de 9.192.631.770 periodos de radiación correspondiente a la transición entre 2 niveles hiperfinos del átomo de Cesio 133, en su estado fundamental.

El SI también acepta unidades como; el minuto (min), la hora (h) y el día (d), pues son múltiplos del segundo, pero que no presentan los prefijos exponenciales. Para efectos prácticos se tomarán los valores indicados en la Tabla 04, pero debe tenerse en cuenta que estos valores están aproximados a concepciones temporales de uso común, ya que en estricto rigor temporal y astronómico un día tiene 24,01 (h), 1.440,98 (min), y 86.459,17 (s).

Para efectuar las conversiones entre las unidades de tiempo se pueden usar las siguientes equivalencias:

*	Día (d)	Hora (h)	Minuto (min)	Segundo (s)
Día (d)	1	0,0416	$8,77 \times 10^{-4}$	$1,16 \times 10^{-5}$
Hora (h)	24	1	0,016	$2,77 \times 10^{-4}$
Minuto (min)	1.440	60	1	0,016
Segundo (s)	86.400	360	60	1

**Tabla 04:** Conversión entre 4 unidades de tiempo

\* Para convertir una unidad de la primera columna en una unidad de la primera fila, se debe multiplicar por el factor que se encuentra en la intersección de ambos.

Ejemplo de conversión

En un laboratorio de microbiología se ingresan y analizan 600 muestras por día, considerando que se trabajan 8 horas ¿Cuántas muestras se analizan por hora? ¿Cuántas se analizarían, por minuto, si se aumenta el personal al doble?

Cálculos:

- a)  $600 \text{ muestras} / 8 \text{ horas} = \mathbf{75 \text{ muestras/hora}}$
- b)  $75 \text{ muestras/hora} / 2 = 37,5 \text{ muestras/hora}$
- c)  $37,5 \text{ muestras/hora} \times 0,016 = \mathbf{0,6 \text{ muestras/minuto}}$

Respuesta: En el laboratorio se analizan 75 muestras/hora. Si se aumentara el personal al doble, serían 0,6 muestras/minuto que se analizarían.

**Presión:**

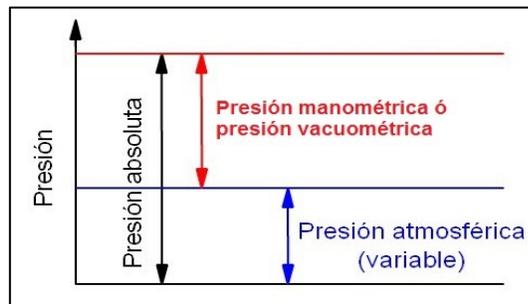
Por definición, se entiende como la acción y el efecto resultante de la compresión de un cuerpo o de un fluido sobre una superficie. En un Autoclave la presión es ejercida por el vapor de agua contra las paredes de la cámara, y se mide con un manómetro que debe estar conectado directamente con ésta.

Según sea el lugar geográfico donde se fabrique el instrumento, existen diferentes unidades de medidas. En el SI, la fuerza se mide en kilogramos (kg) y la superficie en centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>). En el sistema británico, la fuerza se mide en libras (lb) y la superficie en pulgadas cuadradas (pulg<sup>2</sup>). De lo anterior se obtienen dos (2) unidades de presión; kg/cm<sup>2</sup>, y lb/pulg<sup>2</sup>. La unidad de lb/pulg<sup>2</sup> es también conocida como PSI (*Pounds per Square Inch*) por sus siglas en inglés.

Es importante conocer cual es la unidad de presión con la que trabaja un Autoclave en particular, para poder homologar estas mediciones con otros equipos e identificar con certeza si los materiales que se desea autoclavar, son o no, susceptibles de ser sometidos a ciertas presiones. Como a su vez, también, facilitar el trabajo con equipos de otras latitudes.

Se observan 4 diferentes tipos de presiones:

1. Presión Absoluta ( $P_{abs}$ )
2. Presión Atmosférica o Barométrica ( $P_{atm}$ ): Es la que se mide con un barómetro
3. Presión Manométrica ( $P_{man}$ ): Es la que se mide con un manómetro
4. Presión Vacuométrica ( $P_{vac}$ ): Es la que se mide con una vacuómetro



**Figura 02:** Esquema de presiones

Para medir la presión se pueden encontrar varias unidades. Para realizar las conversiones entre ellas se deben tener en cuenta los siguientes datos.

*	lb/pulg <sup>2</sup> (PSI)	bar	atm	Pascal (Pa)	mm Hg	kg/cm <sup>2</sup>
lb/pulg <sup>2</sup> (PSI)	1	0,068947	0,068046	6894,76	51,7149	0,070307
bar	14,5038	1	0,98692	100000	750,06	1,019716
atm	14,6959	1,01325	1	101325	760	1,033227
Pascal (Pa)	1,45038	0,00001	9,869x10 <sup>-6</sup>	1	7,5x10 <sup>-3</sup>	1,01x10 <sup>-5</sup>
mm Hg	0,01933	0,00133	0,00131	133,322	1	0,00113
kg/cm <sup>2</sup>	14,2233	0,98066	0,96784	98060,5	735,559	1

**Tabla 05:** Conversión entre 6 unidades de presión

\* Para convertir una unidad de la primera columna en una unidad de la primera fila, se debe multiplicar por el factor que se encuentra en la intersección de ambos.

Ejemplo de conversión:

Se necesitan homologar los manómetros de 2 Autoclaves a vapor que llegan a un laboratorio. Uno de los equipos presenta una presión máxima de trabajo de 30 PSI y el otro 3 bares, ¿Cuáles son las presiones máximas de trabajo de cada Autoclave, expresado en kg/cm<sup>2</sup>?

Cálculos:

a)  $30 \text{ PSI} \times 0,070307 = \mathbf{2,10921 \text{ kg/cm}^2}$

b)  $3 \text{ bares} \times 1,019716 = \mathbf{3,059148 \text{ kg/cm}^2}$

Respuesta: Un Autoclave presenta un presión máxima de trabajo de  $2,10921 \text{ kg/cm}^2$ , el otro equipo  $3,059148 \text{ kg/cm}^2$ .

**Calor:**

El calor o energía calórica es la diferencia de temperatura entre 2 cuerpos. Es la manifestación del movimiento de las moléculas de los cuerpos, mientras más rápido se muevan las moléculas, más caliente estará un cuerpo.

Existen varias unidades para medir la energía calórica:

- Kilovatio/hora (kWh)
- Kilocalorías (kcal)
- Unidad Térmica Británica (BTU)

Para efectuar las conversiones entre las unidades se pueden usar las siguientes equivalencias:

*	kWh	kcal	BTU
kWh	1	$8,6011 \times 10^2$	$3,4098 \times 10^3$
kcal	$1,1626 \times 10^{-3}$		3,9743
BTU	$2,9328 \times 10^{-4}$	$2,5225 \times 10^{-1}$	1

**Tabla 06:** Conversión entre 3 unidades de energía calórica

\* Para convertir una unidad de la primera columna en una unidad de la primera fila, se debe multiplicar por el factor que se encuentra en la intersección de ambos.

Ejemplo de conversión:

Se necesita comprar un Autoclave para un laboratorio de bacteriología, y con el fin de no sobrecargar el sistema eléctrico, este nuevo equipo no debe utilizar más de 32.000 BTU, ¿Cuántos kWh puede consumir este nuevo equipo sin provocar un corte en el suministro eléctrico del laboratorio?

Cálculos:

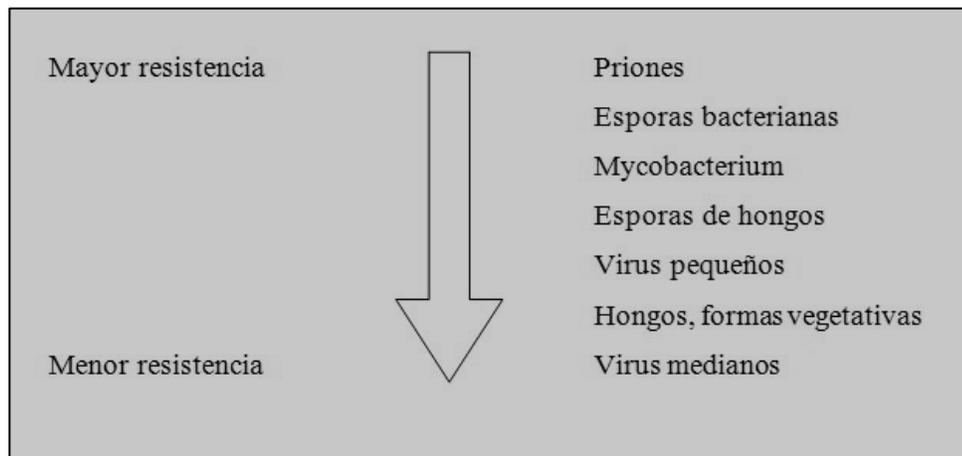
a)  $32.000 \text{ BTU} \times 2,9328 \times 10^{-4} = \mathbf{9,38496 \text{ kWh}}$

Respuesta: El nuevo equipo no puede consumir más 9,38496 kWh durante su funcionamiento.

## ESTERILIZACIÓN

En microbiología, es imperativo la utilización de material estéril, tales como; medios de cultivo, material de vidrio (pipetas, placas Petri) e incluso, en ocasiones particulares, la ropa de trabajo.

La resistencia de los agentes infecciosos a la esterilización va a depender de la resistencia que posean a la temperatura y presión (Figura 03), carga (cantidad) del agente presente en el material inanimado, y la presencia de materia orgánica en el material inanimado.



**Figura 03:** Grados de resistencias de diferentes agentes infecciosos

Por lo anterior es importante respetar la cadena de procesos ligados a la esterilización de un material inanimado (Figura 04).

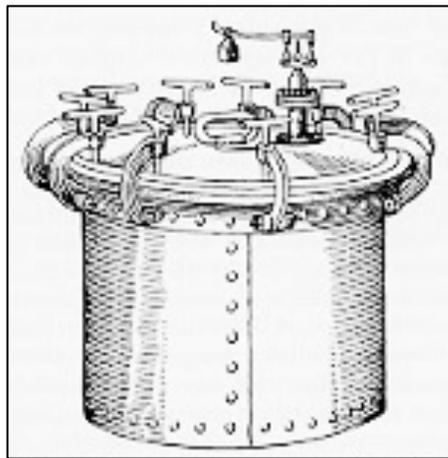
1. Limpieza del material
2. Descontaminación del material
3. Inspección del material
4. Preparación y empaque del material
5. ESTERILIZACIÓN DEL MATERIAL
6. Almacenamiento del material
7. Entrega de material

**Figura 04:** Procesos asociados a una esterilización

## EL AUTOCLAVE

El Autoclave, tal como lo conocemos, fue construido por primera vez en 1880 por microbiólogo francés Charles Chamberland, quien fuera pupilo y más tarde, colaborador de Louis Pasteur. El nombre original - y patentado - en la época, fue “Digestor” (Figura 05).

Chamberland, como buen científico, tuvo que recurrir a la literatura existente en la época, y encontró un instrumento creado 2 siglos antes, en 1679, por el físico francés Denis Papin, quien diseñó un equipo cerrado que trabajaba con vapor de agua a altas presiones con la finalidad de poder separar grasa y otros tejidos desde los huesos. Papin llega a este diseño gracias a los trabajos realizados por Robert Boyle, quien estudió las propiedades termodinámicas del agua.



**Figura 05:** Digestor de Chamberland

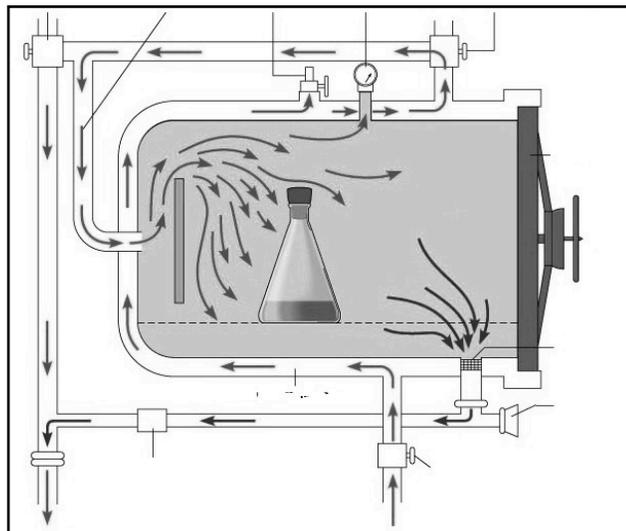
El Autoclave, utilizando estas propiedades, logra realizar la esterilización – de aquí se desprende que en algunos lugares se les llame coloquialmente “esterilizador” – o descontaminación por calor húmedo. Este método es el más usado en los laboratorios, debido a que produce mayor volumen de material estéril, destruye en un menor tiempo la materia infecciosa presente y no daña el material a esterilizar (siempre que este último sea apto para ser autoclavado).

El calor húmedo es más penetrante que el calor seco. Existen 3 formas para aplicar este método:

- Agua hirviendo
- Vapor fluyendo libremente
- Vapor bajo presión

El último método es el más eficiente en cuanto a costo y tiempo se refiere. Por cuanto el vapor de agua sometido a presión por sobre la atmosférica, afecta a los microorganismos, provocando una coagulación o solidificación de su masa protoplásmica, deteniendo sus procesos vitales.

La forma de vapor de agua bajo presión es el mejor medio para el aniquilamiento o destrucción de materias infecciosas. Las otras 2 formas, son menos eficientes debido a que sólo pueden mantener una temperatura máxima de 100°C lo que conlleva a que los procesos sean más largos en comparación con el método de vapor bajo presión. Sin embargo, estos procesos son buenos microbicidas, y debe considerarse dejar su utilización solo para casos de emergencias.



**Figura 06:** Esquema básico de un Autoclave

Otro beneficio del vapor bajo presión es el gran poder de penetración que posee el agua en su estado gaseoso a través de los poros de los artículos, este proceso es más efectivo, y menos tóxico, que el realizado con otros gases.

Las desventajas que presenta este método es la posibilidad de que el vapor recalentado disminuya su poder microbicida si el Autoclave es mal operado y además es un método inapropiado para esterilización aceites, anhídros, grasas o talcos.

La desventaja/error más común en la operación ocurre cuando no se ha eliminado todo el aire de la cámara. Pues, cuando el vapor de agua comienza a generarse, por convección, este tiende a ocupar la parte superior de la cámara, lo que provoca el desplazamiento de aire (más frío) a la parte inferior de la misma, esto dificulta su mezcla, la que termina por producirse en un periodo prolongado, lo que da un resultado incierto al proceso de esterilización. Para evitar esto, es necesario que los materiales tengan un mayor tiempo de exposición con el vapor.

La eliminación de bacterias esporuladas más resistentes se produce en menor tiempo si se compara con otros medios de esterilización. El agua como agente esterilizador, y la fácil introducción de métodos de control de calidad; selecciona por lejos al vapor de agua bajo presión como el más eficiente método de esterilización.

La eliminación de los agentes infecciosos se efectúa por la coagulación de su masa protoplasmática, la que normalmente ocurre a bajas temperaturas, pero al existir humedad esta debe aumentar para lograr el objetivo de la eliminación de contaminantes biológicos.

Esencial es tener presente que el término “esterilidad”, según la FDA (*Food and Drug Administration*) considera que un objeto inanimado se encuentra estéril, si la probabilidad teórica de inactivación microbiana es de una en un millón. Esto se conoce como SAL (*Sterily Assurance Level*).

Los procesos de esterilización más comunes son 121°C (249,8°F) por 15 minutos, la que presenta una presión de 2 atmósferas; y 134°C (273,2°F) por 3 minutos, con una presión de 3 atmósferas (ANEXO 2).

**Relación Presión/T°/Energía**

El gasto de energía para aumentar la presión y la temperatura dentro de la cámara, es mínimo. Este es uno de los motivos para la elección del agua como el fluido para trabajar en el Autoclave.

Presión (absoluta) (kg/cm <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)	Energía (kcal/kg)
1,02	100,0	644,2
1,05	100,6	644,4
1,26	105,7	646,3
1,75	115,6	649,9
2,10	121,2	651,8
2,46	126,2	653,5

**Tabla 07:** Relación existente entre presión, temperatura y energía

## **El Agua**

Para lograr un proceso efectivo de esterilización se han probado gran variedad de agentes físicos, químicos y gaseosos, y las combinaciones de estos, para la reducción y/o eliminación de la materia infecciosa. En consecuencia, esto ha permitido realizar comparaciones de costo/beneficio para cada método. Definiendo qué cualidades debe presentar cada participante de la ecuación; dinero invertido, compuesto utilizado para la esterilización, material a esterilizar, tiempo del proceso, agentes infecciosos, preparación técnica del operador, etc.

Uno de los primeros puntos de enfoque, fue determinar el compuesto y las cualidades de este, que se necesitan para esterilizar. Entre las características que debe tener este compuesto, están las de ser:

- Económico
- No tóxico
- De fácil manipulación
- Inocuo al ser liberado al medio ambiente
- De fácil acceso

Todas estas cualidades las posee el agua. No obstante, se debe contar con ciertas características más específicas, para entregar un óptimo resultado en el proceso de esterilización.

- La turbiedad debe ser inferior a 10 partes por millón (ppm)
- La dureza total debe ser inferior a 35 ppm
- El pH no debe ser inferior a 7, lo óptimo es entre 9 y 10
- No debe contener aceites ni sustancias corrosivas
- No debe ser agua potable
- Bajo contenido de Cloro
- Ausencia de gases, principalmente O<sub>2</sub>

Cuando no posee las cualidades antes mencionadas se corre el riesgo de producir daño en las piezas del Autoclave. Los problemas pueden ser:

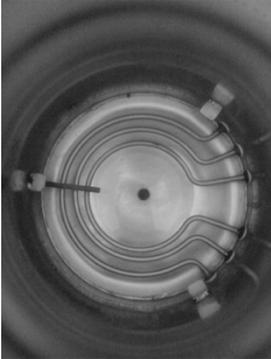
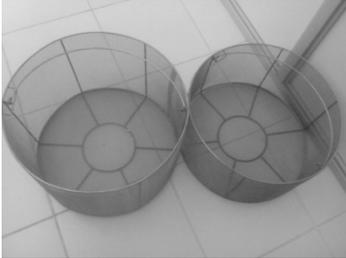
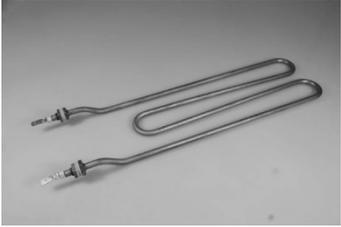
- Reducción de la cantidad de calor transmitido, por las incrustaciones sobre las superficies que transfieren el calor.
- Corrosión y fragilidad del acero del Autoclave.

Estos problemas derivarán en el incrementar el costo y frecuencia de reparación, limpieza e inspecciones por parte de técnicos e ingenieros, aumentar el tiempo necesario para realizar los procesos de esterilización o descontaminación de una material en particular, pérdidas de horas de trabajo por parte de los operadores del Autoclave, etc.

Dentro de los problemas que puede presentarse, la que merece más atención, es la posible explosión del autoclave (ANEXO 6). Este evento puede tener diversas causas, **todas prevenibles**. Para entender el por qué se originan se debe recordar que el Autoclave funciona con vapor de agua a una presión superior a la atmosférica, la que al acumularse o generarse de forma súbita, es el responsable de que, falle la puerta, pudiendo salir proyectada a gran velocidad, con el consiguiente riesgo para el operador y para otras personas que se encuentren cercanas.

## PARTES DEL EQUIPO

Las partes más importantes del equipo están indicadas en los siguientes cuadros.

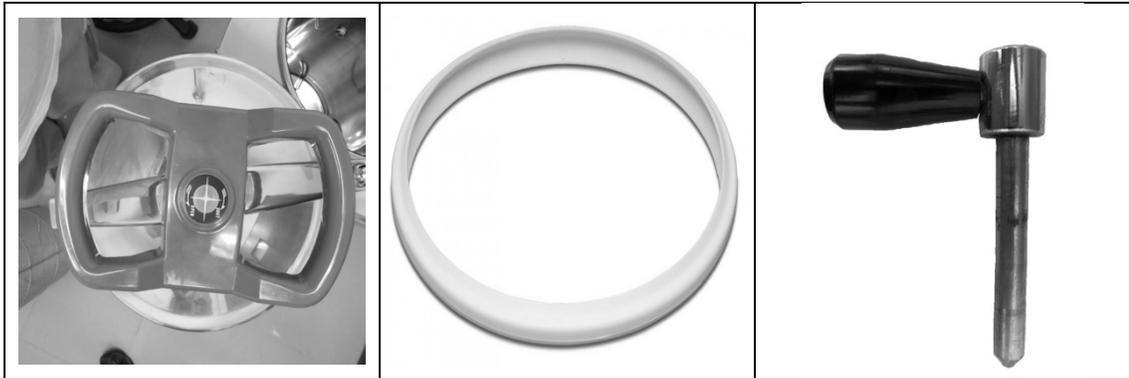
Resistencia	Canasto o caja de esterilización	Manómetro
		
		
		

**Figura 07:** Principales partes de un Autoclave, con diferentes modelos

## **La puerta**

La puerta del Autoclave es el punto más débil del equipo, y por lo tanto, el más peligroso para el operador. Esta pieza de metal es la que soporta toda la presión de vapor tratando de escapar del interior de la cámara. Por esta razón la puerta debe tener uno o más “**pernos bloqueantes**”, lo suficientemente resistentes para soportar tal presión. De extraviarse esta(s) pieza(s), será necesario solicitar otra(s) igual(es) al fabricante, y que reúnan las características necesarias para cumplir su función. Nunca se debe reemplazar esta pieza por alambres, clavos o cualquier otro objeto, ya que podrían provocar graves accidentes.

En la puerta existe una pieza llamada “**empaquetadura**”, ésta por lo general es de goma o de silicona, que presenta una forma de anillo. Tiene la función de permitir el sellado hermético de la cámara. Esta pieza solo tiene importancia para el proceso de esterilización, si este anillo falla, no ocurrirán accidentes producidos por la acumulación de presión de vapor de agua, sino todo lo contrario, pues el vapor se escapará y no se acumulará dentro de la cámara. No obstante, al tener esta fuga, el equipo podría quedarse sin agua más rápido, lo que conllevaría a que la resistencia - eventualmente - se quemara. Por esta razón es necesario que constantemente se esté observando el manómetro para verificar que la presión esté aumentando dentro de la cámara. La empaquetadura debe renovarse siempre que presente fallas o, cuando el fabricante o los protocolos del laboratorio así lo indiquen, la nueva empaquetadura debe tener las mismas características a la original, por lo que se sugiere solicitarla directamente al fabricante, y **NUNCA** una adquirida en el comercio local, aunque esta presente características similares o sea más económica.



**Figura 08:** Partes de la puerta de un Autoclave, (de izquierda a derecha) manilla, empaquetadura, y perno bloqueante

### La válvula de seguridad

La válvula de seguridad en un dispositivo con el que disponen todos los Autoclaves. Este dispositivo es el responsable de liberar el exceso de presión de vapor desde el interior de la cámara. La liberación puede ser manual o automática.

La apertura de la válvula, de forma manual se efectúa tirando de una palanca o argolla que esta presenta, en algunas ocasiones la argolla entregada por el fabricante es delgada y poco resistente, por lo que se sugiere reemplazarla por una argolla para las llaves de la cerradura de cualquier casa, ya que esta es más resistente, y permite la entrada cómoda del dedo para su activación.

La liberación automática del vapor ocurre cuando la presión supera en un 6 % la presión máxima de trabajo.

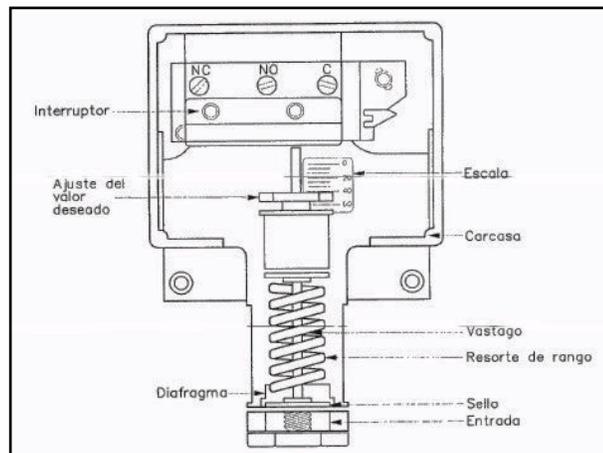


**Figura 09:** Diferentes modelos de válvulas de seguridad

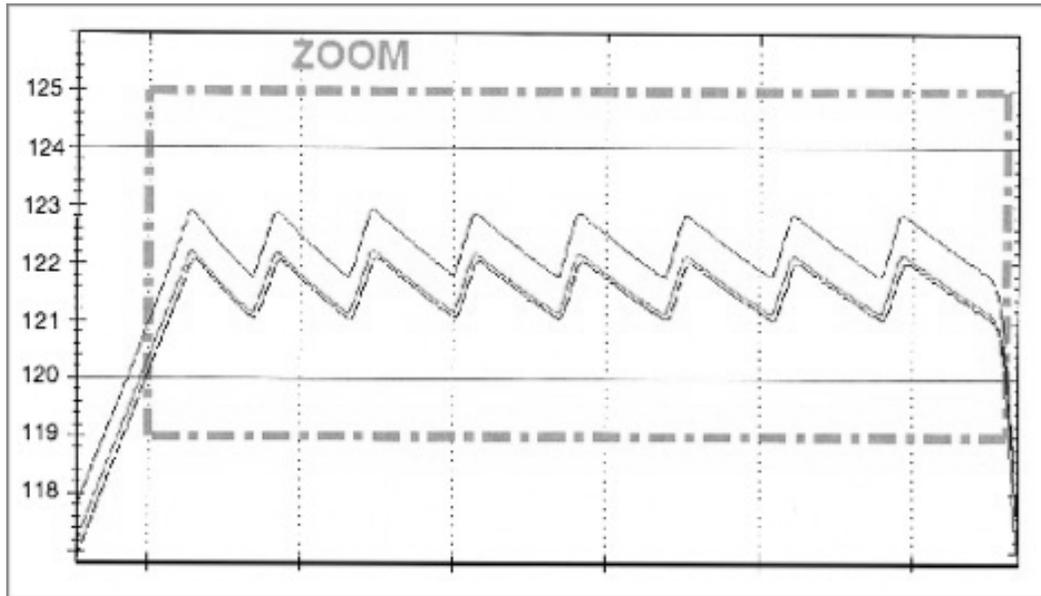
### Presóstato

Una pieza importante para la regulación y mantención de la presión interna de la cámara, es el presóstato. Este dispositivo se encuentra en todos los Autoclaves, desde el más simple y básico, hasta el más automatizado.

El presóstato bloquea o activa el circuito eléctrico del Autoclave, dependiendo de la presión que ejerza el vapor de agua sobre una membrana o diafragma, la que está conectada a un pistón y un resorte. El resorte presenta un contacto en su extremo, que al ser presionado, se une a otro contacto, lo que provoca una interrupción de la entrada de energía eléctrica hacia el el generador de calor o resistencia. Por el contrario, cuando baja la presión, estos contactos se separan permitiendo que se vuelva a generar calor y por ende el aumento de la presión (Fig. 10). Este encender y apagar del circuito eléctrico se repite varias veces durante una carga del Autoclave, siendo imperceptible para el operador. Con esto se logra mantener al Autoclave dentro de unos parámetros de temperatura que fluctúan alrededor de los 2°C, y poder dar cumplimiento a los protocolos de temperatura/presión que se necesitan para esterilizar un material en particular (Fig. 11).



**Figura 10:** Esquema de un presóstato



**Figura 11:** Fluctuación de temperatura dentro de la cámara

## **FUNCIONAMIENTO DEL AUTOCLAVE**

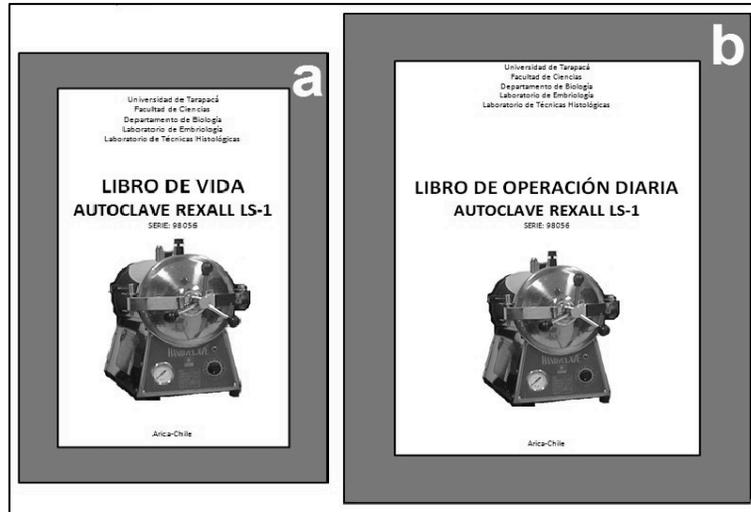
La mayoría de los accidentes, y en especial con equipos de laboratorio, son producidos por el factor humano. Para reducir esto, es necesario tener operadores idóneos y responsables, quienes deberán acreditar las competencias en el manejo del equipo a su cargo, a través de una licencia que faculte para utilizar el Autoclave. Esta licencia será extendida por un Servicio de Salud, tendrá una validez indefinida a nivel nacional.

Para poner en funcionamiento el equipo de Autoclave, existen varias acciones que se deben realizar antes de activarlo, durante el funcionamiento, y después de éste. Una de las primeras es que todas las acciones realizadas al autoclave desde el momento de su instalación en una institución, serán anotadas en su “**Libro de vida**”, en este libro se registrarán, por orden cronológico (fechas), todos los datos y observaciones acerca del; funcionamiento, mantención, accidentes sufridos por el equipo, como así también de todos los exámenes, inspecciones y pruebas efectuadas por organismos particulares u oficiales. Este libro acompañará al equipo durante toda su vida útil, procurando ser mantenido en buenas condiciones y en el mismo laboratorio del funcionamiento del equipo (Figura 04).

Otro libro que debe acompañar al equipo es el “**Libro de operación diaria**”, en este volumen se deberán registrar todas las operaciones de autoclavado que se realicen, hayan, o no, terminado con éxito. En este libro se deben tener, al menos, datos como: hora, fecha, proceso que se realizó, duración, carga, control, operador, y observaciones (Figura 12) (ANEXO 5).

Para una mayor eficiencia del equipo, se deben cargar los canastos con la mayor cantidad de material para autoclavar que sea posible, siempre se forma ordenada y considerando que todo el material deberá estar en contacto con el vapor. Lo óptimo es que cada Autoclave esté destinado a realizar solo una tarea, sea esterilizar o descontaminar. No obstante, muchas veces por espacio y motivos económicos, se utiliza el mismo equipo para ambas funciones. Estando frente a este

caso, **NUNCA** se debe someter, en la misma carga, a esterilización un material junto con otro que sea sometido a descontaminación.



**Figura 12:** Portadas de los libros: de vida (a) y de operación diaria (b)

La mayor precaución que se debe tener al usar el Autoclave es **NUNCA** introducir productos químicos que puedan; primero, dañar la caja o canasto de esterilizado, la resistencia y/o la superficie interna de la cámara; segundo, provocar una explosión producto de la elevación de su temperatura.

### **Equipos de esterilización**

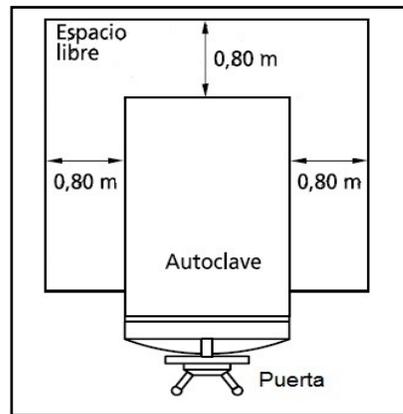
Existen varios tipos y clasificaciones para los Autoclaves. Una de las clasificaciones es según su operación; manuales, automáticos, y semiautomáticos. también encontramos la división por volumen interno de la cámara; los más pequeños son los llamados de “mesón” pues como dice su nombre, y debido a una capacidad menos a los 25 litros, los encontramos generalmente sobre los mesones de los laboratorios. Los más grandes, con capacidades por sobre los 10.000 litros, son llamados “industriales”. Estos últimos, producto de su alto volumen, están conectados a un generador de vapor externo.

### Características del lugar de instalación

Cuando se piensa en instalar un Autoclave, es necesario, y en base a las particularidades de cada equipo, habilitar las instalaciones con requerimientos estructurales que permitan una operación apropiada.

Lo primero, es contar con un piso nivelado, que sea de material sólido y que soporte presión, humedad y temperatura (por ejemplo: piso de concreto cubierto con baldosas).

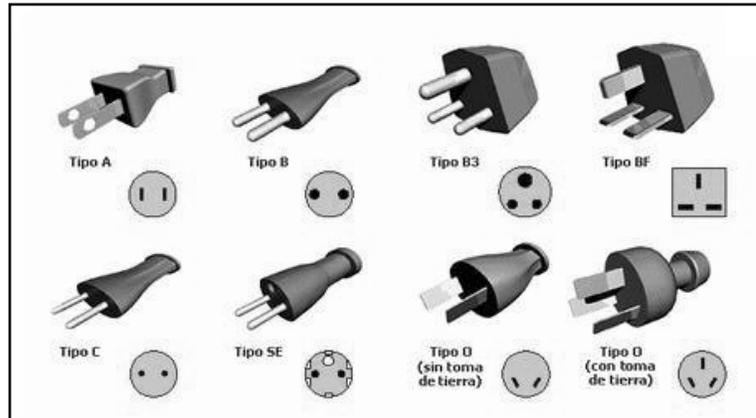
Dependiendo de cada equipo y de las dimensiones de este, hay que determinar el “**espacio libre**” que debe tener en todas direcciones. Lo apropiado para Autoclaves grandes es contar con 80 cm de este espacio en las partes laterales y trasera. Este espacio es necesario para la difusión del calor, la humedad, y tener una buena ventilación. Además, este espacio permite realizar una revisión visual y técnica que requiera el Autoclave (Figura 13). En el caso de Autoclaves de mesón, al ser más pequeños, no es necesario dejar este espacio pues se pueden realizar mantenciones o revisiones visuales con solo desplazar el equipo.



**Figura 13:** Esquema sobre la disposición del Autoclave en un laboratorio

Otro aspecto importante a considerar es el tipo de alimentador eléctrico que requiere el aparato. Obviamente, el alimentador “hembra” que tenga el laboratorio o sala de Autoclave, debe ser complementario al “macho” del equipo (Figura 14) muchos equipos son manufacturados en el extranjero, y vienen con el

alimentador eléctrico diseñado para el país de origen. Además, de debe verificar si el Autoclave necesita corriente continua, alterna o trifásica. Estas precauciones deben ser consideradas para cualquier equipo eléctrico que se desee adquirir.



**Figura 14:** Tipos de alimentadores de energía eléctrica

La cantidad de energía eléctrica que consume el Autoclave, sumado al resto de los equipos eléctricos de un laboratorio, tiene que ser considerada para que la demanda no sobrepase las capacidades del sistema eléctrico de las instalaciones.

Un detalle no menor que a veces suele escapar a los diseñadores de laboratorios, es el desagüe. Este debe ser resistente a las altas temperaturas que tiene el agua cuando se elimina. Si esto no existe, procurar, dentro de las posibilidades técnicas, el cambio de las tuberías, y así evitar problemas posteriores.

Cada Autoclave presenta procesos distintos, esto dado por las características propias de cada equipo. Sin embargo, hay pasos que se repiten, independiente del modelo o fabricante.

**Antes del proceso de autoclavado:**

1. Distribuir el material que será autoclavado abarcando la mayor superficie interna del canasto o caja de esterilización, agregando el control de calidad a cada material de la cada carga.
2. Conectar el equipo a la energía eléctrica.
3. Verificar que el agua destilada se encuentre en los niveles necesarios para su funcionamiento, con las características indicadas anteriormente.
4. Colocar el canasto o caja de esterilización dentro de la cámara de esterilización.
5. Cerrar la puerta, procurando dejar bien sellado el compartimiento.
6. Verificar que la válvula de seguridad se encuentra cerrada.
7. Ajustar el reloj y la temperatura que se utilizarán.
8. Definir el tiempo de secado. Si es que el equipo posee la opción.
9. Verificar que la aguja del manómetro indicador de presión se encuentra en cero (0).

**Observaciones:**

- Seguir un orden estricto de los pasos, para evitar accidentes.
- El control de calidad, sea químico o biológico, debe estar en óptimas condiciones.
- Verificar que el suelo no se encuentre mojado, para evitar posibles cortocircuitos o electrocuciones del personal del laboratorio.
- El material envuelto en papel debe colocarse de manera que al momento de finalizar el proceso, y producto de la condensación del agua, no vaya a provocar la acumulación de agua sobre el papel.

**Durante el proceso de autoclavado:**

10. Encender el Autoclave.
11. Verificar que la aguja del manómetro va avanzando conforme pasa el tiempo de autoclavado.
12. Esperar que el temporizador indique el fin del proceso mediante un timbre o alarma.

Observaciones y precauciones:

- Si la aguja del manómetro no avanza, se tiene que verificar que la puerta y válvula de ventilación de vapor se encuentran cerradas, y que no existen fugas por la empaquetadura. Si el problema persiste debe llamarse al servicio técnico.
- Si la aguja del manómetro alcanzó la zona roja. Cortar el suministro eléctrico del equipo, e instar a que todo el personal haga abandono el laboratorio por 30 minutos, para permitir que el vapor de agua se enfríe y baje la presión interna de la cámara.
- Una buena forma de controlar que el temporizador está funcionando correctamente es tener un temporizador externo al equipo.

**Después del proceso de autoclavado:**

13. Desconectar el equipo de la energía eléctrica.
14. Esperar que el manómetro indique que en la cámara hay una presión de 0 Pa.
15. Abrir la válvula de seguridad para liberar el vapor de agua presente en el compartimiento.
16. Abrir la puerta lentamente.
17. Retirar con guantes de asbesto o similares la caja o canasto.
18. Retirar desde los canastos, el material autoclavado.
19. Verificar que los controles de calidad entreguen un resultado positivo al proceso.
20. Dejar abierto el Autoclave para enfriar el interior de la cámara.
21. Secar con un paño seco, la condensación producida en la puerta y el interior de la cámara.

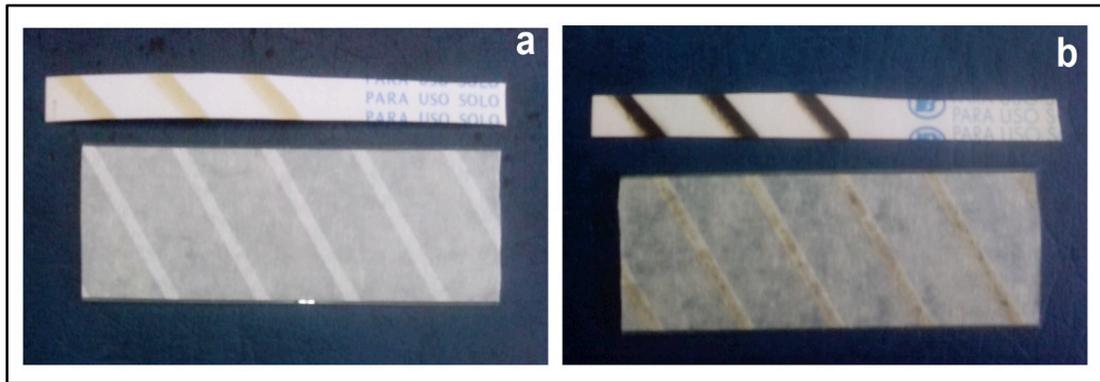
Si los controles de calidad retirados en el punto 19 salen negativos al proceso de esterilización, estos deben eliminarse, colocarse controles nuevos y el proceso debe repetirse desde el punto 2. De persistir el error, verificar la fecha de caducidad de los controles y/o discontinuar el uso del Autoclave hasta tener la seguridad respecto a la causa de la falla en el proceso.

El agua destilada debe eliminarse en su totalidad cuando se observe que ésta no presenta las características necesarias para realizar el correcto proceso de autoclavado.

## CONTROL DE ESTERILIDAD

Todos los procesos actuales han mejorado sus resultados gracias a un control de calidad eficiente. En el cual se debe tener un respaldo que permita confirmar de manera certera que se ha cumplido con el objetivo. Existen varias formas de llevar a cabo un control de calidad satisfactorio en el proceso de autoclavado. Estos controles se pueden encontrar en el comercio, y otros pueden realizarse de forma artesanal en el laboratorio. Siendo lo óptimo, que se realicen ambos.

Entre los primeros se pueden encontrar los dispositivos para medir la temperatura y la presión interna de la cámara, las cintas indicadoras, las ampollas con agentes biológicos, entre otras. Estos controles son adjuntados con la carga introducida en la cámara, expuesta a las mismas condiciones que el material.



**Figura 15:** Controles químicos de esterilidad: (a) proceso negativo (b) proceso positivo

El control biológico, por un tema de costos, se sugiere usar 1 vez por semana. El día en particular queda a criterio de los protocolos internos del laboratorio, pudiendo ser al comienzo de la semana, en medio, o al final de esta.

De acuerdo a lo expuesto en la Figura 03 (página 17) se observa que las esporas de *Bacillus stearothermophilus* presentan mayor resistencia al proceso de esterilización. Basados en esta afirmación se eligió a este microorganismo como el

agente de control biológico, ya que por consecuencia los agentes con menor resistencias también serán esterilizados efectivamente.



**Figura 16:** Controles biológicos de esterilidad

Los métodos artesanales son más lentos, pero dan una clara prueba del funcionamiento del proceso, ya que son indicadores inobjetable. Este método se realiza ya finalizado el proceso de autoclavado. Para esto se siembran los líquidos que acaban de salir del proceso, sean restos de agares, caldos u otros. El, o los medios de cultivo a utilizar para este proceso se determinarán de acuerdo a los microorganismos con los que se trabaje, o se haya trabajado en el laboratorio.

## MANTENIMIENTO

Más que cualquier otro equipo de laboratorio, el Autoclave necesita de un mantenimiento constante para evitar accidentes derivados de sus características de trabajo. Estas mantenciones deben ser periódicas y efectuadas por un profesional especialista en equipos de esta naturaleza. El mantenimiento diario debe ser realizado por un operador idóneo, responsable y autorizado.

### A) Diariamente:

1. Realizar una inspección visual, tanto externa como interna, verificando que no hayan piezas faltantes o dañadas.
2. Verificar que el equipo se encuentre con agua destilada, y que ésta presente a simple vista que se encuentra óptima para ser utilizada.
3. Verificar la existencia del “Libro de vida” y “Libro de operación diaria”.
4. Limpiar con un paño seco, que no deje pelusas, el interior de la cámara y el exterior del equipo.

### B) Semanalmente:

1. Limpiar, con un paño y detergente suave, las superficies externas inoxidables.
2. Cuando el Autoclave cuente con una puerta manual, verificar que los mecanismos funcionan y la empaquetadura permite un cierre suave y hermético.

### C) Cada 3 años:

1. Revisión interna y externa.
2. Prueba hidráulica.
3. Prueba con vapor.
4. Prueba de acumulación

Estas pruebas deben ser realizadas por un profesional indicado en el artículo 40 del decreto 10/2013 del Ministerio de Salud.

## PLAN B

En ocasiones, dentro del trabajo cotidiano dentro del laboratorio de microbiología, ocurren imprevistos que es necesario remediar lo más rápidamente posible. Generalmente, y de forma artesanal, se deben utilizar procesos que permitan una continuidad en las actividades diarias del trabajo, sin afectar la calidad de los resultados.

Hoy en día la mayoría de los procesos involucran la utilización de la energía eléctrica, lo que en microbiología es relevante producto de la utilización de refrigeradores, estufas, y Autoclaves. Este último es un equipo que se puede reemplazar utilizando una olla a presión (Figura 17), la misma que se encuentra en la mayoría de las casas. Esto es posible ya que la olla a presión funciona bajo el mismo principio que el Autoclave, además no necesita de energía eléctrica para funcionar, solo es necesario el mechero del laboratorio para la producción interna de vapor de agua.



**Figura 17:** Olla a presión comercial.

Para utilizar la olla a presión no es necesario colocar agua destilada en su interior, pues no existe una resistencia eléctrica que se vea afectada con la presencia de solutos en el agua, no obstante, es recomendable utilizar agua destilada. La cantidad de agua que necesita un Autoclave, es de aproximadamente un 6 % de su capacidad interna, esta cantidad permitirá la generación de vapor suficiente para cumplir con el proceso de esterilización.

El funcionamiento de una olla a presión debe ser más cuidadoso que el realizado con un Autoclave, debido principalmente a la ausencia de un manómetro que indique la presión dentro de la olla. No obstante, en cualquier olla a presión encontramos una válvula de seguridad, el que es coloquialmente llamada “pituto”.

Aunque la mayoría de estas válvulas de seguridad se pueden cambiar entre diferentes ollas, **NUNCA** debe hacerse, pues esta pieza fue diseñada para liberar la presión (Figura 18) interna de cada modelo de olla en particular pues así, se evitará una explosión (Figura 19), la que podría ocurrir si se utiliza una pieza con un peso mayor que la original, produciendo una acumulación excesiva de presión.



**Figura 18:** Válvula de seguridad (“pituto”) de una olla a presión. En el círculo rojo se indica la presión límite de activación (80 kPa).



**Figura 19:** Explosión de una olla a presión sobre una cocina.

El tiempo aproximado que necesita una olla para alcanzar una temperatura/presión que permita la esterilización con unas condiciones internas similares al Autoclave, es de 25 minutos, esto debe probarse y calibrarse previamente, mediante controles biológicos y químicos que aseguren un correcto proceso.

Con el objetivo de no ver afectada la calidad de los procesos realizados en la olla a presión (esterilización o descontaminación), y al igual que en el Autoclave, es importante adjuntar a la carga un control de esterilidad que permita verificar luego de terminado el proceso, que las condiciones de presión y temperatura, fueron alcanzadas.

Un dato no menor, es **NUNCA** bajar la temperatura de la olla bajo el chorro de agua potable, esto a largo plazo dañará el metal de la olla. Lo recomendable es levantar la válvula, con la ayuda de un guante de asbesto o una pinza larga, para liberar el vapor, y de esta manera bajar la presión y la temperatura de la olla. Cuando esta deje de emitir vapor, recién se podrá abrir, siempre teniendo cuidado con el vapor residual que queda adentro, el cual podría provocar quemaduras en el operador.

Es importante recordar que el empleo de una olla a presión es sólo para casos de emergencia (cortes de luz o inutilización momentánea del Autoclave), y nunca debe considerarse como un equipo de uso rutinario.

## DEFINICIONES

**Autoclave:** Es el recipiente destinado al tratamiento de materiales con vapor a presión superior a la atmosférica.

**Asepsia:** Conjunto de procedimientos para lograr la ausencia de microorganismos.

**Calidad:** Propiedad termodinámica que, por lo general, se identifica con la letra [X] y se define como la relación existente entre la masa de vapor y la masa total de la sustancia en condiciones de saturación.

**Calor húmedo:** Método de esterilización que elimina microorganismos por desnaturalización de las proteínas, que se acelera por la presencia de vapor.

**Cámara de esterilización:** Espacio donde se colocan los objetos que requieren ser esterilizados. Cuando se efectúa el proceso de esterilización, la cámara se llena de vapor a presión, alcanzando temperaturas directamente relacionadas con las presiones seleccionadas. Dispone de una puerta que la sella durante el ciclo de esterilización y, mediante un sistema de seguridad, sólo es posible abrirla una vez que se haya homogeneizado la presión interna con la atmósfera.

**Control de esterilización:** Indicadores de tipo químico o biológico que permiten verificar si un objeto o material fue sometido a procesos de esterilización. Los más conocidos son las cintas termosensibles – cambia de color cuando se alcanzan determinadas condiciones de temperatura – y las esporas de *Bacillus stearothermophilus*.

**Descontaminación:** Procedimiento que tiene el propósito de disminuir la cantidad de microorganismos de un objeto o artículo, para que sea segura su manipulación. El término cubre aquellos objetos que se utilizan en los procedimientos de atención a un paciente y que pueden ser afectados por fluidos, sustancias corporales o materia orgánica.

**Desinfección:** Proceso que utiliza medios físicos o químicos, mediante el cual se destruyen de los objetos inanimados formas de vida en estado vegetativo (se excluye las esporas).

**Dureza del agua:** Es el contenido de sales de calcio y de magnesio, principalmente, que producen depósitos de incrustaciones en las planchas de la caldera.

**Esterilización:** Conjunto de acciones mediante las cuales se destruye toda forma de vida, incluyendo esporas de objetos inanimados, con procedimientos físicos, químicos y gaseosos.

**Evaporar:** Convertir un líquido al estado físico de vapor, mediante suministro de calor.

**Inspección:** Evaluación visual de los artículos lavados en búsqueda de desperfectos o suciedad que pudieran interferir en los procesos de esterilización. Es un proceso de gran responsabilidad y debe realizarse utilizando instrumentos como lupas para precisar pequeños detalles.

**Limpieza:** Remoción mecánica de toda materia extraña ubicada en las superficies de objetos inanimados; por lo general, comprende la utilización de agua limpia combinada con algún detergente. Es un procedimiento básico que se efectúa antes de que los objetos sean sometidos al proceso de esterilización propiamente dicho. La limpieza puede realizarse utilizando métodos manuales o automáticos, pero debe entenderse que no es un procedimiento que destruye microorganismos, sino que únicamente disminuye la cantidad de estos.

**Manómetro:** Es el instrumento destinado a medir la presión efectiva producida por el vapor en el interior de un compartimiento.

**Presión:** Es la acción y el efecto resultante de la compresión de un cuerpo o de un fluido sobre una superficie.

**Presión manométrica:** Es aquella presión que se mide con un manómetro.

**Presión vacuométrica:** Es aquella presión que se mide con un vacuómetro.

**Presión atmosférica o barométrica:** Es aquella presión que se mide con un barómetro.

**Presión máxima de trabajo:** Es la presión límite a la que se puede operar con seguridad un equipo que trabaje con presiones superiores a la atmosférica.

**Unidad normal de presión:** Es la atmosférica métrica, que es igual a  $1 \text{ kg/cm}^2$ . Las presiones efectivas se entenderán como las medidas a partir de la presión atmosférica del ambiente y no las presiones absolutas medidas a partir del vacío. Una atmósfera métrica equivale a 14,22 libras/pulgada<sup>2</sup>. La unidad inglesa de presión, designada “PSI” (*Pouns per Square Inch*), es 1 libra/pulgada<sup>2</sup>.

**Válvulas de seguridad:** Dispositivo que debe evacuar automáticamente el exceso de vapor de la caldera en el momento en que la presión excede en 6 % la presión máxima de trabajo.

**Vapor saturado:** Es el que se encuentra en contacto con el líquido por evaporar, sin sobrepasar la temperatura de evaporación.

**Vapor sobrecalentado o recalentado:** Es el vapor que se encuentra a temperaturas superiores a las del vapor saturado a la misma presión.

**Vapor húmedo:** Es el vapor saturado que contiene, en suspensión, partículas de líquido por evaporar.

## CONCLUSIONES

Por todo lo anteriormente expuesto, se llega a la certeza acerca de la importancia que presenta un Autoclave dentro de un laboratorio de microbiología. De la misma forma, es relevante conocer sus partes, su correcto funcionamiento y mantención, como también los problemas que se suscitan derivados del uso cotidiano y/o inapropiado, pero por sobre todo poder dar continuidad a los procesos que requieran de esterilización.

Al entender con detenimiento este manual, es posible darse cuenta que cualquier “detalle” no es un detalle, sino información esencial para la correcta mantención y manipulación del equipo. Sin embargo, esta es sólo información básica del uso de un Autoclave, cada operador deberá asumir con responsabilidad la utilización de el, o los equipos a su cargo, procurando indagar más sobre los diversos equipos y permitiéndose una capacitación continua acerca de cambios en los equipos y técnicas de esterilización. En consecuencia, se debe ser consciente que de su actuar, por acción u omisión, no sólo dependen los análisis y sus resultados, sino que también la vida de personas.

Finalmente se sugiere evitar caer en la soberbia de creer saber todo acerca de un Autoclave, escapar del egoísmo que hace apoderarse de los conocimientos en torno al equipo, e igualmente no caer en una confianza excesiva, pues este es el paso previo a los accidentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camus C. Guía de “Curso de operación segura de autoclaves”. Instituto de Salud Pública, Santiago, 2010. 117 pp.
- Chang R. Química. McGraw Hill. Colombia. 7° edición. 941 pp.
- Ciba Geigy. Tablas científicas. Basilea, Suiza. 1971. 783 pp.
- Hellín J. El sistema Internacional de unidades: aspectos prácticos para la escritura de textos en el ámbito de las ciencias de la salud. Panace. 2004; V(17-18):200-207.
- Jain JL, Jain S & Jain N. Fundamentals of Biochemistry. S. Chand & Company Ltd. Nueva Delhi, India. 2005. 1° edition. 230 pp.
- Coulter WA, Chew-Graham CA, Cheung SW & Burke FJT. 2001. Autoclave performance and operator knowledge of autoclave use in primary care: a survey of UK practices. *Journal of Hospital Infection* 48(3):180-185.
- Levine I. Físico-química. McGraw Hill. España. 5° edición. 513 pp.
- Organización Panamericana de la Salud. Manual de mantenimiento para equipos de laboratorio. Washington, 2005. 208 pp.
- República de Chile. Reglamento de calderas y generadores de vapor. Decreto N° 10 del 19 de octubre de 2013. Ministerio de Salud, Chile.

# **ANEXOS**

**ANEXO N° 1:** Presión de saturación del vapor de agua, sobre 100°C (en atmósferas)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>100</b>	1,0000	1,0362	1,0735	1,1120	1,1514	1,1922	1,2341	1,2771	1,3216	1,3670
110	1,4139	1,4621	1,5115	1,5624	1,6148	1,6684	1,7236	1,7802	1,8384	1,8982
120	1,9594	<b>2,0221</b>	2,0869	2,1531	2,2208	2,2907	2,3620	2,4353	2,5103	2,5873
130	2,6660	2,7466	2,8295	2,9140	<b>3,0010</b>	3,0885	3,1794	4,2739	3,3693	3,4669
140	3,567	3,669	3,773	3,880	3,989	4,101	4,215	4,332	4,451	4,574
<b>150</b>	4,698	4,825	4,956	5,880	5,224	5,363	5,505	5,649	5,796	5,947
160	6,100	6,257	6,417	6,579	6,746	6,916	7,088	7,265	7,445	7,629
170	7,817	8,007	8,202	8,399	8,603	8,808	9,017	9,231	9,448	9,670
180	9,895	10,124	10,358	10,596	10,838	11,084	11,337	11,592	11,852	12,116
190	12,386	12,658	12,936	13,220	13,507	13,801	14,099	14,401	14,710	15,023
<b>200</b>	15,341	15,665	15,994	16,327	16,666	17,012	17,365	17,721	18,082	18,451
210	18,823	19,204	19,590	19,980	20,379	20,780	21,190	21,606	22,029	22,457
220	22,889	23,331	23,780	24,234	24,693	25,162	25,635	26,117	26,605	27,101
230	27,603	28,112	28,628	29,150	29,682	30,221	30,767	31,319	31,881	32,449
240	33,027	33,610	34,203	34,802	35,411	36,028	36,652	37,284	37,926	38,575
<b>250</b>	39,234	39,900	40,576	41,259	41,954	42,655	43,365	44,086	44,815	45,551
260	46,300	47,055	47,820	48,595	49,381	50,175	50,977	51,792	52,614	53,447
270	54,291	55,145	56,008	56,881	57,766	58,659	59,565	60,479	61,407	62,345
280	63,295	64,255	65,224	66,206	67,201	68,208	69,226	70,257	71,299	72,354
290	73,42	74,49	75,59	76,69	77,81	78,94	80,08	81,24	82,40	83,59
<b>300</b>	84,78	85,99	87,21	88,44	89,68	90,94	92,20	93,49	94,80	96,09
310	97,40	98,74	100,10	101,47	102,85	104,25	105,65	107,07	108,51	109,96
320	111,43	112,92	114,42	115,94	117,47	119,01	120,57	122,14	123,74	125,36
330	126,99	128,63	130,29	131,97	133,66	135,37	137,10	138,85	140,63	142,40
340	144,20	146,01	147,84	149,67	151,55	153,44	155,36	157,28	159,23	161,19
<b>350</b>	163,16	165,16	167,17	169,21	171,26	173,33	175,43	177,56	179,71	181,88
360	184,07	186,28	188,52	190,78	193,07	195,42	197,79	200,17	202,58	205,02
370	207,49	209,98	212,51	215,09	217,72	( ←temperatura crítica)				

## ANEXO N° 2: Prefijos utilizados por el Sistema Internacional

Múltiplo	Factor	Prefijo	Símbolo SI
1 000 000 000 000 000 000 000 000	$10^{24}$	Yocta-	Y
1 000 000 000 000 000 000 000	$10^{21}$	Zeta-	Z
1 000 000 000 000 000 000	$10^{18}$	Exa-	E
1 000 000 000 000 000	$10^{15}$	Peta-	P
1 000 000 000 000	$10^{12}$	Tera-	T
1 000 000 000	$10^9$	Giga-	G
1 000 000	$10^6$	Mega-	M
1 000	$10^3$	Kilo-	k
100	$10^2$	Hecto-	h
10	$10^1$	Deca-	da
0,1	$10^{-1}$	Deci-	d
0,01	$10^{-2}$	Centi-	c
0,001	$10^{-3}$	Mili-	m
0,000 001	$10^{-6}$	Micro-	$\mu$
0,000 000 001	$10^{-9}$	Nano-	n
0,000 000 000 001	$10^{-12}$	Pico-	p
0,000 000 000 000 001	$10^{-15}$	Femto-	f
0,000 000 000 000 000 001	$10^{-18}$	Atto-	a
0,000 000 000 000 000 000 001	$10^{-21}$	Zepo-	z
0,000 000 000 000 000 000 000 001	$10^{-24}$	Yocto-	y

ANEXO 3: Modelo de registro del “Libro de operación diaria”

Fecha	Hora	Proceso	Duración (minutos)	Carga	Control	Operador	Observaciones
Año .mes .día*	Hora :minutos	Esterilización o descontaminación	En minutos	Clase de objetos que se autoclava	Químico o biológico	Nombre y nº de registro	Explosiones, liberación de vapor, cortes de energía, etc.
2015.05.24	15:33	Esterilización	33	15 placas Petri 20 pipetas	Químico	Nicolás Garrido Abate N° 001/2015	Sin observaciones

\* Se usa este formato, para mejorar el registro cuando se respalde en formato digital.

**ANEXO 4: Preguntas**

1. Mencione las unidades oficiales de masa, tiempo, temperatura, presión y volumen.
2. Mencione las ventajas del Autoclave.
3. Mencione las desventajas del Autoclave.
4. Indique junto a un Autoclave 5 partes de este.
5. Nombre 2 motivos por los cuales no subiría la presión dentro de la cámara.
6. ¿Que tipos de control de esterilidad conoce, y como deben usarse?
7. ¿El control biológico es más efectivo que el control químico?
8. ¿Que materiales nunca deben introducirse a un Autoclave?
9. Nombre a 2 científicos relacionados con el desarrollo del Autoclave.
10. ¿Cuál es la parte más débil de un Autoclave?
11. ¿Cuáles son las características de temperatura y tiempo de los 2 procesos más comunes de esterilización.
12. Explique como funciona el presostato.
13. ¿Cual es el espacio de trabajo que necesita un Autoclave de mesón?
14. Nombre 4 características que debe tener el agua que utiliza un Autoclave.
15. ¿Por qué se utilizan esporas como control biológico?
16. En caso de fallar el Autoclave, ¿Que se debe hacer, para continuar con el normal funcionamiento del laboratorio?
17. ¿Que mantenciones deben realizarse a un Autoclave cada 3 años?
18. En caso de fallar el Autoclave en el laboratorio, ¿Cómo continuaría realizando el proceso de esterilización, sin afectar la calidad de esta?
19. ¿Cuál es la presión necesaria para que la válvula de seguridad presente una apertura automática?
20. ¿Cuál es la reglamentación vigente en Chile para el uso de Autoclaves a vapor?

**ANEXO N° 5: Ejercicios**

1. Exprese los 2 procesos más comunes de esterilización en grados Fahrenheit.
2. Un esterilizador con una masa de 150 libras debe ser trasladado. ¿Cuántos gramos debe trasladar el personal?
3. El equipo presenta fluctuaciones de 30 kPa al llegar a los 1,5 kg/cm<sup>2</sup>. ¿Es posible realizar una correcta esterilización en estas condiciones?
4. Para esterilizar todo el material del laboratorio de microbiología de una hospital. En un mes se gastan 350 yardas de hilo y 300 yardas de papel kraft. ¿Cuántos metros de cada material se necesitan para un año?
5. ¿Cual es la distancia de seguridad de un Autoclave traducida en pulgadas?
6. Llegó un Autoclave a un laboratorio con capacidad de 900 pulgadas cúbicas. ¿Cuántos litros refleja tiene este Autoclave?
7. ¿Cuál es la capacidad en litros de un Autoclave con un volumen interno de la cámara de 32,5 dm<sup>3</sup>?
8. Convierta: 53°C a K, 395 K a °F, 67°F a °C, 59°F a °C.
9. Convierta: 5 pulg. a millas, 734 pie a m, 3,5 m a pulg.