



Facultad de Ingeniería en
Electricidad y Computación

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“CALIBRACIÓN DE UN SENSOR DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE UN EQUIPO
DE ESTERILIZACIÓN STERICOOOL A BAJA TEMPERATURA A BASE DE PLASMA DE
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO.”

EXAMEN COMPLEXIVO - COMPONENTE PRÁCTICO

INFORME PROFESIONAL

Previo a la obtención del Título de:

MAGISTER EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

PAULA JULIANA VEINTIMILLA OCAMPO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi querido hermano Emilio Veintimilla. Tu apoyo incondicional y tus palabras de aliento han sido fundamentales en mi camino hacia la maestría. Saber que puedo contar contigo me ha dado la fuerza necesaria para superar los desafíos académicos y personales. A mis queridos docentes de la Maestría en Ingeniería Biomédica Cohorte 3 por compartirme sus valiosos conocimientos.

Con todo mi cariño y gratitud,

Paula Veintimilla.

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen del Cisne que sin su bendición no sería nada posible.

Hoy, al culminar este arduo camino académico, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida, su constante apoyo, paciencia y amor han sido mi motor para alcanzar este logro.

A mi esposo, por creer en mí desde el principio, por estar a mi lado en cada paso de esta travesía, tus palabras de aliento, tus gestos de cariño y tu comprensión han sido mi mayor fortaleza.

A mis pequeños soles, mis hijos, por inspirarme a seguir adelante y no dejarme decaer en ningún momento, su tierna sonrisa y sus abrazos han sido mi refugio en los momentos difíciles y me han impulsado a dar lo mejor de mí.

Esta tesis no es solo mía; es nuestra. Cada línea escrita lleva un pedacito de su amor y confianza. Gracias por ser mi inspiración y mi razón para seguir adelante.

Con todo mi amor,

Paula Veintimilla.

COMITÉ DE EVALUACIÓN



Msc, Ing. Miguel Yapur.



PhD. Ing. Francis Loayza

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Ing. Paula Veintimilla.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad realizar la calibración del sensor de temperatura y el sensor de presión del equipo de esterilización de baja temperatura Stericool.

Para lo cual en el presente proyecto se han descrito cada una de las fases que intervienen en el funcionamiento del equipo, así como los componentes del mismo y el proceso a seguir en la calibración de los sensores de presión y temperatura, obteniendo los resultados para que el equipo cumpla con los parámetros de temperatura y presión correctos ya que si la temperatura interna de la cámara de esterilización está por debajo de su objetivo durante la fase plasmática de pre acondicionamiento de un ciclo de esterilización antes de exponer el instrumental médico al esterilizante de peróxido, la baja presión del vacío dentro de la cámara de esterilización contiene en su mayor parte moléculas de aire.

Durante esta fase, el plasma genera un calor homogéneo controlable de hasta 55°C y genera UV y radicales libres que contribuyen a la esterilización, dando como resultado el instrumental quirúrgico esterilizado.

Las herramientas de calibración que se utilizó en la calibración de los sensores de presión y temperatura es propio del equipo lo cual nos garantiza una medición más confiable y acertada por lo que es fundamental que esta herramienta se envíe cada año a calibrar en fábrica.

Así mismo el equipo dispone de una interfaz amigable que nos permite comprobar que las calibraciones realizadas sean las correctas, mediante su menú de diagnóstico realizando las pruebas de comprobación.

Finalmente se realizó la calibración del sensor de presión y de temperatura, validando con los patrones de referencia del equipo y mediante los ciclos de esterilización realizados con éxito.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	2
DEDICATORIA.....	3
COMITÉ DE EVALUACIÓN.....	4
.....	4
DECLARACIÓN EXPRESA	5
RESUMEN	6
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO 1	5
1. EQUIPO DE ESTERILIZACIÓN STERICOOOL.....	5
1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	6
1.2. PROGRAMAS DE ESTERILIZACIÓN	7
1.2.1. PREPARACIÓN DE LA CARGA DE ESTERILIZACIÓN.....	8
1.3. COMPONENTES DEL SISTEMA.....	8
1.3.1. Panel Táctil CE.....	8
1.3.2. Tarjeta de Interfaz I/O	9
1.3.3. Sistema de vacío y de Inyección.....	10
1.3.3.1. Sistema de Vacío.....	10
1.3.3.2. Sistema de Inyección.....	10
1.4. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN	11
1.4.1. Calentamiento de la cámara de esterilización.....	11
1.4.2. Acondicionamiento al vacío y plasma	12
1.4.3. Primera inyección de peróxido de hidrógeno.....	12
1.4.4. Primera difusión Después de la inyección en la cámara.....	12
1.4.5. Acondicionamiento al vacío.....	12
1.4.6. Segunda inyección de peróxido de hidrógeno y segunda difusión 12	
1.4.7. Acondicionamiento al vacío y reducción de plasma	12

1.4.8. Aireación y Finalización de la esterilización.....	13
CAPÍTULO 2	14
2. CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN Y TEMPERATURA.....	14
2.1. Calibración del sensor de presión según el manual del fabricante. 14	
2.2. Calibración del sensor de Temperatura PT100 según el manual del fabricante.....	16
2.2.1. Procedimiento de calibración.....	16
2.3. Certificación de la herramienta de calibración.....	18
CAPÍTULO 3	19
3.1. RESULTADOS.....	19
3.1. EJECUCION DE CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN	19
3.2. CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA.	23
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
CONCLUSIONES.	26
RECOMENDACIONES.	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXOS	29

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Equipo de esterilización Stericool [2].	6
Ilustración 2. Diagrama del Software [1].	9
Ilustración 3. Diagrama de bloques del equipo [1].	9
Ilustración 4. Nivel de llenado del Inyector [1].	11
Ilustración 5. Proceso de esterilización [1].	13
Ilustración 6. Unión en T [1].	14
Ilustración 7. Herramienta de calibración Edwards [1].	15
Ilustración 8. Tarjeta de control [1].	16
Ilustración 9. Resistencia de 120.10 Ω . [1].	17
Ilustración 10. pantalla panel.	17
Ilustración 12. herramienta de calibración.	18
Ilustración 11. herramienta de calibración.	18
Ilustración 13 Conexión Edwards.	19
Ilustración 14. Herramienta de calibración Edwards.	19
Ilustración 15. conexión Edwards.	19
Ilustración 16. Presión atmosférica.	20
Ilustración 17. Menú sistema de vacío.	20
Ilustración 18. Medición y Calibración de Presión.	21
Ilustración 19. menú de comprobación de presión.	21
Ilustración 20. Ciclo de Esterilización	21
Ilustración 21. Ciclo de esterilización finalizado con éxito.	22
Ilustración 22. Prueba de Sistema de vacío.	22
Ilustración 23. Resistencia de 120.10 Ω .	23
Ilustración 24. Conexión de resistencia en Tarjeta de Interfaz I/O.	23
Ilustración 25. valor de temp. antes de la calibración.	24
Ilustración 26. Calibración de Temperatura.	24
Ilustración 27. Ciclo completado con éxito.	25
Ilustración 28. Prueba de Diagnóstico Completa.	25

INTRODUCCIÓN

Stericool utiliza la tecnología de plasma de baja temperatura de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) para establecer nuevos estándares en la duración y eficacia del ciclo de esterilización, ideal para instrumentos médicos delicados.

Para que la esterilización sea eficaz y segura es importante que el equipo de esterilización cumpla con los parámetros de temperatura y presión correctos, si la temperatura interna de la cámara de esterilización está por debajo de su objetivo durante la fase plasmática de pre acondicionamiento de un ciclo de esterilización antes de exponer el instrumental médico al esterilizante de H₂O₂, la baja presión del vacío dentro de la cámara de esterilización contiene en su mayor parte moléculas de aire. Durante esta fase, el plasma genera un calor homogéneo controlable de hasta 55°C y genera UV y radicales libres que contribuyen a la esterilización. Es por ello que en la gama de esterilizadores de plasma Stericool, la eficacia de la esterilización depende críticamente de los valores de temperatura y presión preestablecidos, por esta razón la calibración periódica y correcta de los sensores de temperatura y presión es esencial para el correcto funcionamiento del equipo.

CAPÍTULO 1

1. EQUIPO DE ESTERILIZACIÓN STERICOOOL.

Los esterilizadores de baja temperatura Stericool están destinados para su uso en la esterilización terminal de dispositivos médicos reutilizables utilizados en los hospitales y clínicas privadas.

El esterilizador es un equipo diseñado para involucrar el uso combinado de peróxido de hidrógeno y plasma de gas a baja temperatura para esterilizar de manera segura y rápida dispositivos y materiales médicos.

La tecnología de plasma de peróxido de hidrógeno a baja temperatura de Stericool proporciona un entorno de esterilización sin exposiciones al vapor de agua a alta presión, altas temperaturas, radiación ionizante y productos químicos altamente tóxicos [1].

Los programas de esterilización se definen en función de los requisitos de esterilización del equipo médico a esterilizar.



ILUSTRACIÓN 1. EQUIPO DE ESTERILIZACIÓN STERICOOOL [2].

1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La gama de esterilizadores Stericool facilita el uso combinado de peróxido de hidrógeno y plasma de gas a baja temperatura para esterilizar de manera segura y rápida dispositivos y materiales médicos. El peróxido de hidrógeno es un agente oxidante que afecta la esterilización por oxidación de componentes celulares. La

solución esterilizante de peróxido de hidrógeno se entrega a la cámara del esterilizador en forma vaporizada. A través de un novedoso dispositivo patentado de inyector-concentrador, que permite un control preciso de la concentración del peróxido de hidrógeno líquido antes de la vaporización y la posterior inyección en la cámara de esterilización. Después de la etapa de inyección, el peróxido de hidrógeno vaporizado se difunde e interactúa con los dispositivos a esterilizar. La aplicación de un campo eléctrico fuerte crea plasma. Los plasmas de gas son gases ionizados altamente energizados que producen un resplandor visible. El plasma descompone el peróxido en una "nube" de especies altamente energizadas que se recombinan, convirtiendo el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno [1].

1.2. PROGRAMAS DE ESTERILIZACIÓN

El equipo Stericool tiene tres programas de esterilización que se seleccionan de acuerdo con la cavidad, el material y las superficies acopladas críticas de la carga de esterilización.

- Programa rápido (P1): El programa rápido está diseñado para esterilizar instrumentos quirúrgicos superficiales sin lúmenes, para su uso en procedimientos laparoscópicos, ortopédicos u oftalmológicos. Duración: 31 min. Carga máxima de 5 kg.
- Programa estándar (P2): El programa estándar está diseñado para esterilizar instrumentos quirúrgicos con lúmenes rígidos cortos y flexibles, máximo 6 lúmenes por carga, Duración: 48 min. Carga máxima 5 kg.
- Programa avanzado (P3): El programa avanzado está diseñado para esterilizar instrumentos quirúrgicos generales que tienen lúmenes rígidos de acero inoxidable. Máximo 6 lúmenes por carga, duración: 57min Carga máxima 5.0kg para la bandeja superior y 5.0 kg para la bandeja inferior.

1.2.1.PREPARACIÓN DE LA CARGA DE ESTERILIZACIÓN

Antes del proceso de esterilización, es necesario realizar un proceso de limpieza para eliminar todos los residuos orgánicos e inorgánicos de la carga de esterilización.

- El material a esterilizar debe estar completamente limpio y bien seco ya que la carga de esterilización que contiene exceso de humedad hará que el proceso de esterilización falle o conducirá a duraciones de esterilización más largas, posterior a ello se debe colocar en una funda Tyvek o funda de esterilizar a baja temperatura junto con el indicador químico.
- Se coloca y se distribuye uniformemente el material empaquetado sobre las bandejas del equipo para que el gas pueda circular libremente y penetrar dentro de cada paquete.

1.3. COMPONENTES DEL SISTEMA

1.3.1.Panel Táctil CE

El panel táctil CE es el principal controlador del equipo Stericool, proporciona al usuario una interfaz para la operación del ciclo de esterilización y configuraciones del sistema.

El software de supervisión inteligente utiliza una estructura basada en objetos para controlar y monitorear todos los subsistemas de la máquina.



ILUSTRACIÓN 2. DIAGRAMA DEL SOFTWARE [1].

1.3.2. Tarjeta de Interfaz I/O

El panel táctil CE controla las salidas de entrada del dispositivo a través de la tarjeta de interfaz de I/O.

La tarjeta de interfaz de I/O es la interfaz de hardware, la cual está configurada por hardware para las especificaciones de cada dispositivo.

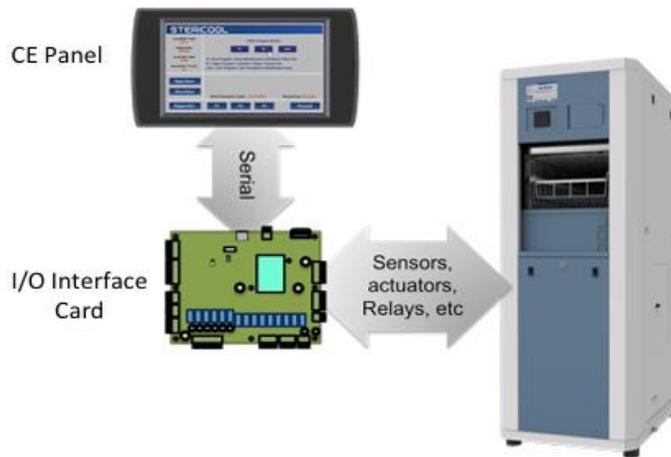


ILUSTRACIÓN 3. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL EQUIPO [1].

1.3.3. Sistema de vacío y de Inyección.

1.3.3.1. Sistema de Vacío.

En el sistema de vacío intervienen la bomba de vacío, catalizador, válvulas selenoides y la válvula de compuerta.

El motor de la bomba de vacío, a través de las paletas que se encuentran internamente en el motor, logra realizar un vacío profundo con la finalidad de eliminar las moléculas de gas dentro de la cámara de esterilización.

La válvula de compuerta una vez abierta, permite que la bomba de vacío elimine los gases dentro de la cámara a través del catalizador, cuya función es descomponer cualquier residuo de peróxido que pueda quedar en la bomba de vacío para proteger la misma y alargar su vida útil.

1.3.3.1.1. Ventilación de Presión Atmosférica.

En la etapa de ventilación se introduce aire seco en la cámara mediante dos filtros HEPA por apertura de la selenoide SL5 conectada en paralelo. Los filtros HEPA que se usan son hidrofóbicos lo cual garantiza que las moléculas de agua de la atmósfera no se introduzcan en la cámara durante la ventilación, garantizando un ambiente de esterilización óptimo durante el ciclo de esterilización y para reducir la carga en la bomba aspiradora.

1.3.3.1.2. Concentrador de Peróxido de Hidrógeno.

El dispositivo Stericool cuenta con un novedoso dispositivo concentrador-inyector, que permite el control preciso de la concentración de peróxido de hidrógeno según el ciclo de esterilización que se elija. Ciclo rápido, nivel de concentración del 59%, ciclo estándar, nivel de concentración del 82% y ciclo avanzado, nivel de concentración del 92%.

1.3.3.2. Sistema de Inyección.

La unidad de inyección es el sistema de administración de peróxido de hidrógeno del dispositivo Stericool. El concentrador - inyector recibe 59% de peróxido y lo prepara al 82-92% de peso antes de la inyección para

umentar la eficacia de la esterilización. La concentración para el primer y segundo ciclo, respectivamente, ocurre al inicio del programa (pre-plasma) y durante el período de difusión del primer ciclo. El concentrador-inyector se llena con peróxido en la etapa previa al plasma para la preparación de la primera inyección y se llena nuevamente durante la primera etapa de difusión para la preparación de la segunda inyección, en este proceso interviene la válvula selenoide SL1 la cual impulsa el movimiento de la bomba peristáltica cuya función es aspirar y expulsar pequeñas cantidades de peróxido, hasta que se haya alcanzado el volumen objetivo exacto.

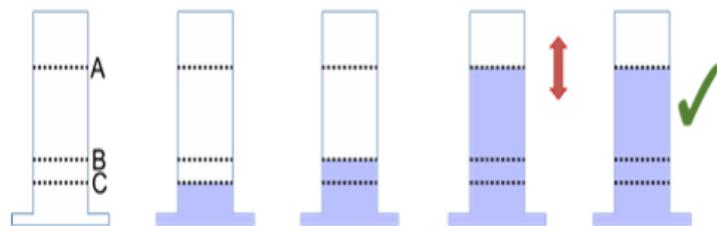


ILUSTRACIÓN 4. NIVEL DE LLENADO DEL INYECTOR [1].

1.3.3.2.1. Inyección en la cámara

Después de que el inyector se haya llenado con peróxido, SL2 pulsará varias veces permitiendo que el peróxido pase al vaporizador el cual calienta el peróxido y vaporiza a la cámara a través de 12 puertos de inyección.

1.4. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN

1.4.1. Calentamiento de la cámara de esterilización.

La cámara de esterilización se debe calentar a un entorno de esterilización óptimo, el cual debe llegar a 50° para que pueda iniciar el ciclo de esterilización, si el equipo estuvo apagado durante al menos 30 minutos antes de que inicie el proceso de esterilización o si la puerta estuvo abierta durante un tiempo prolongado y dependiendo de las condiciones de la temperatura ambiente, esta fase de calentamiento puede llegar a tardar hasta 25 minutos.

1.4.2. Acondicionamiento al vacío y plasma

El proceso de esterilización requiere un vacío. La cámara se mantiene al vacío para proporcionar un ambiente de esterilización óptimo. Así mismo la cámara está pre acondicionada con plasma para eliminar la humedad y permitir una distribución homogénea del calor.

1.4.3. Primera inyección de peróxido de hidrógeno.

El peróxido de hidrógeno previamente acondicionado se inyecta en la cámara de esterilización en forma de vapor.

1.4.4. Primera difusión Después de la inyección en la cámara.

El peróxido de hidrógeno se mantiene como un vapor para permitir una difusión homogénea y efectiva dentro de los lúmenes y cavidades de los instrumentos quirúrgicos.

1.4.5. Acondicionamiento al vacío.

La cámara se evacuó al vacío en preparación para la segunda fase de inyección.

1.4.6. Segunda inyección de peróxido de hidrógeno y segunda difusión

El peróxido previamente acondicionado se inyecta en la cámara de esterilización en forma de vapor. Luego de la inyección en la cámara, el peróxido de hidrógeno se mantiene como un vapor para permitir una difusión homogénea y efectiva dentro de las cavidades de los instrumentos quirúrgicos.

1.4.7. Acondicionamiento al vacío y reducción de plasma

La cámara se evacuó al vacío en preparación para la etapa de reducción de plasma. El plasma al final del ciclo garantiza que todo el peróxido de hidrógeno se descomponga en vapor de agua y oxígeno.

1.4.8. Aireación y Finalización de la esterilización.

La celda de esterilización por aireación opcional se ventila con aire seco purificado para proporcionar una limpieza adicional. El sistema verificará brevemente todos los parámetros antes de finalizar el ciclo de esterilización, si todo está correcto el proceso terminará con éxito, caso contrario dará una alerta indicando el error que presenta el equipo.

En la siguiente imagen se puede observar las etapas del proceso de esterilización.

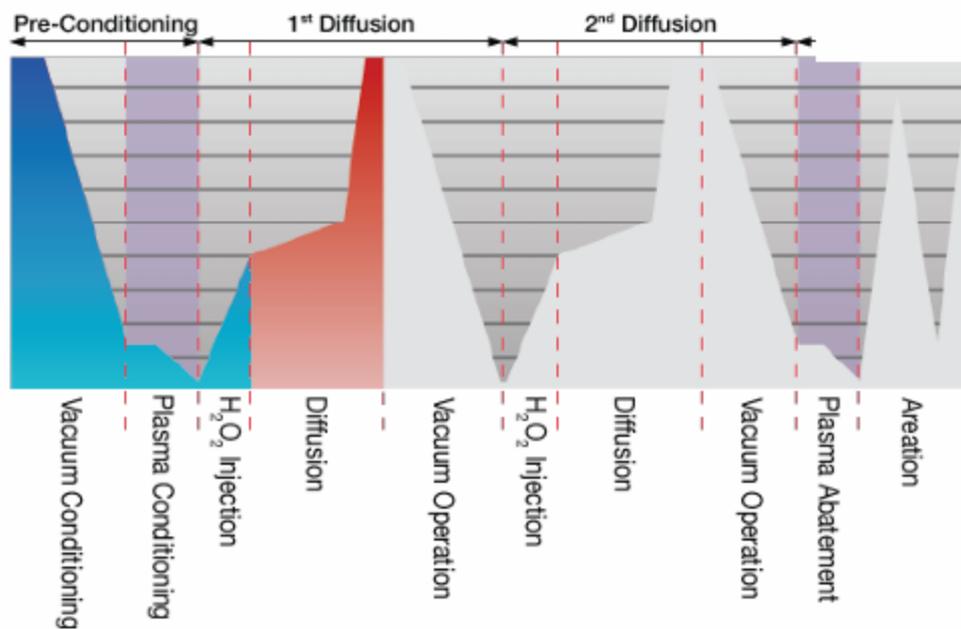


ILUSTRACIÓN 5. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN [1].

CAPÍTULO 2

2. CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN Y TEMPERATURA.

La calibración de un sensor de presión y temperatura es un paso esencial para garantizar la precisión y calidad de las mediciones. Es un proceso utilizado para ajustar y comprobar el rendimiento de un sensor de presión y temperatura con respecto a una referencia estándar, por lo cual la metodología empleada en el presente proyecto es el método cuantitativo, en el cual se va a comparar el rendimiento de un instrumento de medición con el patrón de referencia.

2.1. Calibración del sensor de presión según el manual del fabricante.

Para calibrar el sensor de presión vamos a utilizar la herramienta de calibración propia del equipo el cual se denomina Edwards.

2.1.1. Requisitos para la calibración.

- ✓ Edwards APG100 de referencia calibrado de fábrica con un convertidor analógico – digital.
- ✓ Unión en T de 3 puertos QF16 como se muestra a continuación [1]:

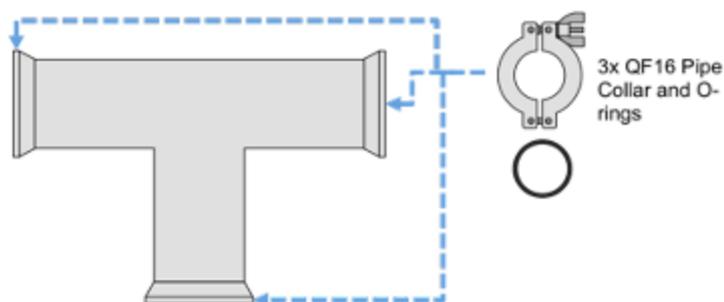


ILUSTRACIÓN 6. UNIÓN EN T [1].

2.1.2. Procedimiento de calibración.

Para realizar la calibración del sensor de presión Edwards se debe seguir los siguientes pasos:

1. Conecte la unión en T en el puerto del sensor de presión de la cámara y conecte el sensor de presión Edwards del dispositivo en un extremo de la T y coloque el sensor Edwards de referencia en el otro extremo de la T, como se muestra a continuación.

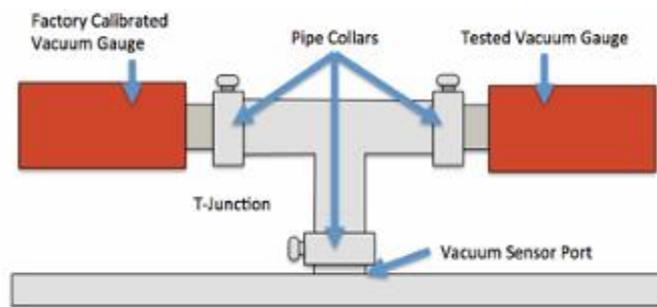


ILUSTRACIÓN 7. HERRAMIENTA DE CALIBRACIÓN EDWARDS [1].

2. Mantenga el Sensor de presión Edwards del dispositivo conectado a la tarjeta de interfaz de I/O.
3. Para el sensor de presión Edwards de referencia, conecte el cable de datos de fábrica al convertidor.
4. Presione el botón CAL en la parte superior de los sensores Edwards con un alfiler delgado, mantenga presionado durante al menos 5 segundos hasta que el LED cambie de color y luego parpadee y espere al menos 10 minutos a 1 atm (760 Torr) normalizado con el convertidor conectado y encendido.
5. Ingrese al menú del equipo en la opción de servicio y ejecute una prueba de vacío y compare la lectura de presión de la presión Edwards del dispositivo con el sensor de presión Edwards de referencia.

6. Ajuste manualmente el potenciómetro variable en la tarjeta de interfaz de I/O hasta que el valor en pantalla del medidor de vacío Edwards del dispositivo sea igual al sensor de referencia Edwards.
7. Continúe monitoreando y ajustando el potenciómetro durante al menos 3 minutos. Si no está seguro sobre la calibración o si la calibración se realizó >1Torr repita todo el proceso.

2.2. Calibración del sensor de Temperatura PT100 según el manual del fabricante.

Para calibrar el sensor de temperatura se utiliza una resistencia de 220 Ω y un potenciómetro.

2.2.1. Procedimiento de calibración

- a) Tenga el sistema encendido y en la posición inactiva, es decir, en la pantalla GUI principal con ningún programa de esterilización en ejecución.
- b) Retire el cable PT100 de su puerto de conexión en la tarjeta de control principal.

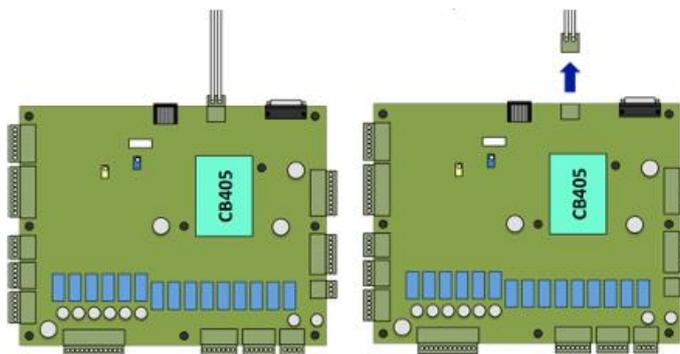


ILUSTRACIÓN 8. TARJETA DE CONTROL [1].

- c) Coloque una resistencia de calibración PT100 de 120,10 Ω en el puerto de conexión PT100 en el cable principal de la tarjeta de control, como se muestra en la siguiente imagen.

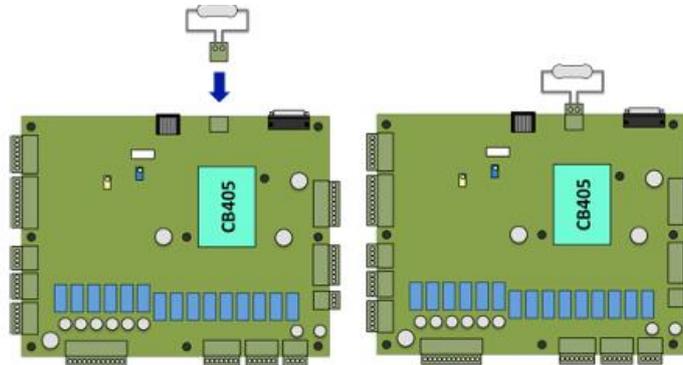


ILUSTRACIÓN 9. RESISTENCIA DE 120.10 Ω . [1].

- d) Ajuste el potenciómetro que se encuentra en la tarjeta de control y usando destornillador pequeño, gire el potenciómetro hasta que el valor en la pantalla del panel alcance el umbral de 52 $^{\circ}\text{C}$, a través de los siguientes pasos:



ILUSTRACIÓN 10. PANTALLA PANEL.

- e) Mientras monitorea la temperatura de la cámara en la parte superior izquierda de la pantalla. Primero girar el potenciómetro de regulación PT100 en el sentido de las agujas del reloj para subir y en el sentido contrario para bajar, hasta alcanzar los 53 $^{\circ}\text{C}$. El punto de conmutación de 53 $^{\circ}\text{C}$ a 52 $^{\circ}\text{C}$ es el umbral correcto para calibrar el sensor de temperatura.

2.3. Certificación de la herramienta de calibración.

Los medidores de referencia vienen con un certificado de calibración de fábrica según el estándar nacional del Reino Unido. La calibración se realiza en comparación con un medidor de referencia trazable según los estándares nacionales. Se recomienda volver a calibrar los medidores de referencia anualmente.

Para el presente caso de estudio la herramienta de calibración que se utilizó es nueva, por lo que aún no se ha enviado a realizar calibraciones en fábrica.



ILUSTRACIÓN 12. HERRAMIENTA DE CALIBRACIÓN

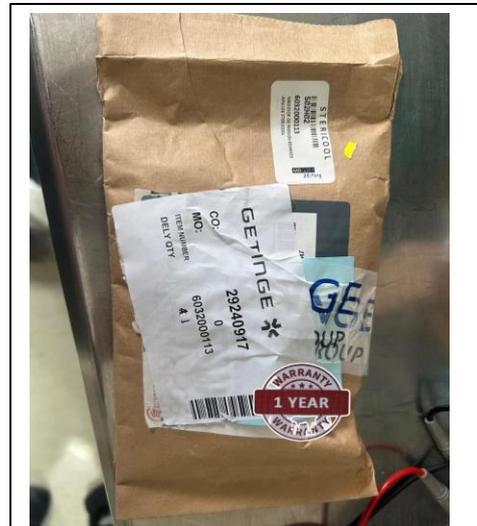


ILUSTRACIÓN 11. HERRAMIENTA DE CALIBRACIÓN.

CAPÍTULO 3

3.1. RESULTADOS

En el capítulo 2 se detalló cómo realizar la calibración del sensor de presión y temperatura según la recomendación del manual del fabricante, sin embargo, en la práctica se pudo observar que los lineamientos no son los suficientes en la aplicación operativa del equipo, puesto que se ha requerido de agregar ciertos pasos para llegar a la solución final, mismos que se detallan a continuación:

3.1. EJECUCION DE CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN

- Para calibrar el sensor de presión conectamos la herramienta de calibración Edwards en el equipo y el cable de datos en la tarjeta de interfaz I/O.



- Conectamos el cable de datos a un controlador digital, en el sensor de presión de referencia presionamos el botón CAL, con un alfiler delgado durante 5 segundos hasta que el LED cambie de color y luego parpadee y esperamos 10 min hasta que se ajuste a la presión atmosférica 1 atm (760 Torr), comprobamos que la presión atmosférica del equipo sea igual a la presión atmosférica del patrón de referencia Edwards.

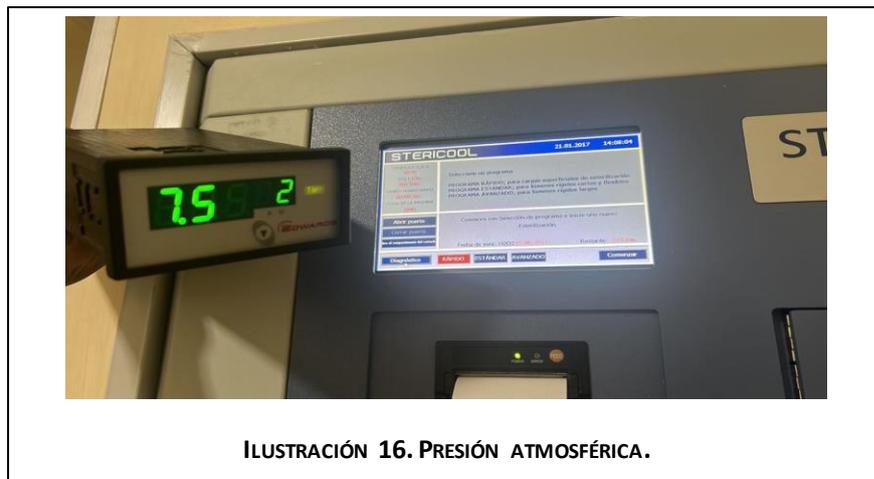


ILUSTRACIÓN 16. PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

- Ingresamos al menú del equipo, elegimos la opción de diagnóstico ingresando con la contraseña de servicio, seleccionamos la opción de Sistema de Vacío y ejecutamos un ciclo de vacío profundo y cuando llegue la presión a 270 mTorr. se va ajustando en el primer minuto, giramos el potenciómetro de la tarjeta de interfaz en sentido de las manecillas del reloj y aproximamos a la presión que marque el patrón de referencia Edwards. Volvemos a realizar un test de fugas para comprobar que la calibración este correcta y si es necesario se vuelve a ajustar de nuevo.

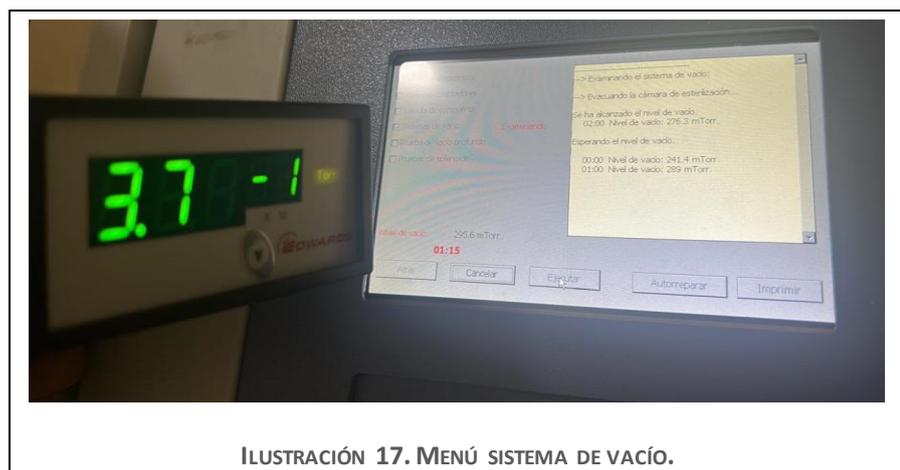


ILUSTRACIÓN 17. MENÚ SISTEMA DE VACÍO.



ILUSTRACIÓN 18. MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN DE PRESIÓN.

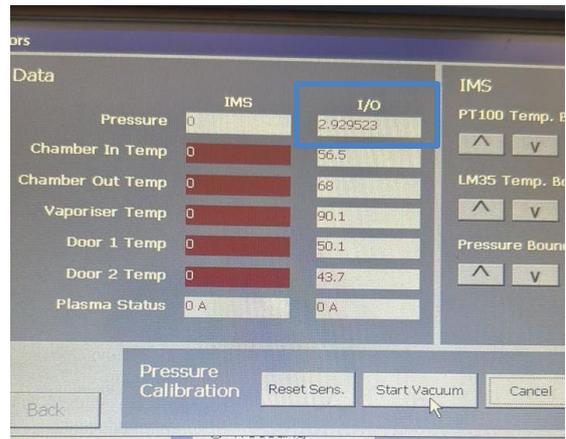


ILUSTRACIÓN 19. MENÚ DE COMPROBACIÓN DE PRESIÓN.

- **Ciclo de esterilización.**

Luego de haber calibrado la presión, realizamos un ciclo de esterilización para monitorear los valores de presión del equipo con la presión del medidor Edwards. Si las presiones no están aproximadas se vuelve a realizar el procedimiento de calibración.

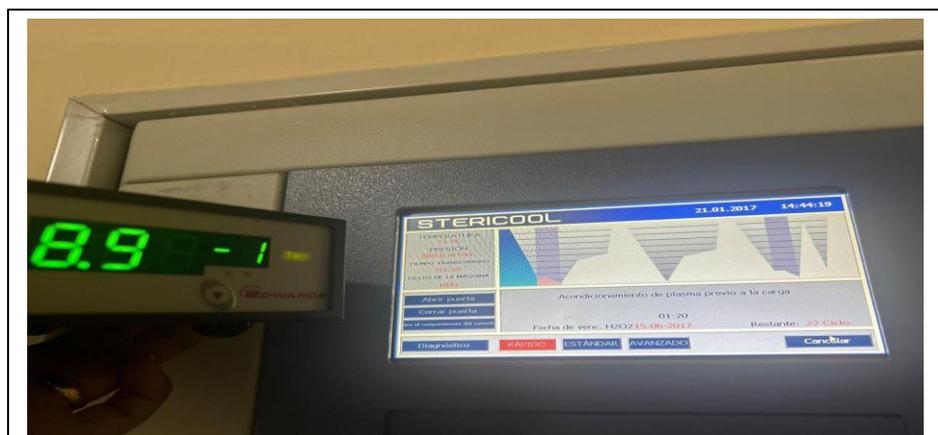
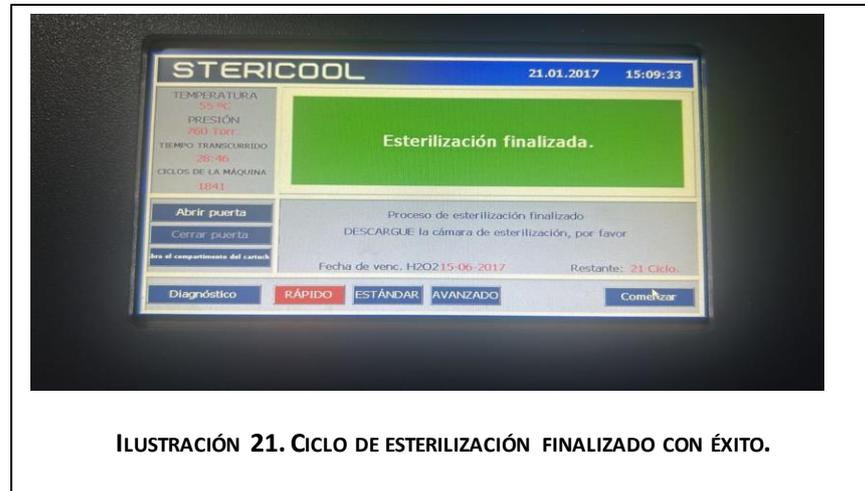


ILUSTRACIÓN 20. CICLO DE ESTERILIZACIÓN

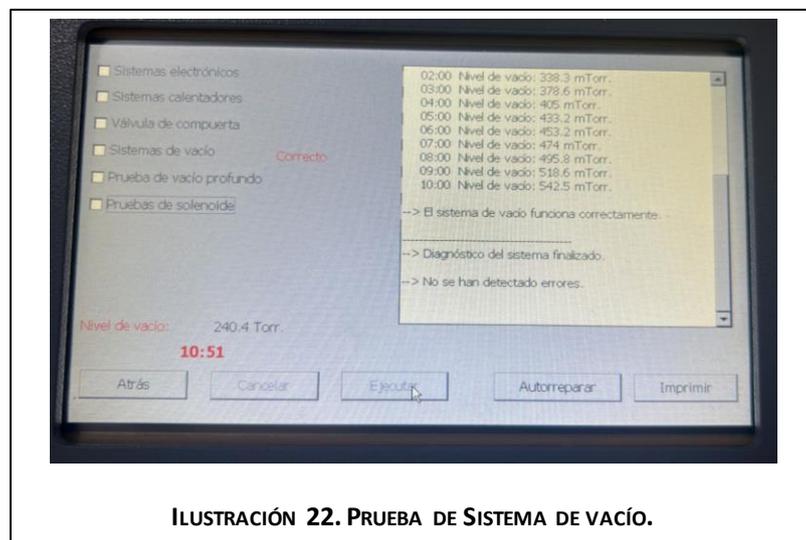
- Si todos los parámetros de presión son correctos el ciclo de esterilización terminará con éxito, caso contrario durante el ciclo de esterilización aparecerá

una alarma con un código de error referente a la presión del equipo y se cancelará automáticamente el proceso de esterilización.



- **Finalización.**

Finalmente retiramos la herramienta de calibración Edwards y conectamos el sensor de presión del equipo, realizamos una comprobación del sistema de vacío y si todo está correcto, la calibración del sensor de presión es correcta.



3.2. CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA.

Para calibrar el sensor de temperatura usé una resistencia de 2000 Ω , un multímetro y un potenciómetro variable, ya que no disponía de la propia herramienta de calibración del equipo. El manual del fabricante indica que se debe calibrar con la resistencia de 120.10 Ω , fui ajustando con el potenciómetro y comprobando en el multímetro que tenga el valor de 120.10 Ω que es el valor de la resistencia propia del equipo.



ILUSTRACIÓN 23. RESISTENCIA DE 120.10 Ω .



- Se procedió a retirar el sensor de temperatura de la tarjeta de interfaz I/O y se conectó la resistencia de 120.10 Ω .

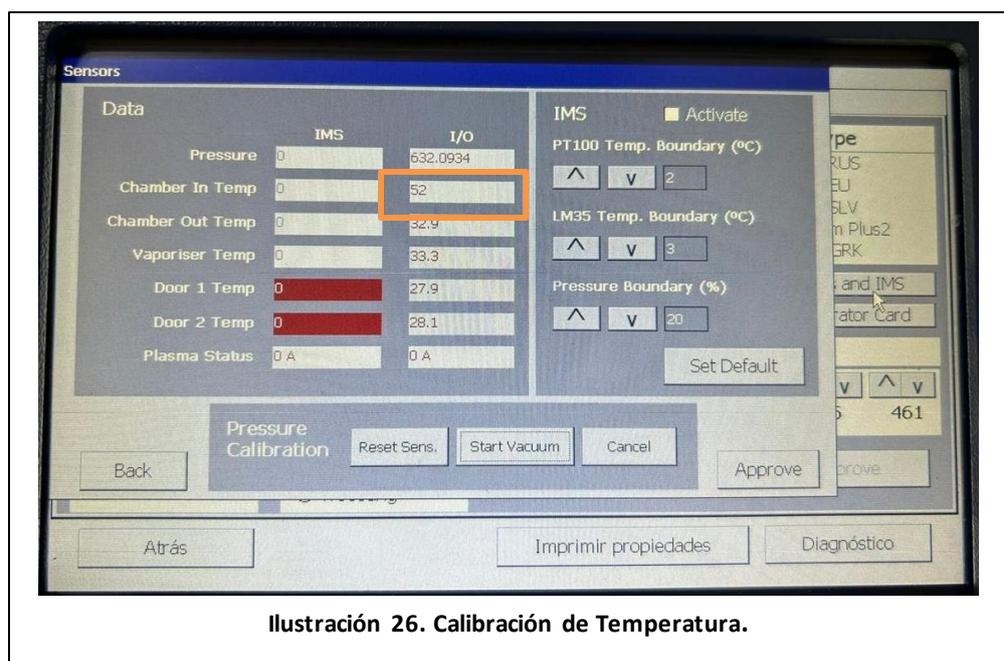


ILUSTRACIÓN 24. CONEXIÓN DE RESISTENCIA EN TARJETA DE INTERFAZ I/O.

- Se ingresa al menú de diagnóstico con la contraseña de servicio del equipo, elegimos la opción de Sensors y nos fijamos en la lectura de la Temperatura interna de la cámara.



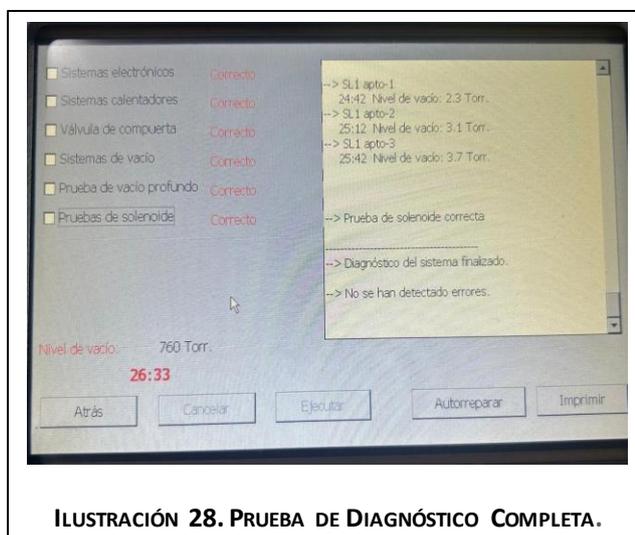
- Se procede a realizar el ajuste en el valor de temperatura ya que está por encima del valor de referencia, giramos el potenciómetro de la tarjeta en sentido contrario de las agujas del reloj para bajar la temperatura y llegar al punto exacto donde cambia de 53°C a 52°C dejándolo ajustado en 52°C.



- Finalmente desconectamos la resistencia de calibración y conectamos el sensor de temperatura, realizamos un ciclo de esterilización para comprobar que la calibración de la temperatura este correcta, caso contrario si el valor de la temperatura estuviera mal calibrado el equipo emite una alerta con un código de error referente a temperatura y el ciclo de esterilización se llega a cancelar automáticamente.



Luego de realizar la calibración del sensor de presión y el sensor de temperatura se realiza una prueba de diagnóstico completa, con la finalidad de comprobar si todos los sistemas están funcionando correctamente.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- En cuanto a la calibración del sensor de temperatura y presión, se pudo desarrollar bajo un proceso diferente al que el manual del fabricante recomienda, puesto que, con las instrucciones del mismo, no se realiza dicha calibración. Siendo necesario agregar directrices para la solucionar el requerimiento.
- Con la calibración del sensor de presión y temperatura se logró optimizar los tiempos de funcionamiento del equipo en las diferentes etapas que intervienen en el ciclo de esterilización.
- Al equipo de esterilización Stericool le interesa presiones bajas o negativas < a 1Torr; mientras que las presiones altas >a 1Torr.las toma como presión atmosférica.
- Para realizar la calibración del sensor de presión es primordial que la herramienta de calibración Edwards tenga un mantenimiento periódico en fábrica con la finalidad de garantizar una correcta precisión en los parámetros de calibración de presión.
- En la calibración del sensor de temperatura es esencial que el equipo no haya estado en funcionamiento 2 horas antes de realizar la calibración, para obtener valores de temperatura estables y poder realizar una buena calibración de temperatura.
- Un sensor de presión y temperatura correctamente calibrados garantiza un funcionamiento óptimo del equipo. Esto garantiza no sólo mediciones precisas, sino también mejor rendimiento, confiabilidad y seguridad en el material que se esteriliza.
- Una mala calibración de los parámetros de presión y temperatura ocasiona que haya fallas en el sistema y se cancele el proceso de esterilización.

- Es fundamental que los mantenimientos preventivos del equipo sean periódicos para garantizar que todos los componentes del equipo funcionen correctamente.

RECOMENDACIONES.

- El equipo de esterilización es un dispositivo sensible. La eficacia de esterilización del dispositivo requiere de un mantenimiento preventivo programado.
- Se recomienda enviar a fábrica cada año la herramienta de calibración, para garantizar el correcto funcionamiento de la misma.
- Se recomienda la calibración periódica de los sensores de presión y temperatura para el correcto funcionamiento del equipo.
- Se recomienda el cambio del kit de Mto preventivo cada 6 meses o 360 ciclos y el kit de 12 meses o 720 ciclos, lo que primero ocurra.
- Se recomienda realizar la limpieza del equipo y pruebas de diagnóstico una vez al mes.
- Se recomienda que el personal que labora en el área de esterilización esté debidamente capacitado en el uso del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. S. M. A. S. V. T. A.Ş., MANUAL DE SERVICIO Y MANTENIMIENTO STERICOOOL, Ahi Evran OSB Mah.: Copyright Rev1.0 2009 – Rev4.249 2023, 2023.
- [2] GETINGE, "Stericool Serie A," Getinge AB, 03 2023. [Online]. Available: <https://www.getinge.com/es/productos/serie-a-stericool/>. [Accessed 20 05 2024].
- [3] E. APG-100, "EDWARDS APG - 100 ACTIVE PIRANI GAUGE," 9 06 2021. [Online]. Available: https://www.idealvac.com/files/brochures/Edwards_AG100_Pirani_Gauge.pdf. [Accessed 19 5 2024].
- [4] M. B. J. Ramírez, "Métodos de esterilización de baja temperatura," TECHNODOMUS , 5 06 2019. [Online]. Available: <https://www.technodomus.com/blog/esterilizacion-2/metodos-de-esterilizacion-de-baja-temperatura-4>. [Accessed 2 06 2024].
- [5] M. B. J. Ramírez, "Esterilización con peróxido de hidrógeno," TECHNODOMUS , 9 04 2019. [Online]. Available: <https://www.technodomus.com/blog/esterilizacion-2/esterilizacion-con-peroxido-de-hidrogeno-3>. [Accessed 22 04 2024].
- [6] EDWARDS, "Sistema de calibración," 22 05 2022. [Online]. Available: <https://www.edwardsvacuum.com/es-es/vacuum-pumps/our-products/high-vacuum-pump-systems/calibration-system-ECAL1>. [Accessed 10 05 2024].
- [7] EDWARDS, "Medición y control de vacío.," 08 06 2022. [Online]. Available: <https://www.edwardsvacuum.com/es-es/vacuum-pumps/our-products/measurement-and-control>. [Accessed 20 4 2024].

ANEXOS

