

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA
ELECTRÓNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA AUTOCLAVE
CISA EN EL HOSPITAL LUIS NEGREIROS VEGA, CALLAO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

AUTORES:

Bach. ARANA TAPIA, WILDER ODON

Bach. SOLIS ROBLES, ROBERTO DAVID

ASESOR:

Dr. Ing. SANTOS MEJIA, CESAR AUGUSTO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ

INFORME FINAL DE TESIS (1)

9%
Textos sospechosos



9% Similitudes
2% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: INFORME FINAL DE TESIS (1).pdf
ID del documento: 2b4a0fa930fa245dff1dcd3f207a1ddee979e3b2
Tamaño del documento original: 4,72 MB

Depositante: FIEE PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION
Fecha de depósito: 15/3/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 15/3/2024

Número de palabras: 12.292
Número de caracteres: 87.538

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.unac.edu.pe http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/8173/1/TESIS-QUISPE-RABANAL.pdf 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (126 palabras)
2	repositorio.unac.edu.pe http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/7326/1/FIEE TESIS GARCÍA GARCIA- GARCIA ... 4 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (280 palabras)
3	unac.edu.pe https://unac.edu.pe/wp-content/uploads/documentos/transparencia/articulo-11/11-2/transparencia-... 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (239 palabras)
4	unac.edu.pe https://unac.edu.pe/wp-content/uploads/documentos/transparencia/articulo-11/11-2/transparencia-... 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (224 palabras)
5	TESIS Final_BARRON_URPE_LAZO.pdf TESIS Final_BARRON_URPE_LAZO #d453f6 El documento proviene de mi grupo 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (105 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ug.edu.ec https://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/64205/1/CARVACA MORAN SCARLET DAYANARA TESI...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	repositorio.upn.edu.pe Implementación de un plan de mantenimiento preventiv... https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32498	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
3	repositorio.upt.edu.pe https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2107/Huamani-Condori-Lizbeth.pdf?s...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
4	repositorio.upao.edu.pe Diseño de un sistema de monitoreo redundante para a... https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/605	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
5	bibdigital.epn.edu.ec https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9133/4/CD-6087.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE
TESIS SIN CICLO DE TESIS


Al día 28 del mes de mayo de 2024 siendo las 15:00 horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao, aprobada mediante Resolución Decanal N°100-2024-DFIEE, conformado por los siguientes docentes ordinarios:

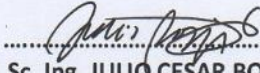
Dr. Ing. JACOB ASTOCONDOR VILLAR	Presidente
M. Sc. Ing. JULIO CESAR BORJAS CASTAÑEDA	Secretario
M.Sc. Ing. CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRÍGUEZ	Vocal
M.Sc. Lic. RAÚL PEDRO CASTRO VIDAL	Suplente


Asimismo se dio inicio a la exposición de TESIS de los señores Bachilleres **ARANA TAPIA, Wilder Odon y SOLIS ROBLES, Roberto David**; quienes habiendo cumplido con los requisitos para obtener el Título Profesional en Ingeniería Electrónica como lo señalan los Arts. N°s 08 al 10 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentará la Tesis Titulada: "DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA AUTOCLAVE CISA EN EL HOSPITAL LUIS NEGREIROS VEGA, CALLAO" con el quórum Reglamentario de Ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en el Art. N° 80 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 150-23-CU, en el Sub Capítulo II, corresponde al otorgamiento del Título Profesional con Tesis sin Ciclo de Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

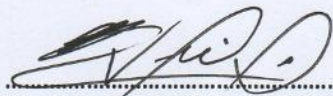
Dar por APROBADO Calificativo BUENO nota: 14 a los expositores **ARANA TAPIA, Wilder Odon y SOLIS ROBLES, Roberto David**; con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las 4:12 PM horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 260 del Libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.


.....
Dr. Ing. JACOB ASTOCONDOR VILLAR
PRESIDENTE


.....
M. Sc. Ing. JULIO CESAR BORJAS CASTAÑEDA
SECRETARIO


.....
M.Sc. Ing. CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRÍGUEZ
VOCAL


.....
M.Sc. Lic. RAÚL PEDRO CASTRO VIDAL
SUPLENTE

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE : Dr. Ing. Jacob Astocondor Villar
SECRETARIO : MSc. Ing. Julio Cesar Borjas Castañeda
VOCAL : MSc. Ing. Carlos Humberto Alfaro Rodríguez

ASESOR : Dr. Ing. César Augusto Santos Mejía

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi padre Jaime Solís y a mi madre Milagritos Robles, quienes siempre me han apoyado en mis metas, gracias a ellos por inculcarme los buenos valores y hacerme una persona de bien. Gracias a Lilian Carmen y mi hija Alice por estar conmigo y apoyarme.

David

Le dedico este trabajo a mi padre Odón Arana y a mi madre Ofelia Tapia que siempre me han apoyado en mis metas, gracias a ellos por inculcarme los buenos valores y hacerme una persona de bien.

Wilder

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a mi querida Universidad Nacional de Callao por formarme como profesional también a los buenos profesores de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, gracias a ellos por darme los conocimientos necesarios para ejercer bien mi profesión. Agradezco a mi pequeño grupo de amigos de mi código de estudiante, con quienes siempre nos hemos ayudado compartiendo información y el mutuo apoyo en las materias de la universidad.

David Solís

Le agradezco a mi querida Universidad Nacional de Callao por formarme como profesional también a algunos buenos profesores de la facultad FIEE, gracias a ellos por darme los conocimientos necesarios para ejercer bien mi profesión. Agradezco a mis compañeros y a mi código que siempre nos hemos ayudado compartiendo la sabiduría en el aprendizaje de diversas materias de la universidad.

Wilder Arana

ÍNDICE

ÍNDICE	1
INDICE DE FIGURAS	5
INDICE DE TABLAS	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Descripción de la realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación.....	16
1.4.1. Justificación teórica.....	16
1.4.2. Justificación tecnológica.....	17
1.4.3. Justificación económica	17

1.4.4.	Justificación social	17
1.5.	Delimitantes de la investigación.....	18
1.5.1.	Delimitante teórico	18
1.5.2.	Delimitante temporal	18
1.5.3.	Delimitante espacial	18
II.	MARCO TEÓRICO.....	19
2.1.	Antecedentes: Internacional y nacional.....	19
2.1.1.	Antecedentes internacionales	19
2.1.2.	Antecedentes nacionales	20
2.2.	Bases teóricas	22
2.3.	Marco conceptual	31
2.4.	Definición de términos básicos	39
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	41
3.1.	Hipótesis.....	41
3.1.1.	Hipótesis general	41
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	41
3.2.	Operacionalización de variables	41
3.2.1.	Definición de variables:	41
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	43

4.1.	Diseño metodológico	43
4.2.	Método de investigación	43
4.3.	Población y muestra	76
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	76
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	76
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	77
4.7.	Aspectos éticos en Investigación	77
V.	RESULTADOS	78
5.1.	Resultados descriptivos	78
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	87
VII.	CONCLUSIONES	89
VIII.	RECOMENDACIONES	90
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
	ANEXOS.....	96
	Anexo 1: Matriz de consistencia	97
	Anexo 2: Diagrama de flujo del proceso de esterilización.	98
	Anexo 3: Presupuesto económico de insumos necesarios para el mantenimiento preventivo.....	99

Anexo 4: Presupuesto económico de accesorios necesarios para el mantenimiento correctivo.....	99
Anexo 5: Diagrama de bloque del sistema electrónico de la Autoclave.....	100
Anexo 6: Integrantes de la presente tesis, finalizado el mantenimiento de la autoclave	101

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Tipos de mantenimiento	23
Figura N° 2. Comparativo de costos de implementación	24
Figura N° 3. Técnicas de mantenimiento	24
Figura N° 4. Conservación de las máquinas	25
Figura N° 5. Reparación de los equipos	25
Figura N° 6. Tiempo medio entre fallas	26
Figura N° 7. Tiempo medio para reparar	27
Figura N° 8. Criterio para evaluar la Detectabilidad del fallo	29
Figura N° 9. Criterio para evaluar la Gravedad del fallo	29
Figura N° 10. Criterio para evaluar la Frecuencia del fallo	30
Figura N° 11. Etapas del proceso del ciclo de esterilización y secuencia temporal de las mismas	31
Figura N° 12. Proceso de esterilización	33
Figura N° 13. Agentes de esterilización	34
Figura N° 14. Partes básicas de la autoclave	35
Figura N° 15. Tiempos de exposición estándares para el vapor de alta temperatura	38
Figura N° 16. Etapas del proyecto de la tesis	43
Figura N° 17. Incubadora neonatal encontrada con fallas	44

Figura N° 18. Etiqueta de fallas en incubadora neonatal.....	45
Figura N° 19. Incubadora neonatal encontrada con fallas en modulo y pantalla LCD	45
Figura N° 20. Etiqueta con las fallas colocado en la incubadora neonatal.....	46
Figura N° 21. Cuna radiante encontrada inoperativa.....	46
Figura N° 22. Etiqueta de baja colocada a cuna radiante	47
Figura N° 23. Equipo de autoclave para pruebas	47
Figura N° 24. Descripción de la autoclave	48
Figura N° 25. Características de la autoclave	49
Figura N° 26. Alarma de FALLA PUERTA.....	50
Figura N° 27. Alarma FALLA SONDA TEMPERATURA.....	50
Figura N° 28. Alarma FALLO ALIMENTACIÓN	51
Figura N° 29. Resultado de Vapor no Saturado	52
Figura N° 30. Falla en la pantalla de control.....	52
Figura N° 31. Visualización externa de la autoclave.....	53
Figura N° 32. Visualización lateral derecha del equipo donde se ve las válvulas solenoidales.....	54
Figura N° 33. Visualización lateral izquierda del equipo	54
Figura N° 34. Visualización superior del equipo	55
Figura N° 35. Visualización de la cámara interna	55

Figura N° 36. Tarjetas electrónicas del equipo	56
Figura N° 37. Resultado del Test de Bowie Dick	57
Figura N° 38. Resultado de impresión de prueba de funcionamiento, equipo con fallas	58
Figura N° 39. Cámara interna de la autoclave con residuos.....	59
Figura N° 40. Cámara interna de la autoclave después de ejecutarse la limpieza respectiva	60
Figura N° 41. Medición de la pila	61
Figura N° 42. Limpieza de las tarjetas electrónicas	61
Figura N° 43. Comprobación de la señal de los sensores	62
Figura N° 44. Medición de las señales de los solenoides.....	63
Figura N° 45. Fugas en las tuberías por filtración de líquido	63
Figura N° 46. Válvula check.....	64
Figura N° 47. Radiador de la autoclave.....	65
Figura N° 48. Limpieza de válvulas solenoides	65
Figura N° 49. Resistencia interna de la autoclave	66
Figura N° 50. Cambio de resistencia interna	67
Figura N° 51. Tuberías internas de la autoclave	67
Figura N° 52. Cambio de la válvula solenoide	68
Figura N° 53. Cambio de la empaquetadura de la puerta.....	68

Figura N° 54. Cambio del sensor de nivel de agua	69
Figura N° 55. Filtro bacteriano de igualación.....	69
Figura N° 56. Calibración de la puerta de la autoclave.....	70
Figura N° 57. Configuración de parámetros de funcionamiento	71
Figura N° 58. Configuración de parámetros de vacío (Presión).....	71
Figura N° 59. Configuración de parámetros de vacío (Tiempo).....	72
Figura N° 60. Configuración de parámetros de acondicionamiento (Presión)...	72
Figura N° 61. Configuración de parámetros de acondicionamiento (Pulsos)	73
Figura N° 62. Configuración de parámetros de secado	73
Figura N° 63. Configuración de parámetros de enfriamiento	74
Figura N° 64. Configuración de parámetros de esterilización	74
Figura N° 65. Configuración de parámetros de calentamiento	75
Figura N° 66. Confirmación final de parámetros de funcionamiento	75
Figura N° 67. Pre-acondicionamiento, tiempo 04 minutos.....	78
Figura N° 68. Calentamiento a 124.9 °C. Tiempo 08 minutos	79
Figura N° 69. Colocación de la termocupla en el interior de la cámara	80
Figura N° 70. Cable de la termocupla	80
Figura N° 71. Registro de temperatura de 123°C.	81
Figura N° 72. Fase de esterilización a 134.5 °C y 3.1 Bar	82

Figura N° 73. Registro de presión en el manómetro de 3.05 Bar	83
Figura N° 74. Proceso de secado, en el minuto 21	84
Figura N° 75. Proceso de aireación, en el minuto 27	84
Figura N° 76. Resultado óptimo del test de Bowie Dick.....	85
Figura N° 77. Impresión óptima de la esterilización.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	42
---	----

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo diseñar un plan de mantenimiento en el sistema electrónico para la optimización de la autoclave CISA en el hospital Luis Negreiros Vega, Callao. Se trata de una investigación cuasiexperimental, de enfoque cuantitativo y del tipo aplicado ya que se busca una solución eficiente ante el problema identificado. Además, el alcance de investigación es inicialmente descriptiva ya que se va aplicar conceptos teóricos de recolección de información con respecto al mantenimiento de equipos de esterilización, y posteriormente, la investigación tendrá un alcance explicativo, ya que a través de los datos obtenidos con la observación se realizará la planificación del mantenimiento del equipo de autoclave. La población considerada en esta investigación son todos los equipos médicos que se encuentran en las diferentes instalaciones del Hospital Luis Negreiros Vega, y la muestra analizada será el equipo de autoclave CISA del Hospital Luis Negreiros Vega. Los instrumentos usados para la recolección de información del presente proyecto de tesis son papel BOWIE, multímetro, amperímetro y termocupla, lo que nos permitirá llegar al objetivo planteado. Al finalizar el mantenimiento correctivo, se realiza el Test de Bowie Dick en donde se obtiene como resultado una impresión de color negro, lo cual es un indicador de funcionamiento óptimo, cabe señalar que cuando el equipo se encuentra defectuoso la impresión resultante es de color negro. También se observó el resultado final de la impresión del proceso de esterilización de instrumentales, el cual se visualiza que los parámetros del proceso son óptimos. Con lo que se puede concluir que el plan de mantenimiento en el sistema electrónico empleado en la autoclave CISA del Hospital Luis Negreiros Vega, fue óptimo.

Palabras claves: *mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, esterilización, autoclave.*

ABSTRACT

The objective of this thesis was to design a maintenance plan in the electronic system for the optimization of the CISA autoclave at the Luis Negreiros Vega hospital, Callao. This is a quasi-experimental research, with a quantitative approach and of the applied type since an efficient solution is sought for the identified problem. Furthermore, the scope of the research is initially descriptive since theoretical concepts of information collection will be applied with respect to the maintenance of sterilization equipment, and subsequently, the research will have an explanatory scope, since through the data obtained with observation Autoclave equipment maintenance planning will be carried out. The population considered in this research is all the medical equipment found in the different facilities of the Luis Negreiros Vega Hospital, and the sample analyzed will be the CISA autoclave equipment of the Luis Negreiros Vega Hospital. The instruments used to collect information for this thesis project are BOWIE paper, multimeter, ammeter and thermocouple, which will allow us to reach the stated objective. At the end of the corrective maintenance, the Bowie Dick Test is performed where a black print is obtained, which is an indicator of optimal functioning. It should be noted that when the equipment is defective the resulting print is black. . The final result of the impression of the instrument sterilization process was also observed, which shows that the process parameters are optimal. With which it can be concluded that the maintenance plan in the electronic system used in the CISA autoclave of the Luis Negreiros Vega Hospital was optimal.

Keywords: *predictive maintenance, preventive maintenance, corrective maintenance, sterilization, autoclave.*

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de equipos médicos se divide en dos clases, inspección y mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. La primera categoría hace referencia a las actividades que se ejecutan de manera programada, de tal manera que garanticen la funcionalidad del equipo, de esta manera se reducen las fallas y costos por reparación. Estas actividades son procedimientos sencillos, pero gran importancia porque permite comprobar la funcionalidad adecuado de los equipos médicos.

El mantenimiento preventivo, son aquellas actividades que permiten alargar la vida útil de los equipos y prever fallas o deterioros. Es por ello la importancia de que todos los centros médicos, distintamente de su tamaño, comprendan un sistema de mantenimiento para equipos médicos. [1]

Por tanto, teniendo en cuenta que los fundamentos de un buen programa de mantenimiento son los mismos en una zona urbana de mayor ingreso económico, que, en una zona rural con ingresos intermedios o bajos, es importante el establecer un plan de mantenimiento que incluya tareas preventivas y periódicas, así como la realización de ajustes y reparaciones necesarias para mantener la integridad del sistema electrónico de la autoclave. Esto permitirá optimizar su eficiencia, asegurando la calidad de los procesos de esterilización y aumentando la vida útil del equipo.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El diseño de un plan de mantenimiento en el sistema electrónico para la optimización de una autoclave en un hospital puede presentar una serie de desafíos y problemas.

En primer lugar, La autoclave no se ha usado por buen tiempo por lo tanto hay ciertas piezas que están necesitadas de cambio, así como una repotenciación del todo sistema eléctrico, electrónico y mecánico con el fin de garantizar la optimización del equipo en total y poder usarlo nuevamente en el Hospital dado que es muy útil en el área de esterilización u laboratorio.

En segundo lugar, la implementación del plan de mantenimiento puede requerir una inversión significativa en términos de recursos financieros y tecnológicos, lo que puede ser un factor limitante para algunos hospitales.

Además, la falta de capacitación y conocimiento técnico puede dificultar la implementación de un plan de mantenimiento efectivo. Esto puede llevar a una estrategia incorrecta o inadecuada que puede poner en peligro la seguridad del paciente al generar procesos ineficientes o errores durante las pruebas.

Otro problema potencial puede ser la falta de atención y seguimiento continuo del plan de mantenimiento. A menudo, a medida que transcurre el tiempo, el plan de mantenimiento puede ser ignorado y distraído por otros problemas en un hospital, sin embargo, la autoclave es un equipo médico muy importante de modo que la inversión en una óptima implementación de su mantenimiento es prioritaria.

En general, el diseño de un plan de mantenimiento efectivo en el sistema electrónico para la optimización de la autoclave en un hospital es crucial para garantizar la seguridad del paciente, mejorar la eficiencia operativa y reducir el riesgo de fallas técnica. Sin embargo, es necesario tener en cuenta los desafíos

y problemas potenciales asociados con este proceso y tomar medidas adecuadas para superarlos.

Es importante involucrar al personal encargado y capacitado en el proceso de implementación y seguimiento del plan de mantenimiento. Además, se deben asignar recursos financieros y tecnológicos adecuados para garantizar la efectividad del plan, y brindar capacitación y asistencia técnica continua para su correcta implementación.

Es necesario establecer procesos claros de seguimiento y revisión del plan de mantenimiento, así como de generación de informes y recopilación de datos para la mejora continua.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el diseño de un plan de mantenimiento en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera el diseño de un mantenimiento predictivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao?
- ¿De qué manera el diseño de un mantenimiento preventivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao?
- ¿De qué manera el diseño de un mantenimiento correctivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento en el sistema electrónico para la optimización de. la autoclave CISA en el hospital Luis Negreiros Vega, Callao.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar un plan de mantenimiento predictivo en el sistema electrónico para la optimización de. la autoclave CISA en el hospital Luis Negreiros Vega, Callao.
- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo en el sistema electrónico para la optimización de. la autoclave CISA en el hospital Luis Negreiros Vega, Callao.
- Diseñar un plan de mantenimiento correctivo en el sistema electrónico para la optimización de. la autoclave CISA en el hospital Luis Negreiros Vega, Callao.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

El diseño de un plan de mantenimiento en el sistema electrónico de la autoclave CISA ayudaría a evitar posible deterioro del mismo equipo y optimizando se podría alargar su vida. En cuanto al equipo la aplicación que brinda es de suma importancia porque ayuda a prevenir posibles patógenos muy dañinos para el ser humano

En conclusión, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el sistema electrónico de la autoclave CISA está fundamentada en los principios de la gestión de mantenimiento y la ingeniería de confiabilidad, y se alinea con los principios de la gestión de calidad en los servicios de salud.

1.4.2. Justificación tecnológica

La implementación de nuevos repuestos al equipo optimiza su rendimiento dándole más tiempo de vida útil y mayor eficiencia en los resultados al momento de esterilizar materiales.

La implementación de repuestos nuevos se manda a importar y son de marcas conocidas y de calidad, así se asegura que todo lo que se implemente sea útil para el equipo y para el usuario, brindando seguridad al momento de su operación.

1.4.3. Justificación económica

El equipo que se encontró en el Hospital Luis Negreiros nuevo tiene un valor de 35,000 nuevos soles. La realización de este proyecto de investigación se basará en un bajo costo de producción para optimizar el equipo de forma eficiente y de esta manera no invertir en la compra de un equipo nuevo.

1.4.4. Justificación social

El diseño de un plan de mantenimiento preventivo en el sistema electrónico de la autoclave CISA puede tener un impacto significativo en la seguridad y bienestar de los pacientes y del personal del hospital.

La autoclave CISA es un equipo fundamental en el proceso de esterilización de los instrumentos médicos que se utilizan en los procedimientos quirúrgicos y en otros tratamientos médicos evitando así posibles patógenos en la sociedad y en el medio ambiente.

El Equipo ayuda a reducir riesgos de enfermedades por medio de la esterilización de instrumental y tener libre de patógenos dañinos para la salud.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante teórico

La autoclave CISA es un equipo complejo con componentes electrónicos y mecánicos interdependientes, lo que puede dificultar la evaluación de la eficacia del plan de mantenimiento preventivo en el sistema electrónico. Además, las interacciones entre los componentes del equipo pueden hacer que sea difícil determinar la causa raíz de una falla.

Dificultades para medir el impacto del plan de mantenimiento preventivo: Medir el impacto de un plan de mantenimiento preventivo en el sistema electrónico de la autoclave CISA puede ser difícil debido a la variedad de factores que pueden afectar el rendimiento del equipo, como la calidad del agua, la limpieza del equipo y la capacitación del personal.

1.5.2. Delimitante temporal

El tiempo que tomará para la ejecución del proyecto es de 6 meses de marzo hasta setiembre del 2023.

1.5.3. Delimitante espacial

El proyecto se desarrollará en el Hospital Luis Negreiros Vega, ubicado en la Av. Tomas Valle, Callao, Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacional y nacional

2.1.1. Antecedentes internacionales

Ávila & Crespo (2022), en su tesis de grado titulado “Diseño plan de mantenimiento preventivo para equipos médicos del Hospital Santa Inés”, tuvo como finalidad implementar un plan de mantenimiento del tipo preventivo en los dispositivos biomédicos del Hospital Santa Inés, los cuales no tienen ningún tipo de servicio de mantenimiento que garantice su buen funcionamiento. El autor también implementó una aplicación de gestión de mantenimiento remoto, el cual posibilita monitorear de manera eficiente los dispositivos o equipos médicos. El tipo de metodología utilizado, se basó en la recopilación de datos físicos, inventariado, y consultas a personal médicos y técnicos encargados del mantenimiento, así como a personal externo que realiza ese tipo de trabajo. Con lo cual se obtuvieron resultados positivos de gestión de mantenimiento, lo que proporciona un alargamiento de la vida útil del equipo, así como la reducción de costos que se generan por la reparación de estos. [2]

Carvaca (2022), en su tesis de grado titulado “Desarrollo de un aplicativo web para determinar el mantenimiento de los equipos biomédicos para el laboratorio KALI-LAB de la ciudad de Guayaquil”, tuvo como finalidad elaborar un software a través de la web que permita implementar un cronograma para el mantenimiento de los equipos médicos, el cual está diferenciado según la vida útil y los niveles de prioridad que se indica en el manual según el Ministerio de Salud Pública, el cual será ejecutado en el Laboratorio Kali-Lab. en Guayaquil, Ecuador. Luego, se identificó los equipos disponibles para su inventariado, además de elaborar un prototipo con la base de datos obtenida para que se usaron en el software, y finalmente se realizó las pruebas unitarias y alcances del programa web. Esta investigación es del tipo descriptivo y enfoque cualitativo, además, el autor, utilizó como instrumento de recolección de datos a la entrevista, realizando preguntas a personal médico y administrativo quienes

conocían las ventajas y desventajas en la que se proyectaba la aplicación web. Como resultado de la investigación se indica la recopilación de información en una base de datos, según indica el manual del Ministerio de Salud Pública en Ecuador, con parámetros como frecuencia de mantenimiento de cada equipo y su respectivo inventariado. El proceso de la entrevista para identificar los problemas, ventajas y desventajas para un buen diseño del aplicativo, y el desarrollo del sistema web que permite facilitar el proceso de mantenimiento en equipos médicos del laboratorio Kali-Lab, Guayaquil. [3]

Espinoza (2019), en su tesis de grado titulado “Confección de un plan de mantenimiento para equipos médicos de esterilización”, tuvo como finalidad elaborar un plan de mantenimiento, apropiado a la situación del cliente, con el objetivo de optimizar la gestión y uso de los recursos humanos, y así alcanzar destacadas soluciones respecto a los errores y de esa manera reducir el número de paralizaciones de los equipos médicos. Por lo tanto, esta investigación disminuyó las paradas imprevisibles de los equipos médicos a través de la implementación del mantenimiento preventivo, el cual se apoyó en los apuntes de errores ocurridos años atrás. También, disminuyó los gastos por mantenimiento correcto y optimizó la gestión del recurso humano, aumentó la fiabilidad de los equipos de esterilización, lo que generó gran satisfacción de la empresa. [4]

2.1.2. Antecedentes nacionales

Nacarino (2022), en su tesis de grado titulado “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos médicos del área de hospitalización del Hospital Simón Bolívar de Cajamarca – 2021”, tuvo como finalidad ejecutar un plan de mantenimiento preventivo para optimizar la disposición de los equipos médicos del hospital Simón Bolívar de Cajamarca. Esta investigación es cuantitativa del tipo aplicado, con nivel explicativo y de diseño pre experimental. La muestra que tomaron fue de 11 equipos biomédicos, y los resultados obtenidos son de 0% como índice de mantenimiento preventivo, con una disposición promedio mayor a 95%, de la misma manera, con la

implementación de mantenimiento preventivo se obtuvo un 79% como índice y una disposición más del 99%, lo que en términos generales representa un aumento del casi 4%, después de la implementación del plan de mantenimiento. Por lo que se deduce un planteamiento viable y favorable de ejecutar, logrando optimizar costos de manera significativa. [5]

Palomino (2019), en su tesis de maestría titulado “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos e instalaciones del Hospital San José Lima – Perú”, tuvo como finalidad desarrollar un diseño que permita la gestión de mantenimiento preventivo de equipos médicos en el Hospital San José, que asegure la reducción de los inconvenientes y desperfectos que tengan estos equipos médicos. También, se organizó un área encargada del desarrollo y la ejecución del mantenimiento planteado. Como primera etapa de investigación se realizó la evaluación y análisis de la problemática en el hospital San José, y se utilizaron instrumentos de recolección de datos, tales como la entrevista y observación. Estas entrevistas fueron realizadas al personal médico y técnico del hospital. También se realizaron estudios bibliográficos, inspecciones de campo y consulta de guías de fabricación de los equipos. Como siguiente etapa, se realizó el inventariado de los equipos médicos, según su área de ejecución, y ubicación. El autor concluye que el análisis y diseño de implementación logró favorecer el mantenimiento preventivo de los equipos médicos del Hospital San José. [6]

García & García (2022), en su tesis de grado titulado “Implementación de un plan mantenimiento en el sistema electrónico para la optimización de la incubadora de transporte IT158TS en el Centro de Salud El Porvenir - La Victoria,2021”, el cual tuvo como finalidad ejecutar un plan de mantenimiento electrónico de la incubadora de transporte del Centro de Salud El Porvenir. El tipo de investigación es aplicada y de diseño experimental, a través de visitas y pruebas de la incubadora. Los resultados obtenidos, en primera instancia indican las fallas encontradas en el sistema electrónico, como transistores de alta potencia, cuya función es controlar la temperatura. El autor concluye que esta

investigación tiene gran alcance para el desarrollo de planes de mantenimiento en el futuro, optimizando los equipos médicos en los centros de salud. [7]

2.2. Bases teóricas

Mantenimiento

Es una operación de sustento que comprende una variedad de actividades con el fin de preservar, mantener y rescatar un sistema o equipo, a una mejor versión. A su vez el mantenimiento permite diagnosticar una eventualidad a través de medios técnicos, confirmando continuidad de toda actividad de funcionalidades. Hay actividades que permiten preservar el estado de los elementos del dispositivo o máquina, como también supervisar el estado de los componentes para su futura reparación o cambio. [8]

El mantenimiento se basa en un conjunto de acciones, como reparar o actualizar, mediante lo cual se arreglan ciertos aspectos del equipo, los cuales por el transcurrir de los años, perjudica y disminuye el rendimiento de las maquinas. [8]

Propósito del mantenimiento

El mantenimiento es el recurso que comprende todas las empresas para preservar de manera óptima los equipos, para evitar disminuya su eficiencia y eficacia activa. Las actividades requeridas se pueden mencionar:

- Mantener un equipo o maquina en funcionamiento activo.
- Restaurar la máquina a su estado predeterminado de funcionamiento. [9]

Tipos de mantenimiento

Mantenimiento predictivo: Es también conocido como mantenimiento condicional, ya que se define como la acción preventiva, la cual se basa en el sondeo, monitoreo de medidas y condiciones de operación en los equipos o sistemas. [10]

Mantenimiento preventivo: Este tipo de mantenimiento también es llamado planificado o sistemático, ya que se da antes de que suceda alguna avería en el equipo, por lo tanto, se realiza bajo condiciones de control sin que exista errores de sistemas. [10]

Mantenimiento correctivo: Este tipo de mantenimiento es conocido como reactivo, ya que sucede después de que haya ocurrido el desperfecto en el equipo o sistema. Por lo tanto, al no ocurrir fallo alguno se consideraría como un mantenimiento nulo, deduciéndose que solo se haría efectivo una vez suceda el desperfecto en el sistema. [10]



Figura N° 1. Tipos de mantenimiento

Fuente: Cabrera & Gómez, 2017. [10]

En la siguiente figura podemos observar la comparativa que existen entre los tres tipos de sistemas de mantenimiento con respecto a sus costos de implementación:

COSTOS	CORRECTIVO	PREVENTIVO	PREDICTIVO
Para implementar	Bajo	Mediano	Altos
Improductivos	Altos	Medianos	Muy bajos
Tipo de parada	Altos e indefinidos	Predefinidos	Mínimos
Asociado a existencia de repuestos	Alto consumo e indefinidos	Alto consumo y definidos	Consumo mínimo

Figura Nº 2. Comparativo de costos de implementación

Fuente: González, 2016. [11]

Entre las técnicas de mantenimiento que se pueden considerar tenemos, la inspección, conservación y reparación.

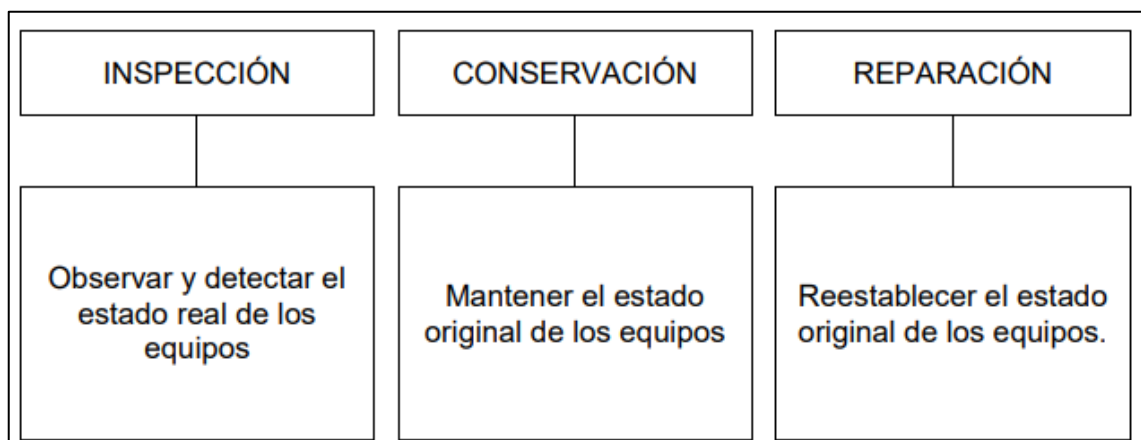


Figura Nº 3. Técnicas de mantenimiento

Fuente: Ccoyo, 2021 [12]

- a) La inspección: consiste en realizar una observación de las maquinas o de los equipos para así poder conocer el estado real de estos.
- b) La conservación: esta técnica se emplea a través de inspecciones preventivas, y sus parámetros que permiten la ejecución de esta técnica son el realizar un buen ajuste de medidas y lecturas, la correcta lubricación de componentes, y la limpieza para quitar el polvo y residuos en los equipos.

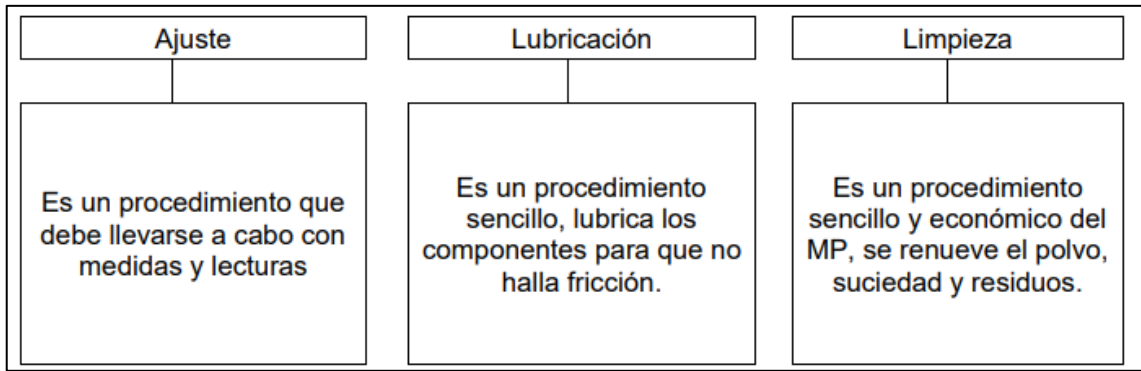


Figura N° 4. Conservación de las máquinas

Fuente: Ccoyo, 2021 [12]

c) Reparación: Permite restaurar el equipo a un estado óptimo de funcionamiento, y se dividen en dos parámetros de ejecución, la planificación el cual permite realizar una inspección, analizar su resultado y desviar entre los resultados establecidos para finalmente reparar el equipo; el otro parámetro es la inspección técnica, el cual al haber una falla en el equipo se realiza la revisión de los daños y luego se repara el equipo.

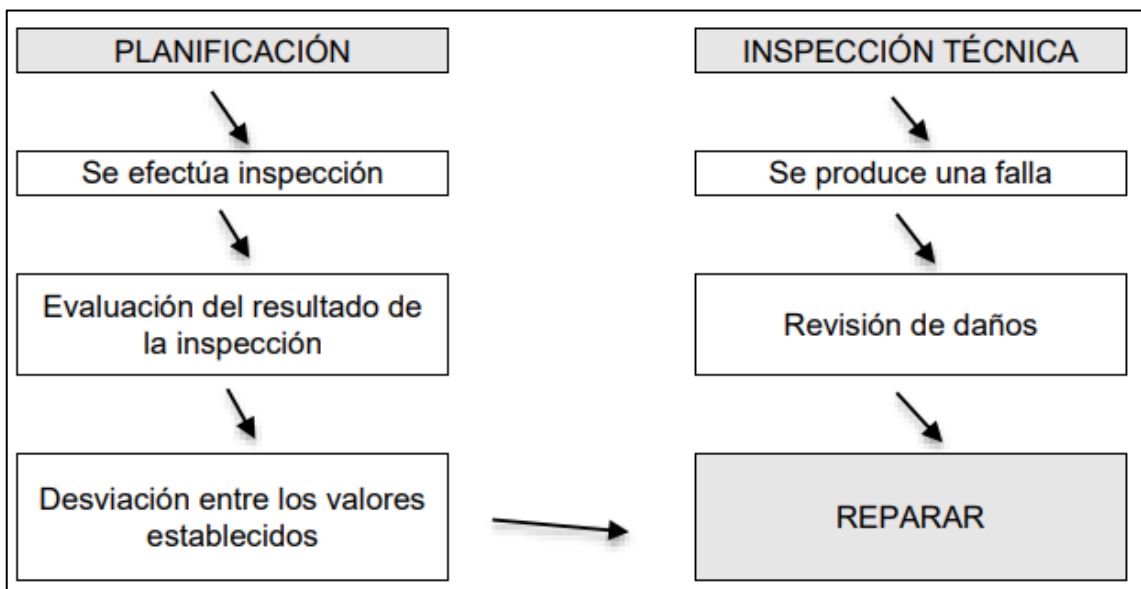


Figura N° 5. Reparación de los equipos

Fuente: Ccoyo, 2021 [12]

Los indicadores a considerar en un mantenimiento son:

Tiempo medio entre fallas (MTBF), este indicador nos permite saber el promedio de cada cuanto tiempo ocurre una falla. Para poder medir este indicador se deben tener en cuenta tres datos importantes, los cuales son: el tiempo disponible o tiempo en el que el equipo debería estar trabajando con normalidad, es decir, operando al 100% de su capacidad, el tiempo de inactividad, el cual nos da el tiempo que el equipo estuvo suspendido o fuera de actividad quizás por algún problema técnico o simplemente por para de producción, y la cantidad de averías inesperadas registradas. [13]

Este indicador se asocia generalmente con la confiabilidad del equipo, la fórmula para representar el tiempo medio entre fallas (MTBF) es:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo en inactividad}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}}$$

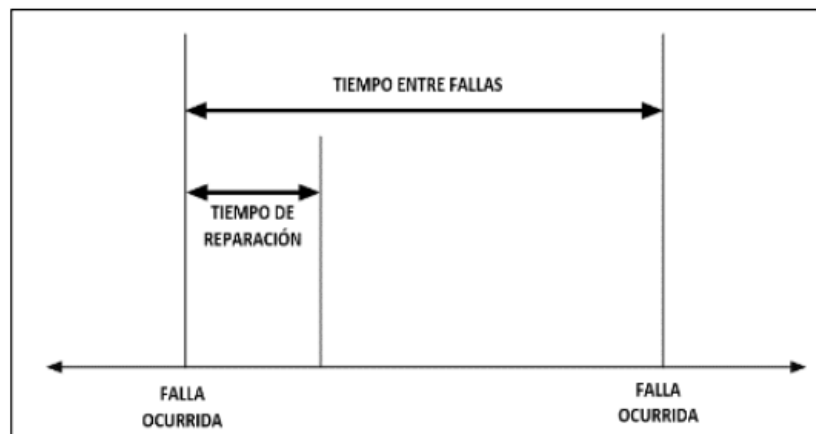


Figura N° 6. Tiempo medio entre fallas

Fuente: Ayulo & Cubas, 2023 [13]

Tiempo medio para reparar (MTTR), se refiere al tiempo que demora en repararse un equipo o máquina, es decir, mide la efectividad de reparar la unidad y dejarlo en óptimas condiciones. Para conocer esta medida se requiere conocer el tiempo de paralización por falla del equipo y el número de fallas ocurridas en

un determinado tiempo. De este tiempo medio para reparar se relaciona la mantenibilidad de los equipos. [13]

$$MTTR = \frac{\text{Número de horas de paro por averías}}{\text{Nº de averías}}$$

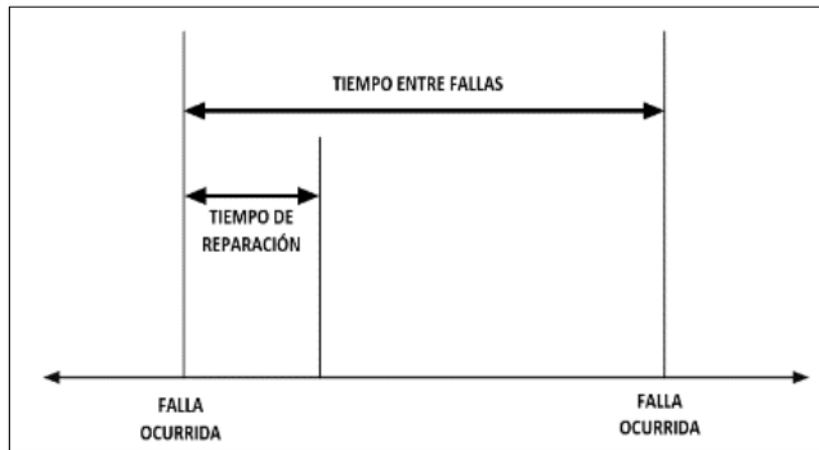


Figura Nº 7. Tiempo medio para reparar

Fuente: Ayulo & Cubas, 2023 [13]

Disponibilidad (D):

Este indicador nos mide el tiempo de utilidad que un equipo o maquina tiene disponible para ejecutar un trabajo. Para conocer este indicador es necesario obtener datos como el tiempo de jornada de operación, y el tiempo de para de cada máquina en caso requiera algún mantenimiento, inspección, u otros. [13]

La disponibilidad en una maquina o equipo asegura brindar un servicio de calidad, por lo que se mide a través de un porcentaje de disponibilidad de la máquina para ejecutar una labor o trabajo encomendado. [13]

$$D(\%) = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de para por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

Confiabilidad (R):

Este indicador nos da el grado de confianza que tiene una maquina o equipo en relación con la manifestación de una nueva avería o falla. También se expresa como el grado de confianza que brinda una maquina o equipo para que este no se malogre. [13]

La ecuación de confiabilidad de un equipo se puede expresar de la siguiente manera:

$$R(t) = e^{-\lambda.t}$$

Donde:

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado

e : Numero de Euler

λ : Tasa de fallas = $\frac{1}{MTBF}$; $MTBF$ es tiempo medio de fallas.

Detectabilidad:

Este indicador hace referencia a cuan probable es que detectemos o no un fallo o avería en una maquina o equipo, mientras más complicado es detectar la avería más tiempo tomará en repararse el equipo. [14]

Para analizar la probabilidad de detectabilidad en los equipos se considera lo siguientes criterios:

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posterioridad.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estudios de producción.	4-6
Pequeña	Es defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

Figura N° 8. Criterio para evaluar la Detectabilidad del fallo

Fuente: Morales, 2019 [14]

Gravedad:

Este indicador hace referencia a que tan grave es la avería con respecto a la percepción del cliente o usuario. [14]

Para determinar la gravedad del fallo se tienen los siguientes criterios:

Tabla 2: Criterios para evaluación de la Gravedad (G) del Fallo

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones Imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema.	1
Baja Repercusiones irrelevantes	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia.	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias.	9-10

Figura N° 9. Criterio para evaluar la Gravedad del fallo

Fuente: Morales, 2019 [14]

Frecuencia:

Este indicador hace referencia a que tan seguido ocurren una avería en un equipo o máquina, brindando fiabilidad o que tan propenso es la aparición de un fallo. [14]

Para determinar este indicador de Frecuencia, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonable esperable en la vida del sistema.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del sistema o equipo	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Figura Nº 10. Criterio para evaluar la Frecuencia del fallo

Fuente: Morales, 2019 [14]

2.3. Marco conceptual

Esterilización

La esterilización es un proceso de calentamiento mediante el cual se suprimen agentes micro orgánicos contaminantes. Para una correcta esterilización se tienen en cuenta diferentes métodos los cuales dependen del tipo de material y el producto que contenía, haciendo variar parámetros como la temperatura, presión, y tiempo de centrifugación. [15]

El ciclo de esterilización, hace referencia al tiempo que lleva el proceso dentro del equipo, para obtener una esterilización eficaz la temperatura debe llegar a un valor establecido capaz de desintegrar los gérmenes que contiene el recipiente. [15]

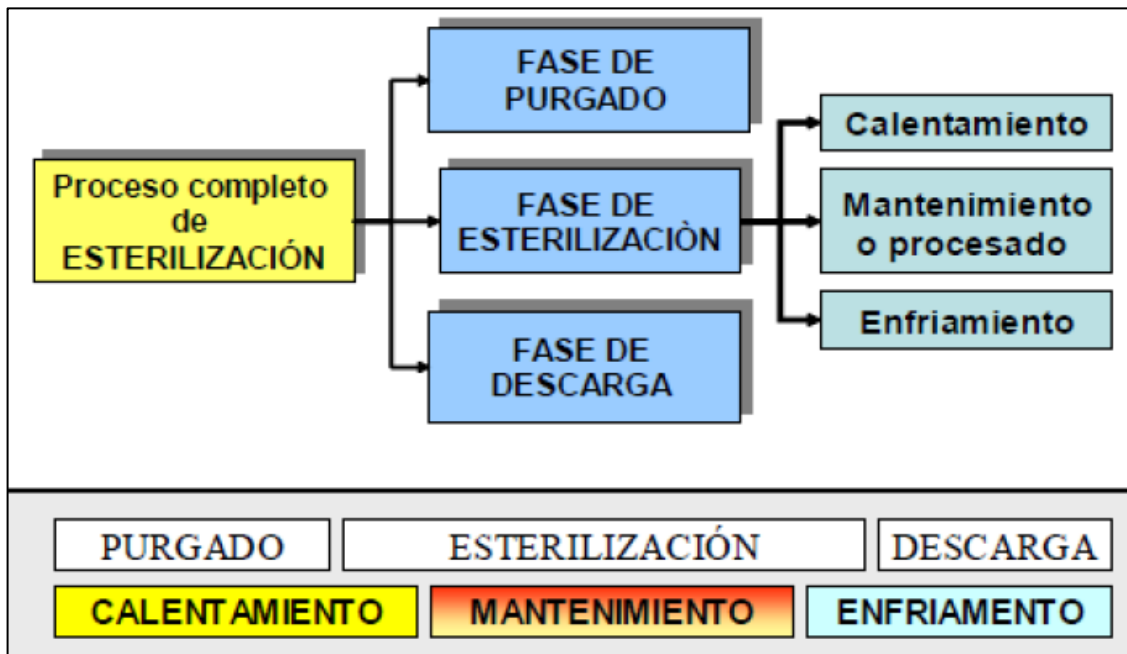


Figura N° 11. Etapas del proceso del ciclo de esterilización y secuencia temporal de las mismas

Fuente: Arellano & Bobadilla, 2014. [15]

Para acabar con los gérmenes que se encuentran en un material, y obtener una buena esterilización, se nombran algunos principios, entre ellos tenemos:

Primero, considerar la potencia del insumo utilizado para la desinfección. Segundo, el tiempo de exposición a que se encuentra sometido el material, mientras mayor sea el tiempo mayor es la seguridad de que el insumo utilizado para la desinfección haya realizado un trabajo eficaz. Tercero, considerar aspectos como la temperatura, humedad, presión, entre otros; los cuales son variables que se tienen en cuenta para la esterilización. Cuarto, la presencia de sustancias extrañas en el material, lo que dificulte el proceso de esterilización. [16]

El proceso de esterilización es importante debido a la gran cantidad de agentes infecciosos que se encuentran en los centros médicos y laboratorios, estos microorganismos se adhieren a las personas ocasionando enfermedades. Las vías de transmisión de estos microorganismos en las personas pueden ser oral, respiratoria, sanguínea, etc. Por ello se deben reconocer que tipo de microorganismos está expuesto cada material o instrumento de laboratorio para realizar el control y la desinfección adecuada. [17]

Temperatura y periodo de esterilización

Los parámetros de temperatura y periodo de esterilización varían según el tipo de microorganismo a tratar y el material del recipiente o instrumento que lo contiene. Estos parámetros deben ser manipulados con sumo cuidado de lo contrario el nivel de esterilización sería inadecuado e incluso podría ocasionar inconvenientes con el recipiente o instrumento tratado. A continuación, se observa la gráfica del proceso en un equipo de esterilización, en donde el tratamiento de desinfección empieza cuando el tiempo de calentamiento alcanza una temperatura adecuada, manteniéndose por unos minutos que son considerados según el tipo de microorganismo a desinfectar, y luego entra a la etapa de enfriamiento. [18]

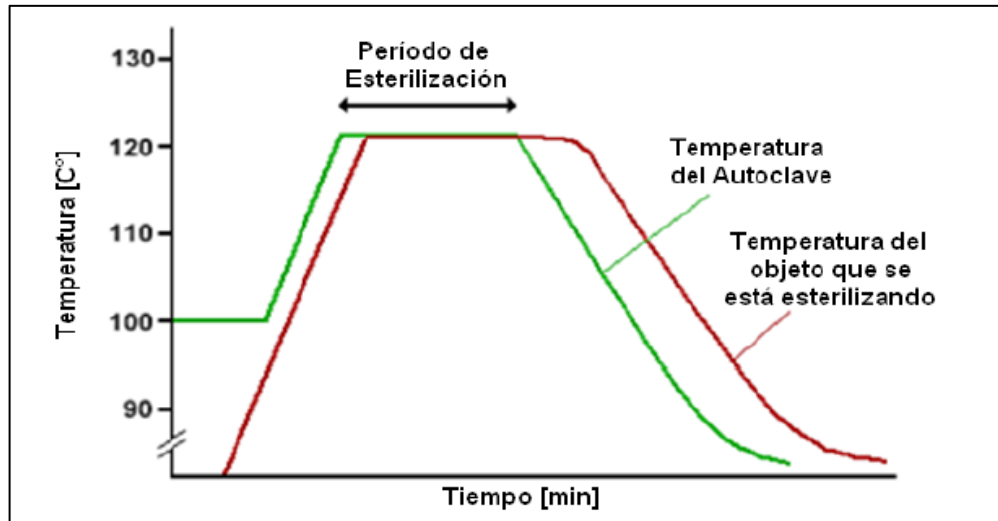


Figura N° 12. Proceso de esterilización

Fuente: Mendoza & Zavala, 2013 [18]

Este periodo de esterilización se puede analizar de forma estadística, determinando las constantes y considerando que el periodo al cual es implantado el material es proporcional a la cantidad de gérmenes muertos que se consigue. Este proceso de esterilización es asintótico por lo tanto se predice que no se puede obtener un resultado del 100% de desinfección. [18]

Equipos biomédicos

Los equipos biomédicos son herramientas usadas en el sector médico y farmacología. El desarrollo y diseño de estos instrumentos se relaciona con la instrumentación biomédica, rama que se encarga del diseño de instrumentos y equipos para conseguir datos sobre procesos médicos y poder aplicar los tratamientos requeridos. Los pacientes son observados y tratados con ayuda de equipos médicos, los cuales según el uso pueden ser de diferentes tipos, para monitoreo, para diagnóstico o incluso para procedimiento de emergencia que busque salvaguardar la vida de una persona. [3]

Existen organizaciones que se encargan de regular la industria de los equipos médicos, cerciorándose que se cumplan los estándares de calibración y funcionamiento de calidad para que no haya peligro alguno al ser usado en los

pacientes. Para la obtención de estos equipos médicos, al ser tan delicados y riesgosos, se debe considerar algunos aspectos importantes, tales como verificar el ciclo de vida del equipo, la clase de tecnología que comprende, el nivel de acondicionamiento y riesgo del equipo, se deben realizar pruebas antes de ser usados en personas, considerar el rendimiento actual del equipo, y tener presente las normas de salud que establece el país donde se hace la adquisición. [3]

Todos los equipos biomédicos se llevan mediante una capacitación que generalmente es brindado por el departamento biomédico o técnico, en donde se explicarían los aspectos antes mencionados, como evaluación, inspección, y reparación o mantenimiento del equipo. [3]

La autoclave:

La autoclave es un esterilizador usado generalmente en los laboratorios médicos, su finalidad es esterilizar un producto y para ello, este producto es expuesto a grandes temperaturas y presión, de esta manera, eliminar los microorganismos infeccioso que el producto contenga. La autoclave, al ser un dispositivo de forma de un recipiente o tanque metálico, totalmente hermético para poder ejercer y resistir una temperatura y presión elevada, es usado también en la industria los cuales generalmente emplean el vapor o el óxido de etileno para la eliminación de microorganismos que contenga. [19]

Métodos de Esterilización	Parámetros Críticos
Vapor	Tiempo, Temperatura y Vapor saturado
Calor Seco	Tiempo y Temperatura
Óxido de Etileno	Tiempo, Temperatura, Humedad y Concentración de Agente Químico
Formalinhido (FA)	Tiempo, Temperatura, Humedad y Concentración del (FA)
Plasma de Peróxido de Hidrógeno	Tiempo, Temperatura, Humedad y Concentración del Peróxido
Radiación Ionizante	Dosis Total Absorbida y Tiempo de Exposición

Figura N° 13. Agentes de esterilización

Fuente: Chura, 2020 [19]

Partes de la autoclave:

La autoclave básicamente comprende las siguientes partes:

- Recipiente de alta presión con tapa junta
- Válvula de control de presión
- Válvula de seguridad
- Mecanismo de expulsión de aire
- Manómetro
- Válvula de suministro de vapor
- Cámara
- Conducto de salida de vapor excedente
- Puerta
- Termómetro
- Conducto de ingreso de vapor
- Cubierta de circulación de vapor [20]

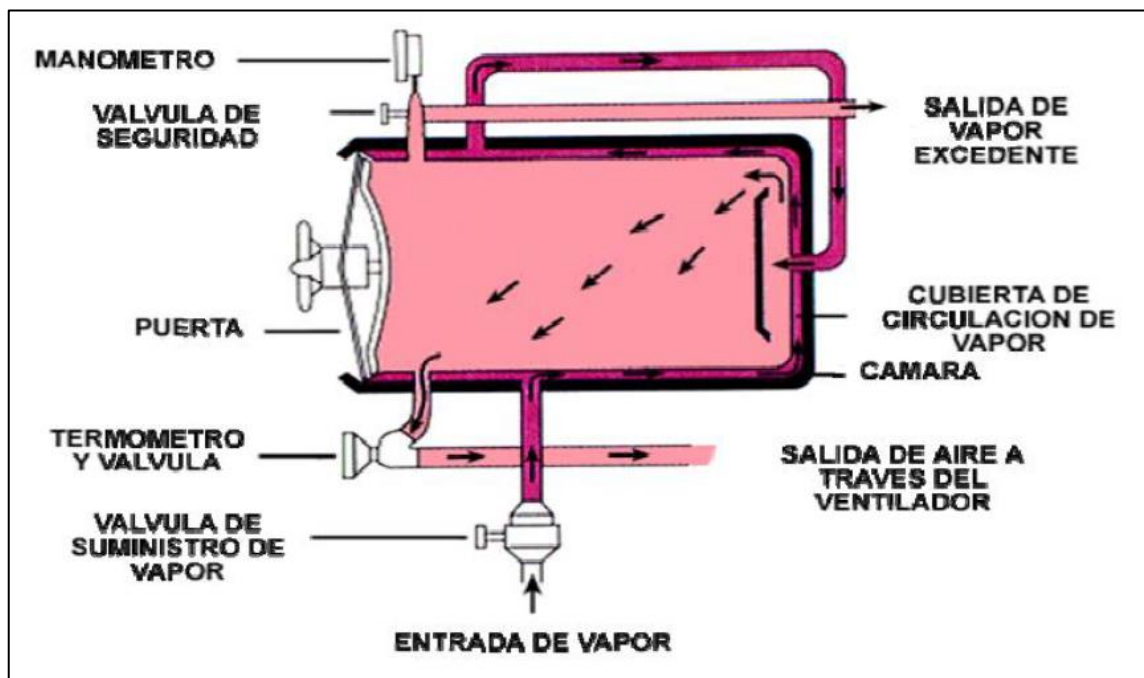


Figura N° 14. Partes básicas de la autoclave

Fuente: Calva, 2009 [20]

Tipos de autoclave

Las autoclaves pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- Según su forma de operación o manipulación: Manual, semiautomática y automática.
- Según el tipo de vapor que produce: Vapor centralizado, generador eléctrico, generador a gas.
- Según su funcionamiento: Desplazamiento por gravedad, con sistema de vacío previo, sistema pulsante. [21]

Autoclaves con desplazamiento por gravedad:

Este tipo de autoclaves funcionan bajo el principio de la expulsión del aire, de la parte interna de la cámara o la de la carga. El aire es dirigido por la presión de vapor de la parte interna de la cámara para que luego este salga expulsado. Generalmente este tipo de autoclave es usado para esterilizar líquidos. [21]

Autoclaves con sistema de vacío previo:

Su forma de funcionamiento es similar a las autoclaves con desplazamiento por gravedad, sin embargo, es más ventajoso debido a la forma en como ingresa el vapor en los productos, obteniendo un proceso de esterilización más rápido. [21]

Autoclaves con sistema pulsante:

Este tipo de autoclaves generan una corriente de vapor en forma de pulso en el interior de la cámara, obteniendo de esta manera un ingreso sencillo en el producto a esterilizar. En la actualidad existen tipos de autoclaves con sistemas pulsantes como el de presión por gravedad, pulsaciones de vacío, y presión y vapor. [21]

Aplicaciones de la autoclave:

Las autoclaves tienen diferentes usos en la actualidad, como, por ejemplo:

Autoclaves para uso médico: Generalmente es usado para la esterilización en instrumentación quirúrgica, vestimentas hospitalarias y algunos productos sanitarios usados en los hospitales y clínicas. [21]

Autoclaves para laboratorios: uso exclusivo para esterilizar instrumentos de laboratorios para que después puedan volver a usarse sin riesgos de contaminación. Como, por ejemplo: los tubos de ensayo, probetas, matraz, etc. [21]

Autoclaves para la industria: Usado en el campo industrial para la desinfección y esterilización de compuestos como en el tratamiento de la madera, las resinas, vidrio, etc. [21]

La autoclave para uso médico tiene como objetivo principal eliminar todos los microorganismos contenidos dentro de la cámara y productos a esterilizar. En la actualidad existen muchos de estos equipos de esterilización, es por ello la importancia de que estos se encuentren en un buen estado para así garantizar la esterilización. [21]

Proceso de esterilización

Para obtener un buen proceso de esterilización con la autoclave, se debe considerar lo siguiente:

- Inicialmente se deben limpiar los objetos a procesar para así quitar todo residuo que este contenga y debe lavarse con agua destilada.
- Verificar que se esté usando agua destilada en el tanque que genera el vapor de la autoclave.
- Verificar que los parámetros de temperatura, presión y tiempo sean los adecuados.

- Emplear envolturas con características fibrosas para los objetos a esterilizar de tal manera que no perjudique la esterilización.
- Se recomienda colocar los objetos a esterilizar de manera vertical
- Colocar objetos que comprendan tiempos similares de esterilización.
- Verificar que no haya fugas, es decir que todo el recipiente esté totalmente hermético.
- Cuando la esterilización haya culminado, se debe despresurizar la cámara y dejar la puerta de la autoclave semi abierta para favorecer el enfriamiento.
- Retirar los productos una vez estén fríos, para evitar accidentes.
- Registrar la información en los instrumentos.
- Revisar la condición final del producto.
- Almacenar el objeto esterilizado. [22]

Tiempos y temperaturas estandarizadas para la esterilización

Alcance de temp. (°C)	Presión			Tiempo de exposición (minutos)
	P_{abs} (kPa)	P_{abs} (Bar)	P_{gauge} (Bar)	
115 - 118	170 - 190	1,7 - 1,9	0,7 - 0,9	30
121 - 124	210 - 230	2,1 - 2,3	1,1 - 1,3	15
126 - 129	240 - 260	2,4 - 2,6	1,4 - 1,6	10
134 - 138	310 - 340	3,1 - 3,4	2,1 - 2,4	3

Figura N° 15. Tiempos de exposición estándares para el vapor de alta temperatura

Fuente: Naveros, 2019 [23]

2.4. Definición de términos básicos

- a) **Autoclave:** Es un instrumento desarrollado para reducir los microorganismos presentes en materiales médicos o de laboratorio, y se ejecuta por medio del vapor a gran temperatura. También es usado en las fábricas alimentarias y farmacéuticas. Es considerado el método más eficaz y económico para la desinfección bacteriana. [24]

- b) **Esporas bacterianas:** Son células que de gran resistencia y sobrevivencia en diferentes medios y condiciones o agentes químicos. [25]

- c) **Presión absoluta:** Es cuando se mide con respecto al vacío, tomando en cuenta la presión de la atmosfera. Es usado generalmente en recipientes cerrados. [26]

- d) **Proceso térmico:** Estos procesos tienen como finalidad el modificar la composición de los materiales tratados, a través del calentamiento a altas temperaturas. Es usado en diferentes industrias y manufacturas. [27]

- e) **Estandarización:** Es el proceso de ajustar normas para certificar un procedimiento, producto o servicio de algún componente desarrollado, con el objetivo de tener un orden del contexto tecnológico y social. [28]

- f) **Vacío:** Hace referencia a los niveles de presión que se sostienen bajo la presión de la atmosfera. Sin embargo, siendo drásticos se podría decir que la palabra vacío indica un nivel de presión totalmente nula. [29]

- g) **Confiability:** Son técnicas, herramientas o métodos que unidos permiten determinar la calidad que se encuentra un sistema, equipo o producto dado. [10]

- h) Disponibilidad:** Es la posibilidad de algo o persona, para estar presente en cuando sea requerido. La disponibilidad hace referencia a la presencia funcional que permite otorgar respuestas, resolver inconvenientes, o brindar alguna ayuda. [10]
- i) Mantenibilidad de equipos:** Es la probabilidad que se le da a un equipo para que sea reparado después de periodo determinado sin funcionamiento. [10]

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El diseño de un plan de mantenimiento en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao.

3.1.2. Hipótesis específicas

- El diseño de un plan de mantenimiento predictivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao.

- El diseño de un plan de mantenimiento preventivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao.

- El diseño de un plan de mantenimiento correctivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao.

3.2. Operacionalización de variables

3.2.1. Definición de variables:

a) Variable independiente: Plan de mantenimiento

b) Variable dependiente: Optimización de la autoclave

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE				
Plan de mantenimiento	Es un plan de actividades que se ejecutan para dar mantenimiento a diferentes equipos.	Conjunto de tareas y actividades de mantenimiento programado	Mantenimiento predictivo	<ul style="list-style-type: none"> – Revisión visual del equipo. – Prueba test de Bowie Dick. – Prueba de funcionamiento
			Mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> – Cumple con buena esterilización. – Fuga en alguna tubería – Medición de buen calentamiento en cámara – Funcionamiento de la válvula check – Fuga de líquido en la cámara – Fuga en los radiadores – -Revisión de válvulas solenoides – Limpieza interna y externa del equipo y sus componentes
			Mantenimiento correctivo	<ul style="list-style-type: none"> – Corrección o Cambio de resistencia. – Corrección o Cambio de válvulas check. – Corrección o Cambio de tuberías. – Corrección o Cambio de válvulas senoidales.
DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Optimización de la autoclave	Mejorar el funcionamiento del equipo de esterilización por vapor	Pruebas de funcionamiento y esterilización.	Prueba automática de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> – Proceso de vacío. – Proceso de hermeticidad. – Proceso de calentamiento. – Proceso de esterilización. – Proceso de Aireación
			Prueba de esterilización	Test Bowie Dick

Fuente: Elaboración propia

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

El diseño metodológico de la presente investigación es del tipo cuasi experimental y tiene un enfoque cuantitativo ya que recolecta la información y datos a través de la observación para así probar las hipótesis planteadas, mediante una medición numérica. [30]

4.2. Método de investigación

La metodología de investigación del presente proyecto es aplicada y transversal, ya que se buscó una solución eficiente ante un problema identificado. Además, el alcance de investigación es inicialmente descriptiva ya que se aplicó conceptos teóricos de recolección de información con respecto al mantenimiento de equipos de esterilización, y posteriormente, la investigación tuvo un alcance explicativo, ya que a través de los datos obtenidos con la observación se realizó la planificación del mantenimiento del equipo de autoclave. [30]

Para la ejecución de la presente tesis, se desarrolló las siguientes etapas:

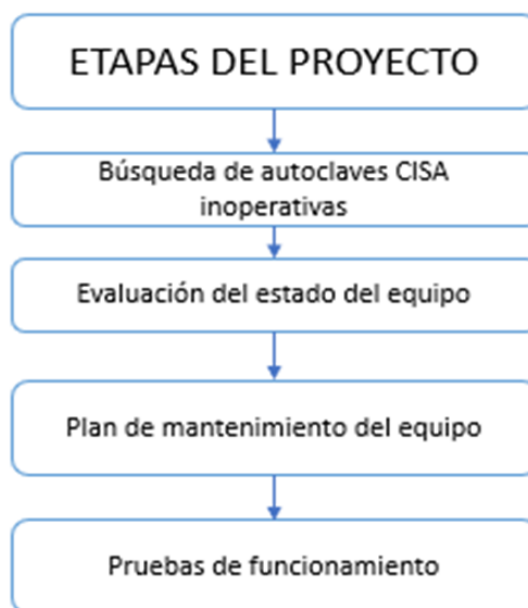


Figura N° 16. Etapas del proyecto de la tesis

Fuente: Elaboración propia

Etapa 1: Búsqueda de autoclaves CISA inoperativas

En esta etapa se realizó la búsqueda de los equipos que se encuentran inoperativos dentro del Hospital Luis Negreiros Vega. Se encontraron equipos malogrados como incubadoras neonatales, cuna calor radiante y autoclaves.

La incubadora neonatal encontrada, presentaba fallas en el motor de ventilador, tarjeta de control de temperatura y batería interna.



Figura N° 17. Incubadora neonatal encontrada con fallas

Fuente: Elaboración propia

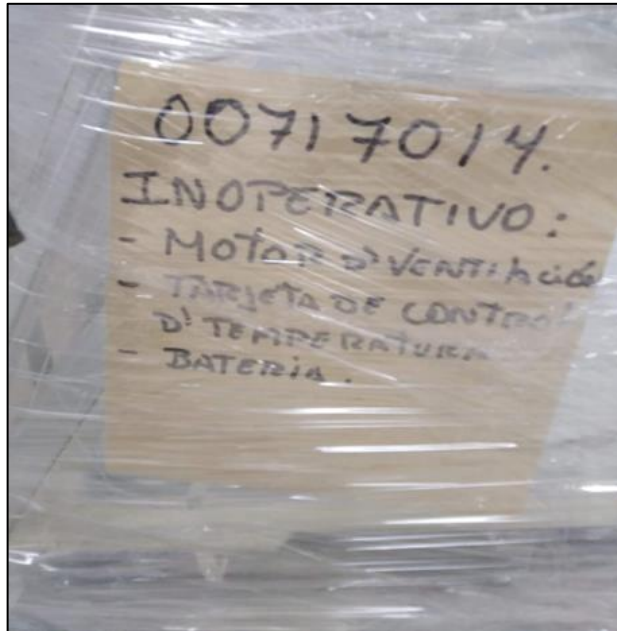


Figura N° 18. Etiqueta de fallas en incubadora neonatal

Fuente: Elaboración propia

También encontramos una incubadora con fallas en el módulo y pantalla LCD. Tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura N° 19. Incubadora neonatal encontrada con fallas en modulo y pantalla LCD

Fuente: Elaboración propia

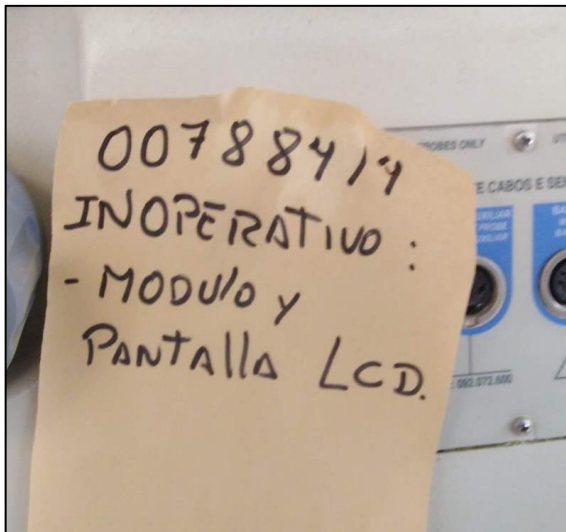


Figura Nº 20. Etiqueta con las fallas colocado en la incubadora neonatal

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la cuna calor radiante, esta se encontraba inoperativa para darse de baja. Tal como se puede apreciar en la siguiente figura:



Figura Nº 21. Cuna radiante encontrada inoperativa

Fuente: Elaboración propia

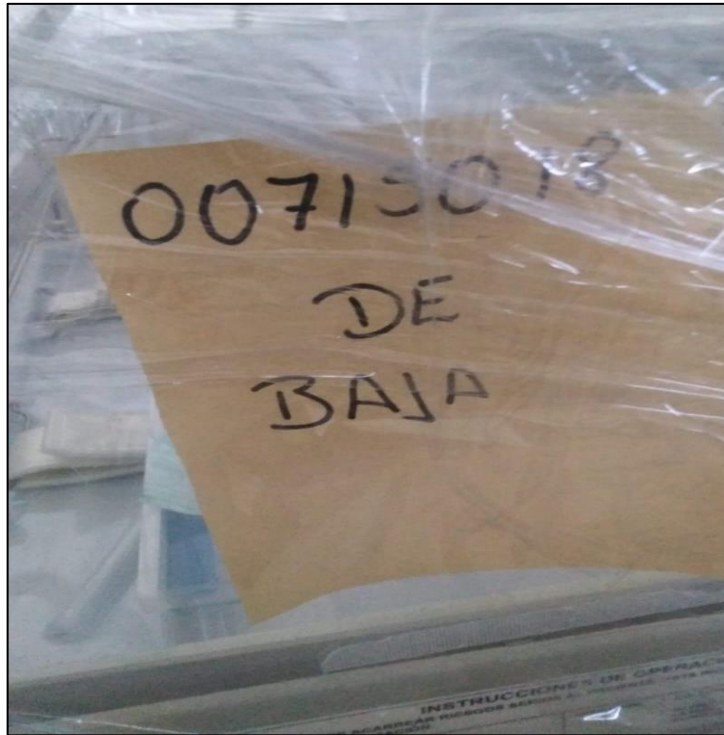


Figura N° 22. Etiqueta de baja colocada a cuna radiante

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar se encontró un equipo autoclave de marca CISA. El cuál será la muestra para la ejecución de la presente tesis.



Figura N° 23. Equipo de autoclave para pruebas

Fuente: Elaboración propia

La descripción de esta autoclave es:

- Nombre del equipo: Autoclave
- Marca: CISA
- Modelo: 250H
- -N/S: 14519
- Año de Fabricación: 2008



Figura N° 24. Descripción de la autoclave

Fuente: Elaboración propia

Cuyas características técnicas son:

- Presión admisible MAX: 3.5 Bar
- Presión admisible MIN: -1 Bar
- Temperatura admisible MAX: 148 °C
- Volumen: 25 Litros

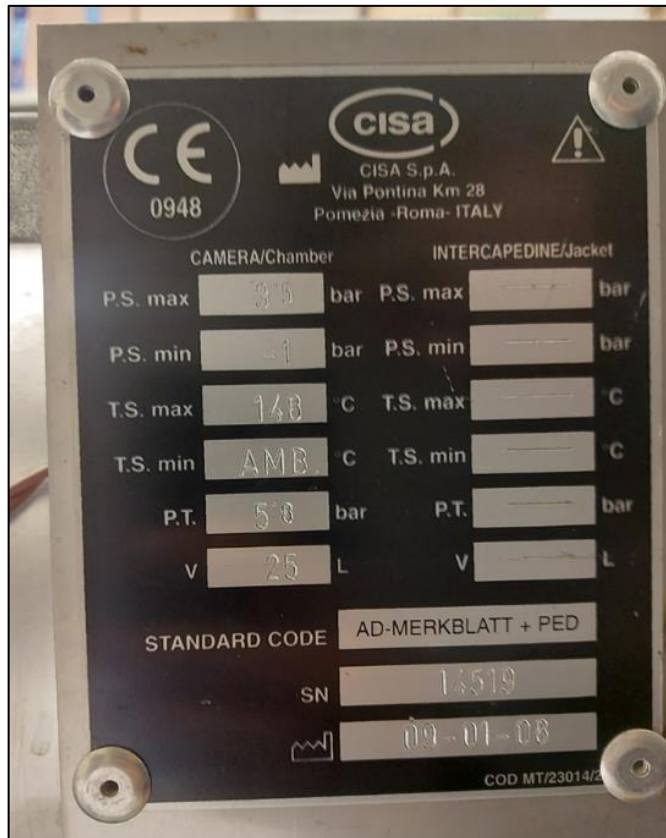


Figura N° 25. Características de la autoclave
Fuente: Elaboración propia

Etapas 2: Evaluación del estado del equipo

Evaluación 1:

Al encender el equipo se observó en el panel que sale con 3 errores los cuales son en la sonda de temperatura, falla de puerta y falla de alimentación, estos son los errores que se observa a simple vista previo a toda revisión integral y externa que se realiza en este equipo.

Falla puerta: Este error es común cuando la puerta del equipo no ha cerrado adecuadamente. Por lo que se genera esa alerta.



Figura N° 26. Alarma de FALLA PUERTA

Fuente: Elaboración propia

Falla sonda temperatura: Esa falla es porque el equipo se ha quedado sin agua por algún motivo y la temperatura en el interior de la cámara ha superado el valor permisible, el cual si es para Instrumental es mayor a los 135 grados Celsius y si es en Líquidos cuando es mayor a los 122 grados Celsius.



Figura N° 27. Alarma FALLA SONDA TEMPERATURA

Fuente: Elaboración propia

Falla alimentación: Esta falla aparece cuando hay un corte de corriente o el equipo se haya apagado de manera imprevista.



Figura N° 28. Alarma FALLO ALIMENTACIÓN

Fuente: Elaboración propia

Evaluación 2:

Se dio como resultado de impresión los siguientes datos, como se observa da valores de (tiempo, temperatura, presión), en donde se nota que hay un problema de “VAPOR NO SATURADO”, el cual sucede porque hay algún problema interno en el que la resistencia no llega a calentar lo suficiente en el tiempo determinado o establecido, para que la cámara llegue a 134 °C. Además, se considera:

Vapor Saturado: Cuando todas las moléculas de agua están en estado gaseoso.

Vapor no Saturado: Cuando el vapor arrastra pequeñas gotas de agua.

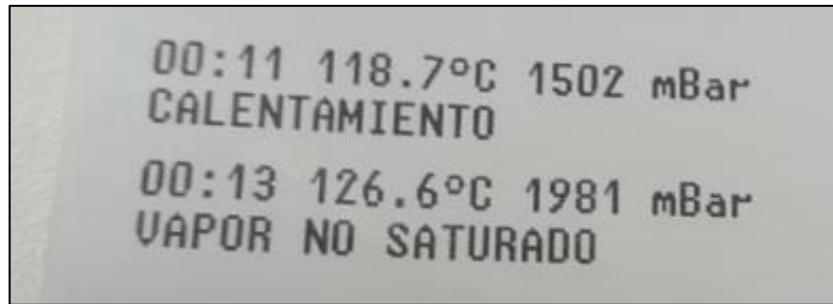


Figura N° 29. Resultado de Vapor no Saturado
Fuente: Elaboración propia

Evaluación 3:

En esta evaluación se nota un detalle en la pantalla de control, en donde aparece con rayas y es imposible la visualización. Esta falla duró unos segundos, sin embargo, luego regresó a la normalidad.



Figura N° 30. Falla en la pantalla de control
Fuente: Elaboración propia

Etapa 3: Plan de mantenimiento del equipo

Esta etapa la dividiremos en tres partes: Plan de mantenimiento predictivo, plan de mantenimiento preventivo y plan de mantenimiento correctivo.

A. Plan de mantenimiento predictivo

En primer lugar, se realiza la visualización total del equipo



Figura Nº 31. Visualización externa de la autoclave

Fuente: Elaboración propia

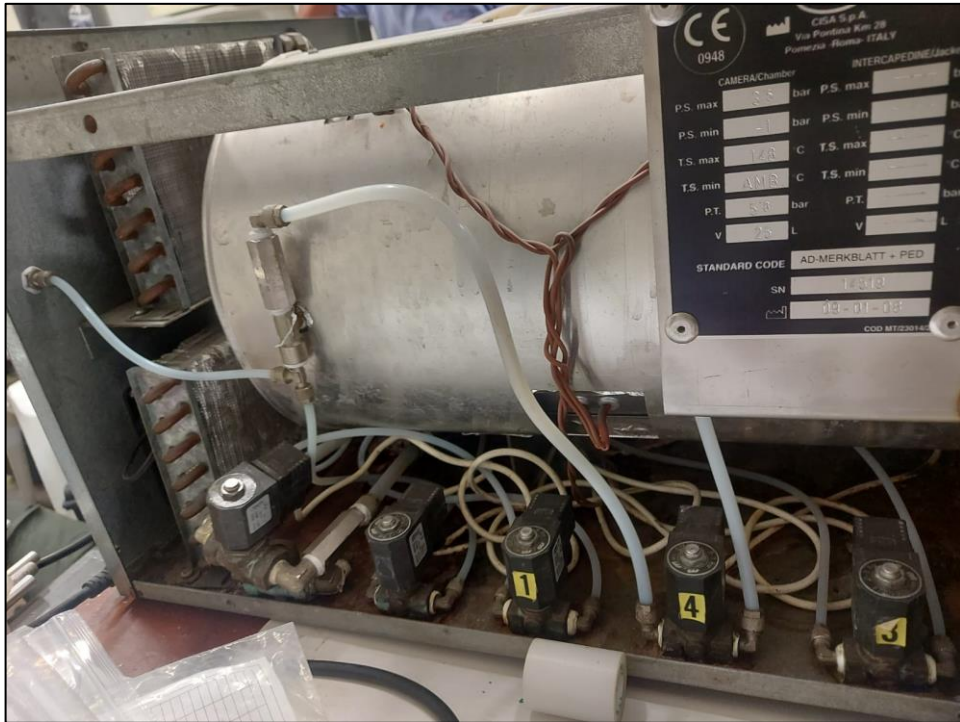


Figura N° 32. Visualización lateral derecha del equipo donde se ve las válvulas solenoidales

Fuente: Elaboración propia

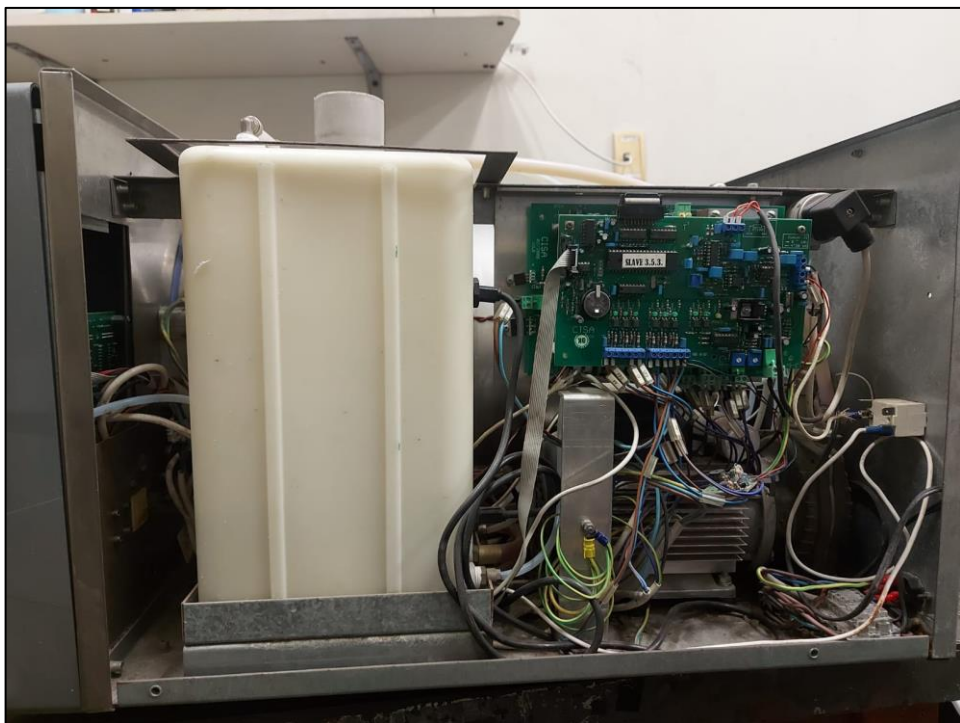


Figura N° 33. Visualización lateral izquierda del equipo

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 34. Visualización superior del equipo
Fuente: Elaboración propia

También se realiza la revisión de la cámara interna



Figura N° 35. Visualización de la cámara interna
Fuente: Elaboración propia

Se realiza la revisión visual de las 2 tarjetas electrónicas del equipo

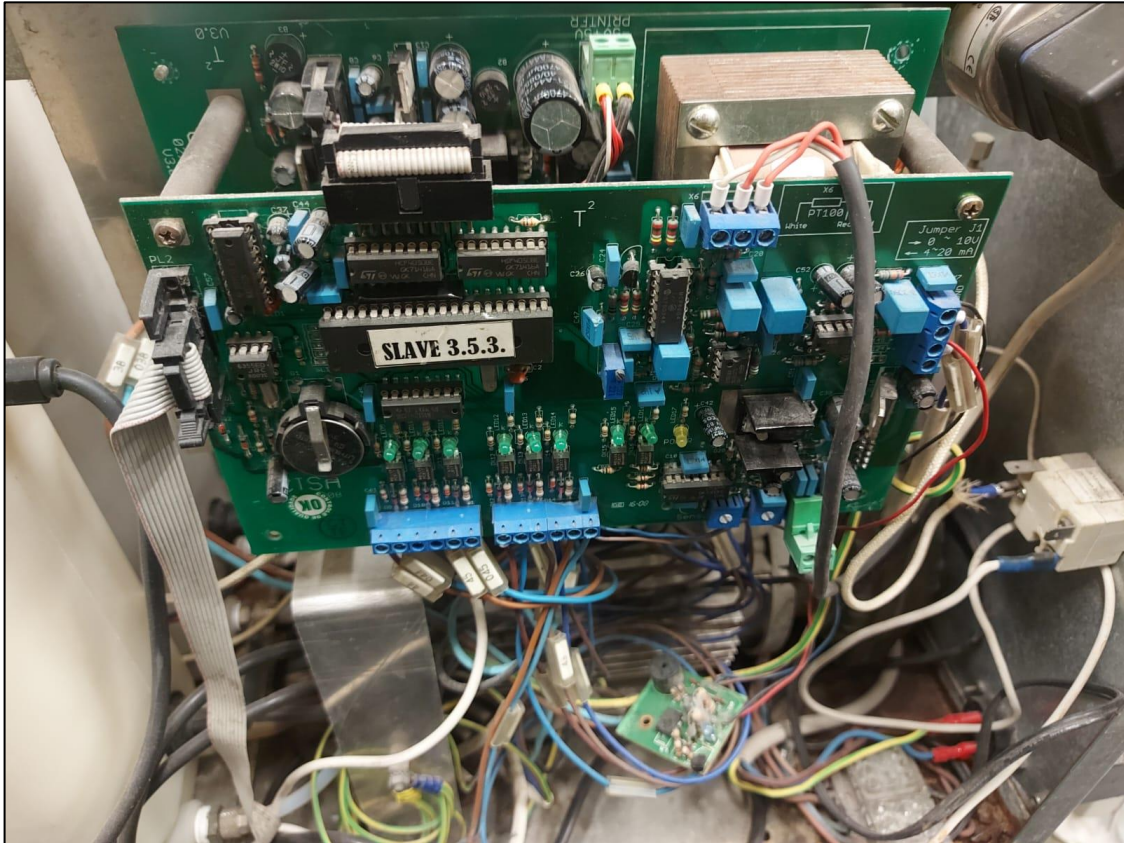


Figura N° 36. Tarjetas electrónicas del equipo

Fuente: Elaboración propia

Prueba test de Bowie Dick.

Como se observa en la figura, el resultado de la prueba de test de Bowie Dick es de color amarillento, lo que demuestra que el equipo está fallando en el proceso de esterilización, con lo que necesita mantenimiento.

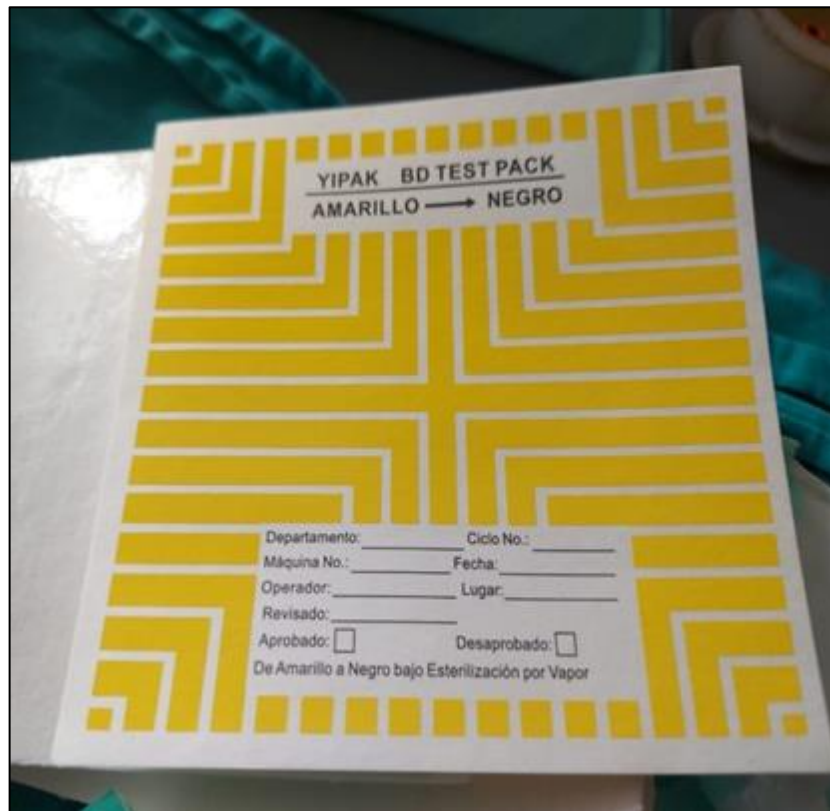


Figura N° 37. Resultado del Test de Bowie Dick

Fuente: Elaboración propia

Prueba de funcionamiento

Se realiza una impresión para conocer el estado del equipo. En la figura se nota las fallas que este equipo presenta, demostrando que ejecuta un mal proceso por lo que es necesario un mantenimiento.



Figura N° 38. Resultado de impresión de prueba de funcionamiento, equipo con fallas

Fuente: Elaboración propia

B. Mantenimiento preventivo

Se realiza la limpieza interna de la cámara de la autoclave, la cual se encuentra con residuos.



Figura N° 39. Cámara interna de la autoclave con residuos
Fuente: Elaboración propia

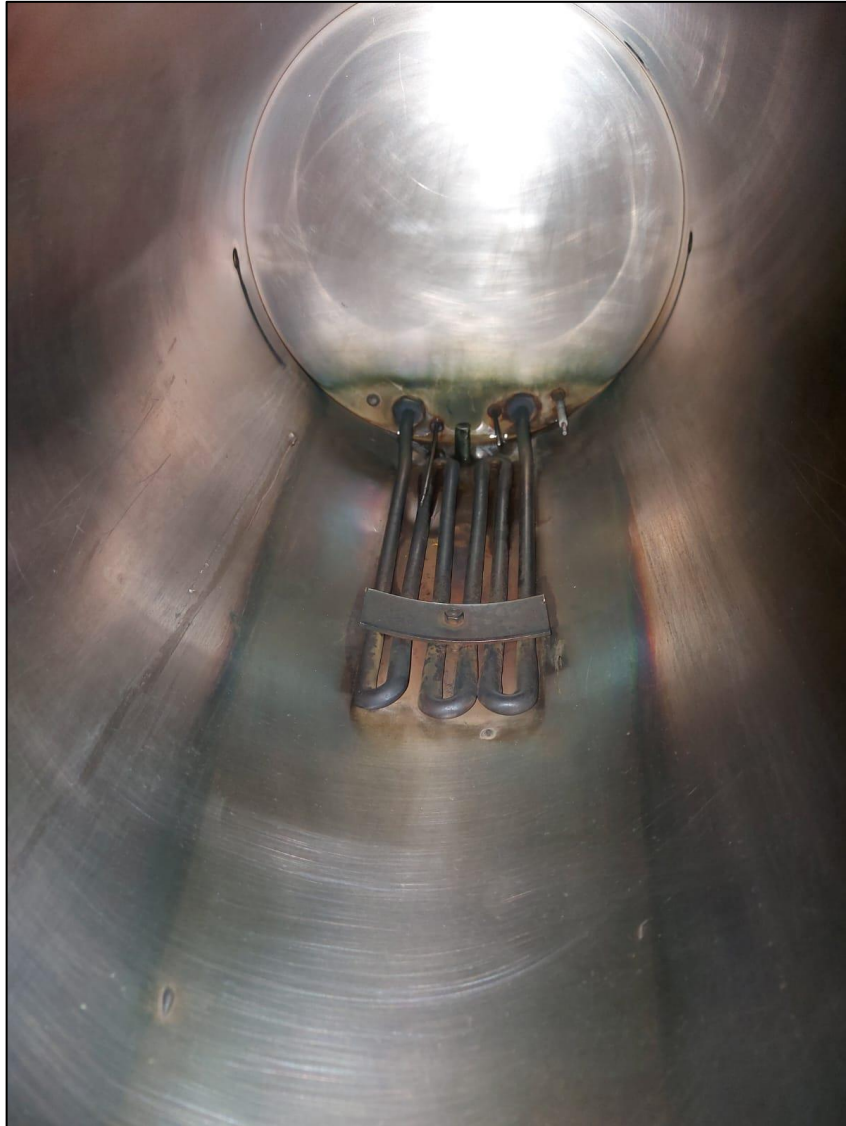


Figura N° 40. Cámara interna de la autoclave después de ejecutarse la limpieza respectiva

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la medición de la pila, la cual es de 3 voltios, y si se encuentra descargada se hace el cambio por una pila nueva.



Figura N° 41. Medición de la pila

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la limpieza de las tarjetas electrónicas de la autoclave.

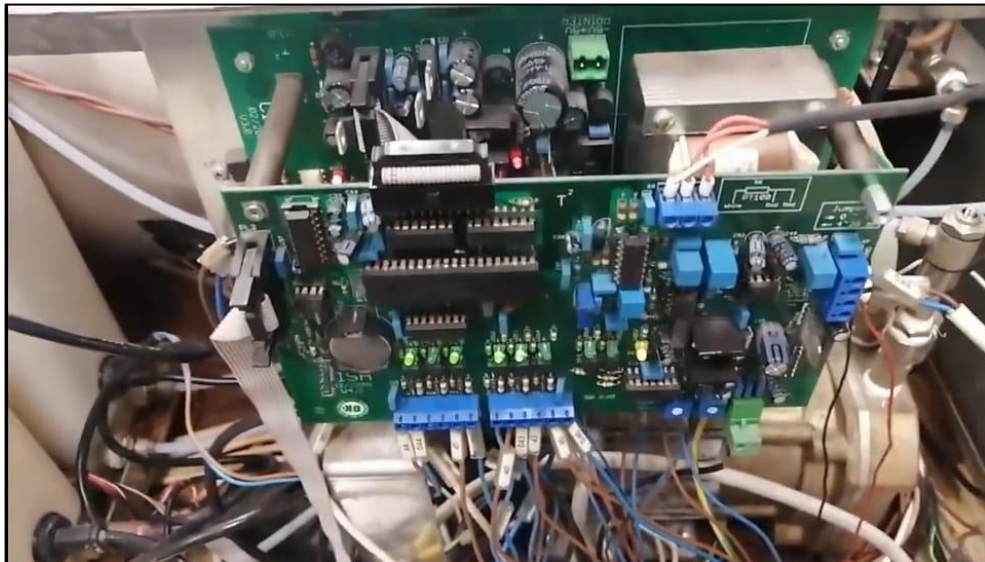


Figura N° 42. Limpieza de las tarjetas electrónicas

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la comprobación de la señal de los sensores.

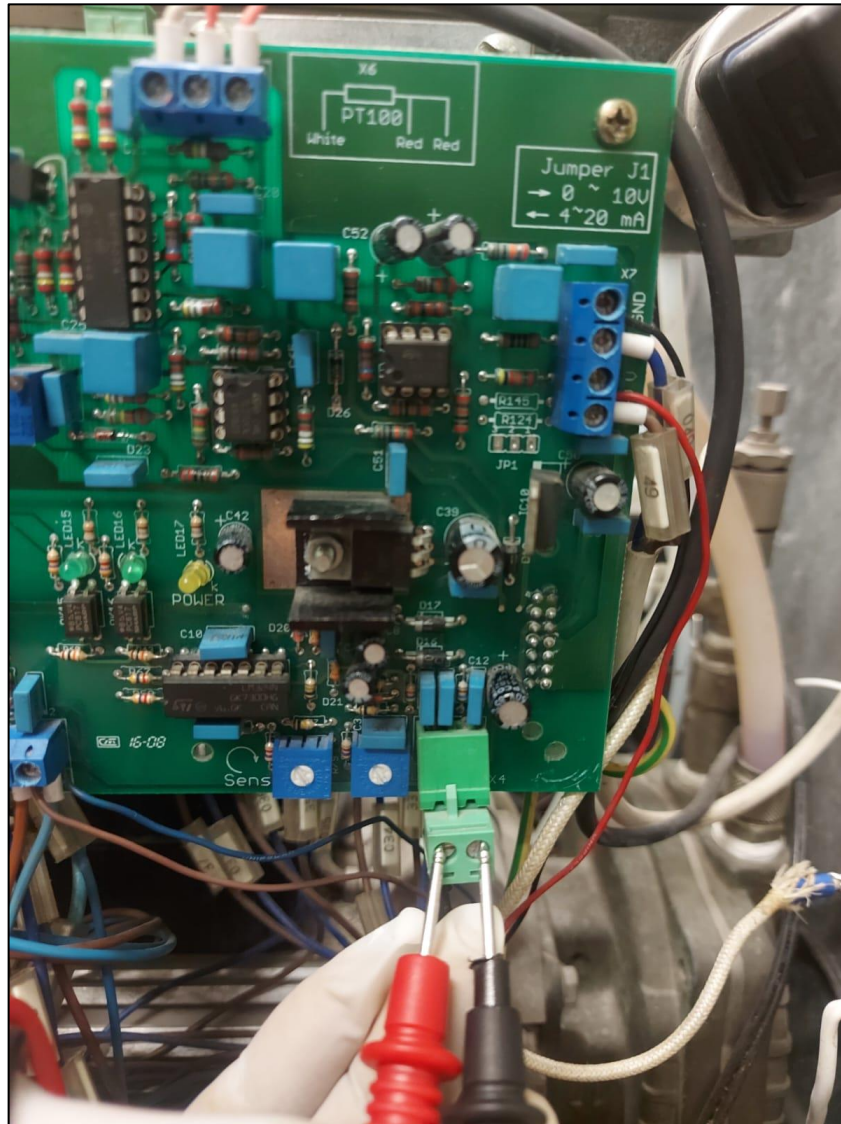


Figura N° 43. Comprobación de la señal de los sensores

Fuente: Elaboración propia

Se hace la medición de las señales de los solenoides de las válvulas electromagnéticas.



Figura N° 44. Medición de las señales de los solenoides
Fuente: Elaboración propia

Se verifica si existen fugas en alguna de las tuberías. Se encontró fugas en algunas terminales de las tuberías, pero era porque algunos tramos de las tuberías y las válvulas solenoides estaban obstruidas. Se encontró algunas tuberías de silicona que serán necesarias cambiar. También se encontró la base del equipo un poco inundada debido a la filtración de líquido.



Figura N° 45. Fugas en las tuberías por filtración de líquido
Fuente: Elaboración propia

Se realiza la verificación de funcionamiento de la válvula check, esta funciona dando paso a una sola dirección la presión. Esta válvula requiere una revisión constantemente, por lo que cada periodo se hace su calibración.



Figura N° 46. Válvula check

Fuente: Elaboración propia

Revisión de los radiadores. Esto se debe a que muchas veces se obstruye material en los radiadores, por ello se retira y se mete presión de aire para liberarles del material que tienen.

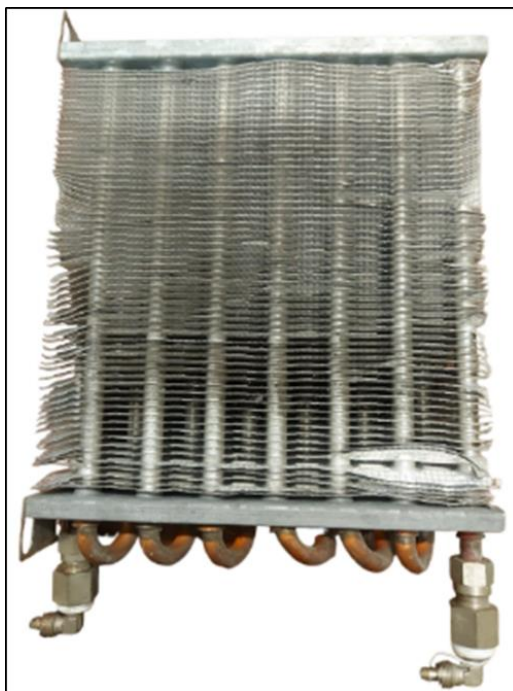


Figura N° 47. Radiador de la autoclave

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la revisión de las válvulas solenoides, ya que estas generalmente se obstruyen con material por lo que necesita hacerse una limpieza.



Figura N° 48. Limpieza de válvulas solenoides

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la verificación del estado de la resistencia interna, la cual se encuentra en mal estado.



Figura N° 49. Resistencia interna de la autoclave

Fuente: Elaboración propia

C. Mantenimiento correctivo

Se realiza el cambio de la resistencia interna de la autoclave la cual se encontraba dañada, por una resistencia en buen estado, de preferencia nueva.



Figura N° 50. Cambio de resistencia interna
Fuente: Elaboración propia

Se realiza el cambio de las tuberías en las partes requeridas.

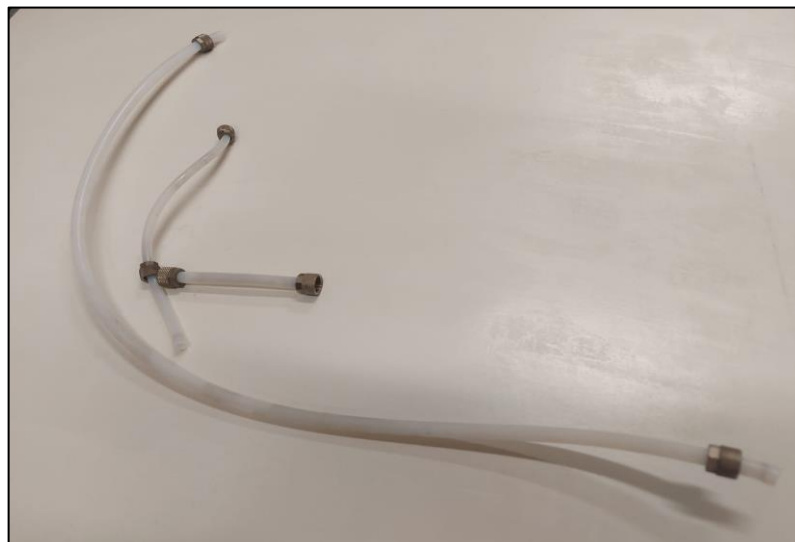


Figura N° 51. Tuberías internas de la autoclave
Fuente: Elaboración propia

Se realiza el cambio de las válvulas check y las válvulas solenoides, por unas de preferencia en estado nuevo.



Figura N° 52. Cambio de la válvula solenoide
Fuente: Elaboración propia

Se realiza el cambio de la empaquetadura de la puerta.



Figura N° 53. Cambio de la empaquetadura de la puerta
Fuente: Elaboración propia

Se realiza el cambio del sensor de nivel de agua



Figura N° 54. Cambio del sensor de nivel de agua

Fuente: Elaboración propia

Se realiza el cambio de filtro bacteriano de igualación. Este filtro se encarga de retener todos los microorganismos, bacterias y posibles virus.



Figura N° 55. Filtro bacteriano de igualación

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la corrección de cerrado de la puerta con calibración. Esta puerta se ajusta con una llave hexagonal de esa manera el cerrado es más hermético haciendo una buena esterilización el equipo.



Figura N° 56. Calibración de la puerta de la autoclave

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la corrección de los parámetros de funcionamiento del equipo. Modificándose parámetros del equipo como la temperatura, presión y pulsaciones según corresponde y de esa manera obtener un buen funcionamiento.

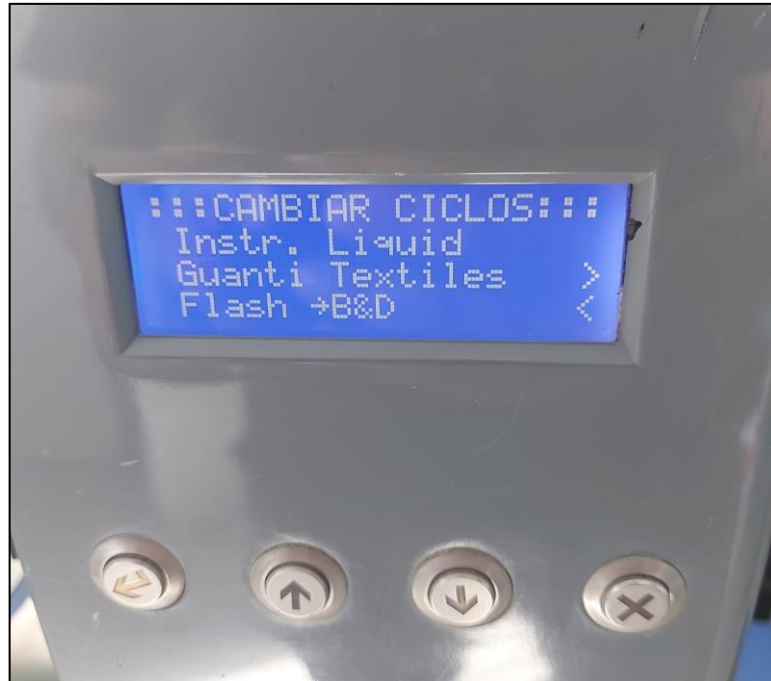


Figura N° 57. Configuración de parámetros de funcionamiento
Fuente: Elaboración propia

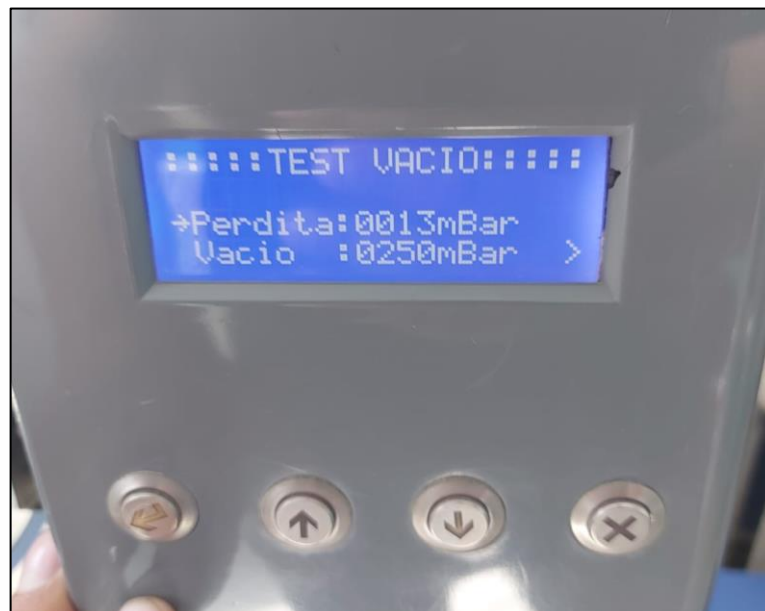


Figura N° 58. Configuración de parámetros de vacío (Presión)
Fuente: Elaboración propia

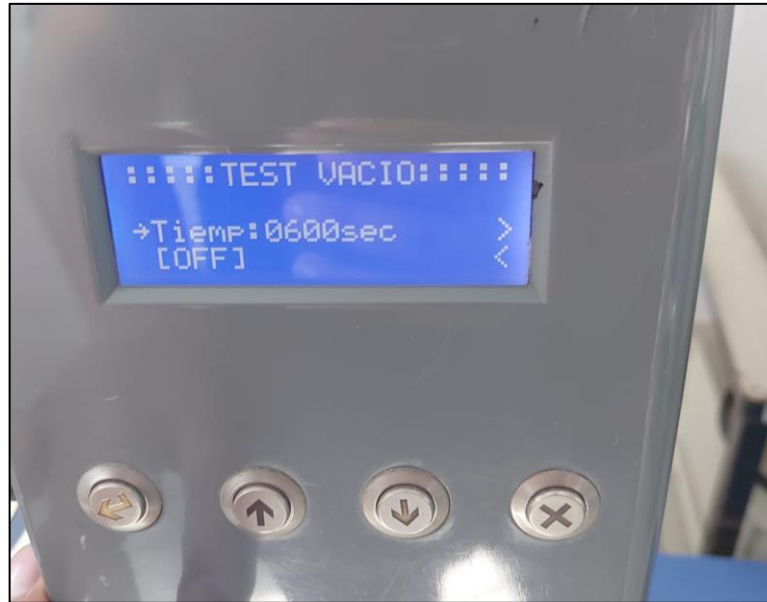


Figura N° 59. Configuración de parámetros de vacío (Tiempo)

Fuente: Elaboración propia

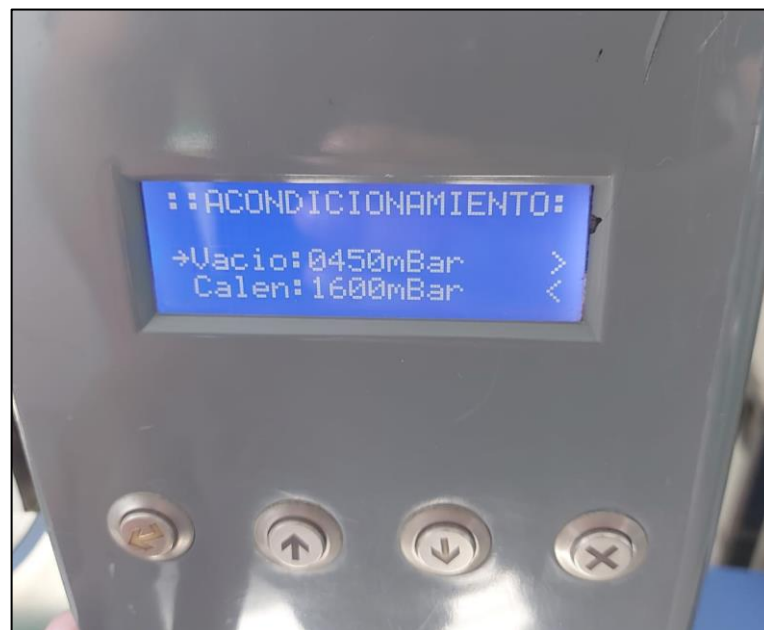


Figura N° 60. Configuración de parámetros de acondicionamiento (Presión)

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 61. Configuración de parámetros de acondicionamiento (Pulsos)
Fuente: Elaboración propia

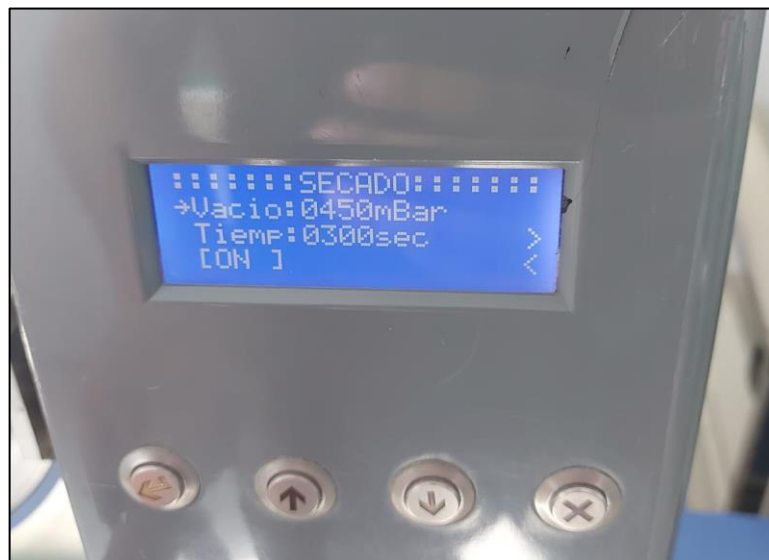


Figura N° 62. Configuración de parámetros de secado
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 63. Configuración de parámetros de enfriamiento
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 64. Configuración de parámetros de esterilización
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 65. Configuración de parámetros de calentamiento
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 66. Confirmación final de parámetros de funcionamiento
Fuente: Elaboración propia

Etapa 4: Pruebas de funcionamiento

En esta etapa se realizó la prueba automática de funcionamiento y la prueba de esterilización, las cuales comprenden lo siguiente:

Prueba automática de funcionamiento:

- Proceso de vacío.
- Proceso de hermeticidad.
- Proceso de calentamiento.
- Proceso de esterilización.
- Proceso de Aireación

Prueba de esterilización:

- Test de Bowie Dick

Esta etapa será mostrada en el capítulo de resultados, de la presente tesis.

4.3. Población y muestra

La población considerada en esta investigación son todos los equipos médicos que se encuentran en las diferentes instalaciones del Hospital Luis Negreiros Vega, y la muestra analizada fue el equipo de autoclave CISA del Hospital Luis Negreiros Vega.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El lugar de estudio en este proyecto de investigación fue el Hospital Luis Negreiros Vega, de la provincia del Callao. Ubicado en la Av. Tomás Valle Cdra. 39, Santa Rosa. El periodo desarrollado de la presente tesis fue de 6 meses.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La técnica para la recolección de información el cual permitió llegar al objetivo planteado es la observación la cual tienen aceptación científica.

Los instrumentos usados para la recolección de información de la presente tesis son papel BOWIE, multímetro, amperímetro y termocupla, lo que nos permitió llegar al objetivo planteado.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Con la información y datos obtenidos, se validó la hipótesis planteada, y se mostraron los resultados a través de porcentajes, aplicando estadística descriptiva. Estos fueron desarrollados en programas estadísticos como SPSS Statistics 22.0 y tablas de Excel.

4.7. Aspectos éticos en Investigación

Para la ejecución de la siguiente tesis se respetó la autoría intelectual y la ética en investigación de la Universidad Nacional del Callao, por lo que toda información comprendida en este proyecto es valorada y debidamente referenciada, la cual se comprobará con el programa anti plagio Urkund de aplicación en la UNAC.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

A. Prueba automática de funcionamiento

Se empieza a realizar una prueba en Bowie Dick, ya con todos los mantenimientos hechos incluido los cambios de repuestos y calibraciones.

– Proceso de Pre-acondicionamiento

El equipo se prepara para la esterilización, va aumentando la temperatura poco a poco.

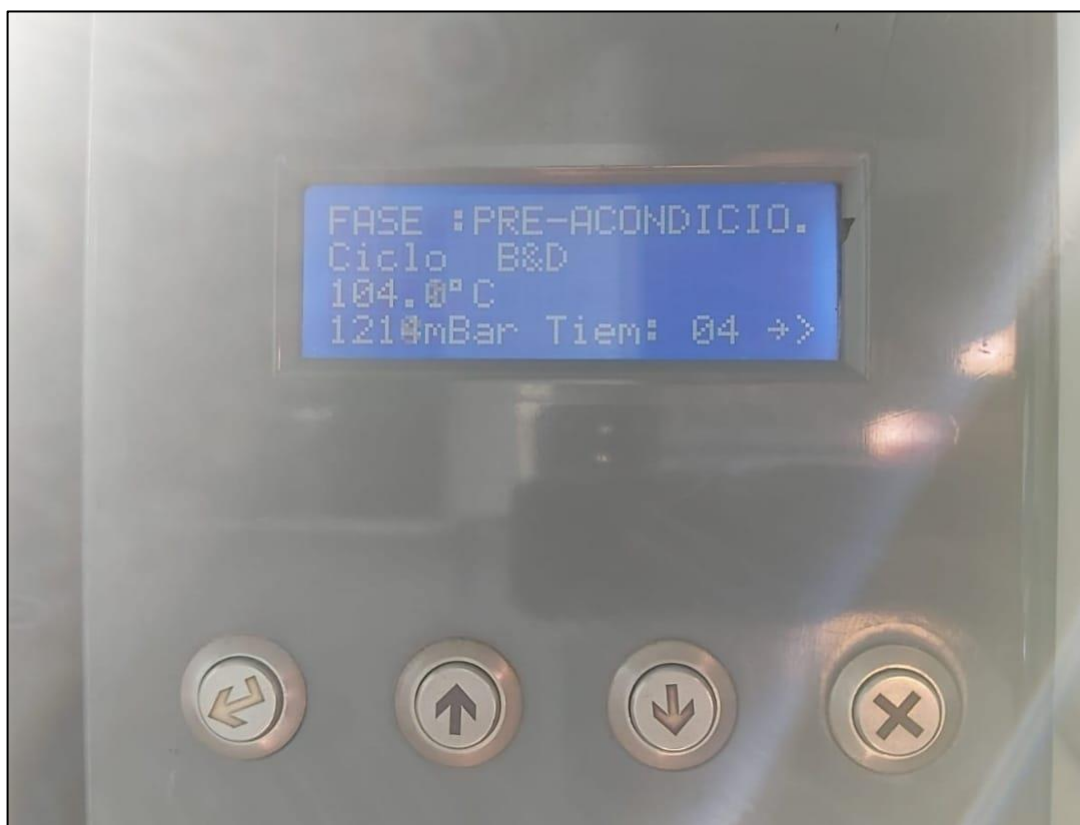


Figura N° 67. Pre-acondicionamiento, tiempo 04 minutos.

Fuente: Elaboración propia

– **Proceso de calentamiento.**

Se observa la etapa de calentamiento en el proceso de Bowie & Dick, que llega a una temperatura de 124.9°C

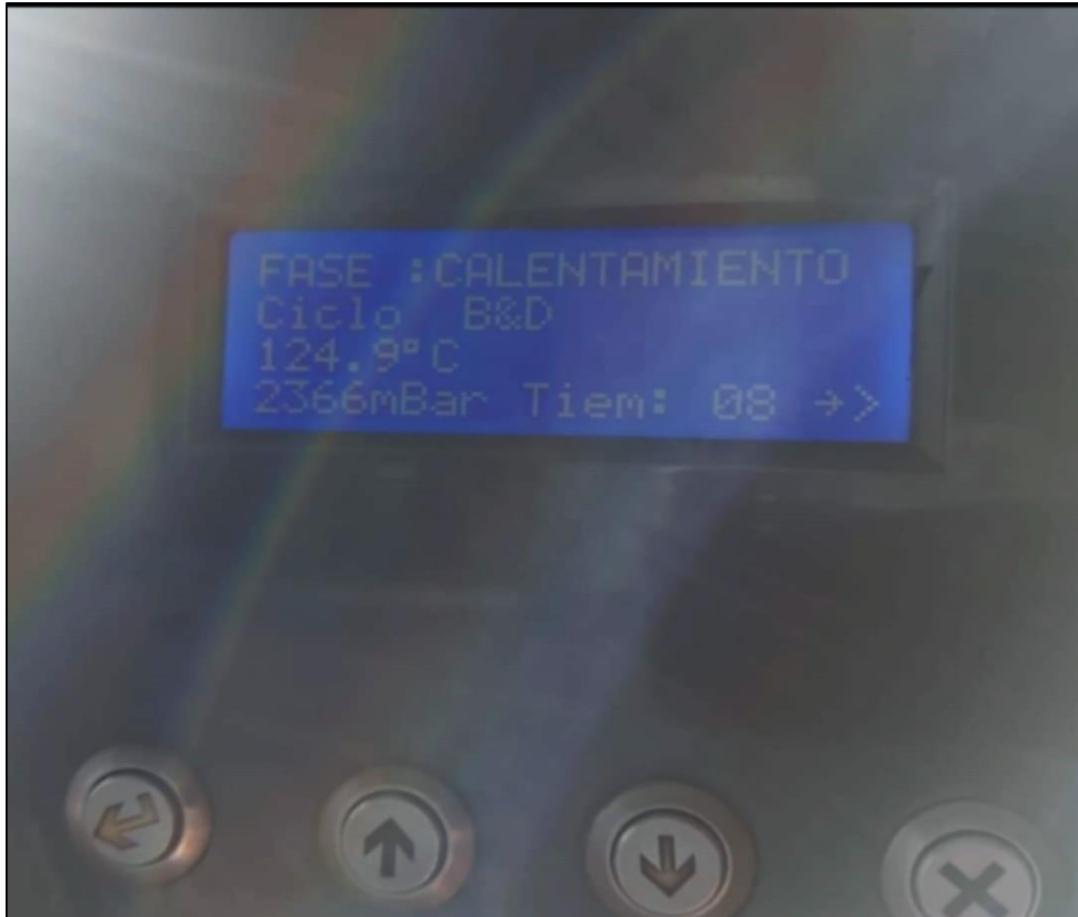


Figura N° 68. Calentamiento a 124.9 °C. Tiempo 08 minutos

Fuente: Elaboración propia

Se coloca la termocupla dentro de la cámara para verificar si llega a la temperatura programada.



Figura N° 69. Colocación de la termocupla en el interior de la cámara

Fuente: Elaboración propia

Se coloco la termocupla dentro de la cámara. Se ve el cable de la termocupla como ingresa al equipo.



Figura N° 70. Cable de la termocupla

Fuente: Elaboración propia

Temperatura registrada en el multímetro

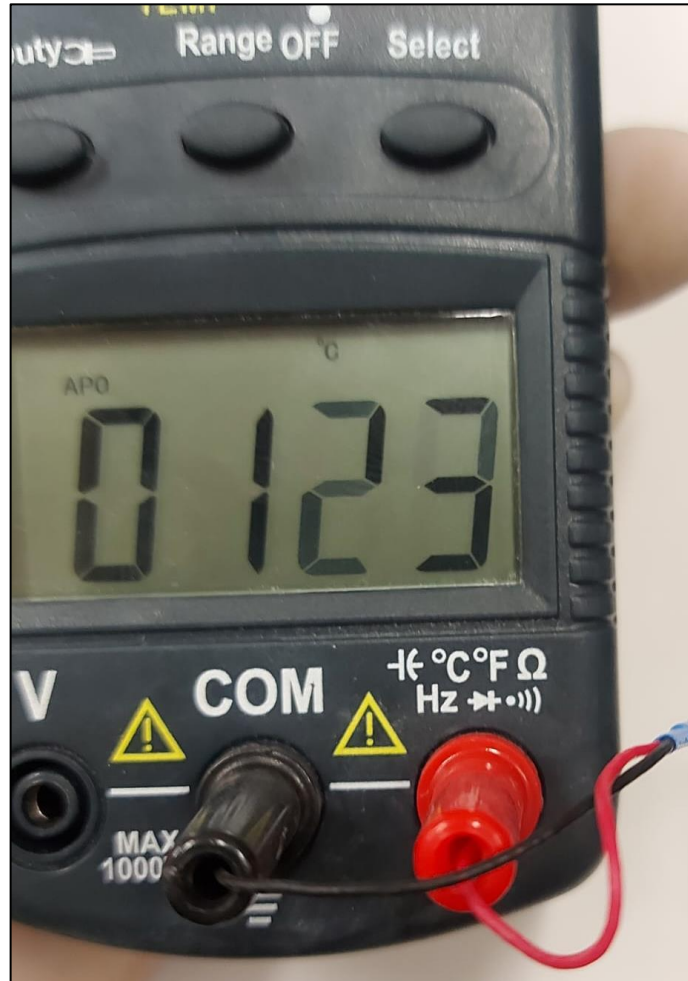


Figura N° 71. Registro de temperatura de 123°C.

Fuente: Elaboración propia

– **Proceso de esterilización**

Se observa la etapa de esterilización en el proceso de Bowie & Dick, que llega a una presión de 3126 mBar



Figura N° 72. Fase de esterilización a 134.5 °C y 3.1 Bar

Fuente: Elaboración propia

Se coloca un manómetro para verificar la presión que se programó en el equipo.

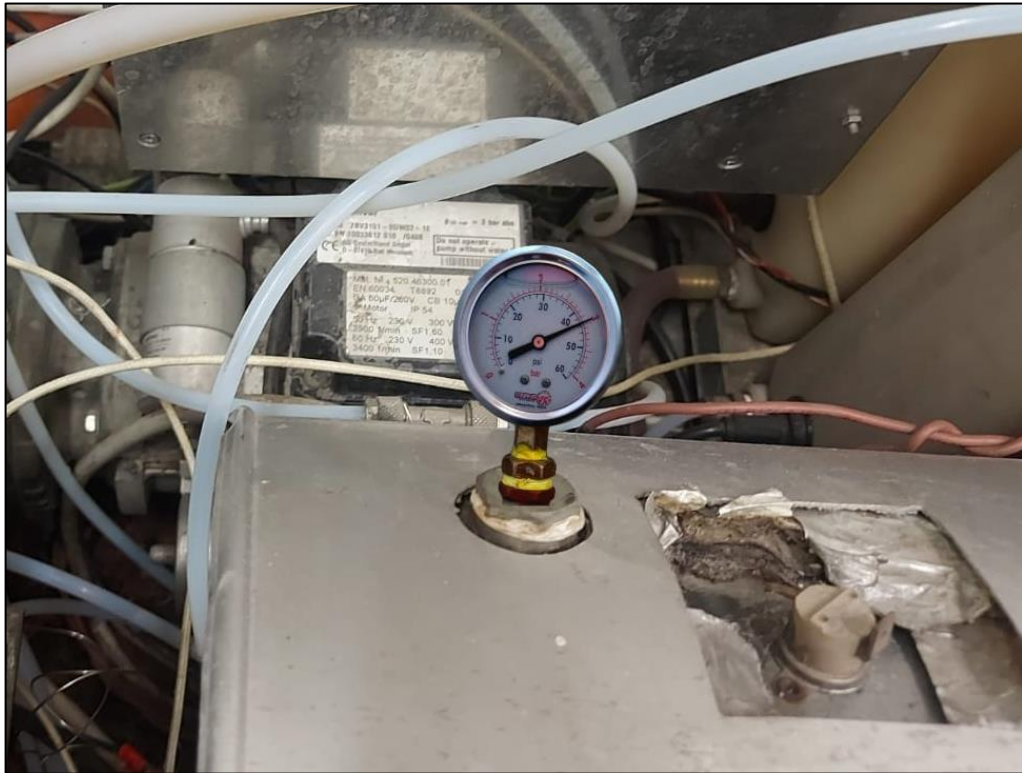


Figura N° 73. Registro de presión en el manómetro de 3.05 Bar

Fuente: Elaboración propia

- **Proceso de Secado**



Figura N° 74. Proceso de secado, en el minuto 21

Fuente: Elaboración propia

- **Proceso de Aireación**



Figura N° 75. Proceso de aireación, en el minuto 27

Fuente: Elaboración propia

B. Prueba de esterilización

- Test Bowie Dick

Acabando con todo este trabajo, el resultado del Test Bowie Dick fue el que se muestra en la imagen, se muestra todo de color negro que es el resultado de una buena esterilización.

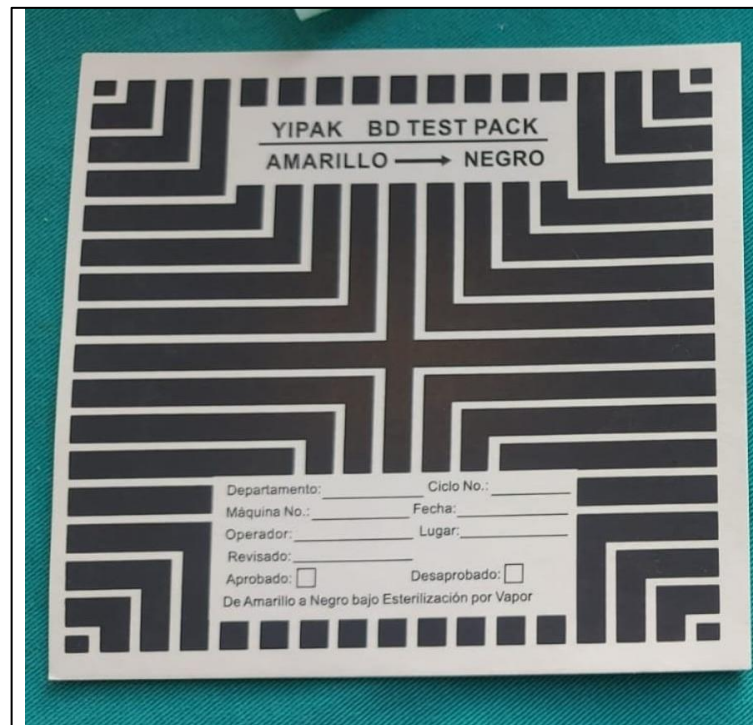


Figura N° 76. Resultado óptimo del test de Bowie Dick

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la impresión del Proceso de Esterilización de instrumentales también salió óptimo.

CISA SpA
Autoclave CISA 200 Series
Inicio Ciclo:
01/01/16 - 00:00:19
SN00015236
Cycle INSTRUMENTAL
ESTRILIZACION 0300sec

00:00 027.8°C 1000 mBar
PRE-ACONDICIONAMIENTO
00:00 027.8°C 1000 mBar
Vacio 0450 mBar
00:00 026.1°C 0435 mBar
Vapor 1300 mBar

00:08 105.9°C 1302 mBar
CALENTAMIENTO

00:16 134.5°C 3141 mBar
ESTERILIZACION
00:17 134.5°C 3141 mBar
00:17 135.1°C 3200 mBar
00:18 134.2°C 3249 mBar
00:18 135.1°C 3307 mBar
00:19 134.5°C 3349 mBar
00:19 134.8°C 3394 mBar
00:20 134.4°C 3430 mBar
00:20 134.5°C 3472 mBar
00:20 135.2°C 3500 mBar
MAX PRESION

00:20 135.2°C 3500 mBar
SECADO
00:27 087.2°C 0242 mBar
CICLO ANULADO

00:29 086.4°C 0282 mBar
AERACION

Tiempo total 33min.
Numero Ciclo 5177
00:33 085.0°C 1024 mBar
FIN DE CICLO

Figura N° 77. Impresión óptima de la esterilización

Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

- En el proceso de pre acondicionamiento, en el cual el equipo se va preparando para la esterilización y conforme a ello la temperatura va aumentando poco a poco, se puede observar que transcurrido los 4 minutos de tiempo la temperatura tiene un valor de 104°C y la presión tiene un valor de 1214 mBar, lo cual cumple con los parámetros estándar establecidos.
- En la figura N°68 observamos que la temperatura ha llegado a 124.9°C y la presión a 2366 mBar, en un tiempo de 8 minutos, lo cual cumple con los parámetros estándar establecidos al proceso de calentamiento.
- En la figura N°69 y figura N°70 podemos observar el resultado de haber cambiado la termocupla en el interior de la cámara de la autoclave, lo que garantiza que la medición en la esterilización sea correcta.
- En la figura N°72 se observa una temperatura de 134.5 °C y una presión de 3126mBar, después de un tiempo de 16 minutos lo cual cumple con los parámetros estándar establecidos del proceso de esterilización.
- En la figura N°74 se observa que la temperatura es de 115.3°C y presión de 471 mBar, para un tiempo de 21 minutos, y eso se debe a que esta etapa corresponde al proceso de secado, cumpliendo así los parámetros correspondientes del proceso.
- En la figura N°75 se observa que en 27 minutos la temperatura ha disminuido a 112.8°C y la presión se encuentra en 583 mBar, eso es debido a que se encuentra en el proceso de aireación.

- En el proceso de esterilización, Al finalizar el mantenimiento correctivo, se realiza el Test de Bowie Dick en donde se obtiene una impresión de color negro, lo cual es un indicador de funcionamiento óptimo, tal como se observa en la figura N°76. Sin embargo, una muestra de que el Test de Bowie Dick ha salido defectuoso es cuando esta impresión es de color amarillo, tal como se muestra en la figura N°37.
- En la figura N°77 se observa el resultado final de la impresión del proceso de esterilización de instrumentales, el cual se visualiza que los parámetros del proceso son óptimos.

VII. CONCLUSIONES

- El plan de mantenimiento ejecutado en la autoclave CISA del Hospital Luis Negreiros Vega, en donde se realizaron los cambios de componentes y se dio un buen uso operacional del equipo, pudo arreglarse satisfactoriamente logrando así un equipo óptimo con mayor tiempo de vida, por lo que se concluye que el diseño del plan de mantenimiento en el sistema electrónico de la autoclave es óptimo.
- Con respecto al diseño del mantenimiento predictivo, se pudo determinar que podría fallar antes que suceda, en el caso de este equipo se resolvió lo de encontrar deterioro de las mangueras de silicona y este mantenimiento se hizo primero dando a reconocer las alarmas y fallas que se necesitaba resolverse, por lo que se concluye que el diseño del plan de mantenimiento predictivo implementado en el sistema electrónico de la autoclave es óptimo.
- Con respecto al diseño del mantenimiento preventivo, se determinó que mediante el servicio de limpieza de tanque, cámara, electroválvulas y radiadores se optimiza al equipo dándose este servicio en un periodo determinado, con lo que se concluye que el diseño del plan de mantenimiento preventivo implementado en el sistema electrónico de la autoclave es óptimo.
- Con respecto al diseño del mantenimiento correctivo, se determinó que los cambios de repuestos fueron necesarios, ya que los anteriores componentes no funcionaban de la manera correcta, así como algunas electroválvulas, el sensor de nivel, el radiador, entre otros, pudiéndose así solucionar las alarmas que tenía el equipo dejándolo totalmente operativo, con lo que se concluye que el diseño del plan de mantenimiento correctivo implementado en el sistema electrónico de la autoclave es óptimo.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda generalmente que el equipo cumpla con los servicios de mantenimiento, que cada cierto tiempo se debe ejecutar, a su vez se recomienda orientar al usuario el buen uso del equipo y que se emplee siempre agua destilada.
- Se recomienda para el mantenimiento predictivo, que este se ejecute semanalmente, mediante una visualización externa del equipo, como también el buen cerrado de su puerta, si tiene desgaste en la empaquetadura de la puerta, en la parte interna del equipo observar los componentes como las mangueras, la cabina, y escuchar si tiene buen sonido la bomba también la medición rápida de sensor de nivel y lo más importante hacer su calibración semanal de la válvula check.
- Se recomienda para el mantenimiento preventivo, que se cumpla con cada fecha de ejecución acordada mensualmente, fijarse que el usuario use de manera adecuada el equipo, y que se siga utilizando agua destilada.
- Se recomienda en el mantenimiento correctivo, que los componentes del sistema del equipo como bomba, radiador, válvula, resistencia se cambien cada cierto tiempo, considerando la cantidad de horas de vida que tienen estos componentes en sus fichas técnicas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Organización Mundial de la Salud (OMS), “Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos”, serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos, Informe técnico, ISBN: 978 92 4 350153 6; 2011.
- [2] S. S. Ávila Cochancela & S. G. Crespo Guillén, “Diseño plan de mantenimiento preventivo para equipos médicos del Hospital Santa Inés”, tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2022.
- [3] S. D. Carvaca Morán, “Desarrollo de un aplicativo web para determinar el mantenimiento de los equipos biomédicos para el laboratorio KALI-LAB de la ciudad de Guayaquil”, tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2022.
- [4] L. Espinoza Vergara, “Confección de un plan de mantenimiento para equipos médicos de esterilización”, tesis de grado, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 2019.
- [5] J. R. Nacarino Guevara, “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos médicos del área de hospitalización del Hospital Simón Bolívar de Cajamarca – 2021”, tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú 2022.
- [6] L. Palomino Lázaro, “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos e instalaciones del Hospital San José Lima – Perú”, tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú, 2019.
- [7] P. a. García García & E. A. García Rúa, “Implementación de un plan mantenimiento en el sistema electrónico para la optimización de la incubadora de transporte IT158TS en el Centro de Salud El Porvenir - La

Victoria,2021”, tesis de grado, Universidad Nacional del Callao, Perú, 2022.

- [8] L. M. Benavides Vásquez, “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba – Amazonas”, tesis de grado, Universidad Politécnica Amazónica, Bagua Grande, Perú, 2022.
- [9] J. C. Valdivieso Torres, “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S.A”, tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2010.
- [10] A. M. Cabrera López & L. S. Gómez Bolívar, “Propuesta de un sistema de gestión mantenimiento de equipos biomédicos en un Hospital en el Valle del Cauca”, tesis de grado, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 2017
- [11] J. L. Gonzales Guzmán, “Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer S.A.C”, tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Lambayeque, Perú, 2016.
- [12] C. J. Ccoyo Castillo, ““Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa Inversiones Millma Perú SAC”, tesis de grado, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, 2021.
- [13] M. R. Ayulo Chávez & J. R. Cubas Medina, “Diseño de plan de mantenimiento para reducir costos de mantenimiento de máquinas en la empresa Santa Patricia S.A.”, tesis de grado, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú, 2023.
- [14] C. L. Morales Criollo, “Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Imprenta “Morales” de la Ciudad de

Ambato”, tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2019.

- [15] C. M. Arellano Aldave & M. Bobadilla Añasco, “Diseño de un sistema de monitoreo redundante para agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización en los productos enlatados en la empresa Camposol S.A.”, tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú, 2014.
- [16] R. O. Pérez Pereira, “Diseño de una propuesta del programa para la operación y mantenimiento de autoclaves en hospitales nacionales de la región metropolitana de Lima”, tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2005.
- [17] M. P. Méndez Gómez, “Mejoramiento del tratamiento de desechos hospitalarios por esterilización en autoclaves”, tesis de grado, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 2014.
- [18] P. G. Mendoza Chamagua & K. P. Zavala Espinoza, “Diseño y pruebas de funcionamiento de un sistema para esterilización comercial de alimentos”, tesis de grado, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador, 2013.
- [19] M. D. Chura Callizaya, “Sistema automático de esterilización de instrumental médico para el Hospital Municipal Los Pinos”, tesis de grado, Facultad de Tecnología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, 2020.
- [20] D. E. Calva Calva, “Rehabilitación y repotenciación de un Autoclave Eléctrico de esterilización para la Clínica San Agustín”, tesis de grado, Facultad de Electromecánica, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, 2009.

- [21] M. P. Mauri Atencia, “Diseño de un sistema de control automático para una autoclave a vapor de la E. S. E. Hospital San Antonio de Padua ubicada en Simiti – Bolívar”, tesis de grado, Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia.
- [22] L. E. Alfaro Baños, J. E. Avilés Rodríguez, S. E. Mejía Pérez, “Diseño y construcción de una autoclave solar para la esterilización de instrumento quirúrgico”, tesis de grado, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador, 2020.
- [23] Naveros Mendoza, “Diseño de un control para el sistema de esterilización por vapor en la empresa Asepsis Perú S.R.L., Jesús María 2018”, tesis de grado, Facultad de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, 2019.
- [24] C. Casilla Jancco & J. W. Reyna Macedo, “Diseño de un sistema de control automático para optimizar el manejo del equipo de autoclave de vapor en la central de esterilización del Hospital Cayetano Heredia”, tesis de grado, Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima, Perú, 2016.
- [25] H. J. Guzmán Vargas, “Diseño de un medio de cultivo para la producción de esporas de Bacillus licheniformis”, tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2018.
- [26] H. Flores Muñoz, “Diseño de un sistema para prueba de fuga de sensor EGR”, tesis de maestría, Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Querétaro, A.C., Querétaro, México, 2018.
- [27] B. H. Poveda Suarez & C. D. Prieto Velandia, “Establecer la influencia del tratamiento térmico de temple realizado a temperaturas intercríticas y revenido en resistencia a la corrosión en un acero AISI/SAE 1045”, tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, 2016.

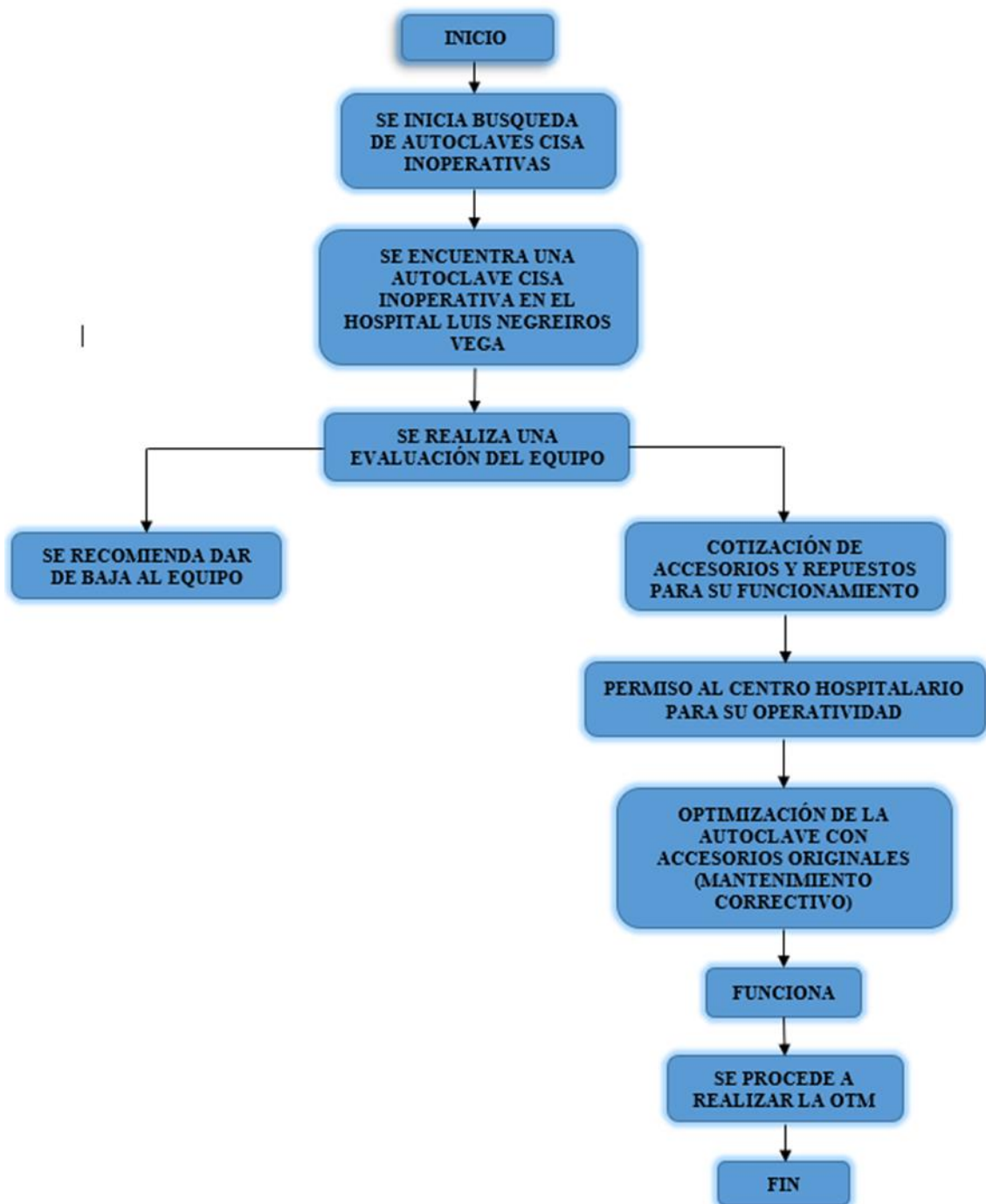
- [28] H. A. Ponce Menéndez, “Mejora técnica del control de proceso de esterilización mediante la estandarización de los instrumentos operativos de las autoclaves en una industria atunera”, tesis de grado, Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”, Manta, Ecuador 2014.
- [29] P. A. Jaramillo Tello & J. F. Vásquez Witt, “Diseño y construcción de un equipo de laboratorio para modelar el funcionamiento de válvulas de aire y purga en conductos a presión”, tesis de grado, Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito, Ecuador, 2019.
- [30] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y P. Baptista Lucio, Metodología de la investigación, 6ta edición, México D.F.: McGraw-Hill, 2003.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿De qué manera el diseño de un plan de mantenimiento en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao?	Diseñar un plan de mantenimiento en el sistema electrónico para la optimización de la autoclave CISA en el hospital Luis Negreiros Vega, Callao.	El diseño de un plan de mantenimiento en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao.	PLAN DE MANTENIMIENTO	Mantenimiento predictivo	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión visual del equipo. - Prueba test de Bowie Dick. - Prueba de funcionamiento 	<p>Diseño metodológico: Experimental del tipo cuasi experimental y enfoque cuantitativo.</p> <p>Método de investigación: Aplicada y transversal,</p> <p>Población: Equipos médicos que se encuentran en las diferentes instalaciones del Hospital Luis Negreiros Vega.</p> <p>Muestra: Equipo de autoclave CISA del Hospital Luis Negreiros Vega.</p> <p>Lugar de estudio: Hospital Luis Negreiros Vega, de la provincia del Callao. Ubicado en la Av. Tomás Valle Cdra. 39, Santa Rosa.</p> <p>La técnica para la recolección de información: La observación</p> <p>Instrumentos usados para la recolección: Papel BOWIE, multimetro, amperímetro y termocupla</p>
				Mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> - Cumple con buena esterilización. - Fuga en alguna tubería - Medición de buen calentamiento en cámara - Funcionamiento de la válvula check - Fuga de líquido en la cámara - Fuga en los radiadores - Revisión de válvulas solenoides - Limpieza interna y externa del equipo y sus componentes 	
				Mantenimiento correctivo	<ul style="list-style-type: none"> - Corrección o Cambio de resistencia. - Corrección o Cambio de válvulas check. - Corrección o Cambio de tuberías. - Corrección o Cambio de válvulas senoidales. 	
ESPECÍFICAS	ESPECÍFICAS	ESPECÍFICAS	DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	
¿De qué manera el diseño de un mantenimiento predictivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao?	Diseñar un plan de mantenimiento predictivo en el sistema electrónico para la optimización de la autoclave CISA en el hospital Luis Negreiros Vega, Callao.	El diseño de un plan de mantenimiento predictivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao.	OPTIMIZACIÓN DEL AUTOCLAVE	Prueba automática de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso de vacío. - Proceso de hermeticidad. - Proceso de calentamiento. - Proceso de esterilización. - Proceso de Aireación 	
¿De qué manera el diseño de un mantenimiento preventivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao?	Diseñar un plan de mantenimiento preventivo en el sistema electrónico para la optimización de la autoclave CISA en el hospital Luis Negreiros Vega, Callao.	El diseño de un plan de mantenimiento preventivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao.			Calidad de esterilización adecuada	Test de Bowie Dick
¿De qué manera el diseño de un mantenimiento correctivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao?	Diseñar un plan de mantenimiento correctivo en el sistema electrónico para la optimización de la autoclave CISA en el hospital Luis Negreiros Vega, Callao.	El diseño de un plan de mantenimiento correctivo en el sistema electrónico permitirá la optimización de la autoclave CISA en el Hospital Luis Negreiros Vega, Callao.				

Anexo 2: Diagrama de flujo del proceso de esterilización.



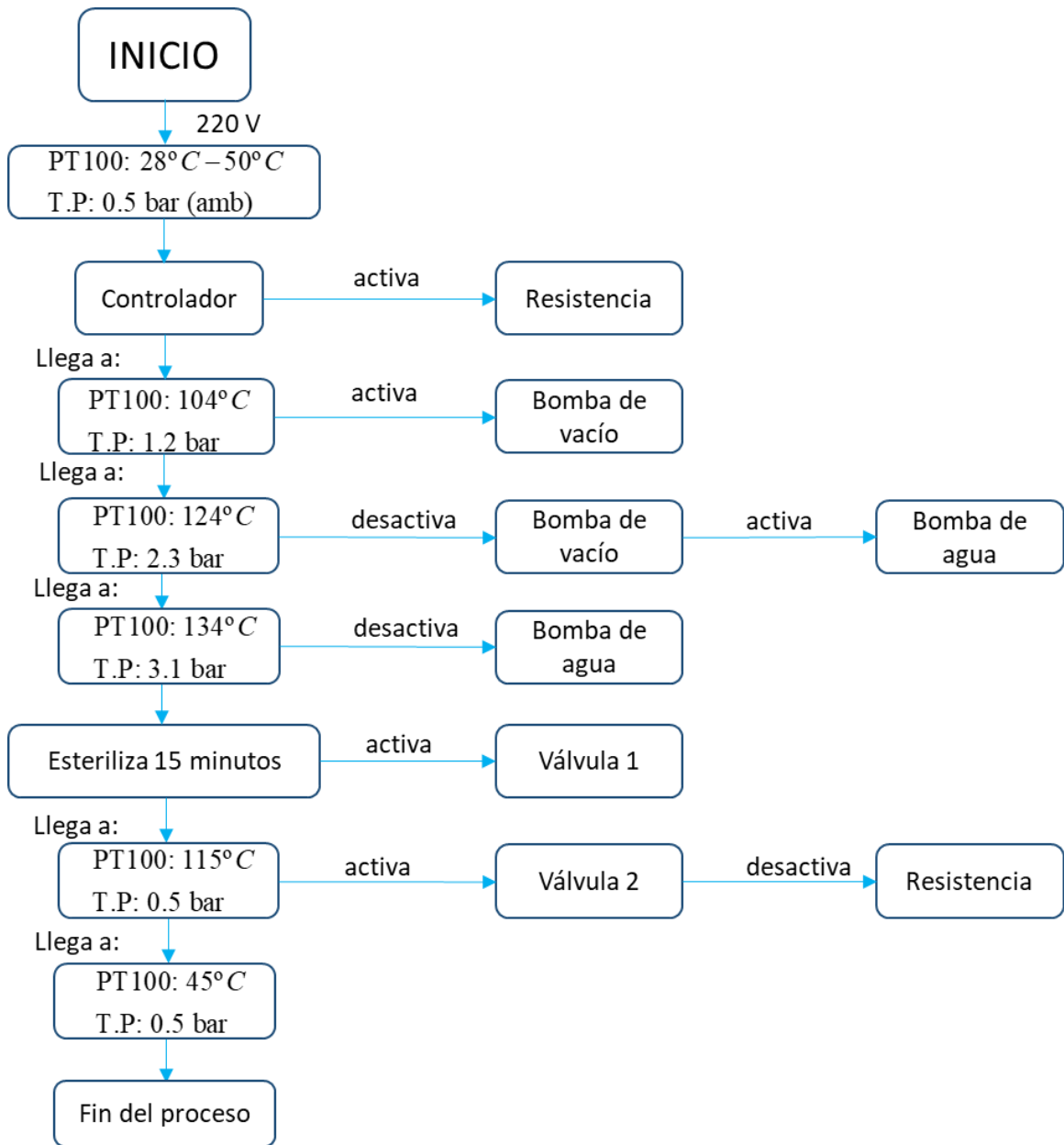
Anexo 3: Presupuesto económico de insumos necesarios para el mantenimiento preventivo.

Materiales para el mantenimiento preventivo				
N°	Materiales	Precio	Cantidad	Costo total
1	1L Amonio cuaternario	S/. 50.00	1	S/. 50.00
2	Lubricante WD40	S/. 23.00	1	S/. 23.00
3	Crema de limpieza	S/. 16.00	1	S/. 16.00
4	Grasa grafitada	S/. 13.00	1	S/. 13.00
Costo total				S/. 102.00

Anexo 4: Presupuesto económico de accesorios necesarios para el mantenimiento correctivo.

Consumibles y accesorio del equipo				
N°	Materiales	Precio	Cantidad	Costo total
1	Mangueras de silicona	S/. 300.00	1	S/. 300.00
2	Sensor de nivel de agua	S/. 300.00	1	S/. 300.00
3	Filtro bacteriano de igualación	S/. 300.00	1	S/. 300.00
4	Válvula Check	S/. 600.00	1	S/. 600.00
5	Radiador	S/. 1 000.00	1	S/. 1 000.00
6	Empaquetadura	S/. 1 000.00	1	S/. 1 000.00
7	Válvula solenoide	S/. 1 000.00	1	S/. 1 000.00
8	Resistencia	S/. 1 300.00	1	S/. 1 300.00
Costo total				S/. 5 800.00

Anexo 5: Diagrama de bloque del sistema electrónico de la Autoclave



Donde:

- PT100: Sensor de temperatura
- T.P.: Transductor de presión
- Válvula 1: Desfogue de presión
- Válvula 2: Desfogue de agua

Anexo 6: Integrantes de la presente tesis, finalizado el mantenimiento de la autoclave

