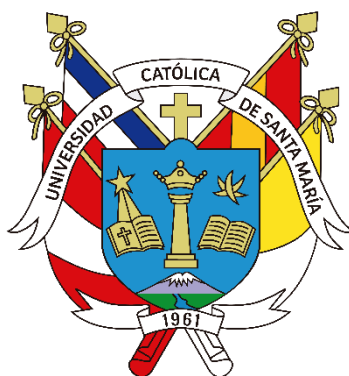


**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**



**Propuesta de mejora del proceso de esterilización de instrumentos  
para reducir los tiempos de entrega en el Centro Odontológico de la  
Universidad Católica de Santa María, Arequipa, 2024**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Carbajal Mendoza, Yuan Edgardo**

**ORCID: 0009-0007-9955-6154**

para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor (a):

**Dr. Llaza Loayza, Marco Antonio**

**ORCID: 0000-0003-4584-8622**

Arequipa - Perú

2025

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 26 de Marzo del 2025

**Dictamen: 012421-C-EPII-2025**

Visto el borrador del expediente 012421, presentado por:

**2017220951 - CARBAJAL MENDOZA YUAN EDGARDO**

Titulado:

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA  
REDUCIR LOS TIEMPOS DE ENTREGA EN EL CENTRO ODONTOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA MARÍA, AREQUIPA, 2024**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**29291265 - DELGADO MONTESINOS MAX EDWIN  
DICTAMINADOR**



**29637549 - MONTOYA DELGADO LUIS AMADOR  
DICTAMINADOR**



**29653773 - CARRASCO BOCANGEL JULIO CESAR  
DICTAMINADOR**



# Propuesta de mejora del proceso de esterilización de instrumentos para reducir los tiempos de entrega en el Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa, 2024

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	2%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://ar.scribd.com">ar.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%

## DEDICATORIA

*A mi amada familia, por su amor incondicional y apoyo  
inquebrantable que han sido mi mayor fortaleza.*

*A Dios, por las innumerables bendiciones, la sabiduría y la  
fuerza que has derramado sobre mí.*

*A mis mentores y maestros, por guiarme, inspirarme y creer en  
mí a lo largo de este camino.*



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a mi amada familia, quienes con su amor y apoyo incondicional han sido mi mayor sostén y fortaleza a lo largo de este recorrido.*



## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una propuesta de mejora del proceso de esterilización de instrumentos odontológicos para reducir los tiempos de entrega de materiales esterilizados. Para ello, la metodología fue cuantitativa y no experimental. Se realizó un estudio de tiempos considerando las etapas del proceso de esterilización a cargo del personal del Centro Odontológico. Las técnicas de recolección de datos incluyeron observación directa y cronometraje de actividades. Una de las principales propuestas fue la instalación de una destiladora de agua con el fin de garantizar un suministro continuo de agua destilada ya que uno de los problemas identificados es la dependencia del personal de mantenimiento para su suministro.

Los hallazgos mostraron que la falta de un suministro constante de agua destilada es el principal factor que genera retrasos en el proceso. La propuesta de la instalación de una máquina destiladora permitirá reducir tiempos en el proceso y mejorar la calidad del servicio. En conclusión, esta propuesta reduciría los tiempos de entrega en un 12.42%.

### **Palabras clave:**

Esterilización, mejora de procesos, tiempo.

## ABSTRACT

The objective of this study was to develop a proposal for improving the sterilization process of dental instruments to reduce the delivery times of sterilized materials. For this purpose, a quantitative and non-experimental methodology was employed. A time study was conducted, taking into account the stages of the sterilization process managed by the personnel at the Dental Center. Data collection techniques included direct observation and activity timing. One of the main proposals was the installation of a water distiller to ensure a continuous supply of distilled water, as one of the identified issues was the reliance on maintenance personnel for its supply.

The findings showed that the lack of a constant supply of distilled water is the primary factor causing delays in the process. The proposal to install a distillation machine would reduce processing times and enhance service quality. In conclusion, this proposal would reduce delivery times by 12.42%.

### **Keywords:**

Sterilization, process improvement, time.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
1 GENERALIDADES .....	4
1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.1.1 Identificación del problema .....	4
1.1.2 Descripción de la Realidad Problemática .....	4
1.1.3 Antecedentes del Problema .....	5
1.1.4 Formulación del Problema .....	6
1.2 Objetivos de la investigación .....	6
1.2.1 Objetivo General .....	6
1.2.2 Objetivos Específicos .....	7
1.3 Justificación del Estudio .....	7
1.3.1 Justificación Teórica .....	7
1.3.2 Justificación Práctica .....	7
1.3.3 Justificación Metodológica .....	8
1.3.4 Justificación Profesional y Personal .....	8
1.4 Hipótesis .....	8
1.5 Variables e indicadores .....	8
1.5.1 Variables .....	8
1.5.2 Operacionalización de variables .....	9

1.6 Alcances del proyecto.....	9
1.6.1 Temático .....	9
1.6.2 Espacial.....	9
1.6.3 Temporal.....	9
1.7 Limitaciones de la Investigación .....	9
CAPÍTULO II.....	11
2 MARCO DE REFERENCIA.....	12
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	12
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	12
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	13
2.2 Marco Conceptual.....	18
2.2.1 Proceso de esterilización.....	18
2.2.2 Instrumentos odontológicos.....	19
2.2.3 Mejora de procesos .....	19
2.2.4 Ventajas de la mejora de procesos.....	19
2.2.5 Tiempos de entrega.....	21
2.2.6 Estudio de Tiempos .....	21
2.2.7 Business Process Model and Notation (BPMN).....	25
2.2.8 Método LEST .....	27
CAPÍTULO III .....	28
3 MARCO METODOLÓGICO.....	29
3.1 Aspectos metodológicos de la investigación .....	29
3.1.1 Diseño de Investigación.....	29
3.1.2 Nivel de Investigación .....	29
3.2 Población de la Investigación .....	29

3.3 Muestra de la Investigación .....	29
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	30
3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	30
CAPÍTULO IV .....	32
4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	33
4.1 Antecedentes de la Organización.....	33
4.1.1 Reseña de la empresa.....	33
4.1.2 Servicios y Clientes .....	33
4.1.3 Sector y actividad económica .....	34
4.1.4 Mapa de procesos .....	35
4.2 Análisis Externo e Interno .....	36
4.2.1 Análisis PESTEL.....	36
4.2.2 Análisis FODA .....	44
4.2.3 Matriz DOFA.....	48
4.2.4 Descripción del Proceso de Esterilización.....	52
4.2.5 Análisis del Proceso de Esterilización.....	61
4.2.6 Estudio de Tiempos .....	64
4.2.7 Value Stream Mapping (VSM) Actual.....	78
4.2.8 Análisis Ergonómico .....	80
4.2.9 Identificación de cuellos de botella .....	85
CAPITULO V.....	88
5 PROPUESTAS DE MEJORA .....	89
5.1 Elección de propuestas planteadas.....	89
5.2 Condiciones Previas para la Implementación de Propuestas.....	90
5.2.1 Problemas actuales del diseño del área.....	90

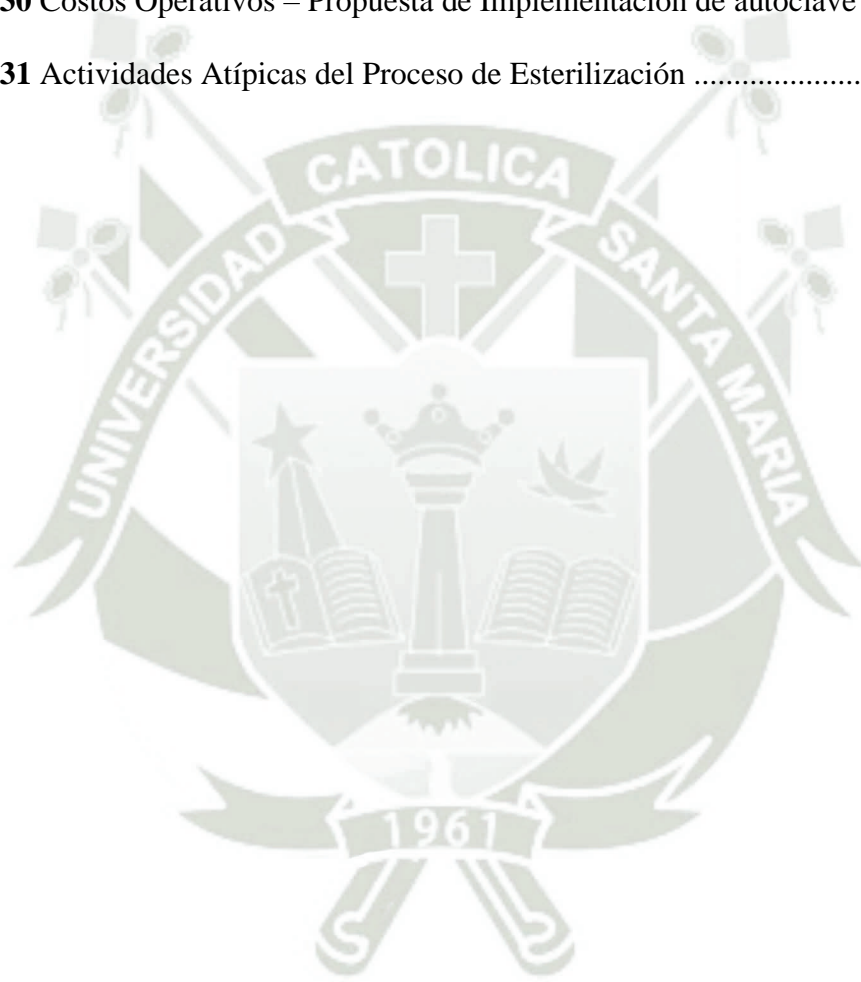
5.2.2	Propuesta de redistribución.....	91
5.3	Propuesta de Mejora 1: Instalación del destilador LWD-20.....	96
5.3.1	Características del equipo.....	96
5.3.2	Especificaciones técnicas.....	97
5.3.3	Ventajas del destilador.....	97
5.3.4	Impacto en el proceso de esterilización.....	98
5.3.5	Evaluación Económica de la Propuesta.....	99
5.3.6	Justificación y análisis de escenarios de la propuesta 1.....	102
5.4	Propuesta de Mejora 2: Instalación de destilador Kyntel HSZII-20K.....	104
5.4.1	Características del equipo.....	104
5.4.2	Especificaciones técnicas.....	104
5.4.3	Ventajas del destilador.....	105
5.4.4	Impacto en el proceso de esterilización.....	106
5.4.5	Evaluación Económica de la Propuesta.....	107
5.4.6	Justificación y análisis de escenarios de la propuesta 2.....	110
5.5	Propuesta de Mejora 3: Instalación de destilador LABTECBIO HSZII-10K..	111
5.5.1	Características del equipo.....	111
5.5.2	Especificaciones técnicas.....	112
5.5.3	Ventajas del destilador.....	113
5.5.4	Impacto en el proceso de esterilización.....	113
5.5.5	Evaluación Económica de la Propuesta.....	114
5.5.6	Justificación y análisis de escenarios de la propuesta 3.....	117
5.6	Selección de la Propuesta elegida.....	118
5.6.1	Evaluación por método de ranking de factores con pesos ponderados.....	119
5.7	Análisis Costo -Beneficio.....	120

5.8 Impacto de la Propuesta Seleccionada.....	122
5.8.1 Estimación de la Población Beneficiada.....	122
5.8.2 Evaluación del KPI en Condiciones Ideales .....	123
5.8.3 BPMN Propuesto del Proceso de Esterilización.....	127
5.8.4 Value Stream Mapping (VSM) Propuesto.....	131
5.8.5 Análisis Costo-Beneficio Social (ACBS).....	133
5.9 Propuestas complementarias.....	135
5.9.1 Propuesta de Estandarización de Proceso.....	135
5.9.2 Propuesta de implementación de nueva autoclave .....	151
CONCLUSIONES.....	158
RECOMENDACIONES .....	160
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	162
ANEXOS.....	172
Anexo 1. Consentimiento de la Entidad .....	172
Anexo 2. Entrevista .....	173
Anexo 3. Proceso de Esterilización .....	175
Anexo 4. Actividades Atípicas del Proceso de Esterilización.....	181
Anexo 5. Información del destilador LWD-20.....	182
Anexo 6. Información del destilador Kyntel HSZII-20K.....	184
Anexo 7. Información del destilador LABTECBIO HSZII-10K .....	186
Anexo 8. Información del autoclave Tuttnauer 3870EA.....	187
Anexo 9. Información del Lavadero PENTA.....	188

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de Variables .....	9
<b>Tabla 2</b> Matriz DOFA.....	49
<b>Tabla 3</b> Cálculo del Número de Observaciones .....	65
<b>Tabla 4</b> Cálculo de Tiempo Promedio .....	67
<b>Tabla 5</b> Valoración del Ritmo de Trabajo .....	68
<b>Tabla 6</b> Cálculo de Valoración por cada Actividad.....	71
<b>Tabla 7</b> Cálculo de Tiempo Normal .....	72
<b>Tabla 8</b> Suplementos por condiciones de trabajo .....	73
<b>Tabla 9</b> Determinación de Suplementos del Proceso de Esterilización.....	77
<b>Tabla 10</b> Cálculo de Tiempo Estándar.....	78
<b>Tabla 11</b> Factores y dimensiones del Método Lest .....	81
<b>Tabla 12</b> Mudanzas en el proceso de esterilización .....	87
<b>Tabla 13</b> Matriz de Decisiones .....	90
<b>Tabla 14</b> Costos CAPEX – Propuesta 1 .....	99
<b>Tabla 15</b> Costos Operativos – Propuesta 1 .....	101
<b>Tabla 16</b> Costos CAPEX – Propuesta 2 .....	107
<b>Tabla 17</b> Costos Operativos – Propuesta 2 .....	109
<b>Tabla 18</b> Costos CAPEX – Propuesta 3 .....	114
<b>Tabla 19</b> Costos Operativos – Propuesta 3 .....	116
<b>Tabla 20</b> Matriz Comparativa de Propuestas.....	118
<b>Tabla 21</b> Matriz de enfrentamiento.....	119
<b>Tabla 22</b> Ponderación por el método de ranking de factores con pesos ponderados ..	120
<b>Tabla 23</b> Cronometraje en condiciones ideales .....	124
<b>Tabla 24</b> Beneficios sociales de la propuesta de mejora .....	133

<b>Tabla 25</b> Cuantificación de beneficios sociales esperados .....	134
<b>Tabla 26</b> Costos estimados del proyecto .....	135
<b>Tabla 27</b> Costos CAPEX – Propuesta de Estandarización .....	150
<b>Tabla 28</b> Costos Operativos - Propuesta de Estandarización .....	150
<b>Tabla 29</b> Costos CAPEX – Propuesta de Implementación de autoclave.....	156
<b>Tabla 30</b> Costos Operativos – Propuesta de Implementación de autoclave .....	158
<b>Tabla 31</b> Actividades Atípicas del Proceso de Esterilización .....	181



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mapa de Procesos de la Universidad Católica de Santa María.....	35
<b>Figura 2</b> Diagrama de Flujo del Proceso Actual de Esterilización.....	53
<b>Figura 3</b> Diagrama de Operaciones del Proceso de Esterilización.....	54
<b>Figura 4</b> Diagrama de Análisis del Proceso e Esterilización (Página 1).....	55
<b>Figura 5</b> Diagrama de Análisis del Proceso e Esterilización (Página 2).....	56
<b>Figura 6</b> Diagrama de Recorrido Actual del Área de Esterilización.....	57
<b>Figura 7</b> BPMN actual del Proceso de Esterilización.....	59
<b>Figura 8</b> Subproceso del BPMN actual del Proceso de Esterilización.....	60
<b>Figura 9</b> Diagrama Cusa-Efecto del Proceso de Esterilización.....	62
<b>Figura 10</b> Value Stream Mapping (Actual).....	79
<b>Figura 11</b> Pantalla de Software E-Lest.....	80
<b>Figura 12</b> Resultados por Factores.....	81
<b>Figura 13</b> Resultados por Dimensiones.....	83
<b>Figura 14</b> Lavadero Penta.....	92
<b>Figura 15</b> Diagrama de Recorrido Propuesto del Área de Esterilización.....	94
<b>Figura 16</b> Destilador LWD-20.....	97
<b>Figura 17</b> Modificación del Proceso de Llenado - Propuesta 1.....	103
<b>Figura 18</b> Destilador KYNTEL HSZII-20K.....	105
<b>Figura 19</b> Modificación del Proceso de Llenado - Propuesta 2.....	111
<b>Figura 20</b> Destilador LABTECBIO HSZII-10K.....	112
<b>Figura 21</b> Modificación del Proceso de Llenado - Propuesta 3.....	118
<b>Figura 22</b> BPMN propuesto del Proceso de Esterilización.....	129
<b>Figura 23</b> Subproceso del BPMN propuesto del Proceso de Esterilización.....	130
<b>Figura 24</b> Value Stream Mapping (Propuesto).....	132

<b>Figura 25</b> Autoclave Tuttbauer 3870EA .....	152
<b>Figura 26</b> Permiso de la Clínica Odontológica.....	172
<b>Figura 27</b> Área de Lavado .....	175
<b>Figura 28</b> Área de Sellado .....	175
<b>Figura 29</b> Área de Recepción .....	176
<b>Figura 30</b> Área de Llenado .....	176
<b>Figura 31</b> Área de Esterilización .....	177
<b>Figura 32</b> Área de Acomodado.....	178
<b>Figura 33</b> Área de Almacenamiento.....	178
<b>Figura 34</b> Maquina A.....	179
<b>Figura 35</b> Maquina B.....	180
<b>Figura 36</b> Maquinas C .....	180

## INTRODUCCIÓN

En los centros de atención odontológica, la esterilización de instrumentos es un proceso esencial para garantizar la seguridad de los pacientes y del personal de salud. Un adecuado procedimiento de esterilización no solo previene infecciones cruzadas, sino que también contribuye a mejorar la eficiencia operativa, permitiendo a las clínicas y centros especializados ofrecer un servicio de calidad. La correcta aplicación de protocolos de bioseguridad y esterilización es fundamental para minimizar riesgos de infecciones asociadas a la atención sanitaria .(Santafé & Izquierdo, 2020)

El Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María (UCSM) en Arequipa, siendo un referente en la formación de futuros odontólogos y en la prestación de servicios a la comunidad, enfrenta desafíos importantes en su proceso de esterilización. Estudios han demostrado que la eficacia de la esterilización puede variar según las prácticas y protocolos implementados en las instituciones educativas (Santafé & Izquierdo, 2020).

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar una propuesta de mejora del proceso de esterilización de instrumentos para reducir los tiempos de entrega en el Centro Odontológico de la UCSM. Actualmente, dicho proceso presenta ineficiencias como tiempos prolongados y una variabilidad en la calidad de los procedimientos. La implementación de planes de mejora en el manejo y monitoreo de la esterilización ha demostrado ser efectiva en optimizar los procesos y garantizar una mayor disponibilidad de instrumentos esterilizados en el menor tiempo posible (López, 2018).

El desarrollo de este trabajo de investigación se estructura de la siguiente manera:

En el Capítulo I, se presenta el planteamiento, la justificación y los objetivos de investigación.

En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico, que abarca conceptos

fundamentales sobre la esterilización de instrumentos, técnicas de mejora de procesos y estudios de tiempos.

El Capítulo III detalla la metodología utilizada en la investigación, incluyendo las técnicas de recolección y análisis de datos.

En el Capítulo IV, se realiza el diagnóstico del proceso actual de esterilización en el Centro Odontológico de la UCSM, identificando cuellos de botella y puntos críticos.

Finalmente, en el Capítulo V, se presentan las propuestas de mejora y la selección de una propuesta basada en el análisis de datos, acompañada de una evaluación económica de su implementación y los beneficios esperados.

Con esta investigación, se busca no solo mejorar la eficiencia del Centro Odontológico, sino también aportar valor a la formación de los estudiantes de odontología y asegurar un servicio de mayor calidad para los pacientes.



# CAPÍTULO I

## **1 GENERALIDADES**

### **1.1 Planteamiento del problema**

#### ***1.1.1 Identificación del problema***

Deficiencias en el proceso de esterilización de instrumentos odontológicos causan demoras en el Centro Odontológico de la UCSM.

#### ***1.1.2 Descripción de la Realidad Problemática***

Para realizar procedimientos odontológicos, los instrumentos deben estar adecuadamente esterilizados para garantizar la seguridad de los pacientes y el personal (Ministerio de Salud del Perú, 2005). Por ello, Robelly (2017) indica que el personal encargado debe estar capacitado en los procesos de esterilización para garantizar la eliminación de agentes infecciosos de los instrumentos odontológicos.

Sin embargo, en el Centro Odontológico de la UCSM se identificó varios desafíos en el proceso de esterilización de instrumentos, como tiempos prolongados en el proceso de esterilización, lo que genera demoras en la atención a pacientes. Estas deficiencias se atribuyen a causas como deficiencias en el suministro de agua destilada, que actualmente se recolecta en baldes, lo que podría comprometer su calidad e higiene, falta de equipos especializados para la destilación de agua dentro del área de esterilización y posibles cuellos de botella o ineficiencias en las etapas del proceso de esterilización.

Para abordar estas deficiencias, se realizó un análisis detallado del proceso de esterilización para identificar posibles cuellos de botella. Además, se propuso tres propuestas de las cuales la mejor fue seleccionada como alternativa de mejora del proceso de esterilización.

### ***1.1.3 Antecedentes del Problema***

La Organización Mundial de la Salud con sus países afiliados decidieron otorgar prioridad a la creación de la Alianza Mundial para la Seguridad del Paciente. Esta decisión se basó en estudios que demostraron que la atención hospitalaria conllevaba la ocurrencia de eventos adversos, siendo las infecciones adquiridas en el hospital de particular impacto económico y social. Se informó que lamentablemente estos eventos son hasta 20 veces más comunes en países menos desarrollados esto se debía a un menor control con la esterilización de los instrumentos. (Organización Mundial de la Salud, 2002)

Varios estudios recientes han identificado deficiencias en los procesos de esterilización de instrumentos odontológicos en diversos centros de salud. Por ejemplo, Bustillos (2021) encontraron que más del 50% de dentistas no realizaban el control biológico de la esterilización, lo que podría comprometer su eficacia. Estas deficiencias se han atribuido a diversos factores, como la falta de capacitación del personal. De Graaff & Eijkman (1997) identificaron deficiencias en los esterilizadores de las clínicas odontológicas considerando que el 76% de los esterilizadores no reciben mantenimiento con regularidad. Otro factor crítico es el suministro y calidad del agua destilada utilizada en los esterilizadores. Castellano (2019) encontró que solo el 31% de las clínicas odontológicas privadas ubicadas en la ciudad de Quito pasan por el control de calidad en tanto que el 69% muestran una contaminación en sus líneas de agua, con estos resultados se concluye que, los individuos especialmente los más vulnerables tratados en el consultorio dental presentan un gran riesgo de infección a través del agua de las unidades odontológicas

Estas deficiencias en el proceso de esterilización de instrumentos

odontológicos representan demoras significativas que pueden afectar la calidad del servicio. Por lo tanto, es fundamental abordar estas deficiencias mediante la implementación de medidas eficaces, como el uso de agua destilada de alta calidad, capacitación del personal, controles de calidad y mantenimiento adecuado de los equipos.

### **1.1.4 Formulación del Problema**

#### **1.1.4.1 Pregunta General**

¿Cómo la propuesta de mejora del proceso de esterilización de instrumentos odontológicos impacta en la reducción de los tiempos de entrega en el Centro Odontológico de la UCSM, Arequipa, 2024?

#### **1.1.4.2 Preguntas Específicas**

- ¿Cuáles son los cuellos de botella identificados en el diagnóstico del proceso de esterilización de instrumentos odontológicos en el Centro Odontológico de la UCSM?
- ¿Cuáles son las herramientas más adecuadas para mejorar el proceso de esterilización de instrumentos odontológicos en el Centro Odontológico de la UCSM en Arequipa para el año 2024?
- ¿Cuál es la viabilidad económica de implementar la propuesta de mejora en el proceso de esterilización de instrumentos odontológicos?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Desarrollar una propuesta de mejora del proceso de esterilización de instrumentos para mejorar los tiempos de entrega en el Centro Odontológico de la UCSM en Arequipa para el año 2024.

### **1.2.2 *Objetivos Específicos***

- Analizar los cuellos de botella identificados en el diagnóstico del proceso de esterilización de instrumentos odontológicos en el Centro Odontológico de la UCSM, Arequipa, 2024.
- Determinar las herramientas más adecuadas para mejorar el proceso de esterilización de instrumentos odontológicos en el Centro Odontológico de la UCSM, Arequipa, 2024.
- Evaluar la viabilidad económica de la propuesta de mejora para el proceso de esterilización en el Centro Odontológico de la UCSM, Arequipa, 2024.

### **1.3 *Justificación del Estudio***

#### **1.3.1 *Justificación Teórica***

La esterilización de instrumentos en entornos odontológicos es crítica para prevenir infecciones cruzadas y garantizar la seguridad del paciente (Santafé & Izquierdo, 2020). La optimización de este proceso no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también tiene un impacto directo en la calidad del servicio y la satisfacción del paciente. Además, esta investigación puede servir como referencia a otras investigaciones o pueda ser tomado como propuesta a una clínica o centro odontológico.

#### **1.3.2 *Justificación Práctica***

La investigación resulta relevante debido al respaldo que brinda a los estudiantes del Centro Odontológico de la UCSM en Arequipa, ya que contribuye de manera significativa a mejorar la eficiencia y el desempeño de la institución al optimizar sus procesos. Además de los beneficios operativos que esto conlleva, la investigación tiene un impacto importante en la seguridad y la salud tanto de los pacientes como del personal médico, al cumplir con las normativas vigentes y

mejorar la accesibilidad a la atención dental de calidad en las instalaciones del centro odontológico.

### **1.3.3 *Justificación Metodológica***

Esta investigación es importante porque implica la revisión exhaustiva de cada paso del proceso actual, identificando posibles cuellos de botella, ineficiencias y áreas de mejora. Además, se deberá realizar un análisis detallado de los protocolos de esterilización utilizados, así como de la infraestructura y recursos disponibles. Además, será necesario consultar con el personal involucrado en el proceso para comprender mejor las dificultades y sugerencias de mejora desde su perspectiva. La implementación de cambios deberá basarse en evidencia científica y buenas prácticas en el campo de la esterilización de instrumentos médicos, asegurando la eficacia y seguridad del proceso.

### **1.3.4 *Justificación Profesional y Personal***

La tesis tiene como objetivo alcanzar el grado profesional de Ingeniero Industrial.

## **1.4 Hipótesis**

La propuesta de mejora del proceso de esterilización de instrumentos posiblemente lograra reducir los tiempos de entrega en el Centro Odontológico de la UCSM, Arequipa, 2024.

## **1.5 Variables e indicadores**

### **1.5.1 *Variables***

- Variables Independiente: Propuesta de Mejora del Proceso de Esterilización de instrumentos
- Variable Dependiente: Reducción de tiempos de Entrega

### 1.5.2 Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de Variables*

<b>Variables</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Propuesta de Mejora del Proceso de Esterilización de instrumentos	Es el proceso que destruye todos los microorganismos presentes.	Procesos de esterilización  Gestión del suministro de agua destilada	Tiempo promedio de esterilización por lote/set de instrumentos.  Disponibilidad de agua destilada para el proceso de esterilización.	Observación del proceso Entrevista Estudio de tiempos
Reducción de tiempos de Entrega	Tiempo que transcurre desde la solicitud del servicio hasta que la entrega del material esterilizado	Tiempos de procesamiento	Tiempo promedio de preparación de instrumentos esterilizados para entregar a estudiantes	Estudio de tiempos

*Nota.* Elaboración Propia

## 1.6 Alcances del proyecto

### 1.6.1 Temático

Los temas abordados incluyen: el proceso de esterilización en centros odontológicos, los instrumentos odontológicos, las estrategias de mejora de procesos, y los tiempos de entrega de los instrumentos esterilizados.

### 1.6.2 Espacial

El estudio se llevó a cabo específicamente en el Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María, ubicado en la ciudad de Arequipa, Perú.

### 1.6.3 Temporal

La investigación se desarrolló en el año 2024.

## 1.7 Limitaciones de la Investigación

Una limitación importante en esta investigación es la confiabilidad de los datos existentes puede estar comprometida debido a la falta de registros precisos o

sistemas de seguimiento adecuados. Para superar esta limitación, es necesario recopilar datos detallados y establecer sistemas de seguimiento efectivos para monitorear y evaluar continuamente el rendimiento del proceso de esterilización.





## CAPÍTULO II

## 2 MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1 *Antecedentes Internacionales*

Portela (2019) en su trabajo de especialización titulado “Proceso de mejora continua en la gestión de una central de esterilización hospitalaria” analizó de manera integral la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en una central de esterilización hospitalaria argentina, utilizando como referencia la norma ISO 13485:2016. La investigación combinó métodos cualitativos y cuantitativos, incluyendo análisis documental, entrevistas con profesionales y medición de indicadores clave durante seis meses. Este enfoque metodológico permitió obtener una visión completa del impacto organizacional y operativo de los SGC. Esta investigación se destacó la utilización de la Norma ISO 13485:2016 como guía para cumplir con los requisitos, tratar reclamos de eventos adversos, realizar seguimiento post distribución de los productos, abordar no conformidades e implementar acciones correctivas y preventivas. Esto es relevante porque brinda un enfoque sistemático para facilitar la adopción del SGC y alcanzar los objetivos del servicio de esterilización en relación con la seguridad del paciente. Un aspecto importante fue el diagnóstico de la situación inicial mediante herramientas que permitió identificar fortalezas, debilidades, causas raíz y no conformidades para abordar y mejorar el proceso de esterilización.

En conclusión, se logró resultados destacados como el control de la producción desde el diseño hasta la fabricación, la gestión de riesgo del producto médico, la optimización de la gestión de proveedores y la implementación de un sistema de vigilancia del producto médico distribuido. Estos resultados son relevantes porque contribuyen a garantizar productos estériles y alineados con el

objetivo primordial de priorizar la seguridad del paciente en el ámbito hospitalario.

Además, se eligió esta investigación como antecedente debido a su enfoque en la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) en servicios de esterilización hospitalaria, alineado con el objetivo de mi investigación de mejorar los procesos de esterilización. Además, esta investigación aborda el diagnóstico inicial mediante herramientas que identifican fortalezas y debilidades, lo cual resulta altamente aplicable para el análisis del proceso actual en mi investigación.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Claudio & Villacis (2015) en su investigación “Estrategias para mejorar el proceso de esterilización del material quirúrgico evitando infecciones en las heridas de los pacientes que acuden al centro de salud La Mana” implementó una guía para evitar infecciones en el centro de salud. Para ello, se utilizó una metodología integral que permitió abordar el problema desde diferentes perspectivas y obtener una visión más completa de la situación a través de encuestas y guías de observación aplicadas al personal involucrado y a los pacientes que brindó una perspectiva real de la situación y los problemas existentes.

Uno de los hallazgos más destacados fue la inexistencia de una guía de proceso de esterilización para que enfermería se pueda guiar y cumplir de manera eficiente con este proceso. Esta carencia evidencia una necesidad crítica que debe ser abordada para mejorar los procesos y la calidad de atención brindada.

En conclusión, se desarrolló una guía que permitirá al personal de enfermería cumplir de manera eficiente con el proceso de esterilización. Esta guía

es sumamente relevante, ya que aborda directamente la problemática identificada y brinda una solución práctica para mejorar los procesos y la seguridad de los pacientes.

Este antecedente se seleccionó debido a su enfoque práctico en el desarrollo de una guía específica para el proceso de esterilización, una estrategia que permitió abordar problemas críticos en un centro de salud, como la falta de estandarización y la ausencia de protocolos claros. Esto resulta relevante para mi investigación, ya que también busca proponer mejoras en un proceso de esterilización con carencias similares en cuanto a la gestión de procedimientos. La metodología integral utilizada en este estudio, que incluyó encuestas y guías de observación, destaca por su capacidad para captar una visión real y completa de la problemática, lo cual es de gran utilidad para adaptar herramientas de diagnóstico a mi contexto.

Reyes & Rodríguez (2022) en su investigación “Plan de mejora de procesos para reducir los tiempos improductivos en la central de esterilización de un centro oftalmológico” elaboró un plan de mejora de procesos que permita reducir los tiempos improductivos en estas operaciones críticas. Por esta razón, se detectaron varias dificultades que obstaculizaban la eficacia de los procesos, tales como zonas completamente desorganizadas, ausencia de controles visuales, extensas distancias entre las áreas laborales, ausencia de formación del personal y continuos paros de máquina. Es importante identificar estos problemas, dado que posibilitó centrar las acciones de mejora en los aspectos esenciales.

Para enfrentar estos retos, se propuso la creación de un plan de mejora fundamentado en la implementación de técnicas comprobadas como las 3S, la ingeniería de métodos y el mantenimiento autónomo. Este método estructurado,

que fusiona diversas técnicas, es sobresaliente, dado que proporciona un marco robusto para la puesta en marcha de las mejoras. Los logros alcanzados a través de la implementación del plan fueron significativos. La aplicación de las 3S facilitó la conservación ordenada y limpia de las zonas, disminuyendo los periodos de preparación de carga en los procesos de esterilización a vapor y gas en un 7.4% y 9.8% respectivamente. Estas disminuciones en los tiempos son aspectos sobresalientes, dado que influyen directamente en la eficacia de los procedimientos.

En conclusión, la implementación del mantenimiento autónomo logró reducir los tiempos de paradas en un 30.8%. Esta reducción de tiempos de parada es un punto sumamente destacado, ya que impacta directamente en la disponibilidad y confiabilidad de los procesos, evitando retrasos o cancelaciones por falta de material estéril.

Este antecedente fue elegido porque aborda la mejora de procesos en una central de esterilización con un enfoque en la reducción de tiempos improductivos, un objetivo clave compartido con mi investigación. La identificación y análisis de problemas como el desorden, la falta de capacitación y las paradas de máquinas proporcionan un marco diagnóstico que resulta aplicable para detectar ineficiencias en el proceso de esterilización estudiado. Los resultados obtenidos, como la reducción significativa de tiempos improductivos y el aumento de la disponibilidad de equipos, representan una referencia clave para diseñar propuestas viables y sostenibles en mi investigación.

Villaverde (2020) en su investigación “Mejora de Procesos para incrementar la productividad de Central de Esterilización de un hospital, Lima 2020” determinó cómo la Mejora de Procesos incrementa la productividad de la

Central de Esterilización de un hospital en Lima durante el año 2020. Este objetivo es sumamente destacado, ya que aborda un aspecto clave para la eficiencia de una de las áreas más críticas del hospital, encargada de garantizar la disponibilidad de materiales e instrumentos estériles para los procedimientos médicos.

Para ello, se utilizó el método cuantitativo y diseño pre experimental, lo cual es relevante porque brinda un marco metodológico sólido para el estudio. Un aspecto destacado fue la utilización de técnicas de observación directa y fichas de recolección de datos.

Los resultados obtenidos demostraron beneficios tangibles ya que la productividad de la Central de Esterilización se incrementó en un 13.94%, lo cual es un punto sumamente destacado, ya que evidencia el impacto positivo de las acciones realizadas en uno de los indicadores más importantes de desempeño del área.

En conclusión, este antecedente demuestra que la mejora de procesos implementada logró incrementar significativamente la productividad, eficiencia y eficacia de sus operaciones, lo cual destaca la importancia de adoptar enfoques de mejora continua en áreas críticas como esta.

Este antecedente se seleccionó por su enfoque en el incremento de la productividad mediante la mejora de procesos, un objetivo central también en mi investigación. La metodología cuantitativa ofrece un marco sólido para medir el impacto de las intervenciones propuestas, lo cual resulta directamente aplicable al análisis de los tiempos de entrega en el proceso de esterilización que se busca optimizar. Los resultados obtenidos, como el incremento del 13.94% en la productividad, evidencian el potencial de las mejoras en áreas críticas como la central de esterilización.

Roca (2022) en su investigación “Calidad de los procesos centralizados de esterilización y satisfacción del usuario interno en el Complejo Hospitalario Alberto Barton, 2021” tuvo como objetivo establecer la correlación entre la satisfacción y la calidad de los procesos de esterilización.

Se seleccionó una muestra de 104 usuarios internos mediante un muestreo no probabilístico. Además, se utilizó una encuesta adaptada del Modelo Service Performance SERVPERF, lo cual asegura la calidad de los datos recolectados.

En los hallazgos, se detectó una alta correlación estadísticamente significativa, con un coeficiente de 0.804, entre la satisfacción del usuario interno y la calidad de los procesos de esterilización centralizados, con un nivel de confianza del 95%. Este hallazgo corrobora la relevancia de una correcta administración de estos procedimientos para alcanzar elevados grados de satisfacción en los usuarios internos.

En conclusión, este antecedente destaca la importancia de una adecuada gestión, demostrando su correlación con la satisfacción de los usuarios internos y resaltando los beneficios tangibles en ámbitos esenciales como seguridad, conformidad y calidad del servicio.

Este antecedente se eligió debido a su enfoque en la relación entre la calidad de los procesos de esterilización y la satisfacción del usuario interno, un aspecto relevante que resalta la importancia de una gestión adecuada en estos procesos. El hallazgo de una alta correlación estadística entre la satisfacción y la calidad de los procesos refuerza la importancia de implementar estándares que mejoren la eficiencia de los servicios, objetivos alineados con mi investigación. Este antecedente aporta un enfoque complementario que destaca la relevancia del impacto del proceso de esterilización en la percepción y confianza de los usuarios,

lo cual es crucial para justificar las propuestas de mejora en mi estudio.

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 *Proceso de esterilización***

El proceso de esterilización es un conjunto de procedimientos críticos e indispensables en todo centro odontológico. Su principal objetivo es eliminar por completo los microorganismos, incluyendo bacterias y sus esporas resistentes, de los instrumentos y materiales utilizados en la atención odontológica. Este proceso resulta fundamental para prevenir infecciones cruzadas y garantizar la seguridad tanto de los pacientes como del personal de la clínica (Dentaltix, 2021).

El proceso inicia con la descontaminación, donde se realiza una limpieza profunda y remoción de restos orgánicos e inorgánicos de los instrumentos, utilizando agentes de limpieza, cepillado y, en algunos casos, baños de ultrasonidos. Posteriormente, se lleva a cabo la desinfección, mediante procedimientos químicos o físicos que eliminan la mayoría de los microorganismos, pero no las esporas bacterianas más resistentes (Zhermack SpA, 2019).

Una vez limpios y desinfectados, los instrumentos se empaquetan en envolturas o contenedores especiales que permiten la penetración del agente esterilizante. Luego, se procede a la esterilización, etapa en la cual los instrumentos empacados se someten a métodos aprobados como la autoclave (vapor a presión), la esterilización por calor seco o por óxido de etileno. Finalmente, los instrumentos esterilizados se almacenan en un ambiente controlado y libre de contaminación, listos para su uso en los procedimientos odontológicos (Zhermack SpA, 2019).

Es importante destacar que el proceso de esterilización requiere el uso de

agua destilada de alta calidad, equipos especializados como autoclaves o esterilizadores, y un estricto cumplimiento de los protocolos y normas establecidas por las autoridades sanitarias. Además, la sala de esterilización debe estar dividida en zonas limpias y sucias, con flujos de trabajo definidos para evitar la contaminación cruzada. El personal involucrado también debe estar debidamente capacitado y seguir las mejores prácticas para garantizar la eficacia del proceso.

### **2.2.2 Instrumentos odontológicos**

La odontología moderna ha experimentado una revolución tecnológica significativa, donde equipos digitales como sistemas CAD/CAM e instrumentos de diagnóstico por imagen han transformado los protocolos clínicos (Mörmann, 2006). Estudios recientes demuestran que estas tecnologías no solo mejoran la precisión en procedimientos como implantes y prótesis, sino que también optimizan los tiempos de tratamiento (Joda et al., 2015). Aunque los instrumentos tradicionales siguen siendo esenciales en áreas como endodoncia, su integración con nuevas tecnologías está redefiniendo los estándares de práctica clínica.

### **2.2.3 Mejora de procesos**

SYDLE (2023) señala que el área de mejora de procesos se enfoca en la modificación de los procesos para optimizar sus parámetros sin sobrepasar sus fronteras. Usualmente, persigue disminuir gastos y potenciar al máximo el desempeño, la productividad y la eficiencia.

### **2.2.4 Ventajas de la mejora de procesos**

#### **2.2.4.1 Mejora en los Resultados**

Uno de los beneficios principales es la mejora en los resultados de los procesos internos y externos, ya que se amplía la capacidad de ofrecer a los

estudiantes una formación más completa y usar correctamente los equipos para la esterilización. Esto se traduce en un posicionamiento destacado en el mercado y la oferta de mayor valor.

El proceso de mejora de procesos implica una dinámica de trabajo que es independiente del enfoque adoptado. La revisión generalizada demuestra que, como requisito previo para mejorar, es esencial tener una etapa inicial que reconozca la necesidad de abordar problemas o buscar alternativas nuevas para lograr resultados superiores en las organizaciones (Serrano & Ortiz, 2012).

#### 2.2.4.2 *Eficiencia Mejorada*

La optimización de los procesos empresariales posibilita la entrega ágil y de calidad de productos y servicios. Corrigiendo fallas y estandarizando procesos, se puede generar más en menos tiempo y con mayor calidad.

Los autores nos indican que una organización se considera eficiente cuando alcanza sus objetivos establecidos con el menor costo y en el menor tiempo posible, evitando el desperdicio de recursos y manteniendo un nivel de calidad óptimo (Ganga et al., 2016).

#### 2.2.4.3 *Optimización de la Gestión del Tiempo*

Las actividades sin valor agregado pueden eliminarse sin consecuencias negativas, optimizando así el tiempo y creando flujos de trabajo más ágiles.

Administrar el tiempo implica tener control sobre las propias tareas y el trabajo, en lugar de verse controlado por ellos. Es fundamental para lograr los objetivos y metas establecidos. La gestión del tiempo es una herramienta de gestión que facilita el manejo y la utilización eficaz del tiempo de trabajo, minimizando las interrupciones que no contribuyan a los objetivos de la organización (Juárez et al., 2012).

#### *2.2.4.4 Mayor Habilidad para Resolver Problemas*

Con una visibilidad completa de los procesos, es posible identificar la raíz de los problemas, permitiendo corregirlos desde su origen y evitando que los gestores inviertan recursos en mitigar solo las consecuencias, en lugar de abordar las causas reales de los problemas.

#### *2.2.4.5 Control del Cumplimiento*

La estandarización y supervisión de los procesos simplifican el mantenimiento del cumplimiento. Además, en el caso de auditorías, la transparencia de los procesos optimizados facilita el procedimiento y contribuye a obtener los resultados esperados.

#### *2.2.5 Tiempos de entrega*

También llamada “Lead Time” se trata de una expresión empleada en logística para evaluar la eficiencia temporal en los distintos procedimientos operativos dentro de una cadena, que abarcan desde el suministro, la producción, el almacenamiento y la distribución (Anaya, 2007).

#### *2.2.6 Estudio de Tiempos*

El estudio de tiempos es una técnica fundamental dentro de la ingeniería industrial, cuyo propósito es analizar el tiempo requerido para completar una tarea o conjunto de tareas bajo condiciones estándar. Frederick W. Taylor, considerado el padre de la administración científica, fue uno de los pioneros en desarrollar esta técnica para mejorar la eficiencia de los procesos productivos (Taylor et al., 2003). A través de este enfoque, se busca identificar ineficiencias y establecer tiempos estándar, los cuales son utilizados como base para la planificación, el control de la producción y la mejora continua.

### 2.2.6.1 *Objetivos del Estudio de Tiempos*

Según Andrade et al. (2019), el estudio de tiempos tiene varios objetivos clave desarrollados en los siguientes puntos:

- Determinar tiempos estándares: que permiten la evaluación del rendimiento de los operarios.
- Eliminar ineficiencias: detectando demoras, movimientos innecesarios y procesos redundantes.
- Mejorar la productividad: mediante la optimización de los métodos de trabajo.
- Proporcionar datos para la planificación de la producción: permitiendo una mejor programación y utilización de los recursos.

### 2.2.6.2 *Importancia en la Mejora de Procesos*

El estudio de tiempos es una de las herramientas más valiosas en la mejora de procesos, especialmente en la búsqueda de una mayor eficiencia operativa. Mejores tiempos de operación resultan en mayor productividad, reducción de costos y mejora en la calidad de los productos o servicios (Monden, 1993). La correcta implementación de estudios de tiempos permite identificar cuellos de botella en la cadena productiva y eliminar actividades que no aportan valor al cliente, alineándose con los principios de Lean Manufacturing (Jones & Womack, 2018).

### 2.2.6.3 *Herramientas para el Estudio de Tiempos*

El estudio de tiempos se apoya en varias herramientas que facilitan la recolección de datos y el análisis de los mismos:

- Cronometraje: Es la técnica más utilizada y consiste en medir directamente el tiempo que toma realizar una operación, usando cronómetros o sistemas

de medición más avanzados. Según Niebel (2014), esta técnica es la base para establecer tiempos estándar y es utilizada en combinación con estudios de movimientos.

- Técnica del Muestreo de Trabajo: Propone realizar mediciones a intervalos aleatorios en lugar de medir de forma continua. Esto permite una mayor representatividad en la recolección de datos cuando las actividades son diversas y no repetitivas (Chase & Jacobs, 2014).
- Diagramas de procesos: Como lo describen Gutiérrez & Vara (2013), los diagramas de flujo y otras representaciones gráficas son útiles para visualizar las secuencias y tiempos de las actividades dentro de un proceso, facilitando la identificación.

#### 2.2.6.4 *Enfoques Modernos en Estudio de Tiempos*

El estudio de tiempos ha evolucionado, y ahora forma parte integral de enfoques modernos que buscan la mejora continua y la optimización de los procesos dentro de las organizaciones. Estos enfoques combinan principios de ingeniería industrial con estrategias innovadoras para reducir los tiempos de ciclo, eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia operativa. Entre los enfoques más relevantes están:

##### a) *Manufactura esbelta*

El enfoque de Lean Manufacturing desarrollado principalmente a partir del Sistema de Producción de Toyota, se basa en la eliminación de todo tipo de desperdicio, lo cual incluye tiempos innecesarios en los procesos. Según Jones & Womack (2018), los principios Lean se enfocan en crear valor para el cliente mediante la optimización de los procesos. El estudio de tiempos juega un papel clave en la identificación de actividades

que no agregan valor (desperdicios), como demoras, esperas y transporte innecesario, y en la reducción de los tiempos de ciclo.

b) Six Sigma

Six Sigma es una metodología que busca la mejora de la calidad mediante el control de variaciones en los procesos, orientándose hacia la perfección. Harry & Schroeder (2000) señalan que el enfoque Six Sigma se apoya en herramientas estadísticas para reducir la variabilidad y asegurar que los procesos se mantengan dentro de los límites de control especificados. El estudio de tiempos se integra en la fase de medición del ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), proporcionando datos precisos sobre los tiempos y la eficiencia de los procesos para su optimización.

c) Reingeniería de procesos de negocio (BPR)

El Business Process Reengineering (Reingeniería de Procesos de Negocio), propuesto por Hammer & Champy (1994), tiene como objetivo rediseñar radicalmente los procesos para mejorar la eficiencia, la calidad y el tiempo de respuesta. El estudio de tiempos es crítico en esta metodología, ya que proporciona un análisis detallado del rendimiento actual de los procesos y ayuda a identificar áreas que pueden ser rediseñadas para reducir significativamente los tiempos y mejorar los resultados.

d) Fabricación Esbelta y Flexible

En la actualidad, muchas empresas también están adoptando sistemas de fabricación esbelta y flexible, donde los estudios de tiempos ayudan a ajustar las líneas de producción para que sean capaces de adaptarse rápidamente a cambios en la demanda. Este enfoque permite que las

empresas puedan producir lotes pequeños sin que los tiempos de preparación y cambio entre productos afecten de manera significativa la eficiencia operativa (Slack et al., 2018)

#### e) Industria 4.0 y Digitalización

Con la llegada de la Industria 4.0, el estudio de tiempos ha evolucionado con la implementación de tecnologías digitales. El uso de sistemas de monitoreo en tiempo real y el análisis de grandes volúmenes de datos permiten obtener mediciones precisas y continuas de los tiempos en los procesos productivos. Estas herramientas modernas permiten identificar ineficiencias en tiempo real y aplicar mejoras casi instantáneas, optimizando los tiempos de operación de forma más eficiente y rápida que con métodos tradicionales (Kagermann et al., 2013).

##### 2.2.6.5 *Beneficios del Estudio de Tiempos*

Los principales beneficios que se derivan de la implementación de estudios de tiempos en la mejora de procesos incluyen:

- Reducción de costos operativos: La identificación de actividades que no generan valor ayuda a minimizar el desperdicio y reducir el tiempo total de ciclo.
- Incremento en la eficiencia y productividad: El análisis detallado del trabajo permite mejorar los métodos de operación y establecer mejores prácticas.
- Mejora en la calidad: Al estandarizar los tiempos, se logra una mayor consistencia en los resultados, mejorando la calidad de los productos o servicios entregados (Heizer et al., 2021).

##### 2.2.7 *Business Process Model and Notation (BPMN)*

El Business Process Model and Notation (BPMN) es una notación

estándar ampliamente utilizada para modelar procesos de negocio, facilitando la comprensión y comunicación entre diferentes partes interesadas. Su adopción ha sido significativa en diversos sectores debido a su capacidad para representar de manera clara y detallada las actividades, eventos y flujos de trabajo dentro de una organización.

Una de las ventajas destacadas de BPMN es su capacidad para formalizar y analizar procesos complejos. Por ejemplo, Kräuter et al. (2023) propusieron una formalización de la semántica de ejecución de BPMN mediante sistemas de transformación de grafos, lo que permite una interpretación más consistente de los modelos y facilita la verificación de propiedades de comportamiento.

Además, se han explorado enfoques para enriquecer la semántica de los modelos BPMN. Guerreiro & Sousa (2020) desarrollaron un marco que integra patrones de transacción empresarial de la ontología DEMO en modelos BPMN, mejorando su expresividad y completitud. Este enfoque sistemático permite que los modelos describan una mayor variedad de situaciones con una complejidad adicional gestionable.

En cuanto a la implementación de procesos de negocio interorganizacionales, (Zeisler et al., 2024) propusieron el uso de la Process Specification Language (PASS) como marco intermedio para traducir y ejecutar modelos BPMN. Este método busca superar las ambigüedades en la semántica de ejecución de BPMN, promoviendo una interpretación más uniforme y precisa de los modelos.

Estos estudios recientes demuestran la evolución y adaptación de BPMN para abordar desafíos contemporáneos en la modelación y ejecución de procesos de negocio, resaltando su relevancia y aplicabilidad en contextos complejos y

dinámicos.

### 2.2.8 *Método LEST*

El método LEST tiene como objetivo evaluar de manera objetiva y global las condiciones de trabajo. Este método permite diagnosticar si las situaciones en el puesto son satisfactorias, molestas o nocivas, considerando factores que pueden afectar la salud y la vida personal de los trabajadores. Se caracteriza por su enfoque integral, abarcando diversos aspectos del puesto de trabajo para determinar si es necesario un análisis más profundo con métodos específicos (Diego, 2015).

Para la recolección de información, el método LEST utiliza variables cuantitativas, como el nivel sonoro y la temperatura, y cualitativas, como la opinión del trabajador sobre su labor, para evaluar la carga mental y los aspectos psicosociales del puesto. Esta combinación de datos permite una evaluación completa de las condiciones laborales (Diego, 2015).

Investigaciones recientes han aplicado el método LEST en diversos contextos. Por ejemplo, se realizó una evaluación ergonómica en una empresa azucarera utilizando este método para determinar si las condiciones de trabajo eran satisfactorias, molestas o nocivas. Se evaluaron las cinco dimensiones que comprende la guía de observación en el taller mecánico de la empresa, identificando áreas de mejora en el entorno laboral (Lara et al., 2020).

Estas aplicaciones recientes demuestran la vigencia y utilidad del método LEST en la evaluación de condiciones laborales, facilitando la identificación de factores que pueden afectar la salud y el bienestar de los trabajadores.



## CAPÍTULO III

### **3 MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Aspectos metodológicos de la investigación**

##### **3.1.1 *Diseño de Investigación***

El diseño es no experimental, ya que no se manipularían variables de manera directa, sino que se observaría y describiría la situación actual, identificando factores que podrían influir en cómo mejorar los tiempos de entrega.

##### **3.1.2 *Nivel de Investigación***

El nivel de la presente investigación es descriptivo-explicativo. El nivel descriptivo permite, en primer lugar, realizar un análisis detallado y sistemático del proceso actual de esterilización de instrumentos odontológicos en el Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María, identificando las etapas críticas, los cuellos de botella y las deficiencias que afectan los tiempos de entrega.

En segundo lugar, el nivel explicativo se fundamenta en el análisis de las causas subyacentes de las problemáticas encontradas. Asimismo, se busca explicar cómo dichas causas impactan directamente en la variable dependiente, es decir, los tiempos de entrega.

#### **3.2 Población de la Investigación**

La población está conformada por todos los procesos de esterilización de instrumentos odontológicos que se llevan a cabo en el Centro Odontológico de la UCSM en Arequipa durante el año 2024.

#### **3.3 Muestra de la Investigación**

Dado que se trata de un estudio enfocado en mejorar un proceso específico dentro de una instalación determinada, se consideró como muestra el mismo proceso de esterilización de instrumentos odontológicos en el Centro Odontológico de la UCSM. Es decir, se realizaría un estudio de caso o censo, analizando el 100%

de las actividades y eventos relacionados con este proceso durante un período de tiempo determinado.

### 3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- Observación directa:

Observar el proceso actual de esterilización y registrar observaciones detalladas sobre las actividades realizadas, el tiempo invertido en cada etapa y los cuellos de botella identificados.

- Estudio de Tiempos:

Implica definir las operaciones a estudiar, seleccionar un operario calificado, realizar observaciones preliminares, determinar el tamaño de la muestra, preparar las herramientas de medición, cronometrar y registrar los tiempos de cada operación realizando el número de observaciones requerido, evaluar la velocidad de trabajo del operario, calcular los suplementos por fatiga y otras contingencias, obtener los tiempos estándar aplicando las fórmulas correspondientes, y finalmente analizar estos tiempos estándar para identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora, asegurando la recopilación de datos precisos y representativos del proceso real.

### 3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

En primer lugar, se realizó un diagrama de flujo detallado del proceso actual de esterilización de instrumentos odontológicos en el Centro Odontológico. Este diagrama permitirá visualizar claramente todas las actividades, decisiones y movimientos involucrados, identificando posibles cuellos de botella y oportunidades de mejora.

Posteriormente, se llevó a cabo un estudio de tiempos mediante la técnica de cronometraje y uso de herramientas de captura de movimiento. Esto permitirá

obtener tiempos estándar precisos para cada operación dentro del proceso de esterilización, incluyendo un análisis detallado de movimientos y desplazamientos del personal.

Los datos recopilados del estudio de tiempos se procesaron utilizando hojas de cálculo y técnicas de análisis de operaciones como diagramas de proceso. Esto ayudará a determinar la manera óptima de secuenciar y balancear las operaciones de esterilización.

Con base en estos análisis, se planteó tres propuestas de mejora incluyendo costos y beneficios de cada una. Con estas propuestas, se realizó un análisis para seleccionar la mejor opción.

Finalmente, se desarrollaría se detalló los beneficios no monetarios obtenidos, así como la mejora en los tiempos del proceso.



## CAPÍTULO IV

## 4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1 Antecedentes de la Organización

#### 4.1.1 *Reseña de la empresa*

El Centro Odontológico de la Facultad de Odontología de la Universidad Católica de Santa María (UCSM) en Arequipa, Perú, es una unidad académica que tiene como objetivo principal brindar servicios de atención odontológica de alta calidad a la comunidad. Fundado hace más de 50 años, este centro se ha consolidado como una de las mejores instituciones del país en su campo (Universidad Católica de Santa María, 2023).

La plana docente del centro está conformada por profesionales de vasta experiencia y alto nivel académico, quienes se especializan en diversas áreas de la odontología. Bajo su supervisión, los estudiantes de la Facultad de Odontología de la UCSM realizan procedimientos clínicos que abarcan una amplia gama de tratamientos, asegurando así una atención odontológica integral y de calidad para los pacientes.

El centro cuenta con equipos de última generación, incluyendo un sistema digital CAD/CAM para el diseño y elaboración de prótesis, así como un tomógrafo volumétrico 3D. Estas tecnologías de vanguardia permiten brindar servicios odontológicos especializados a los usuarios.

#### 4.1.2 *Servicios y Clientes*

El Centro Odontológico UCSM ofrece servicios para clientes internos (estudiantes de pregrado y posgrado) y para clientes externos (pacientes).

##### 4.1.2.1 *Servicios para clientes externos*

Los servicios para los clientes externos están divididos en dos categorías: tratamientos y diagnóstico por imagen.

- a) **Tratamientos:** Se ofrecen tratamientos para las siguientes especialidades: carielogía, endodoncia, prótesis dental, periodoncia e implantología, cirugía bucal, ortodoncia y ortopedia, odontopediatría, y odontología preventiva (Universidad Católica de Santa María, 2024b).
- b) **Diagnóstico por imagen:** Se ofrecen radiografías intraorales (periapical, bitewing y oclusal) y radiografías extraorales (panorámica, lateral o cefalométrica, frontal o posteroanterior, tomografía y escanografía de articulación temporomandibular (atm), radiografía de senos maxilares, entre otras) (Universidad Católica de Santa María, 2024a).

#### **4.1.2.2 Servicios para clientes internos**

Los servicios para los clientes internos son el servicio de esterilización y préstamo de equipos.

- a) Servicio de esterilización de instrumentos brindado a estudiantes de pregrado y posgrado que estén cursando en la Universidad
- b) Servicio de préstamo de equipos.

#### **4.1.3 Sector y actividad económica**

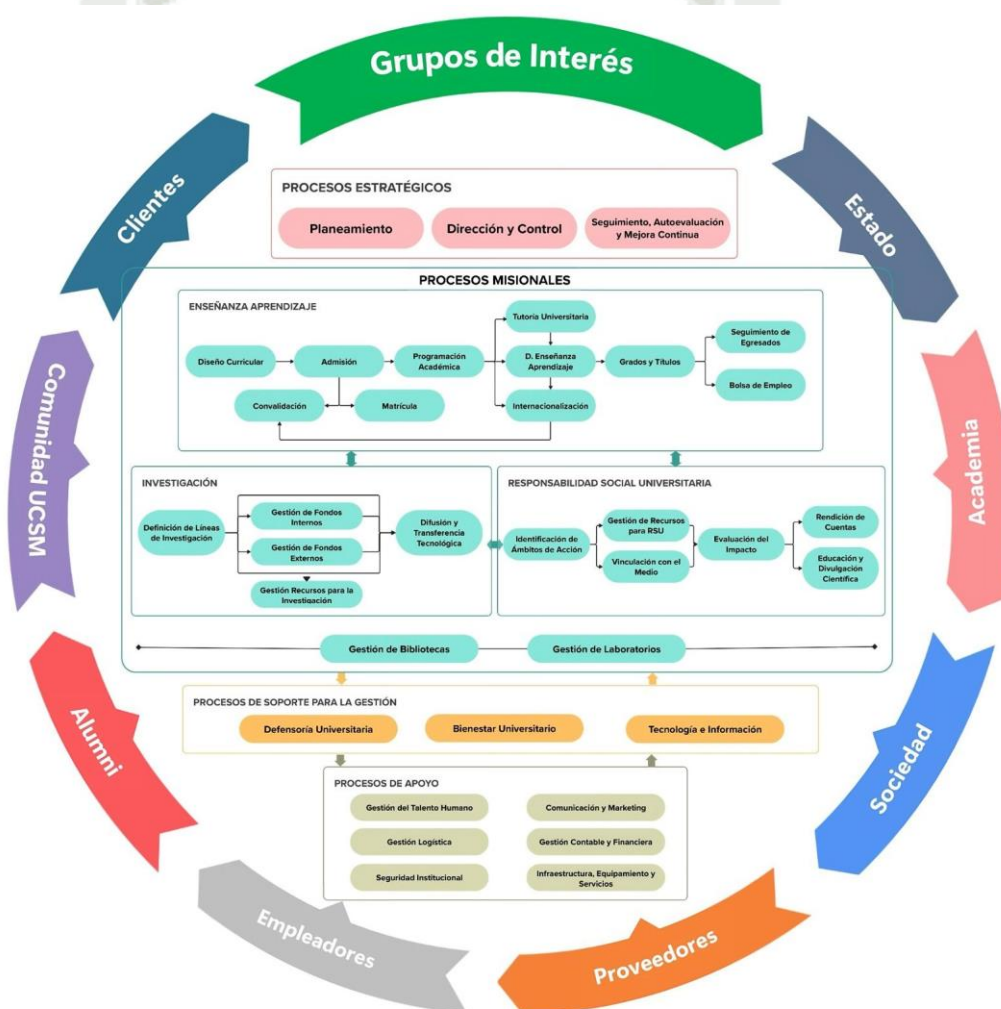
El Centro Odontológico trabajan bajo la actividad económica 8620 - ACTIVIDADES DE MÉDICOS Y ODONTÓLOGOS. Esta clase abarca la atención médica y odontológica que se brinda en consultorios privados, clínicas y otros lugares, incluyendo visitas a domicilio. Se incluye la atención de médicos generalistas y especialistas, así como la odontología general y especializada. También se incluyen los servicios de planificación familiar que ofrecen tratamientos médicos. No se incluyen actividades como la fabricación de prótesis dentales, la atención de pacientes hospitalizados o las actividades paramédicas como la enfermería (Actor Atlas, n.d.).

#### 4.1.4 Mapa de procesos

El Centro Odontológico como institución no tiene un mapa de procesos; por ello, se colocó el mapa de procesos de la Universidad Católica de Santa María (véase Figura 1)

**Figura 1**

Mapa de Procesos de la Universidad Católica de Santa María



*Nota.* Tomado de Oficina de Calidad Universitaria de la Universidad Católica de Santa María (2024).

## 4.2 Análisis Externo e Interno

### 4.2.1 Análisis PESTEL

#### 4.2.1.1 Político

El entorno político constituye un factor relevante para el funcionamiento de las instituciones de salud y educación en el país. La orientación de las políticas públicas, la prioridad que los gobiernos asignan al sector salud, así como la estructura de gobernanza institucional, inciden en la planificación y ejecución de servicios esenciales como los procesos de esterilización en centros odontológicos.

La estabilidad política, la voluntad del Estado para fortalecer el sistema sanitario, y el rol activo de los organismos públicos en la regulación y supervisión del sector salud, son elementos que configuran un escenario favorable o adverso para la implementación de mejoras operativas. En el caso de instituciones educativas privadas con servicios clínicos, como las universidades, estas decisiones políticas repercuten en su capacidad de adecuarse a los lineamientos técnicos y operativos definidos por las entidades competentes.

Según Coulter & Robbins (2017), el componente político abarca el conjunto de decisiones gubernamentales que afectan el entorno institucional. En el ámbito sanitario, estas decisiones son clave para promover entornos seguros, eficientes y sostenibles. Por su parte, Bovaird & Loeffler (2015) destacan que la acción política en salud pública no solo responde a criterios técnicos, sino también a prioridades estratégicas del Estado.

#### 4.2.1.2 Económico

El contexto económico actual del Perú y de la región de Arequipa afecta directamente las capacidades de inversión en tecnología e infraestructura de las

instituciones académicas, como la Universidad Católica de Santa María. En este sentido, la inflación y las tasas de interés tienen un impacto en los costos operativos, lo que puede limitar las posibilidades de adquirir nuevos equipos para mejorar el proceso de esterilización de instrumentos.

A nivel macroeconómico, la economía peruana ha mostrado una recuperación progresiva tras la pandemia de COVID-19, sin embargo, las fluctuaciones en el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) y las políticas de gasto público siguen siendo factores de riesgo. Las instituciones educativas y de salud deben considerar los costos de inversión en nuevas tecnologías, el costo del personal calificado, y los gastos asociados a la actualización de sus procesos para mantener la competitividad y asegurar un servicio de calidad.

En el centro odontológico de la Universidad Católica de Santa María, los costos asociados a la esterilización, tales como el consumo de energía, los insumos utilizados (como detergentes especiales y autoclaves), y la rotación de personal especializado, impactan en los tiempos de entrega de los instrumentos esterilizados. La eficiencia en la gestión de estos recursos es crucial para asegurar que los costos no se disparen y que la calidad del servicio no se vea comprometida.

En términos de inversión tecnológica, se debe analizar el retorno de inversión (ROI) de la implementación de equipos de esterilización más avanzados y de la capacitación del personal. La tendencia hacia la automatización de procesos en el sector salud puede generar ahorros a largo plazo, pero la inversión inicial es significativa y está sujeta a las condiciones económicas locales y nacionales.

Según Mankiw (2017), la inflación y las tasas de interés influyen

directamente en la capacidad de inversión de las organizaciones. Además, Bateman & Snell (2009) destacan que, en tiempos de incertidumbre económica, las empresas deben ser más estratégicas en sus inversiones en tecnología y recursos humanos para no comprometer la sostenibilidad financiera.

En conclusión, las condiciones económicas, incluyendo la inflación y las tasas de interés, limitan la capacidad de inversión en tecnologías avanzadas y capacitación del personal.

#### 4.2.1.3 Social

El comportamiento y las expectativas de los pacientes, así como de los profesionales odontológicos, están en constante evolución. Hoy en día, los pacientes son más conscientes de la importancia de la higiene y la seguridad en los procedimientos médicos, especialmente después de la pandemia de COVID-19. Esto ha generado una mayor demanda de procesos de esterilización eficaces y rápidos en centros de salud y odontológicos.

La sociedad actual valora más la seguridad sanitaria, y esto se refleja en una mayor exigencia hacia las instituciones de salud y educativas en cuanto a la calidad de sus procesos. El centro odontológico de la Universidad Católica de Santa María no es ajeno a estas demandas, y se enfrenta a la presión de ofrecer un servicio seguro y eficiente a sus pacientes, que son tanto la comunidad universitaria como el público en general.

Además, el envejecimiento de la población y el aumento en la demanda de servicios odontológicos especializados hacen que el volumen de instrumentos a esterilizar incremente, lo que requiere una optimización de los procesos para evitar retrasos y garantizar la disponibilidad oportuna de los equipos.

La cultura organizacional también juega un rol importante en la

implementación de mejoras en procesos. La aceptación por parte del personal de cambios en los métodos de trabajo, la capacitación en el uso de nuevas tecnologías, y la adopción de prácticas de mejora continua son factores sociales clave que deben ser abordados en la investigación.

Según Kotler & Armstrong (2003), los cambios en las expectativas de los consumidores están transformando las industrias, incluyendo el sector salud, mientras que Robbins & Judge (2021) destacan la importancia de la cultura organizacional en la adaptación a nuevas tecnologías y procesos en las organizaciones.

En conclusión, el aumento de la conciencia sanitaria y la demanda de servicios odontológicos especializados generan la necesidad de optimizar procesos para responder a las expectativas de los pacientes y asegurar la disponibilidad oportuna de instrumentos esterilizados.

#### 4.2.1.4 *Tecnológico*

La tecnología es uno de los factores más importantes en el contexto de esta investigación, ya que la mejora del proceso de esterilización de instrumentos depende directamente de la implementación de nuevas tecnologías o la optimización de las actuales.

En el ámbito odontológico, los equipos de esterilización han avanzado considerablemente en los últimos años. Las tecnologías de autoclaves más modernos permiten ciclos de esterilización más rápidos y eficientes, reduciendo así los tiempos de espera y el consumo de energía. Asimismo, la automatización y digitalización de estos procesos pueden contribuir a la reducción de errores humanos y a un mayor control de la trazabilidad de los instrumentos esterilizados.

En el contexto de Arequipa, y particularmente en la Universidad Católica de Santa María, se debe considerar la disponibilidad y el acceso a estas tecnologías, así como los costos de implementación y mantenimiento. La falta de acceso a tecnologías de punta o la ausencia de capacitación adecuada del personal pueden ser barreras para la mejora del proceso de esterilización.

El acceso a tecnologías digitales también permite una mayor trazabilidad de los instrumentos, lo que significa que cada herramienta utilizada puede ser monitoreada a lo largo de todo su ciclo de esterilización. La implementación de software especializado en la gestión de instrumentos esterilizados es otra opción que podría considerarse dentro de esta investigación.

Es importante destacar que la tecnología no solo debe ser evaluada por su impacto directo en la eficiencia de los procesos, sino también por su sostenibilidad a largo plazo. Equipos más eficientes energéticamente, con menores costos de mantenimiento y una vida útil prolongada, representan una inversión más rentable para la Universidad Católica de Santa María.

De acuerdo con Laudon & Laudon (2024), la adopción de tecnologías digitales y la automatización de procesos pueden generar mejoras significativas en la eficiencia operativa, reduciendo tiempos de ciclo y errores humanos. Por otro lado, Christensen et al. (2009) destacan que la innovación tecnológica es clave para mantener la competitividad en sectores como la salud, donde la seguridad y la eficiencia son prioridades.

En conclusión, la incorporación de equipos modernos y sistemas automatizados puede reducir errores, tiempos improductivos y costos operativos, aunque enfrenta barreras como los altos costos de adquisición y la falta de capacitación.

#### 4.2.1.5 Ecológico

El contexto ambiental es cada vez más relevante para las instituciones de salud y educación debido a las regulaciones medioambientales y la creciente conciencia social sobre la necesidad de reducir el impacto ecológico. En el caso de la esterilización de instrumentos, este aspecto es clave, ya que el proceso implica el uso de recursos como el agua y la energía, además de la generación de residuos biomédicos que deben ser manejados de manera adecuada para evitar la contaminación.

La sostenibilidad en los procesos de esterilización no solo es una demanda de la sociedad actual, sino que también está siendo cada vez más regulada por normativas medioambientales. En el Perú, el Ministerio del Ambiente y otras entidades reguladoras han establecido directrices sobre la gestión de residuos sanitarios, lo que implica que los centros de salud y educativos deben implementar prácticas responsables para la disposición de residuos, particularmente aquellos que provienen de materiales infecciosos.

En el contexto de Arequipa, una ciudad con un ecosistema frágil, el uso responsable de los recursos es un tema crítico. La Universidad Católica de Santa María, al ser una institución educativa, debe dar el ejemplo en términos de sostenibilidad. La investigación sobre la mejora del proceso de esterilización debe considerar el impacto ambiental de las prácticas actuales y proponer alternativas más sostenibles, como la implementación de equipos que consuman menos energía o el uso de tecnologías que minimicen la cantidad de residuos generados.

Además, la adopción de prácticas de esterilización más eficientes desde el punto de vista energético puede ayudar a reducir los costos operativos y

contribuir a la responsabilidad social de la institución. La eficiencia en el uso de recursos como el agua, que es vital para los procesos de esterilización por vapor, también debe ser optimizada para evitar el desperdicio, especialmente en una región como Arequipa, donde la escasez de agua es un problema recurrente.

Según Porter & Kramer (2011), la sostenibilidad ambiental se ha convertido en un factor crítico en la estrategia de las organizaciones, incluidas las del sector salud. Por otro lado, Senge (2006) señala que la integración de prácticas medioambientales responsables no solo mejora la imagen de la organización, sino que también genera beneficios económicos a largo plazo.

En conclusión, los factores ecológicos destacan la importancia de implementar prácticas sostenibles que optimicen el uso de recursos como el agua y la energía, así como la gestión adecuada de residuos biomédicos, especialmente en un entorno como Arequipa, donde los recursos naturales son limitados.

#### 4.2.1.6 *Legal*

El marco legal que regula los procesos de esterilización en el sector salud y odontológico está bien definido en el Perú. Las instituciones deben cumplir con normativas estrictas relacionadas con el control de infecciones, la gestión de residuos peligrosos, y los estándares de calidad para la esterilización de instrumentos médicos. En este caso, es esencial cumplir con las regulaciones establecidas por el Ministerio de Salud, que son de carácter obligatorio y cuyo incumplimiento puede llevar a sanciones administrativas o, en casos graves, al cierre de la institución.

Las normativas que regulan el control de infecciones y los procesos de esterilización en Perú están alineadas con los estándares internacionales, tales

como los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La normativa técnica NTS-117-MINSA/DIGESA regula la correcta manipulación de los residuos sanitarios, lo que implica que todos los instrumentos utilizados en procedimientos odontológicos deben ser esterilizados siguiendo estrictos protocolos para garantizar la seguridad de los pacientes y del personal (DIGESA, 2018).

Un aspecto legal importante a considerar es la responsabilidad civil y penal que las instituciones de salud pueden enfrentar en caso de no cumplir con los estándares de esterilización. En este sentido, la optimización del proceso no solo tiene implicaciones económicas y operativas, sino que también puede reducir el riesgo de litigios por negligencia médica o infecciones hospitalarias.

Además de las normativas sanitarias, es importante tener en cuenta las leyes laborales que regulan las condiciones de trabajo del personal encargado de la esterilización. La exposición a materiales contaminantes y las condiciones de trabajo en ambientes de alta temperatura o presión requieren que las instituciones cumplan con la normativa de seguridad y salud ocupacional para garantizar el bienestar del personal.

Según Jentz et al. (2008), el cumplimiento legal es un pilar fundamental en las instituciones de salud, ya que garantiza no solo la seguridad de los pacientes, sino también la protección legal de la institución. Además, Kotler et al. (2022) destacan que, en sectores regulados, como el de la salud, el cumplimiento normativo es clave para evitar sanciones y mantener la reputación de la organización.

En conclusión, el cumplimiento legal no solo asegura la protección de pacientes y personal, sino que también preserva la reputación institucional y

evita sanciones que puedan afectar la operación del centro odontológico.

#### 4.2.2 *Análisis FODA*

##### 4.2.2.1 *Fortalezas (Factores Internos Positivos)*

- **Reputación Académica:** La Universidad Católica de Santa María es una de las instituciones educativas más reconocidas en Arequipa, con una reputación sólida en la enseñanza de ciencias de la salud. El respaldo de la universidad proporciona credibilidad al centro odontológico y atrae a estudiantes y pacientes (F1)
- **Calidad del Personal:** El centro cuenta con un equipo de profesionales capacitados, tanto en la enseñanza como en la práctica odontológica. Los docentes y profesionales que trabajan en el centro tienen acceso a formación continua, lo que garantiza un servicio de calidad y una atención eficiente a los pacientes (F2).
- **Infraestructura Moderna:** El centro está equipado con tecnología avanzada para la enseñanza y la práctica odontológica, lo que permite ofrecer una amplia gama de servicios a los pacientes, desde tratamientos generales hasta especializados. La disponibilidad de equipos modernos mejora la precisión y calidad de los procedimientos (F3).
- **Accesibilidad de Servicios:** Al ser un centro universitario, los precios de los tratamientos son más accesibles en comparación con clínicas privadas, lo que atrae a una mayor cantidad de pacientes, especialmente de sectores con menos recursos económicos (F4).
- **Enfoque en la Innovación:** El centro está orientado hacia la mejora continua de sus procesos, como lo demuestra la investigación actual sobre la optimización del proceso de esterilización, lo cual es una indicación de que buscan modernizarse y mantenerse a la vanguardia de los avances tecnológicos en

odontología (F5).

#### 4.2.2.2 *Debilidades (Factores Internos Negativos)*

- **Tiempos de Espera Prolongados:** Uno de los principales desafíos del centro odontológico es la duración del proceso de esterilización de instrumentos, lo que puede generar tiempos de espera prolongados entre los procedimientos. Esto afecta tanto a los pacientes como a los estudiantes que necesitan los equipos para realizar sus prácticas (D1).
- **Falta de Automatización en Procesos:** A pesar de contar con equipos modernos, el proceso de esterilización y otras operaciones en el centro odontológico todavía podrían beneficiarse de una mayor automatización y digitalización, lo que ayudaría a reducir errores y mejorar la eficiencia general (D2).
- **Capacidad Limitada de Infraestructura:** Aunque el centro cuenta con una buena infraestructura, su capacidad para atender a un número elevado de pacientes y estudiantes es limitada, lo que puede generar cuellos de botella en periodos de alta demanda, afectando la experiencia tanto del paciente como del estudiante (D3).
- **Dependencia de Estudiantes para la Operación:** Una parte significativa de los procedimientos odontológicos en el centro es realizada por estudiantes bajo supervisión, lo que puede generar variaciones en la calidad de la atención dependiendo del nivel de experiencia del estudiante. Esto puede afectar la percepción de calidad del servicio entre los pacientes (D4).
- **Costo de Mantenimiento de Equipos:** La alta tecnología con la que está equipado el centro requiere mantenimiento constante, lo que genera costos significativos que pueden afectar el presupuesto de la institución. Además, los equipos más modernos para la esterilización de instrumentos también conllevan costos

operativos elevados (D5).

#### 4.2.2.3 Oportunidades (Factores Externos Positivos)

- **Creciente Demanda de Servicios Odontológicos:** El aumento de la conciencia sobre la salud dental en la población general, especialmente después de la pandemia de COVID-19, ha incrementado la demanda de servicios odontológicos. Esto brinda al centro la oportunidad de atraer a más pacientes y ampliar sus servicios (O1).
- **Avances Tecnológicos en Odontología:** La rápida evolución de las tecnologías aplicadas a la odontología, como los sistemas de esterilización más eficientes y las herramientas digitales para diagnóstico y tratamiento, abre la posibilidad de implementar mejoras que optimicen los procesos y reduzcan los tiempos de espera (O2).
- **Alianzas con el Sector Salud y Educativo:** El centro odontológico tiene la posibilidad de crear alianzas estratégicas con hospitales, clínicas y otras universidades para la realización de investigaciones conjuntas, intercambio de tecnología o formación especializada, lo que incrementaría su capacidad y visibilidad en la región (O3).
- **Financiamiento para Innovación y Desarrollo:** Existen oportunidades de obtener financiamiento tanto del gobierno como de instituciones privadas para mejorar la infraestructura y la adquisición de nuevas tecnologías. Programas de subvención para proyectos de innovación en salud pueden apoyar la implementación de nuevas tecnologías en el centro odontológico (O4).
- **Expansión de Servicios Especializados:** Dado que el centro odontológico está respaldado por una universidad, existe la posibilidad de ampliar los servicios especializados, como ortodoncia, implantología y cirugía maxilofacial, lo cual

atraería a un público más amplio y posicionaría al centro como una referencia en la región (O5).

#### 4.2.2.4 Amenazas (*Factores Externos Negativos*)

- **Competencia de Clínicas Privadas:** En Arequipa, existen varias clínicas odontológicas privadas que ofrecen servicios especializados y cuentan con acceso a tecnología de última generación. Esto representa una competencia directa para el centro, que debe esforzarse por mantenerse competitivo en términos de calidad de servicio y tecnología (A1).
- **Inestabilidad Económica:** La situación económica en el Perú, especialmente la inflación y las fluctuaciones en el costo de los insumos médicos y odontológicos, podría afectar la capacidad del centro para mantener sus precios accesibles y cubrir los costos operativos sin comprometer la calidad de los servicios (A2).
- **Regulaciones Gubernamentales Rígidas:** El cumplimiento de normativas de salud y seguridad en el manejo de instrumentos odontológicos es cada vez más estricto. Si el centro no puede cumplir con estas regulaciones, especialmente en lo referente al proceso de esterilización y el manejo de residuos biomédicos, podría enfrentar sanciones o incluso el cierre temporal de sus operaciones (A3).
- **Pandemias o Crisis Sanitarias:** Aunque la pandemia de COVID-19 ha disminuido, cualquier futura crisis sanitaria podría impactar severamente la capacidad operativa del centro odontológico, al generar restricciones en los procedimientos y requerir mayores controles en la esterilización y el manejo de pacientes (A4).
- **Escasez de Insumos Médicos:** La escasez de insumos médicos, como materiales de esterilización, anestésicos o equipos de protección personal, puede aumentar los costos de operación y afectar la capacidad del centro para mantener la calidad

de sus servicios de manera constante (A5).

#### 4.2.2.5 Conclusiones del Análisis FODA

El análisis FODA realizado evidencia un panorama integral sobre los factores internos y externos que influyen en el desempeño del centro odontológico de la Universidad Católica de Santa María. Entre las fortalezas destaca la reputación académica de la universidad, la calidad de su personal, su infraestructura moderna y su enfoque en la innovación, los cuales posicionan al centro como una institución confiable y accesible. Sin embargo, se identifican debilidades como los tiempos de espera prolongados, la falta de automatización en procesos, y la dependencia de estudiantes, lo que limita su capacidad operativa y afecta la percepción de calidad del servicio.

En cuanto a las oportunidades, la creciente demanda de servicios odontológicos y los avances tecnológicos en la especialidad brindan al centro la posibilidad de optimizar procesos y ampliar su alcance. Asimismo, las alianzas estratégicas y el acceso a financiamiento para innovación representan oportunidades clave para fortalecer su infraestructura y capacidad tecnológica. Por otro lado, las amenazas, como la competencia de clínicas privadas, la inestabilidad económica, y las regulaciones gubernamentales estrictas, exigen una estrategia sólida para garantizar la sostenibilidad del centro y su cumplimiento normativo.

#### 4.2.3 Matriz DOFA

**Tabla 2**

*Matriz DOFA*

	<b>Fortalezas (F)</b>	<b>Debilidades (D)</b>
<b>Oportunidades (O)</b>	<p style="text-align: center;"><b>Estrategias FO (Fortalezas + Oportunidades)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ampliar servicios especializados respaldados por la reputación universitaria.</li> <li>2. Realizar alianzas estratégicas para formación especializada y proyectos de innovación.</li> <li>3. Implementar avances tecnológicos en equipos y procesos.</li> <li>4. Aumentar el público objetivo aprovechando la creciente demanda de servicios odontológicos.</li> <li>5. Incorporar financiamiento externo para respaldar la modernización e innovación en el centro odontológico.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Estrategias DO (Debilidades + Oportunidades)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Invertir en tecnologías avanzadas para automatizar y reducir tiempos de procesos.</li> <li>2. Buscar financiamiento para digitalizar procesos clave y mejorar la eficiencia.</li> <li>3. Ampliar la infraestructura mediante alianzas estratégicas y financiamiento externo.</li> <li>4. Diseñar un sistema híbrido donde profesionales y estudiantes trabajen coordinadamente.</li> <li>5. Incorporar tecnología sostenible que minimice los costos operativos.</li> </ol>
<b>Amenazas (A)</b>	<p style="text-align: center;"><b>Estrategias FA (Fortalezas + Amenazas)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utilizar la credibilidad institucional para competir con clínicas privadas.</li> <li>2. Desarrollar protocolos que cumplan estrictamente normativas gubernamentales.</li> <li>3. Optimizar los equipos actuales para mantener costos accesibles ante la inflación.</li> <li>4. Mantener precios accesibles para atraer pacientes, pese a la inestabilidad económica.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Estrategias DA (Debilidades + Amenazas)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducir tiempos de espera para minimizar el impacto de pandemias o escasez de insumos.</li> <li>2. Automatizar procesos críticos para cumplir con regulaciones estrictas y evitar sanciones.</li> <li>3. Ajustar la capacidad operativa para garantizar la competitividad frente a clínicas privadas.</li> <li>4. Capacitar estudiantes en normativas de seguridad para reducir posibles sanciones.</li> </ol>

5. Estar preparados para adaptarse a crisis sanitarias mediante mejoras continuas.

5. Implementar estrategias de mantenimiento preventivo para reducir gastos operativos.

Matriz DOFA	Fortalezas					Debilidades				
	F1	F2	F3	F4	F5	D1	D2	D3	D4	D5
Oportunidades	O1			E4						
	O2		E3			E1				E5
	O3								E4	
	O4		E2			E5	E1	E2		E5
	O5	E1								
Amenazas	A1	E1							E3	
	A2			E3	E4					E5
	A3		E2				E2		E4	
	A4					E5				
	A5						E1			

*Nota.* Esta tabla plantea estrategias planteadas a partir de los resultados de FODA. Esta tabla es importante ya que, en las estrategias DA, se detectó que es necesario reducir los tiempos ya sea para mejorar la calidad del servicio, así como la reducción de costos. En conclusión, se reconoce que el tiempo es tanto una amenaza como una debilidad de la empresa que debería ser tratada.

#### 4.2.3.1 Conclusiones de la Matriz DOFA

El análisis de la Matriz DOFA permitió identificar estrategias integrales para optimizar el desempeño del centro odontológico de la Universidad Católica de Santa María. Las estrategias planteadas buscan fortalecer la posición del centro en el mercado odontológico mediante la utilización de su reputación académica, la calidad del personal y su infraestructura moderna para atraer más pacientes, implementar tecnologías avanzadas de esterilización y establecer alianzas estratégicas con instituciones del sector salud y educativo. Estas acciones no solo aumentan la competitividad del centro, sino que también diversifican sus servicios y mejoran la eficiencia operativa.

Asimismo, se propuso priorizar la automatización y modernización de los procesos críticos, como la gestión de insumos y la esterilización, mediante el acceso a financiamiento y el desarrollo de tecnologías que reduzcan los tiempos de espera y eviten cuellos de botella en momentos de alta demanda. Además, la diferenciación del centro frente a la competencia privada se logrará ofreciendo servicios especializados, garantizando el cumplimiento normativo y fortaleciendo la capacitación continua del personal, lo que permitirá mantener altos estándares de calidad y seguridad.

Finalmente, se plantearon estrategias para enfrentar las amenazas económicas y regulatorias mediante la gestión eficiente de costos, la implementación de protocolos estrictos y la optimización de recursos disponibles. Estas medidas aseguran la sostenibilidad financiera y operativa del centro, al mismo tiempo que refuerzan su compromiso con la innovación, la excelencia académica y la satisfacción de las expectativas de pacientes y estudiantes.

#### 4.2.4 Descripción del Proceso de Esterilización

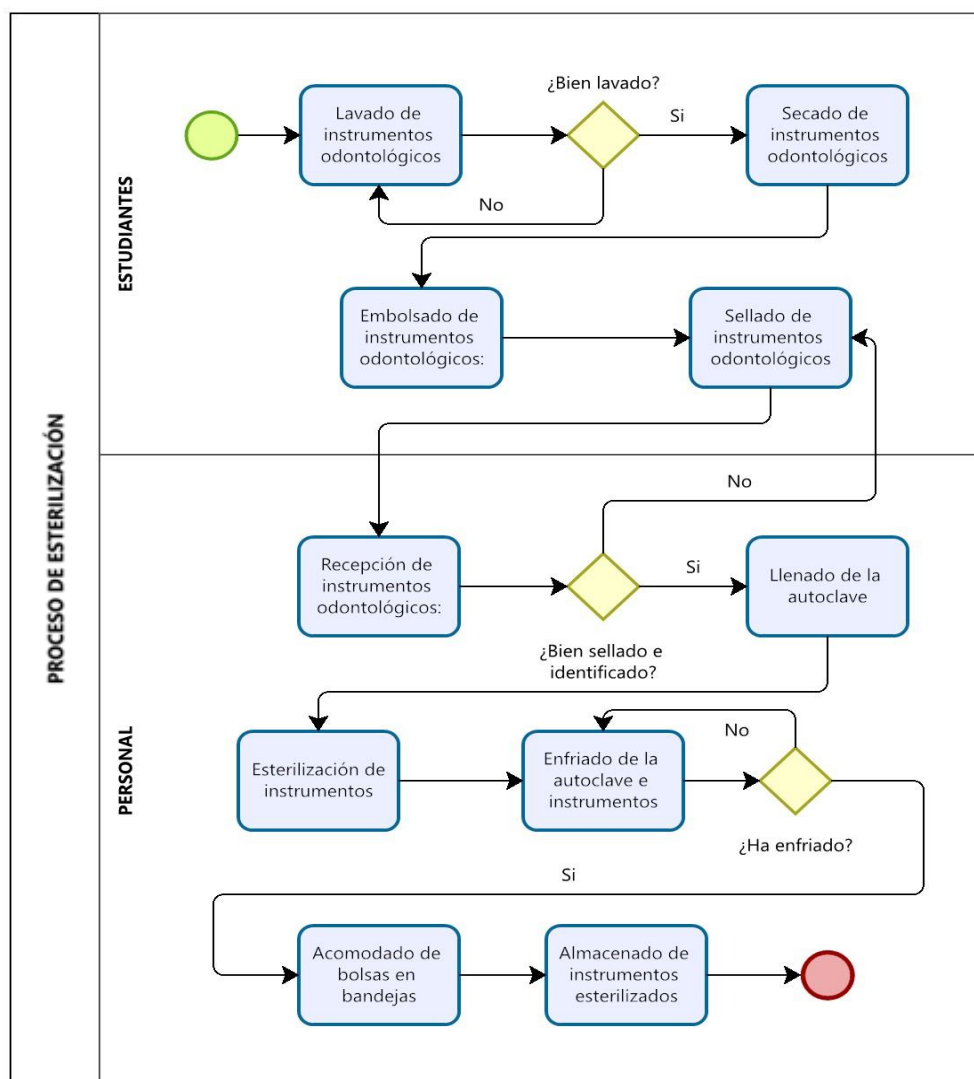
El proceso de esterilización consta de 10 etapas que inicia con el lavado de los instrumentos a cargo de los estudiantes hasta el almacenamiento a cargo del personal del Centro Odontológico.

En las figuras 2, 3, 4 y 5 se esquematizó el proceso actual de esterilización incluyendo las actividades, encargados, ingreso de insumos involucrados. Además, en el Figura 6, se esquematizó los desplazamientos del personal en el área de esterilización.

En la figura 7 y 8, se detalla el proceso con un BPMN indicando si las actividades son procesos manuales o manejados por máquinas. Asimismo, se detalla el subproceso que realiza el área de esterilización para la obtención del agua destilada que se identificó como una demora ya que este subproceso es realizado por el área de mantenimiento.

**Figura 2**

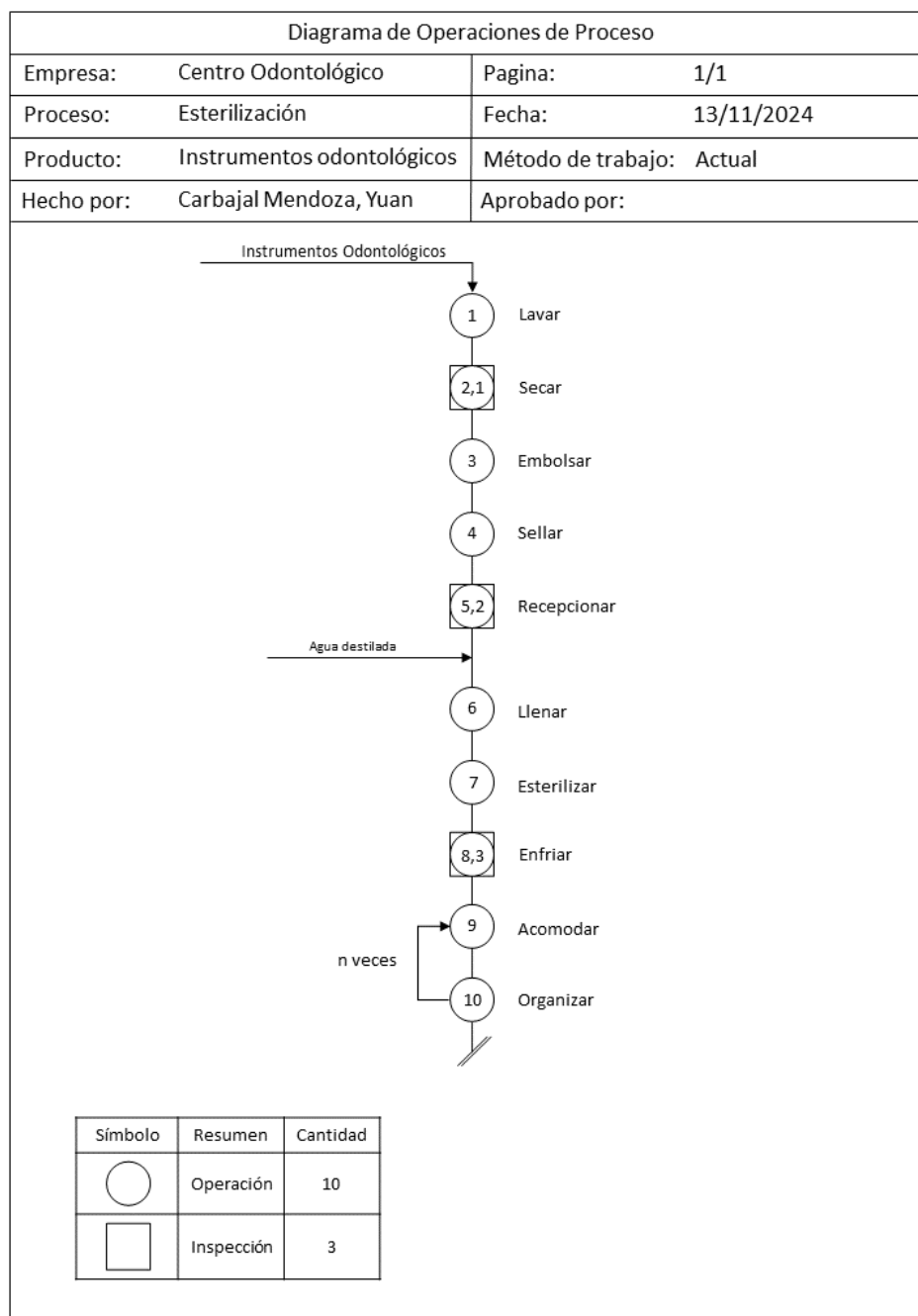
*Diagrama de Flujo del Proceso Actual de Esterilización*



*Nota.* Elaborado en Bizagi Modeler. Esta figura detalla las etapas del proceso de esterilización, así como los encargados. Es importante ya que define las etapas que se incluyeron en el estudio de tiempos debido a que las etapas a cargo de los estudiantes presentan variabilidad en tiempos (problema identificado).

**Figura 3**

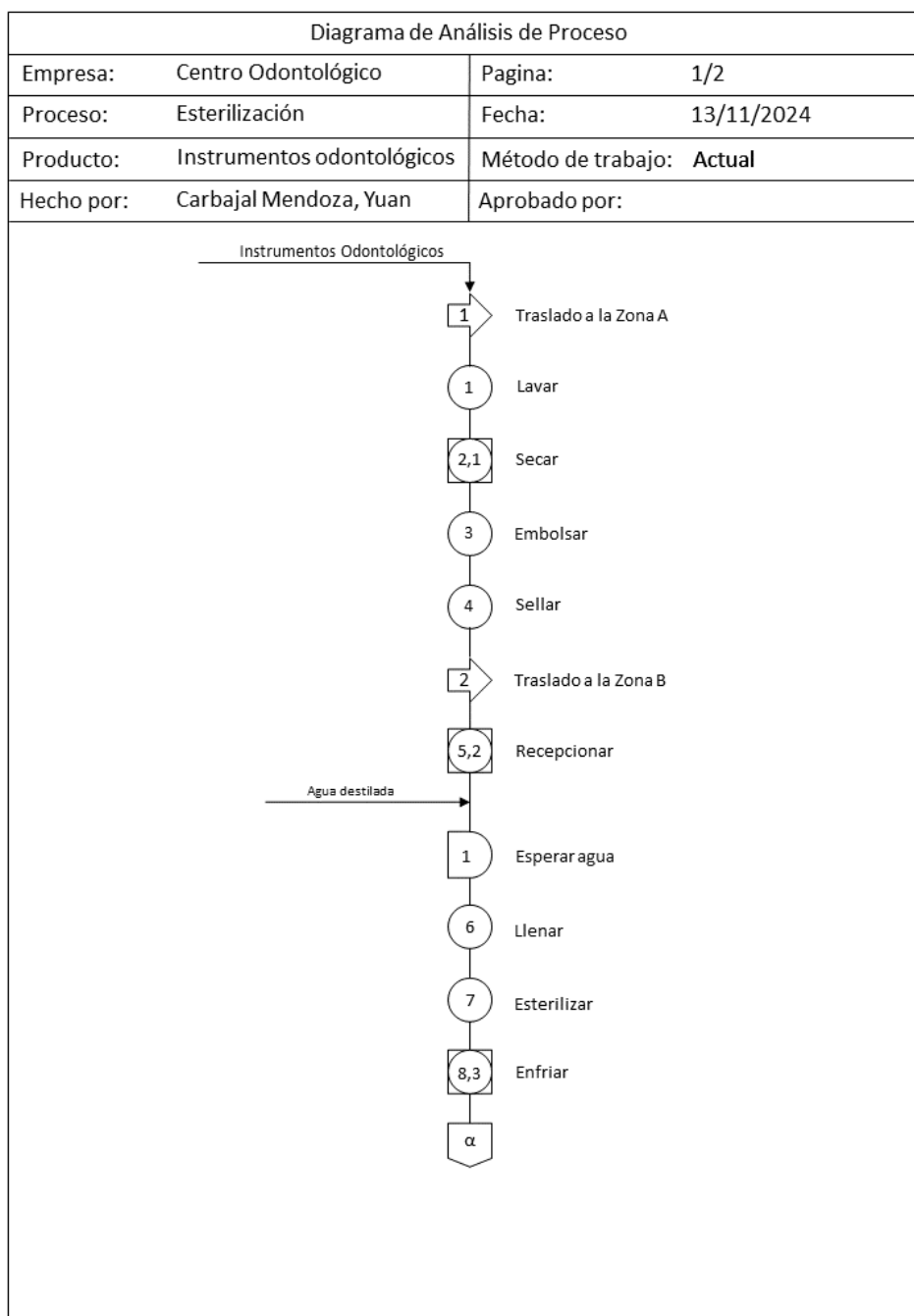
*Diagrama de Operaciones del Proceso de Esterilización*



*Nota.* Elaborado en Visio. Esta figura presenta las operaciones e interacciones del proceso de esterilización. Es importante porque se evidencia el ingreso y salida de los insumos utilizados en el proceso como el agua destilada.

**Figura 4**

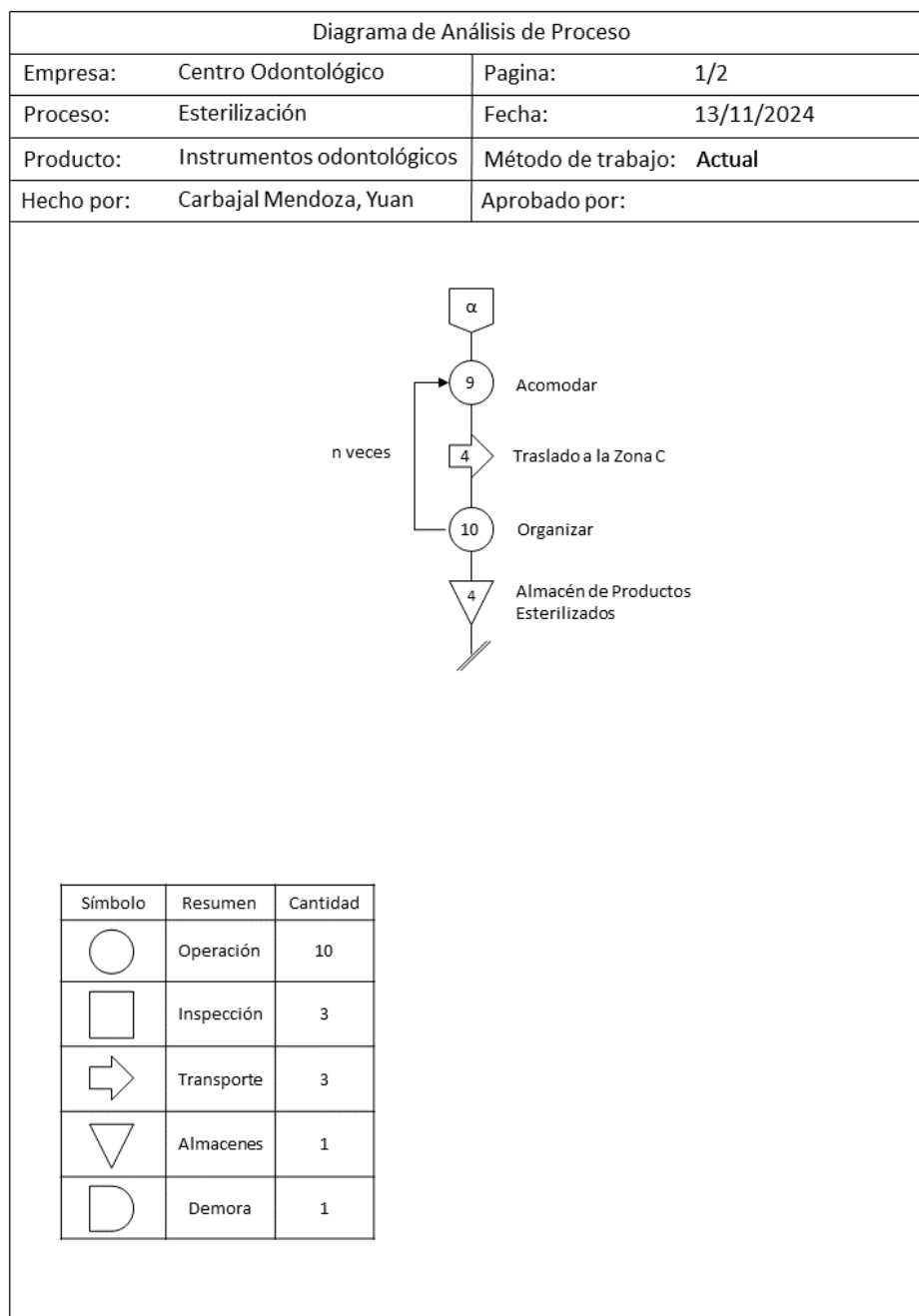
*Diagrama de Análisis del Proceso e Esterilización (Página 1)*



*Nota.* Elaborado en Visio. Este diagrama descompone visualmente cada actividad del proceso actual de esterilización. Es fundamental ya incluye áreas críticas como la demora para obtener el agua destilada para el llenado de la autoclave (problema identificado).

**Figura 5**

*Diagrama de Análisis del Proceso e Esterilización (Página 2)*



*Nota.* Elaborado en Visio. Este diagrama descompone visualmente cada actividad del proceso actual de esterilización. Es fundamental ya incluye áreas críticas como la demora para obtener el agua destilada para el llenado de la autoclave (problema identificado).

**Figura 6**

*Diagrama de Recorrido Actual del Área de Esterilización*

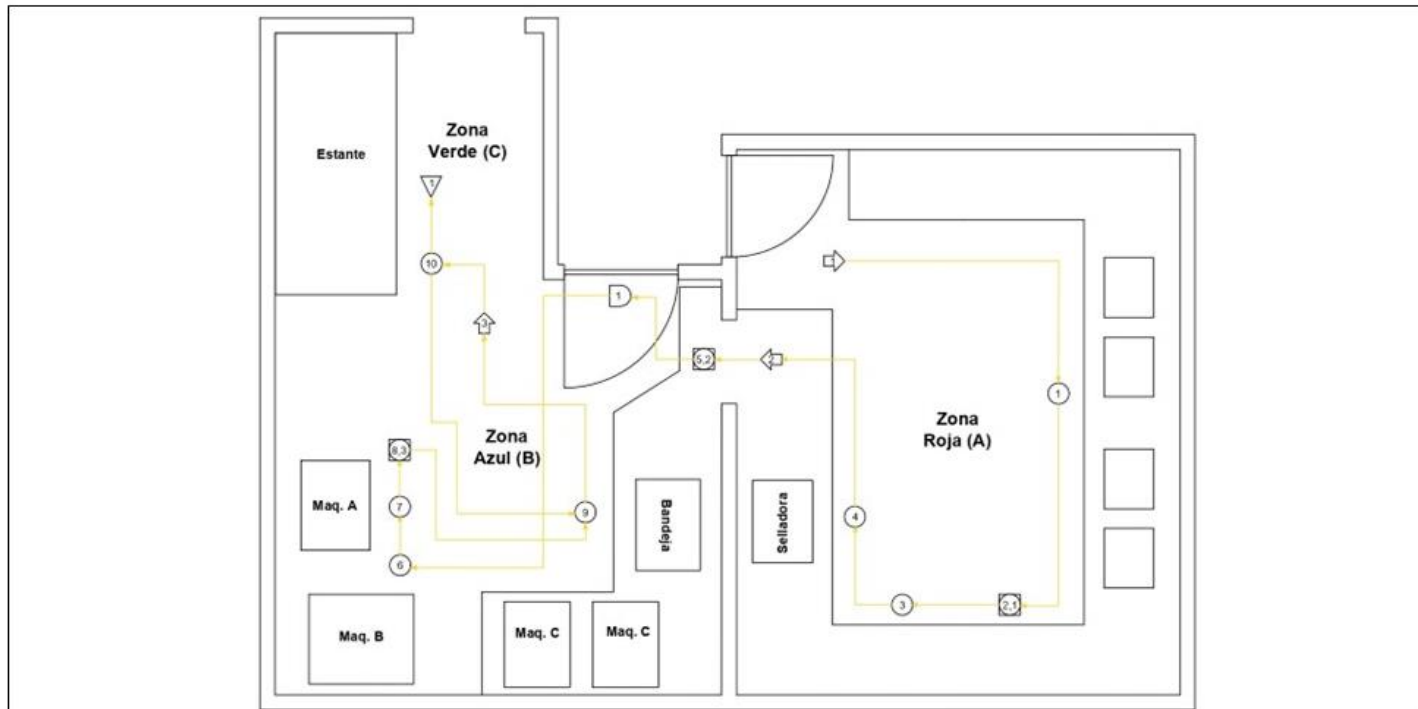


Diagrama de Recorrido del Proceso

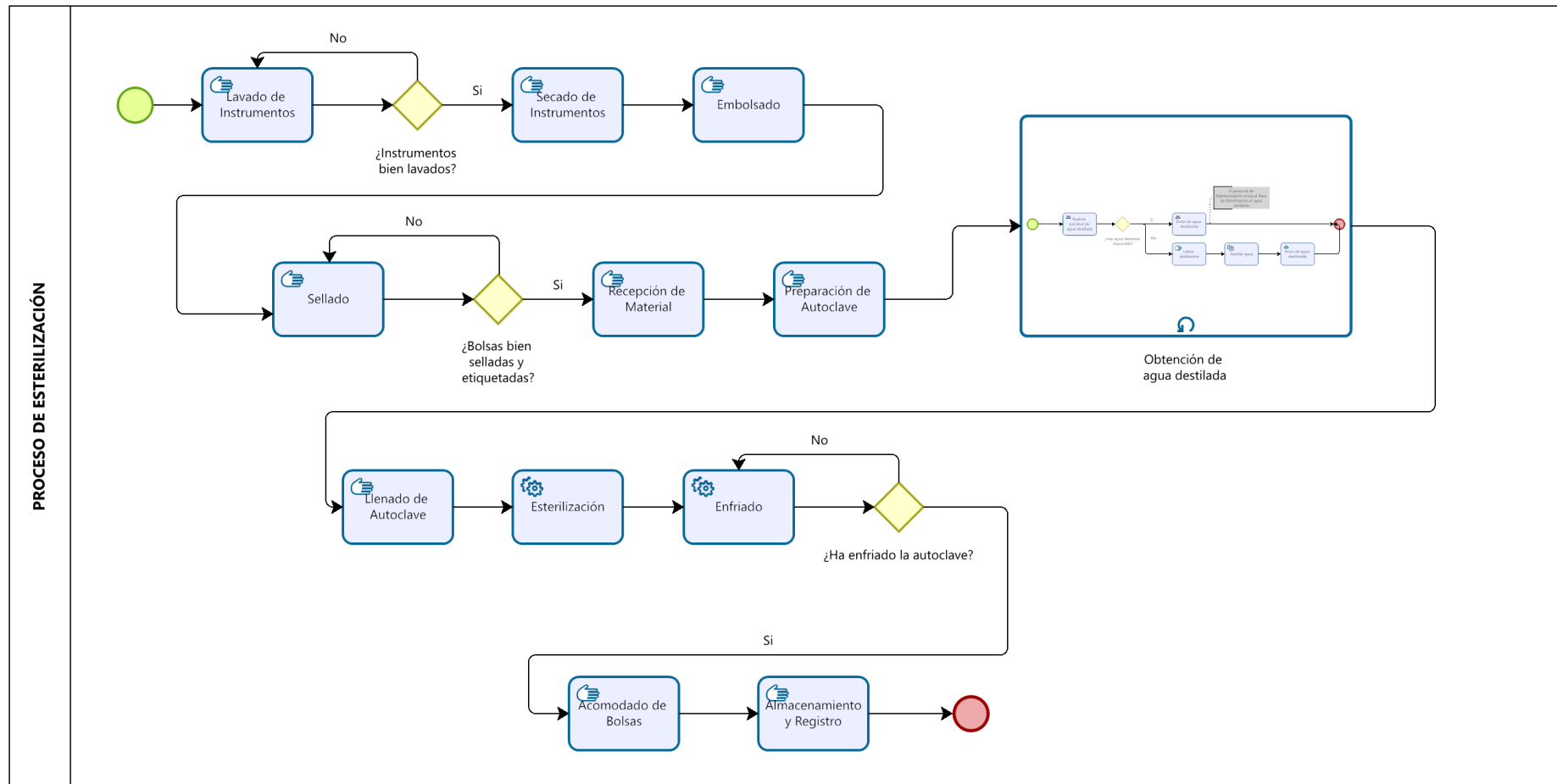
Empresa: Centro Odontológico	Página: 1/1
Proceso: Esterilización	Fecha: 13/11/2024
Producto: Instrumentos odontológicos	Método de trabajo: Actual
Hecho por: Carbajal Mendoza, Yuan	Aprobado por:

*Nota.* Elaborado en AutoCAD 2018. Esta figura representa el recorrido que realizan los estudiantes y personal para realizar las etapas del proceso de esterilización. Es importante ya que se observa que para la etapa de almacenado el personal va desde las bandejas hasta el estante repetidamente. Cabe resaltar que la distancia entre ambos puntos es de aproximadamente 2m y al realizarse repetidamente se convierte en una demora durante el proceso (problema identificado).



Figura 7

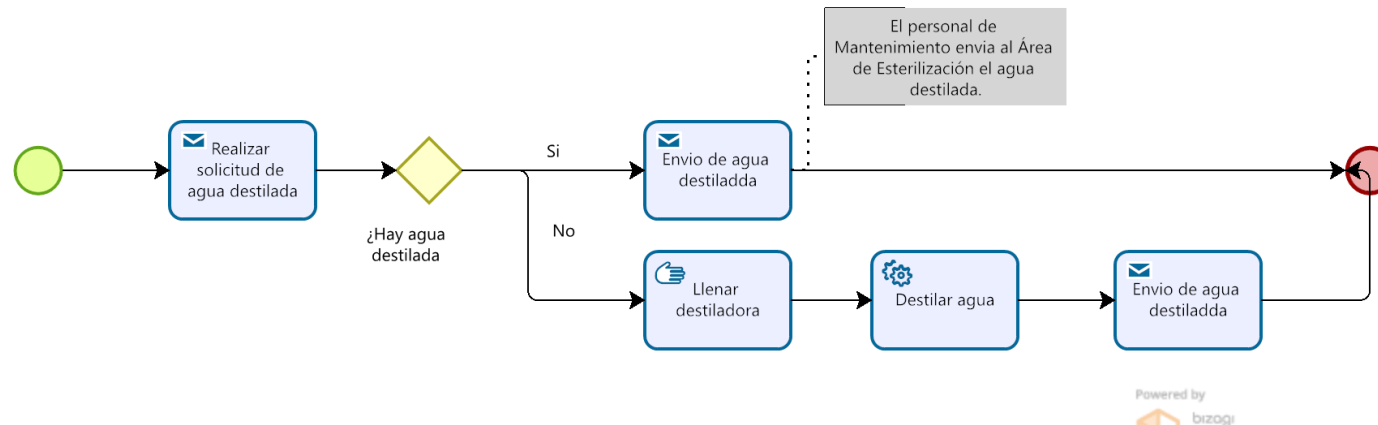
BPMN actual del Proceso de Esterilización



*Nota.* Elaborado en Bizagi Modeler. Esta figura representa gráficamente las actividades y flujos del proceso actual, destacando las interacciones entre los procesos y los responsables. Para el estudio, facilita la identificación de ineficiencias al ofrecer una visión clara y estructurada del proceso actual tales como la demora en la obtención de agua (para más información véase Figura 8).

### Figura 8

*Subproceso del BPMN actual del Proceso de Esterilización*



*Nota.* Elaborado en Bizagi Modeler. En esta figura, se observa el subproceso de obtención de agua destilada a través del personal de mantenimiento. Es importante para el estudio ya que se observa la dependencia del área de esterilización con el área de mantenimiento (problema identificado) ya que primero se debe presentar una solicitud informando de la necesidad de este insumo la cual puede ser enviada en poco tiempo (si hay existencias) o más de una hora (si no se tienen existencias y si tiene que destilar).

#### 4.2.5 *Análisis del Proceso de Esterilización*

Para analizar el proceso de esterilización, se realizó una entrevista al personal encargado del área de esterilización quién brindó información acerca de las causas de los retrasos en el proceso de esterilización (véase Figura 9). Con esta información se elaboró un Diagrama Causa-Efecto.



**Figura 9**

*Diagrama Cusa-Efecto del Proceso de Esterilización*



*Nota.* Esta figura identifica y organiza las principales causas de ineficiencia en el proceso de esterilización, clasificándolas en categorías como métodos, personal, materiales, máquinas y medio ambiente. Para el estudio es importante ya que desglosa las causas detrás de las demoras en el proceso ya sean operativas (maquinas malogradas) como administrativas (procesos no estandarizados). Se identificó los problemas a mejorar.

#### 4.2.5.1 *Personal*

- Encargado único del proceso: Solo una persona es responsable de todo el proceso de esterilización, lo que puede generar sobrecarga y retrasos.
- Variabilidad en la experiencia de los estudiantes: Los estudiantes que participan en el proceso tienen diferentes niveles de experiencia y capacitación, lo que puede afectar la eficiencia y consistencia del trabajo.
- Falta de supervisión constante: La supervisión limitada puede llevar a inconsistencias en la ejecución de las tareas por parte de los estudiantes.
- Interrupciones por falta de coordinación: La falta de coordinación en la provisión de insumos esenciales al área de mantenimiento puede interrumpir el proceso de esterilización.

#### 4.2.5.2 *Método*

- Procesos no estandarizados: Falta de procedimientos claros y estandarizados para la esterilización, lo que puede causar variaciones en el tiempo y la calidad del proceso.
- Dependencia del personal de mantenimiento para el agua destilada: La necesidad de recurrir al personal de mantenimiento para obtener agua destilada cuando la máquina está malograda alarga los tiempos de esterilización.
- Intervención manual excesiva: La falta de automatización en ciertos pasos del proceso requiere mayor intervención manual, aumentando la posibilidad de retrasos.
- Optimización inadecuada del espacio: El diseño y la disposición del área pueden no estar optimizados para un flujo de trabajo eficiente, generando demoras.

#### 4.2.5.3 *Máquinas/Equipos*

- Máquina de agua destilada malograda: La falla de la máquina de agua destilada

en el área de esterilización obliga a depender del personal de mantenimiento, lo que causa retrasos.

- Consumo elevado de agua destilada: Algunos equipos consumen grandes cantidades de agua, lo que aumenta los costos y genera tiempos de espera cuando no hay suficiente agua disponible.
- Capacidad limitada de esterilización: A pesar del tamaño de las bolsas de esterilización, los equipos no pueden esterilizar grandes cantidades de instrumentos a la vez, lo que reduce la eficiencia del proceso.

#### 4.2.5.4 *Materiales*

- Suministro irregular de agua destilada: La dependencia de la máquina de agua destilada y su mal funcionamiento ocasionan una provisión irregular de este insumo crítico.
- Disponibilidad limitada de insumos esenciales: La escasez o demora en el suministro de materiales necesarios para la limpieza y esterilización de instrumentos puede detener el proceso.

#### 4.2.6 *Estudio de Tiempos*

En el proceso de esterilización, existen dos operarios importantes: el primer operario son los estudiantes de la Escuela de Odontología de la Universidad Católica de Santa María y el segundo operario es el personal del Centro Odontológico.

El primer operario este encargado desde el lavado del instrumento hasta el sellado en bolsas. Hay que mencionar que todas las actividades tienen tiempos extremadamente variables esto debido a la variabilidad de experiencia. Dadas estas características, se consideran estas actividades como atípicas ya que son de alta variabilidad (véase Anexo 4) y no forman parte de las tareas regulares del

personal siendo ejecutadas por personal externo (estudiantes) por lo que fueron excluidas del estudio de tiempos.

El segundo operario esta encargada desde la recepción hasta el almacenamiento de los materiales esterilizados. Todas las actividades realizadas por el segundo operario fueron consideradas en el estudio de tiempos.

#### 4.2.6.1 Cálculo del Número de Observaciones

Para calcular el número de observaciones, se utilizó la Ecuación 1 y se consideró una muestra inicial de 5 muestras (es decir se cronometró el proceso de esterilización 5 veces). Cabe mencionar que, Yepes (2022) indica que esta ecuación tiene un nivel de confianza de 95.45% y un margen de  $\pm 0.5\%$ .

$$n = \left( \frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right) \quad (1)$$

En la Tabla 3, aplicando la ecuación, se determinó que se deben considerar 14 observaciones. Cabe mencionar que la ecuación 1 se aplicó a todas las actividades y para realizar el estudio de tiempos, se considera el número de observaciones más alto entre todas las actividades.

**Tabla 3**

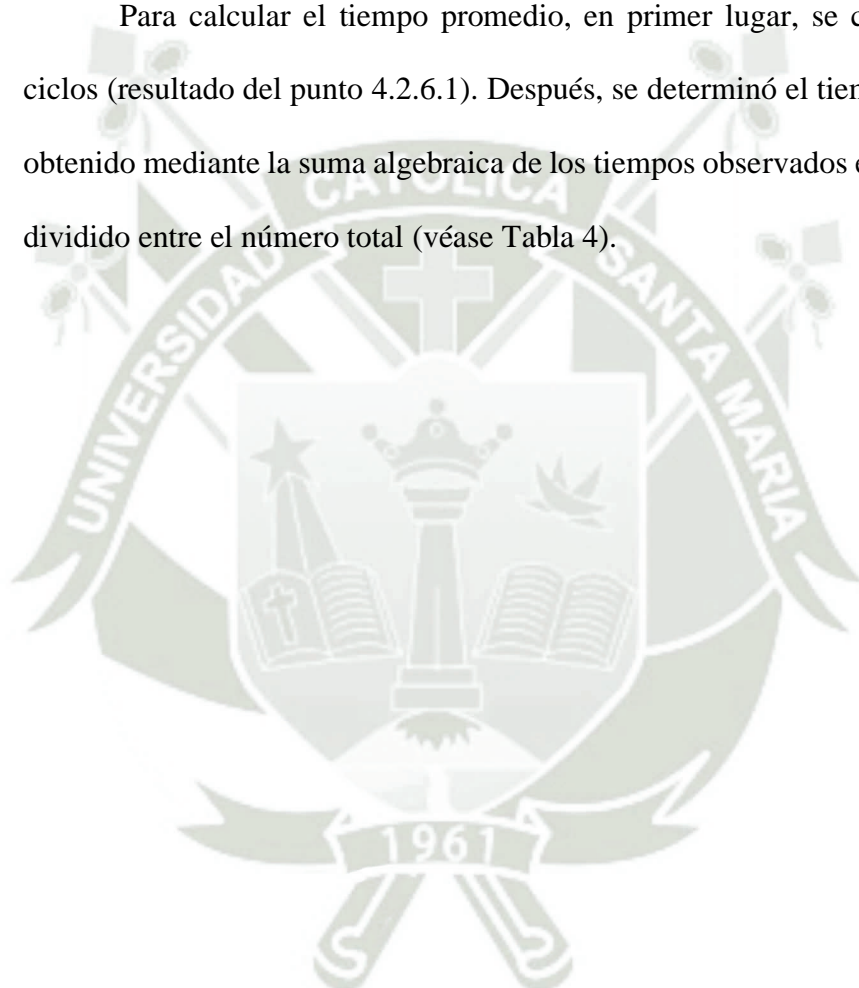
*Cálculo del Número de Observaciones*

N° ACT	Actividad	Tiempos (min)					Número de observaciones
		1	2	3	4	5	
5	Recepcionado	3.75	3.85	3.27	3.45	3.92	7
6	Llenado	1.05	1.15	1.20	1.08	1.17	4
7	Esterilizado	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	0
8	Enfriado	22.00	21.90	20.25	20.57	22.70	3
9	Acomodado	3.68	3.35	3.18	2.97	2.82	14
10	Almacenado	5.73	5.42	6.12	5.74	6.72	9

*Nota.* En esta tabla, se calculó el número de observaciones necesarias para garantizar que los datos sean representativos y estadísticamente confiables lo que asegura una base sólida para análisis posteriores del estudio de tiempos. Los datos fueron obtenidos por un muestreo de forma ininterrumpida,

#### 4.2.6.2 *Cálculo de Tiempo Promedio*

Para calcular el tiempo promedio, en primer lugar, se cronometró 14 ciclos (resultado del punto 4.2.6.1). Después, se determinó el tiempo promedio, obtenido mediante la suma algebraica de los tiempos observados en cada ciclo y dividido entre el número total (véase Tabla 4).



**Tabla 4**

*Cálculo de Tiempo Promedio*

<b>ESTUDIO DE TIEMPOS</b>																
<b>AREA</b>	Esterilización														<b>N° ESTUDIO</b>	1
<b>PROCESO</b>	Esterilizado														<b>HOJA</b>	1
<b>MATERIAL</b>	Instrumentos Odontológicos														<b>OBSERVADO POR</b>	Yuan Carbajal
<b>PRODUCTO</b>	Materiales Esterilizados															
<b>N° ACT</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempos (min)</b>														<b>Tiempo Promedio</b>
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	
5	Recepcionado	3.75	3.85	3.27	3.45	3.92	3.75	3.88	3.56	3.08	3.38	3.34	3.53	3.91	3.65	3.59
6	Llenado	1.05	1.15	1.20	1.08	1.17	155.33	1.08	1.13	1.15	1.06	1.14	1.20	1.08	86.25	18.22
7	Esterilizado	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
8	Enfriado	22.00	21.90	20.25	20.57	22.70	21.48	20.05	20.13	20.98	21.38	20.75	21.25	20.85	20.64	21.07
9	Acomodado	3.68	3.35	3.18	2.97	2.82	3.35	2.68	3.12	3.06	3.44	3.28	3.71	3.95	3.89	3.32
10	Almacenado	5.73	5.42	6.12	5.74	6.72	5.52	5.87	4.57	5.60	6.43	6.11	5.62	5.20	5.16	5.70
<b>Tiempo de Ciclo</b>		116.2	115.7	114.0	113.8	117.3	269.4	113.6	112.5	113.9	115.7	114.6	115.3	115.0	199.6	131.90

*Nota.* En esta tabla, se obtuvo el tiempo promedio de las mediciones realizadas para cada actividad. Los datos fueron obtenidos por un muestreo de forma ininterrumpida. Para el estudio, es importante ya que estos datos son necesarios para calcular el tiempo estándar.

#### 4.2.6.3 Cálculo de Valoración del Ritmo de Trabajo

Para calcular la valoración del ritmo de trabajo, se utilizó el método de nivelación que califica la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia (véase Tabla 5).

**Tabla 5**

*Valoración del Ritmo de Trabajo*

<b>Habilidad (%)</b>		<b>Esfuerzo (%)</b>	
+ 15	A1	+ 13	A1
+ 13	A2 - Habilísimo	+ 12	A2 - Excesivo
+ 11	B1	+ 10	B1
+ 08	B2 - Excelente	+ 08	B2 - Excelente
+ 06	C1	+ 05	C1
+ 03	C2 - Bueno	+ 02	C2 - Bueno
00	D - Promedio	00	D - Promedio
- 05	E1	- 04	E1
- 10	E2 – Regular	- 08	E2 – Regular
- 15	F1	- 12	F1
- 22	F2 - Deficiente	- 17	F2 - Deficiente
<b>Condiciones (%)</b>		<b>Consistencia (%)</b>	
+ 06	A - Ideales	+ 04	A - Perfecto
+ 04	B – Excelentes	+ 03	B – Excelente
+ 02	C – Buenas	+ 01	C – Buena
00	D – Promedio	00	D – Promedio
- 03	E – Regulares	- 02	E – Regular
- 07	F - Malas	- 04	F - Deficiente

*Nota.* Tomado de Salazar (2019a).

Para la valoración del ritmo de trabajo, se observó al trabajador mientras realiza cada actividad y se calificó su desempeño en el trabajo por cada factor (a criterio del observador).

#### 4.2.6.3.1 *Habilidad*

Para calificar “habilidad”, se utilizó como criterio el nivel de experiencia y capacitación del trabajador en la tarea (Salazar, 2019a).

En general, la habilidad del personal se evalúa mayormente como "bueno" o "excelente" en las diferentes actividades del proceso de esterilización. Para actividades como recepción de instrumentos, acomodado en bandejas, y almacenado, se considera que el personal tiene una buena habilidad (valor de + 03), que indica que siguen el método adecuadamente ya que tienen experiencia en el proceso y su ejecución. En actividades más críticas como el llenado de la autoclave y la esterilización de instrumentos, la habilidad es considerada "excelente" (valor de + 08), lo que refleja un conocimiento del proceso y de los equipos utilizados. En el enfriado, la habilidad es promedio, ya que no requiere habilidades técnicas significativas.

#### 4.2.6.3.2 *Esfuerzo*

Para calificar “esfuerzo”, se utilizó como criterio el esfuerzo físico y mental requerido para completar la actividad.

El esfuerzo es generalmente promedio (0.00) en la mayoría de las actividades, excepto en el llenado de la autoclave (+ 05) debido a que se trabaja con medidas precisas de las que el personal tiene conocimiento; el esterilizado (+ 08) ya que el personal supervisa la máquina constantemente y está debidamente preparada para identificar si la máquina trabaja o no correctamente; y el acomodado de bolsas (+ 02) que sugiere que el personal está trabajando a ritmo estable. Las actividades como el enfriado no demandan un esfuerzo extra, por lo cual se mantienen en un valor promedio.

#### 4.2.6.3.3 *Condiciones*

Para calificar “condiciones”, se utilizó como criterio los factores como el espacio de trabajo y las interrupciones influyeron en el ajuste de los valores (Salazar, 2019a).

Las condiciones del entorno son generalmente buenas o promedio, lo que indica que las circunstancias del lugar de trabajo, como la iluminación, temperatura y ruido, no afectan significativamente el rendimiento del personal. En la esterilización de instrumentos, donde el equipo puede generar calor y ruido, se consideran excelentes (+ 04), mostrando que las condiciones son favorables a pesar de los factores ambientales. En las otras actividades, como el enfriado y el almacenado, las condiciones son promedio (0.00), ya que no presentan variaciones que afecten el desempeño.

#### 4.2.6.3.4 *Consistencia*

Para calificar “consistencia”, se utilizó como criterio la estabilidad y regularidad del ritmo de trabajo durante el desempeño de la tarea, asegurando que las actividades valoradas reflejen un esfuerzo sostenido sin fluctuaciones significativas (Salazar, 2019a).

La consistencia es un factor que se mantiene en un rango bueno o excelente en casi todas las actividades, con variaciones mínimas entre los tiempos medidos. Esto indica que el personal realiza las tareas de forma regular, con pocas fluctuaciones en el tiempo requerido para completar cada actividad. En las actividades más técnicas, como la esterilización de instrumentos, la consistencia es excelente (+ 03), lo que sugiere una ejecución constante y predecible. En otras actividades, como el almacenado y el acomodado de bolsas, la consistencia también es buena (+ 02), con variaciones

mínimas en los tiempos observados.

En la Tabla 6, se calculó la valoración por cada factor dependiendo del desempeño en cada actividad. El análisis de cada actividad se realizó del punto 4.3.6.3.1. al 4.3.6.3.4. Cabe mencionar que el desempeño estándar de un trabajador calificado se asume como el 100% de rendimiento y se agrega los resultados por factor.

**Tabla 6**

*Cálculo de Valoración por cada Actividad*

N° Act	Actividad	Habilidad (%)	Esfuerzo (%)	Condiciones (%)	Consistencia (%)	Total (%)
5	Recepcionado	+ 03 (Bueno)	00 (Promedio)	00 (Promedio)	+ 01 (Buena)	104%
6	Llenado	+ 08 (Excelente)	+ 05 (Bueno)	00 (Promedio)	- 02 (Regular)	111%
7	Esterilizado	+ 08 (Excelente)	+ 08 (Excelente)	+ 04 (Excelente)	+ 03 (Excelente)	123%
8	Enfriado	00 (Promedio)	00 (Promedio)	00 (Promedio)	+ 01 (Buena)	101%
9	Acomodado	+ 03 (Bueno)	+ 02 (Bueno)	+ 02 (Buenas)	+ 01 (Buena)	108%
10	Almacenado	+ 03 (Bueno)	00 (Promedio)	+ 02 (Buenas)	+ 01 (Buena)	106%

*Nota.* Esta tabla evalúa el rendimiento del operario en cada tarea para ajustar los tiempos observados según el ritmo de trabajo. Es importante ya que estos datos se utilizaron para calcular el tiempo normal.

#### 4.2.6.4 Cálculo de Tiempo Normal

Para calcular el tiempo normal, se utilizó la ecuación 2.

$$TN = TP * \frac{VR}{100} \quad (2)$$

En la Tabla 7, para calcular el tiempo normal (TN) se multiplicó el Tiempo Promedio (TP) (véase Tabla 4) por el Valoración del Ritmo de Trabajo (VR) (véase Tabla 6) dividido entre 100.

**Tabla 7**

*Cálculo de Tiempo Normal*

<b>AREA</b>		<b>Esterilización</b>		
<b>PROCESO</b>		<b>Esterilizado</b>		
<b>MATERIAL</b>		<b>Instrumentos Odontológicos</b>		
<b>PRODUCTO</b>		<b>Materiales Esterilizados</b>		
<b>N° ACT</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo Promedio (min)</b>	<b>Valoración (%)</b>	<b>Tiempo Normal (min)</b>
5	Recepcionado	3.59	104	3.74
6	Llenado	18.22	111	18.22
7	Esterilizado	80.00	123	98.40
8	Enfriado	21.07	101	21.28
9	Acomodado	3.32	108	3.59
10	Almacenado	5.70	106	6.04

*Nota.* Esta tabla el tiempo normal por cada actividad. Esta tabla proporciona datos para calcular el tiempo estándar.

#### 4.2.6.5 Cálculo de Suplementos

Para determinar los suplementos se asignan porcentajes constantes por necesidades personales y fatiga, adicionalmente se agregan suplementos

variables considerando los valores dados por la Organización Internacional de Trabajo (véase Tabla 8).

**Tabla 8**

*Suplementos por condiciones de trabajo*

<b>1. SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>	<b>HOMBRE (%)</b>	<b>MUJER (%)</b>
• Por necesidades personales	5	7
• Suplemento base por fatiga	4	4
<b>2. SUPLEMENTO VARIABLES</b>		
A. SUPLEM. POR TRABAJAR DE PIE	2	4
B. SUPLEM. POR POSTURA ANORMAL		
• Ligeramente incomodo	0	1
• Incomodo, <i>Ej. Inclinado</i>	2	3
• Muy Incómodo, <i>Ej. Tendido, estirado</i>	7	7
C. USO DE FUERZA O ENERGIA MUSCULAR		
• Levantar peso de 2.5 Kg.	0	1
• Levantar peso de 5.0 Kg.	1	2
• Levantar peso de 7.5 Kg.	2	3
• Levantar peso de 10.0 Kg.	3	4
• Levantar peso de 15.0 Kg.	5	8
• Levantar peso de 17.0 Kg.	7	10
Levantar peso de 17.5 Kg.	7	10
• Levantar peso de 20.0 Kg.	9	13
• Levantar peso de 25.0 Kg. (máx. mujer)	13	20
• Levantar peso de 30.0 Kg.	17	-
• Levantar peso de 35.5 Kg.	22	-
D. MALA ILUMINACION		
• Ligeramente por debajo de estimado	0	0
• Bastante por debajo de estimado	2	2
• Absolutamente insuficiente	5	5

---

E. CONDICIONES ATM. (CALOR, HUMEDAD)

• Medida en Termómetro de Kata: 16, 14 y 12	0	0
• Medida en Termómetro de Kata: 10	3	3
• Medida en Termómetro de Kata: 8	10	10
• Medida en Termómetro de Kata: 6	21	21
• Medida en Termómetro de Kata: 4	45	45
• Medida en Termómetro de Kata: 2	100	100

---

*Nota.* Tomado de Salazar (2019b). Esta tabla define los tiempos adicionales por fatiga o contingencias, necesarios para un cálculo más realista. Garantiza que los tiempos estándar reflejen las condiciones reales de trabajo.

Para el proceso de Esterilización, se calculó los suplementos por cada actividad considerado en el estudio de tiempo.

#### 4.2.6.5.1 Suplementos constantes

Estos suplementos se aplican de forma general a todas las actividades del proceso, ya que son constantes para el operario.

- ✓ **Por necesidades personales:** 5%
- ✓ **Suplemento base por fatiga:** 4%
- ✓ **Total, de suplementos constantes:** 5% + 4% = **9%**

#### 4.2.6.5.2 Suplementos variables

- Recepción de Instrumentos:
  - ✓ **Trabajar de pie:** Sí, 2%
  - ✓ **Postura anormal:** No se considera postura incómoda (0%)
  - ✓ **Uso de fuerza o energía muscular:** Levantamiento menor de 2.5 kg (0%)
  - ✓ **Mala iluminación:** No aplica (0%)
  - ✓ **Condiciones atmosféricas:** No aplica (0%)

- ✓ **Total suplementos variables:** 2%
- Llenado del Autoclave:
  - ✓ **Trabajar de pie:** Sí, 2%
  - ✓ **Postura anormal:** Ligeramente incómoda, ya que requiere agacharse para llenar la máquina (0%)
  - ✓ **Uso de fuerza o energía muscular:** Levantamiento de peso de hasta 5 kg al cargar agua destilada (1%)
  - ✓ **Mala iluminación:** No aplica (0%)
  - ✓ **Condiciones atmosféricas:** No aplica (0%)
  - ✓ **Total suplementos variables:** 3%
- Esterilización de Instrumentos:
  - ✓ **Trabajar de pie:** Sí, 2%
  - ✓ **Postura anormal:** Ligeramente incómoda, ya que se necesita inclinarse para manipular la autoclave (0%)
  - ✓ **Uso de fuerza o energía muscular:** No se levanta peso significativo (0%)
  - ✓ **Mala iluminación:** No aplica (0%)
  - ✓ **Condiciones atmosféricas:** Calor generado por las máquinas puede ser un factor (3% por el calor generado por las máquinas, Termómetro de Kata de 10).
  - ✓ **Total suplementos variables:** 5%
- Enfriado de la Autoclave:
  - ✓ **Trabajar de pie:** Sí, 2%
  - ✓ **Postura anormal:** No aplica (0%)
  - ✓ **Uso de fuerza o energía muscular:** No aplica (0%)

- ✓ **Mala iluminación:** No aplica (0%)
- ✓ **Condiciones atmosféricas:** No aplica (0%)
- ✓ **Total suplementos variables:** 2%
- Acomodado de Bolsas en Bandejas:
  - ✓ **Trabajar de pie:** Sí, 2%
  - ✓ **Postura anormal:** No aplica (0%)
  - ✓ **Uso de fuerza o energía muscular:** Levantamiento de bolsas (0%)
  - ✓ **Mala iluminación:** No aplica (0%)
  - ✓ **Condiciones atmosféricas:** No aplica (0%)
  - ✓ **Total suplementos variables:** 2%
- Almacenado de Materiales:
  - ✓ **Trabajar de pie:** Sí, 2%
  - ✓ **Postura anormal:** Ligeramente incómoda al colocar los instrumentos en estantes (0%)
  - ✓ **Uso de fuerza o energía muscular:** No aplica (0%)
  - ✓ **Mala iluminación:** No aplica (0%)
  - ✓ **Condiciones atmosféricas:** No aplica (0%)
  - ✓ **Total suplementos variables:** 2%

En la tabla 9, se sumó los suplementos constantes y variables en cada actividad del proceso cuyo análisis están en los puntos 4.2.6.5.1. y 4.2.6.5.2.

**Tabla 9**

*Determinación de Suplementos del Proceso de Esterilización*

N° ACT	Actividad	Suplementos Constantes (%)	Suplementos Variables (%)	Total Suplementos (%)
5	Recepcionado	9	2	11
6	Llenado	9	3	12
7	Esterilizado	9	5	14
8	Enfriado	9	2	11
9	Acomodado	9	2	11
10	Almacenado	9	2	11

*Nota.* Esta tabla desglosa los suplementos por cada actividad del proceso estudiado, asegurando precisión en los tiempos finales. Esta tabla proporciona datos para calcular el tiempo estándar.

#### 4.2.6.6 *Cálculo de Tiempo Estándar*

Después de calcular el tiempo normal y los suplementos, se calculó el tiempo estándar mediante la Ecuación 3.

$$TE = TN * (1 + S) \quad (3)$$

El Tiempo Estándar (TE) se obtiene multiplicando el Tiempo Normal (TN) por la suma de uno (que representa el 100% del Tiempo Normal) y el porcentaje de suplementos (S) calculado para las condiciones de trabajo específicas.

En la Tabla 10, se calculó el tiempo estándar aplicando la ecuación 3. Esta tabla presenta los tiempos estándar considerando los suplementos para reflejar las condiciones reales de trabajo.

**Tabla 10**

*Cálculo de Tiempo Estándar*

<b>AREA</b>		<b>Esterilización</b>		
<b>PROCESO</b>		<b>Esterilizado</b>		
<b>MATERIAL</b>		<b>Instrumentos Odontológicos</b>		
<b>PRODUCTO</b>		<b>Materiales Esterilizados</b>		
<b>N° ACT</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo Normal</b>	<b>Suplementos (%)</b>	<b>Tiempo Estándar</b>
5	Recepcionado	3.74	11%	4.15
6	Llenado	18.22	12%	22.65
7	Esterilizado	98.40	14%	112.18
8	Enfriado	21.28	11%	23.62
9	Acomodado	3.59	11%	3.98
10	Almacenado	6.04	11%	6.71

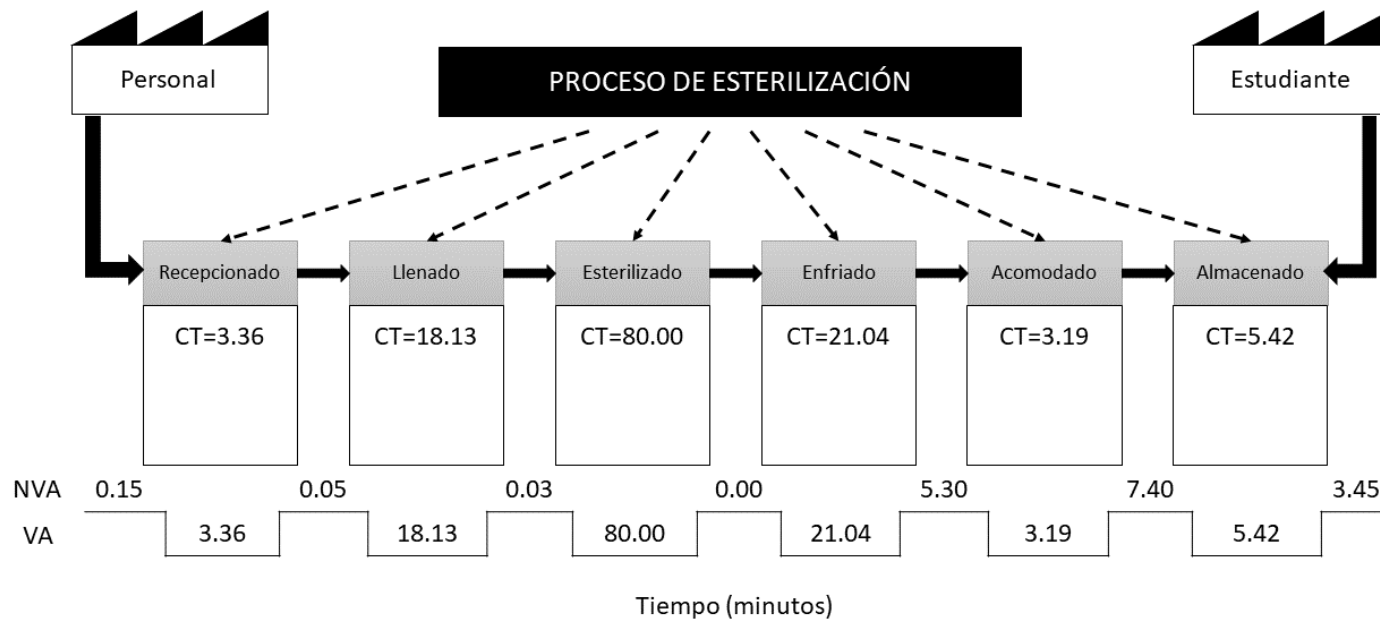
*Nota.* Esta tabla integra todos los cálculos previos para obtener el tiempo necesario para cada actividad bajo condiciones estándar. Proporciona una referencia central para medir mejoras en el proceso.

#### **4.2.7 Value Stream Mapping (VSM) Actual**

El VSM actual detalla las etapas del proceso de esterilización, identificando los tiempos de cada actividad y los flujos entre etapas. La etapa de llenado del autoclave destaca por un tiempo de 18.22 minutos, lo que representa un cuello de botella significativo. Además, se identifican movimientos innecesarios en las etapas de acomodado y almacenado, contribuyendo a la ineficiencia global. Este análisis es crucial para priorizar las áreas de intervención en las propuestas de mejora.

**Figura 10**

*Value Stream Mapping (Actual)*



*Nota.* Elaborado en Visio. La figura muestra los tiempos asociados a cada etapa, así como los tiempos de transición entre etapa y etapa.

Es fundamental para visualizar ineficiencias y establecer una línea base que permita comparar los resultados con las propuestas de mejora en el proceso. Uno de las demoras detectadas y que no genera valor se encuentra en el llenado cuyo tiempo es muy alto considerando que para realizar esa actividad se requiere entre 1 a 2 minutos (véase Tabla 4).

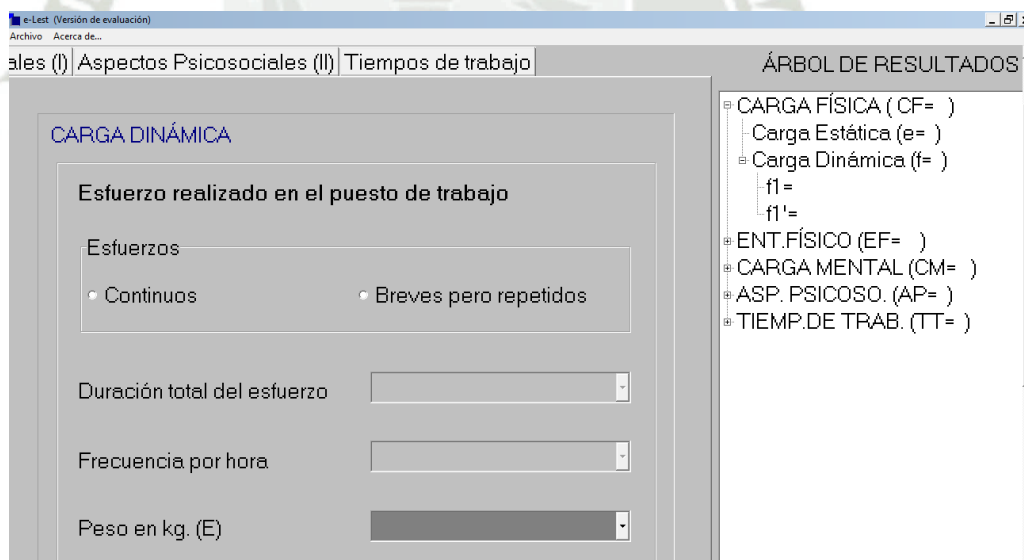
#### 4.2.8 *Análisis Ergonómico*

Para el análisis ergonómico se utilizó el método LEST. Este método permitió identificar las principales cargas físicas, mentales, psicosociales y organizativas, así como las condiciones ambientales que influyen en el entorno laboral.

Para aplicar el método Lest, se utilizó el software E-Lest (véase figura 11). Se recogió la información requerida para completar los campos requeridos por el software considerando que el software requiere de datos cuantitativos como cualitativos obtenidos del personal del área de esterilización del Centro Odontológico.

#### **Figura 11**

##### *Pantalla de Software E-Lest*



*Nota.* Tomado de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2003)

Cada factor se subdivide en una serie de dimensiones (véase Tabla 11) que son analizados por el software.

**Tabla 11**

*Factores y dimensiones del Método Lest*

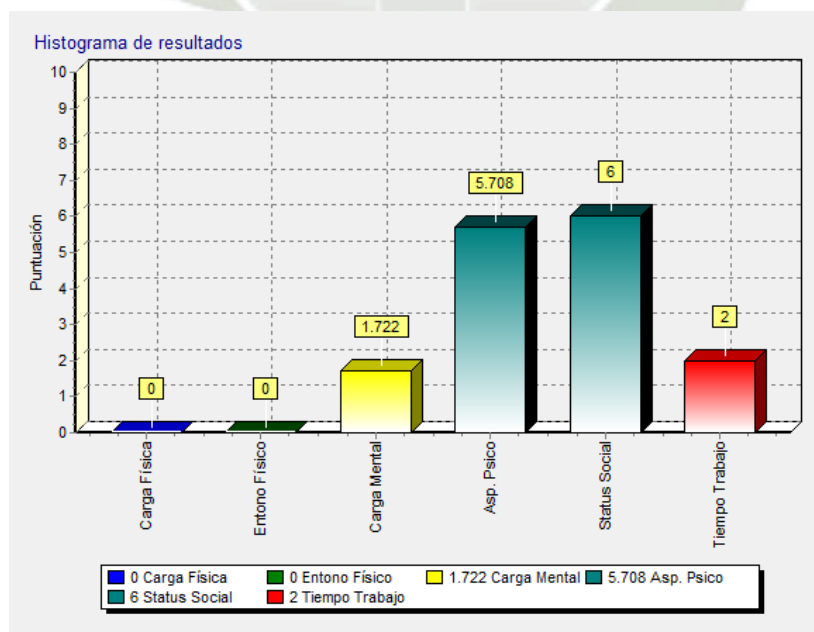
<b>Factor</b>	<b>Entorno Físico</b>	<b>Carga Física</b>	<b>Carga Mental</b>	<b>Aspectos Psicosociales</b>	<b>Tiempos de trabajo</b>
	Ambiente Térmico	Carga estadística	Apremio de tiempo	Iniciativa	Tiempo de trabajo
Dimensión	Ruido	Carga dinámica	Complejidad	Estatus Social	
	Iluminación		Atención	Comunicación	
	Vibraciones			Relación con el mando	

*Nota.* Tomado de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2003)

Los resultados del software son dos gráficos: Figura 12 (Resultados por Factores) y Figura 13 (Resultados por Dimensiones), que reflejan el impacto de cada factor y dimensión en el puesto de trabajo.

**Figura 12**

*Resultados por Factores*



*Nota.* Elaborado en E-Lest. Este método permite evaluar de manera global y estructurada las condiciones de trabajo en diferentes factores. Para la tesis, ayuda

a reconocer y cuantificar los riesgos laborales, proporcionando datos específicos sobre las áreas críticas que pueden estar afectando el desempeño del personal.

La figura 15 refleja los resultados del análisis ergonómico mediante el método LEST, mostrando las puntuaciones de los factores de trabajo evaluadas en el entorno laboral. Cada factor tiene un impacto particular en el desempeño y bienestar del trabajador. A continuación, se analiza cada resultado:

- Carga Física (0)

La puntuación de 0 indica que no se identificaron riesgos relacionados con la carga física, como el esfuerzo muscular prolongado o la manipulación de cargas pesadas. Esto sugiere que las tareas físicas no representan un problema significativo para los trabajadores.

- Entorno Físico (0)

La ausencia de puntuación en esta dimensión muestra que el entorno físico, como el ruido, la vibración, y las condiciones térmicas, no genera un impacto negativo en el desempeño laboral.

- Carga Mental (1.722)

Una puntuación baja refleja que el trabajo requiere un nivel moderado de atención y concentración. Esto podría deberse a actividades repetitivas o procesos automatizados que no demandan un esfuerzo mental elevado.

- Aspectos Psicosociales (5.708)

Esta puntuación alta indica que los factores psicosociales tienen un impacto considerable. Esto podría estar relacionado con elementos como el estrés, la comunicación, y las relaciones laborales. Es posible que el trabajo implique interacciones frecuentes con otros y responsabilidades que

influyen en el bienestar emocional.

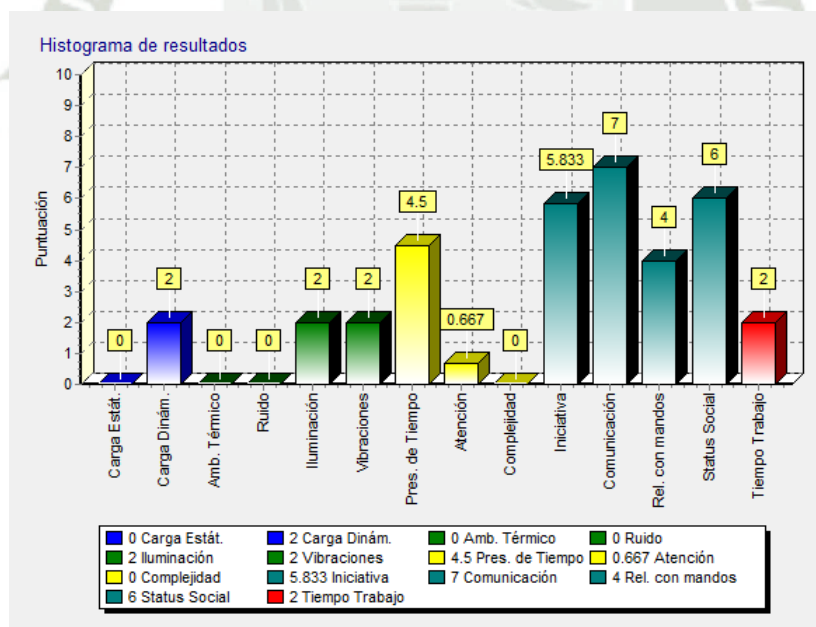
Status Social (6) como dimensión de aspectos psicosociales. La puntuación más alta en la gráfica refleja que los trabajadores perciben su labor como reconocida y valorada dentro de la organización. Esto sugiere un buen nivel de satisfacción en términos de valoración social y reconocimiento profesional.

- Tiempo de Trabajo (2)

Una puntuación moderada indica que los tiempos de trabajo son manejables, sin cargas excesivas. Sin embargo, podría haber margen para optimizar el tiempo empleado en ciertas actividades.

**Figura 13**

*Resultados por Dimensiones*



*Nota.* Elaborado en E-Lest. Este método permite evaluar de manera global y estructurada las condiciones de trabajo desglosando las dimensiones de cada factor. Para la tesis, ayuda a reconocer y cuantificar los riesgos laborales, proporcionando datos específicos sobre las áreas críticas que pueden estar

afectando el desempeño del personal.

La figura 16 muestra los resultados del análisis ergonómico utilizando el método LEST, desglosando los factores por dimensión en términos de puntuación y su impacto en las condiciones de trabajo.

a. Dimensiones de Carga Física

- Carga Estática: Puntuación 0 indica que las tareas no requieren mantener posturas prolongadas que generen incomodidad o fatiga.
- Carga Dinámica: Puntuación 2 refleja que las actividades físicas, como manipular materiales e instrumentos, son de baja intensidad y no representan un riesgo significativo.

b. Dimensiones de Entorno Físico

- Ambiente Térmico: Puntuación 0 sugiere que las condiciones térmicas son adecuadas, sin extremos que afecten el bienestar.
- Iluminación y Vibraciones: Ambas con puntuación 2 indica que, aunque aceptable, podría haber áreas con iluminación insuficiente o mal distribuida y ligeras vibraciones.
- Ruido: Con puntuación 0, lo que implica un ambiente tranquilo.

c. Dimensiones de Carga Mental

- Presión de Tiempos: Puntuación 4.5 muestra que existe una moderada exigencia para cumplir con las tareas en tiempos ajustados, generando cierta presión en los trabajadores.
- Atención: Puntuación 0.667 indica que las tareas requieren un nivel bajo de concentración, lo que sugiere actividades repetitivas o estandarizadas.
- Complejidad: Puntuación 0 indica que las tareas no presentan desafíos técnicos o requerimientos elevados de conocimiento especializado.

#### d. Dimensiones de Aspectos Psicosociales

- Iniciativa: Puntuación 5.833 refleja una alta autonomía laboral, donde los trabajadores tienen capacidad de tomar decisiones y manejar sus actividades de forma independiente.
- Comunicación: Puntuación 7, la más alta de la gráfica, destaca que la interacción entre los trabajadores es fluida y constante, lo que fomenta la colaboración y coordinación.
- Relación con Mandos: Puntuación 4 indica una supervisión moderada, adecuada para el nivel de autonomía de los trabajadores, evitando tanto un control excesivo como la falta de guía.
- Status Social: Puntuación 6 indica que el trabajo es valorado socialmente, generando satisfacción en el personal al sentir que su labor es importante.

#### e. Dimensiones de Tiempo de Trabajo

- Tiempo de Trabajo: Puntuación 2 refleja que la carga horaria es manejable, sin jornadas excesivas ni demandas extremas de tiempo.

### **4.2.9 Identificación de cuellos de botella**

#### *4.2.9.1 Dependencia del suministro de agua destilada*

- ✓ Actividad afectada: Llenado de la autoclave
- ✓ Problema: Actualmente, el suministro de agua destilada depende del personal de mantenimiento debido a la falla de la máquina de agua destilada. Esta situación genera demoras significativas, ya que se tiene que esperar a que el personal entregue el agua, afectando el flujo continuo del proceso.
- ✓ Impacto: El tiempo de llenado es mayor de lo esperado, con una variabilidad en los tiempos observados, lo que contribuye al retraso general del proceso de esterilización.

#### 4.2.9.2 *Tiempos variables en la recepción de instrumentos*

- ✓ Actividad afectada: Recepción de instrumentos
- ✓ Problema: Se observó una alta variabilidad en los tiempos durante la recepción de instrumentos odontológicos por parte del personal de esterilización. La falta de estandarización en el registro y manejo de las bolsas de instrumentos genera tiempos de espera inconsistentes.
- ✓ Impacto: Los tiempos promedio en esta actividad fluctúan, afectando el inicio del ciclo de esterilización.

#### 4.2.9.3 *Falta de optimización en el flujo de trabajo*

- ✓ Actividad afectada: Acomodado y almacenado de instrumentos
- ✓ Problema: La disposición física del área de trabajo no facilita un flujo continuo y eficiente de las actividades. Esto genera tiempos adicionales al momento de acomodar los instrumentos en bandejas y luego organizarlos en el área de almacenamiento.
- ✓ Impacto: Los tiempos en las actividades de acomodado y almacenado muestran cierta variabilidad, con tiempos promedio de 3.59 minutos y 6.04 minutos, respectivamente, lo que indica que el flujo no es constante ni fluido.

#### 4.2.9.4 *Implementación de nuevas tecnologías de esterilización*

- ✓ Actividad afectada: Proceso completo de esterilización
- ✓ Problema: El proceso actual de esterilización es ineficiente debido al uso de tecnología obsoleta, lo cual genera tiempos prolongados de espera, una alta dependencia de agua destilada y posibles inconsistencias en la calidad de la esterilización. Esto afecta la disponibilidad oportuna de los instrumentos necesarios para los procedimientos odontológicos.
- ✓ Impacto: La reducción de tiempos es uno de los beneficios más inmediatos de

implementar nuevas tecnologías de esterilización. Al utilizar equipos de última generación, el tiempo requerido para completar el proceso de esterilización se reduce significativamente, lo que incrementa la disponibilidad de los instrumentos odontológicos y disminuye los tiempos de espera para los usuarios. Esto permite mantener un flujo continuo en los procedimientos, optimizando la operatividad del Centro Odontológico y mejorando la experiencia del usuario al garantizar una atención más rápida y eficiente.

En resumen, en la Tabla 10, se identificaron 4 mudas en el proceso de esterilización del Centro Odontológico de la UCSM.

**Tabla 12**

*Mudas en el proceso de esterilización*

<b>Muda</b>	<b>Actividad Impactada</b>	<b>Impacto</b>
Espera (Waiting)	Llenado de autoclave	Retrasos en el inicio del ciclo de esterilización.
Variabilidad en los procesos	Recepción de instrumentos	Tiempos inconsistentes, afectando el flujo continuo del proceso.
Movimiento innecesario (Motion)	Acomodado y almacenado de bolsas	Incremento de tiempo y desgaste del personal.
Tecnología obsoleta	Proceso completo de esterilización	Tiempos prolongados por tecnologías malogradas

*Nota.* Esta tabla identifica y clasifica actividades que no generan valor dentro del proceso de esterilización para evidenciar oportunidades de mejora. Justifica las propuestas de optimización al demostrar cómo la eliminación de mudas reduce tiempos improductivos y mejora la eficiencia del proceso.



## CAPITULO V

## 5 PROPUESTAS DE MEJORA

### 5.1 Elección de propuestas planteadas

Se planteó 5 propuestas de mejora que fueron sometidas en una Matriz de Selección (véase la tabla 13). La Matriz de Decisiones compara cinco propuestas de mejora en función de criterios clave como impacto, costo, viabilidad y sostenibilidad. Cada criterio puede obtener un puntaje de acuerdo a la siguiente escala de valoración:

- (1) Malo
- (2) Regular
- (3) Bueno
- (4) Muy bueno
- (5) Excelente

Con el fin de abordar las demoras identificadas en el proceso, se han planteado propuestas de mejora agrupadas en dos categorías principales:

- **Mejoras técnicas:** Estas se centran en la implementación de tecnologías que optimicen las operaciones, como la instalación de máquina destiladora de agua y una autoclave moderna.
- **Mejoras en procedimientos:** Estas buscan optimizar los métodos y estándares operativos mediante la estandarización de procesos.

**Tabla 13**

*Matriz de Decisiones*

N°	Propuestas	Impacto 40%	Costo 30%	Viabilidad 20%	Sostenibilidad 10%	Total
1	Instalación del destilador LWD-20	5	4	5	4	4.6
2	Instalación de destilador Kyntel HSZII-20K	5	4	5	4	4.6
3	Instalación de destilador LABTECBIO HSZII-10K	5	4	5	4	4.6
4	Estándar de Procedimientos en el Proceso de Esterilización	4	3	3	3	3.4
5	Implementación de Nueva Autoclave	2	1	3	4	2.1

*Nota.* Esta tabla sirve para identificar las mejores alternativas entre un grupo que consideran diversos factores como impacto, costo, entre otros.

Con el objetivo de optimizar el proceso de esterilización y reducir los tiempos de entrega en el Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María, se seleccionó las tres propuestas relacionadas a la instalación de un destilador debido a que proponen dar solución a la dependencia del personal de mantenimiento para el suministro de agua destilada, uno de los principales cuellos de botellas.

## 5.2 Condiciones Previas para la Implementación de Propuestas

### 5.2.1 Problemas actuales del diseño del área

El diseño actual del área de trabajo en el Centro Odontológico presenta diversas limitaciones que afectan directamente la eficiencia del proceso de esterilización y la implementación de las propuestas de mejora.

Las actividades relacionadas con la esterilización no están organizadas de forma secuencial, lo que genera interrupciones y tiempos muertos (acomodado de instrumentos y llenado de autoclave). Además, la ubicación de los equipos actuales no permite un acceso rápido y directo al agua destilada ya que la destiladora actual se encuentra dos pisos sobre el área de esterilización.

Adicionalmente, las conexiones eléctricas y de agua necesitan cambiarse para la implementación de los nuevos equipos propuestos, ya que podría generar interrupciones frecuentes.

## **5.2.2 Propuesta de redistribución**

### **5.2.2.1 Descripción de las mejoras**

#### **a) Instalación de un lavabo de agua corriente**

Proveer de un espacio adecuado para el suministro de agua a la máquina destiladora de manera eficiente, sin ocupar demasiado espacio en el área de esterilización.

#### **1. Características**

- Tipo de lavabo: Se instalará un lavabo de acero inoxidable, resistente y de fácil mantenimiento, diseñado específicamente para entornos clínicos.
- Acceso al agua: Años pasados, el área de esterilización tenía un lavabo para la destiladora, pero debido a que se malogró la máquina, en la renovación del área se quitó este espacio. Por ello, consideramos que existe una alta probabilidad de que exista una cañería disponible en las paredes y el proceso de instalación será sencillo y económico, eliminando la necesidad de modificaciones complejas.

#### **2. Especificaciones Técnicas**

- Lavadero de acero Inoxidable 430

- Incluye Desagüe de acero Inoxidable, PVC 3 ½ y Trampa tipo “P” 1 ½
- Espesor 0.6 mm
- Tipo de instala
- Corte: 35.50 x 33.30 x 14.30 cm.
- Lavadero: 43.00 x 78.00 x 14.30 cm.

### Figura 14

Lavadero Penta



*Nota.* Tomado de RECORD (2024) (véase Anexo 9).

### 3. Beneficio:

Facilitar el acceso directo al agua para la máquina de destilación sin ocupar espacio adicional en el área de trabajo.

### b) Fabricación de una mesa

Optimizar el espacio para el acomodo de instrumentos esterilizados mediante la fabricación de una nueva mesa que permita organizar más eficientemente las bolsas de instrumentos para luego acomodarlo en los estantes.

### 1. Especificaciones

- Material: Madera resistente.
- Dimensiones: La mesa será diseñada para aprovechar al máximo las

medidas de las bandejas donde se organiza los instrumentos esterilizados, lo que reducirá el tiempo dedicado a la organización y extracción de instrumentos.

## 2. Beneficio

La mesa estará entre la maquina A (autoclave principal) y la estantería lo que permitirá clasificar mejor los instrumentos, reduciendo el tiempo de búsqueda y de organización del área de almacenamiento.

### 5.2.2.2 *Plan de instalación*

#### a) Instalación del lavabo

- Conexión a las cañerías disponibles: La instalación se realizará conectando el lavabo a las cañerías ya existentes en las paredes, lo que reducirá los costos y el tiempo de instalación.
- Pruebas de funcionamiento: Una vez instalado, se realizarán pruebas para verificar la correcta conexión al suministro de agua y asegurar el buen funcionamiento del equipo.

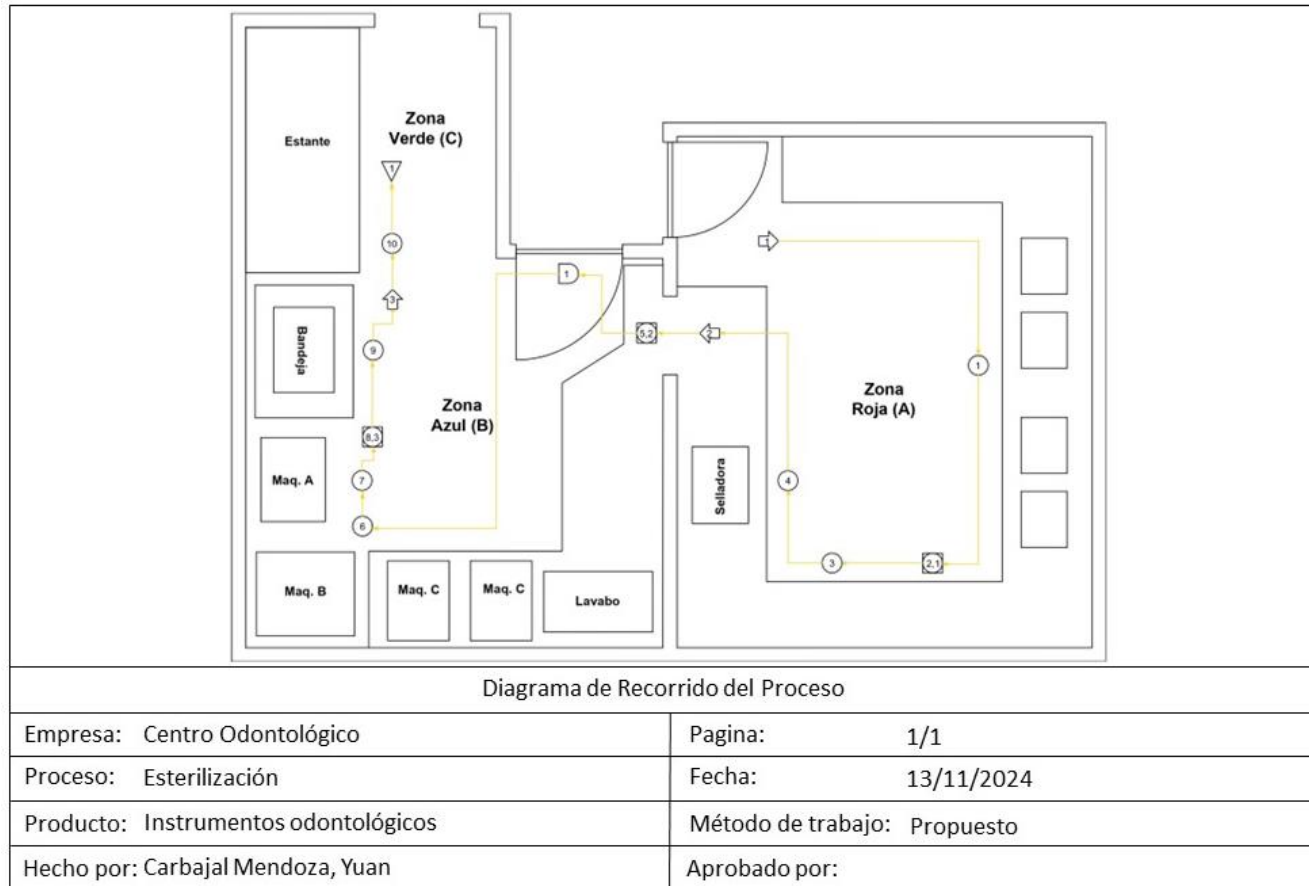
#### b) Fabricación y montaje de la mesa

- Diseño y fabricación: La mesa será diseñada de acuerdo con las dimensiones disponibles en el área de esterilización, con medidas adecuadas a las bandejas, así como de una ubicación ventajosa que permitan una mayor flexibilidad en la organización de los instrumentos.
- Montaje: Se realizará el montaje de la mesa en el espacio libre entre la autoclave principal y la estantería con el fin de que no interfiera con otras actividades del área.

En la figura 15, se visualiza el diagrama de recorrido propuesto con el plan de instalación implementado en el área de trabajo.

**Figura 15**

Diagrama de Recorrido Propuesto del Área de Esterilización



Nota. Elaborado en Autocad 2018. La figura ilustra la reorganización espacial propuesta para optimizar el flujo de trabajo. Facilita una comprensión visual de cómo la redistribución mejora la eficiencia del proceso y justifica la reducción de los tiempos de entrega.

### 5.2.2.3 *Impacto esperado*

#### a) Reducción de tiempos de manipulación

La redistribución del área y la instalación del lavabo reducirán significativamente los tiempos de movimiento del personal entre áreas, ya que el lavado de instrumentos podrá realizarse de manera inmediata y sin necesidad de trasl

#### b) Mejor organización del espacio

La nueva mesa brindaría un espacio adicional, permitiendo una mejor clasificación de los instrumentos esterilizados, lo que mejorará la accesibilidad y reducirá los tiempos de búsqueda.

#### c) Optimización del flujo de trabajo

La instalación del lavabo en el área de esterilización facilitará la secuencia de actividades, mejorando el flujo general del proceso y eliminando tiempos muertos.

#### d) Incremento en la eficiencia operativa

La reorganización reducirá los tiempos de traslado y los tiempos muertos, permitiendo un flujo continuo de trabajo. Las actividades relacionadas con la esterilización serán más rápidas y fluidas, optimizando la capacidad de respuesta del centro.

#### e) Facilidad en la implementación de mejoras futuras

La organización clara y modular del espacio facilitará la incorporación de nuevos equipos o tecnologías a futuro sin necesidad de realizar cambios significativos.

#### f) Cumplimiento de estándares de calidad

La redistribución asegura que el área de trabajo cumpla con los requerimientos técnicos y normativos para un entorno clínico eficiente y seguro ya que las tres zonas

están bien delimitadas y tienen un fluo continuo que evita la contaminación de instrumentos.

### **5.3 Propuesta de Mejora 1: Instalación del destilador LWD-20**

#### **5.3.1 Características del equipo**

- Material de fabricación: Acero inoxidable de alta calidad, lo que asegura una estructura resistente a la corrosión, ideal para un entorno de trabajo que requiere altos niveles de higiene y durabilidad.
- Capacidad de destilación: Capaz de producir 20 litros de agua destilada por hora con un consumo energético de 15 kW. Este volumen es suficiente para satisfacer la demanda de agua destilada de la autoclave principal, incluso en momentos de alta carga de trabajo.
- Estructura de condensación tipo bobina: La máquina utiliza un sistema de condensación con bobinas, lo que asegura un enfriamiento eficiente y una alta capacidad de producción de agua.
- Ahorro de agua: Cuenta con un sistema de reflujo de agua de enfriamiento que permite ahorrar agua en el proceso, lo cual es especialmente importante en regiones como Arequipa, donde la disponibilidad de agua es un recurso crítico.
- Válvula de drenaje: La máquina incluye una válvula que permite drenar el agua concentrada y evitar la acumulación de minerales en el cubo de evaporación, mejorando la eficiencia y prolongando la vida útil del equipo.
- Tubería de calefacción de inmersión en cobre: Este componente asegura una alta eficiencia térmica y una larga vida útil del equipo, reduciendo los costos de mantenimiento y operación.

### 5.3.2 Especificaciones técnicas

- Modelo: LWD-20
- Tamaño del paquete: 51 cm (ancho) x 36 cm (profundidad) x 80 cm (altura)
- Capacidad: 20L/h
- Consumo energético: 15 kW, 380V/50Hz
- Tipo de destilación: Individual
- Peso aproximado: 25 kg

#### Figura 16

Destilador LWD-20



*Nota.* Tomado de LABOAO (2024) (véase Anexo 5)

### 5.3.3 Ventajas del destilador

- Rendimiento superior: Con una capacidad de  $\geq 20\text{L/h}$ , el equipo es capaz de cubrir completamente las necesidades de las autoclaves del centro odontológico, eliminando la dependencia del personal de mantenimiento para el suministro de agua.

- Eficiencia energética: A pesar de su capacidad, el equipo tiene un consumo energético razonable de 15 kW, asegurando que los costos de operación sean manejables.
- Durabilidad: Fabricado en acero inoxidable, el destilador es resistente a la corrosión y el desgaste, lo que garantiza una larga vida útil y reduce la necesidad de mantenimiento frecuente.
- Ahorro de agua: La estructura de reflujo y el sistema de condensación optimizan el consumo de agua, un aspecto crucial en regiones donde la disponibilidad de este recurso es limitada, como Arequipa.
- Mantenimiento simplificado: La presencia de una válvula de drenaje facilita el mantenimiento, evitando la acumulación de sales y otros minerales en el cubo de evaporación.

#### **5.3.4 Impacto en el proceso de esterilización**

El análisis de tiempos mostró que el llenado de la autoclave representa un cuello de botella significativo con un promedio de 18.22 minutos por ciclo, causado por la dependencia del personal de mantenimiento para obtener agua destilada. Por lo tanto, la instalación de este equipo tendrá los siguientes impactos positivos en el proceso de esterilización:

- Reducción de tiempos de espera: Actualmente, los tiempos de llenado de la autoclave pueden extenderse hasta 18.22 minutos debido a la falta de suministro de agua destilada. Con la máquina LWD-20, se eliminarán estos retrasos, permitiendo una disponibilidad inmediata de agua destilada en todo momento.
- Aumento de la consistencia del proceso: Al garantizar el suministro constante de agua destilada, se eliminarán las interrupciones en el proceso de esterilización, mejorando

la eficiencia global y permitiendo que el personal se concentre en otras tareas críticas.

- Mejora en la sostenibilidad del centro: El sistema de reflujos de agua y la eficiencia energética del equipo contribuirán a la reducción del consumo de agua y energía, lo que a su vez reducirá los costos operativos del centro odontológico.

### 5.3.5 Evaluación Económica de la Propuesta

#### 5.3.5.1 Costos Capex (Capital Expenditure)

El capital para la instalación del destilador LWD -20 asciende a S/ 2,614.47.

**Tabla 14**

*Costos CAPEX – Propuesta 1*

Concepto	Costo (PEN)
<b>Instalación del destilador LWD -20</b>	
Máquina destiladora de agua (415*3.818)	S/ 1,584.47
Instalación del equipo	S/ 460.00
Capacitación del personal	S/ 570.00
<b>Subtotal Nuevo Sistema de Agua Destilada</b>	<b>S/ 2,614.47</b>
<b>Total CAPEX</b>	<b>S/ 2,614.47</b>

*Nota.* El costo del destilador es de USD 415 con una tasa de conversión de 3.818 (15/11/2024). Esta tabla resume los costos de inversión en activos fijos, necesarios para implementar la propuesta.

#### 5.3.5.2 Costos operativos (OPEX)

En esta sección, se presentan los costos operativos mensuales asociados al funcionamiento del nuevo sistema de agua destilada en el proceso de esterilización. Estos costos incluyen el consumo de energía y de agua requeridos para su operación, así como el mantenimiento preventivo anual del equipo.

## a) Consumo de Energía

La máquina destiladora seleccionada, modelo LWD-20 de LABOAO, tiene un consumo energético de 15 kW por operación. Dado que el equipo se utilizará en cuatro ciclos diarios, el consumo diario total de energía es de 60 kWh (4 operaciones x 15 kW). Para calcular el costo de energía, se ha considerado que el equipo operará durante 20 días al mes, con dos ciclos en horas punta y dos en horas fuera de punta, según los precios de la Subestación Base Lima a partir del 4 de febrero de 2024. Por lo tanto, el costo mensual total de energía es de S/313.98

**Costo de energía en horas punta:**

- Energía consumida en horas punta al mes: 600 kWh
- Precio de energía en horas punta: S/ 0.2854 por kWh
- Costo en horas punta:  $600 \text{ kWh} \times \text{S/ } 0.2854 = \text{S/ } 171.24$

**Costo de energía en horas fuera de punta:**

- Energía consumida en horas fuera de punta al mes: 600 kWh
- Precio de energía en horas fuera de punta: S/ 0.2379 por kWh
- Costo en horas fuera de punta:  $600 \text{ kWh} \times \text{S/ } 0.2379 = \text{S/ } 142.74$

## b) Consumo de Agua

La máquina destiladora requiere 5 litros de agua por ciclo, lo que se traduce en un consumo diario de 20 litros (4 ciclos x 5 litros) y considerando que el centro de esterilización brinda el servicio de lunes a viernes en las semanas del mes, entonces el consumo mensual de 400 litros (20 litros x 20 días). Dado que el costo de 15 m<sup>3</sup> de agua es 33 soles en Arequipa, el costo de 1 m<sup>3</sup> es 2.20 S/.

- Volumen mensual de agua: 400 litros = 0.4 m<sup>3</sup>

- Costo mensual de agua:  $0.4 \text{ m}^3 \times 2.20 \text{ S/} = 0.88 \text{ S/}$

c) Mantenimiento Preventivo Anual

Para mantener el equipo en óptimas condiciones, se ha presupuestado un costo de mantenimiento preventivo anual de S/ 380.00. Este mantenimiento incluye revisiones técnicas y ajustes necesarios para asegurar la eficiencia y prolongar la vida útil del equipo. Distribuyendo este costo de manera mensual, se estima un costo de mantenimiento preventivo de S/ 31.67 mensuales.

d) Resumen de Costos Operativos Mensuales (OPEX)

**Tabla 15**

Costos Operativos – Propuesta 1

Concepto	Costo (PEN)
Energía	S/ 313.98
Agua	S/ 0.88
Mantenimiento	S/ 31.67
<b>Total OPEX</b>	<b>S/ 346.53</b>

*Nota.* Esta tabla detalla los costos recurrentes asociados con la operación del sistema propuesto, como mantenimiento y consumo de recursos.

El costo total de operación mensual (OPEX) de la aplicación de la primera propuesta de mejora se estima en S/ 346.53. Estos costos operativos contribuyen a garantizar la continuidad y eficiencia del proceso de esterilización, optimizando los tiempos de entrega de instrumentos y asegurando un suministro constante de agua destilada para las autoclaves del Centro Odontológico.

5.3.5.3 *Beneficios Esperados de la Propuesta 1*

La instalación del destilador LWD-20 ofrece una solución eficiente para eliminar

los retrasos en el proceso de esterilización generados por la dependencia del personal de mantenimiento para el suministro de agua destilada. Este equipo garantiza un suministro continuo y elimina tiempos de espera de hasta 18.22 minutos por ciclo, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costos relacionados con el uso de recursos hídricos y energéticos. Aunque el servicio de esterilización no genera ingresos directos, esta propuesta asegura un impacto positivo en la formación académica y en la calidad del servicio brindado, contribuyendo a la sostenibilidad y al cumplimiento de estándares de calidad.

#### 5.3.5.4 Valor Actual de Costos (VAC)

El Valor Actual de Costos (VAC) es una herramienta financiera utilizada para evaluar los costos futuros de un proyecto llevándolos a su valor presente. Es especialmente útil en proyectos donde los costos se extienden a lo largo de varios años, considerando el efecto del valor del dinero en el tiempo.

En la ecuación 4, se observa la fórmula para calcular el VAC.

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (4)$$

Se reemplazó en la fórmula considerando un periodo de 3 años, una tasa de descuento del 5%, y los costos CAPEX y OPEX,

$$VAC = 2614.47 + \frac{4158.36}{1.05^1} + \frac{4158.36}{1.05^2} + \frac{4158.36}{1.05^3}$$

$$VAC = S/ 13,938.72$$

#### 5.3.6 Justificación y análisis de escenarios de la propuesta 1

Para evaluar la viabilidad de la implementación del destilador LWD-20, se ha

considerado un análisis de escenarios que contempla las condiciones bajo las cuales podría operar este equipo.

- Escenario Conservador:

La instalación inicial presenta demoras debido a la necesidad de adecuaciones técnicas menores. El personal a cargo aún depende parcialmente del área de mantenimiento para tareas de supervisión y revisión.

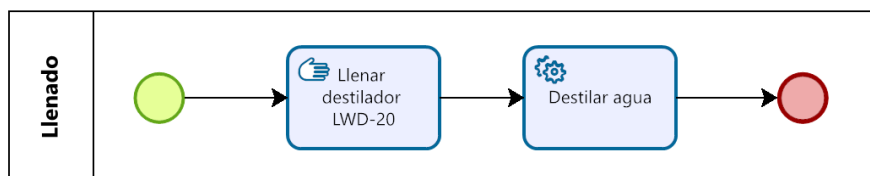
- Escenario Óptimo:

El equipo se instala sin inconvenientes y es operado eficientemente por personal capacitado. El destilador LWD-20 produce agua destilada de manera constante, eliminando completamente la necesidad de apoyo externo. Se asegura el abastecimiento necesario para múltiples ciclos diarios de esterilización, lo cual permite una reducción significativa en el tiempo de entrega de los instrumentos esterilizados.

Dentro del proceso de esterilización (vease figura 7), el proceso que se modifica con la implementación de la propuesta 1 es la Obtención del agua destilada (vease figura 17).

**Figura 17**

*Modificación del Proceso de Llenado - Propuesta 1*



## 5.4 Propuesta de Mejora 2: Instalación de destilador Kyntel HSZII-20K

### 5.4.1 Características del equipo

El destilador KYNTEL HSZII-20K está diseñado para satisfacer las necesidades de procesos clínicos que demandan agua destilada de alta pureza. Su construcción robusta y su diseño eficiente lo hacen ideal para garantizar un suministro constante y seguro en centros como el Centro Odontológico. Este equipo combina tecnología avanzada y materiales de alta calidad para ofrecer una solución fiable y duradera.

Además, el equipo incluye las siguientes características específicas que lo destacan frente a otros destiladores del mercado:

- Control automático avanzado: Equipado con sistemas de monitoreo electrónico que ajustan automáticamente el funcionamiento según el nivel de agua disponible.
- Alarma de mantenimiento preventivo: Notifica al operador cuando es necesario realizar tareas de limpieza o mantenimiento técnico, asegurando un rendimiento constante.
- Estructura modular: Diseñado para facilitar el desmontaje y acceso rápido a los componentes internos para reparaciones o ajustes.
- Resistencia a temperaturas extremas: Materiales diseñados para operar en condiciones de alta demanda sin comprometer el rendimiento.
- Compatibilidad con entornos exigentes: Adecuado para aplicaciones médicas, farmacéuticas y químicas que requieren altos estándares de pureza.

### 5.4.2 Especificaciones técnicas

- Material de fabricación: Acero inoxidable de alta calidad.
- Capacidad de producción: 20 litros por hora.

- Dimensiones: 400 mm de ancho, 400 mm de profundidad y 950 mm de altura.
- Peso: 17 kg.
- Consumo energético: 13.5 kW con conexión a 380V/50Hz.
- Sistema de seguridad: Incluye sensores de nivel bajo de agua con apagado automático, alarmas sonoras y visuales para garantizar un funcionamiento seguro.

**Figura 18**

*Destilador KYNTEL HSZII-20K*



Nota. Tomado de Importadora Andina EIRL (2024) (véase Anexo 6)

#### **5.4.3 Ventajas del destilador**

- Alta eficiencia: Su capacidad de producir 20 litros por hora garantiza que las demandas de agua destilada se cubran, eliminando retrasos y optimizando los recursos energéticos y de agua.
- Durabilidad: Fabricado con acero inoxidable de alta calidad, el equipo está diseñado para

soportar condiciones de uso intensivo y prolongar su vida útil, minimizando los costos de reemplazo.

- Seguridad avanzada: Equipado con sensores de nivel bajo de agua, alarmas sonoras y apagado automático, reduce significativamente el riesgo de fallos y protege tanto al equipo como al personal.
- Diseño compacto: Gracias a su tamaño reducido y peso ligero, este equipo es ideal para instalaciones con limitaciones de espacio, manteniendo una alta capacidad de producción.
- Fácil mantenimiento: Su diseño modular permite una limpieza rápida y sencilla, reduciendo el tiempo de inactividad y asegurando un rendimiento óptimo.
- Operación intuitiva: Cuenta con un panel de control sencillo y visualmente claro, facilitando su manejo incluso para personal no especializado.
- Sostenibilidad: Su eficiencia energética y bajo consumo de agua contribuyen a un uso más responsable de los recursos, alineándose con prácticas operativas sostenibles.
- Multifuncionalidad: Compatible con múltiples aplicaciones, incluyendo laboratorios médicos, farmacéuticos y químicos, aumentando su versatilidad en distintos contextos.
- Certificaciones internacionales: Cumple con estándares de calidad internacionales para equipos médicos y de laboratorio.

#### **5.4.4 Impacto en el proceso de esterilización**

- Reducción de tiempos: La implementación del destilador KYNTEL HSZII-20K asegura la disponibilidad inmediata y continua de agua destilada, eliminando los tiempos de espera actualmente generados por la falta de suministro. Esto contribuye directamente a optimizar el flujo de trabajo en las etapas de esterilización.
- Aseguramiento de calidad: Al garantizar un suministro de agua de alta pureza, el equipo

permite mantener los estándares estrictos requeridos en procesos clínicos. Esto se traduce en una mayor confiabilidad y seguridad en la esterilización de materiales e instrumentos médicos.

- Optimización de recursos: El diseño eficiente del equipo minimiza el consumo de energía y agua durante su operación. Esto no solo reduce los costos operativos, sino que también fomenta prácticas más sostenibles en la gestión de recursos.

#### 5.4.5 Evaluación Económica de la Propuesta

##### 5.4.5.1 Costos Capex (Capital Expenditure)

El capital para la instalación del destilador Kyntel HSZII-20K asciende a S/ 3,608.96.

**Tabla 16**

Costos CAPEX – Propuesta 2

Concepto	Costo (PEN)
<b>Instalación de destilador Kyntel HSZII-20K</b>	
Máquina destiladora de agua	S/ 2,598.96
Instalación del equipo	S/ 460.00
Capacitación del personal	S/ 550.00
<b>Subtotal Nuevo Sistema de Agua Destilada</b>	<b>S/ 3,608.96</b>
<b>Total CAPEX</b>	<b>S/ 3,608.96</b>

*Nota.* Esta tabla resume los costos de inversión en activos fijos, necesarios para implementar la propuesta (véase Anexo 6).

##### 5.4.5.2 Costos operativos (OPEX)

En esta sección, se presentan los costos operativos mensuales asociados al funcionamiento del nuevo sistema de agua destilada en el proceso de esterilización. Estos

costos incluyen el consumo de energía y de agua requeridos para su operación, así como el mantenimiento preventivo anual del equipo.

e) Consumo de Energía

El destilador Kyntel tiene un consumo energético de 13.5 kW por hora. Dado que el equipo se utilizará en cuatro ciclos diarios, el consumo diario total de energía es de 54 kWh.

- Tiempo de operación al mes: 20 días con dos ciclos en horas punta y dos en horas fuera de punta.
- Costo mensual total de energía es de S/282.59

**Costo de energía en horas punta:**

- Energía consumida en horas punta al mes: 540 kWh
- Precio de energía en horas punta: S/ 0.2854 por kWh.
- Costo mensual en horas punta: S/ 154.12 (540 kWh x S/ 0.2854).

**Costo de energía en horas fuera de punta:**

- Energía consumida en horas fuera de punta al mes: 540 kWh
- Precio de energía en horas fuera de punta: S/ 0.2379 por kWh.
- Costo mensual en horas fuera de punta: S/ 128.47 (540 kWh x S/ 0.2379).

f) Consumo de Agua

La máquina destiladora requiere 5 litros de agua por ciclo, un consumo diario de 20 litros (4 ciclos x 5 litros) y un consumo mensual es de 400 litros (20 litros x 20 días). Dado que el costo de 15 m<sup>3</sup> de agua es 33 soles en Arequipa, el costo de 1 m<sup>3</sup> es 2.20 S/.

- Volumen mensual de agua: 400 litros = 0.4 m<sup>3</sup>

- Costo mensual de agua:  $0.4 \text{ m}^3 \times 2.20 \text{ S/} = 0.88 \text{ S/}$

g) Mantenimiento Preventivo Anual

Para mantener el equipo en óptimas condiciones, se ha presupuestado un costo de mantenimiento preventivo anual de S/ 420.00. Este mantenimiento incluye revisiones técnicas y ajustes necesarios para asegurar la eficiencia y prolongar la vida útil del equipo. Distribuyendo este costo de manera mensual, se estima un costo de mantenimiento preventivo de S/ 35.00 mensuales.

h) Resumen de Costos Operativos Mensuales (OPEX)

**Tabla 17**

Costos Operativos – Propuesta 2

Concepto	Costo (PEN)
Energía	S/ 282.59
Agua	S/ 0.88
Mantenimiento	S/ 35.00
<b>Total OPEX</b>	<b>S/ 318.47</b>

*Nota.* Esta tabla detalla los costos recurrentes asociados con la operación del sistema propuesto, como mantenimiento y consumo de recursos.

El costo total de operación mensual (OPEX) de la segunda propuesta de mejora se estima en S/ 318.47.

#### 5.4.5.3 Beneficios esperados de la Propuesta 2

La implementación del destilador Kyntel HSZII-20K asegura la autosuficiencia del Centro Odontológico en el suministro de agua destilada, eliminando la necesidad de depender del área de mantenimiento. Este equipo permite mantener un flujo constante en el proceso de esterilización, incrementando la capacidad operativa y reduciendo

interrupciones. Aunque este servicio no genera ingresos para el centro, la propuesta representa una inversión estratégica que mejora la eficiencia del proceso, garantiza la sostenibilidad a largo plazo y fortalece el compromiso con la calidad del servicio educativo y clínico ofrecido a la comunidad.

#### 5.4.5.4 Valor Actual de Costos (VAC)

En la ecuación 4, se reemplazó en la fórmula considerando un periodo de 3 años, una tasa de descuento del 5%, y los costos CAPEX y OPEX,

$$VAC = 3608.96 + \frac{3821.64}{1.05^1} + \frac{3821.64}{1.05^2} + \frac{3821.64}{1.05^3}$$
$$VAC = S/ 14,016.23$$

#### 5.4.6 Justificación y análisis de escenarios de la propuesta 2

El análisis de escenarios permite visualizar el impacto potencial de la implementación del modelo Kyntel HSZII-20K en el proceso de esterilización.

- Escenario Conservador:

La instalación del equipo se ve afectada por retrasos logísticos o falta de disponibilidad inmediata de insumos. A pesar de ello, el equipo entra en operación con supervisión intermitente del personal técnico. La mejora en la provisión de agua es progresiva.

- Escenario Óptimo:

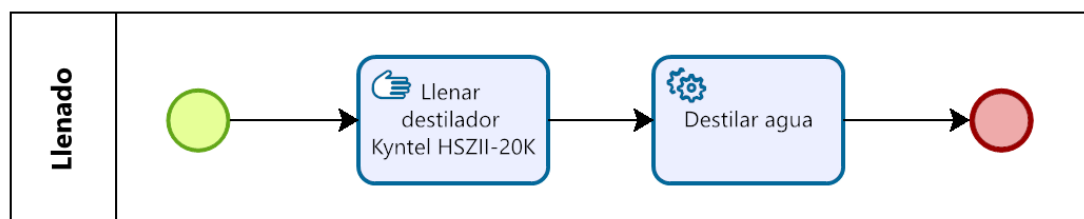
El equipo entra en funcionamiento a pleno rendimiento, con una producción diaria suficiente para cubrir las necesidades del área de esterilización. El equipo opera con mínima intervención externa, el flujo de trabajo se estabiliza y su tecnología avanzada facilita el manejo del equipo.

Dentro del proceso de esterilización (vease figura 7), el proceso que se modifica

con la implementación de la propuesta 2 es la Obtención del agua destilada (vease figura 19).

**Figura 19**

*Modificación del Proceso de Llenado - Propuesta 2*



## 5.5 Propuesta de Mejora 3: Instalación de destilador LABTECBIO HSZII-10K

### 5.5.1 Características del equipo

El destilador LABTECBIO HSZII-10K con protección está diseñado para garantizar un suministro constante de agua destilada de alta pureza, imprescindible en entornos clínicos y de laboratorio. Este equipo combina materiales de alta calidad con tecnología avanzada para ofrecer un rendimiento eficiente y seguro.

- Fabricación en acero inoxidable de alta calidad: Todos los componentes están diseñados para resistir la corrosión y garantizar una larga vida útil, incluso en condiciones de uso intensivo.
- Sistema de tubos sin soldadura: La tecnología de placas de condensación en acero inoxidable permite un intercambio de calor altamente eficiente, maximizando la producción de agua destilada con un uso óptimo de los recursos.
- Dispositivos eléctricos de control avanzados: Incluye sensores de nivel bajo de agua que apagan automáticamente el sistema en caso de niveles insuficientes, emitiendo alarmas sonoras y visuales para alertar al operador.
- Corte automático por nivel de agua: El equipo se detiene automáticamente si detecta

niveles inapropiados de agua en el tanque de evaporación, evitando daños en el sistema y asegurando un funcionamiento prolongado.

- Tecnología de calefacción eficiente: Integra elementos de calefacción avanzados que garantizan un calentamiento rápido y homogéneo del agua, optimizando el tiempo de operación.

### 5.5.2 Especificaciones técnicas

- Capacidad de producción: 10 litros por hora. (20Lx2h)
- Potencia: 7.5 kW.
- Peso: 11 kg.
- Voltaje: 380V/50Hz.
- Dimensiones: 400 mm x 400 mm x 950 mm.

#### Figura 20

*Destilador LABTECBIO HSZII-10K*



Nota. Tomado de Laboratorios Tecnología Biomédica (2024) (véase Anexo 7)

### 5.5.3 *Ventajas del destilador*

- Producción eficiente: Con una capacidad de 10 litros por hora, este equipo puede satisfacer las demandas de agua destilada en procesos clínicos y de laboratorio, manteniendo altos estándares de calidad.
- Eficiencia energética: Gracias a su diseño avanzado y tecnología de intercambio de calor, el equipo optimiza el uso de energía, reduciendo costos operativos.
- Seguridad mejorada: Los sensores de nivel de agua, junto con las alarmas y el sistema de apagado automático, garantizan un funcionamiento seguro, minimizando riesgos para el equipo y el personal.
- Durabilidad: Su construcción en acero inoxidable asegura resistencia a la corrosión, prolongando la vida útil del equipo y reduciendo la necesidad de mantenimiento frecuente.
- Diseño compacto y ligero: Con un peso de solo 11 kg y dimensiones reducidas, este destilador es fácil de instalar y operar, incluso en espacios limitados.
- Mantenimiento sencillo: La tecnología de tubos sin soldadura reduce la acumulación de minerales, facilitando las tareas de limpieza y mantenimiento.
- Operación continua: Gracias a sus dispositivos eléctricos avanzados, el equipo puede funcionar de manera ininterrumpida, adaptándose a las demandas de los entornos clínicos y de laboratorio.
- Alertas visuales y sonoras: El sistema de control emite notificaciones claras en caso de anomalías, asegurando que el personal esté siempre informado sobre el estado del equipo.

### 5.5.4 *Impacto en el proceso de esterilización*

- Reducción de tiempos: Este destilador asegura la disponibilidad continua de agua

destilada, eliminando retrasos en los procesos de esterilización.

- Aseguramiento de calidad: Garantiza agua de alta pureza, cumpliendo con los estándares más exigentes de los procesos clínicos.
- Optimización de recursos: Su diseño eficiente reduce el consumo de energía y agua, contribuyendo a una operación más sostenible.
- Mejora en la productividad: Al proporcionar agua destilada sin interrupciones, incrementa la capacidad del personal para manejar mayores volúmenes de trabajo en menos tiempo.

### 5.5.5 *Evaluación Económica de la Propuesta*

#### 5.5.5.1 *Costos Capex (Capital Expenditure)*

El capital para la instalación del destilador LABTECBIO HSZII-10K asciende a S/ 3,840.00.

**Tabla 18**

Costos CAPEX – Propuesta 3

Concepto	Costo (PEN)
<b>Instalación de destilador LABTECBIO HSZII-10K</b>	
Máquina destiladora de agua	S/ 2,840.00
Instalación del equipo	S/ 500.00
Capacitación del personal	S/ 500.00
<b>Subtotal Nuevo Sistema de Agua Destilada</b>	<b>S/ 3,840.00</b>
<b>Total CAPEX</b>	<b>S/ 3,840.00</b>

*Nota.* Esta tabla resume los costos de inversión en activos fijos, necesarios para implementar la propuesta (véase Anexo 6).

### 5.5.5.2 Costos operativos (OPEX)

#### i) Consumo de Energía

El destilador LABTECBIO HSZII-10K tiene un consumo energético de 7.5 kW por hora y se requiere 2 horas para destilar 20L de agua. Dado que el equipo se utilizará en cuatro ciclos diarios, el consumo diario total de energía es de 60 kWh.

- Tiempo de operación al mes: 20 días con dos ciclos en horas punta y dos en horas fuera de punta.
- Costo mensual total de energía es de S/313.98

#### **Costo de energía en horas punta:**

- Energía consumida en horas punta al mes: 600 kWh
- Precio de energía en horas punta: S/ 0.2854 por kWh
- Costo en horas punta:  $600 \text{ kWh} \times \text{S}/ 0.2854 = \text{S}/ 171.24$

#### **Costo de energía en horas fuera de punta:**

- Energía consumida en horas fuera de punta al mes: 600 kWh
- Precio de energía en horas fuera de punta: S/ 0.2379 por kWh
- Costo en horas fuera de punta:  $600 \text{ kWh} \times \text{S}/ 0.2379 = \text{S}/ 142.74$

#### j) Consumo de Agua

La máquina destiladora requiere 5 litros de agua por ciclo, un consumo diario de 20 litros (4 ciclos x 5 litros) y un consumo mensual es de 400 litros (20 litros x 20 días). Dado que el costo de 15 m<sup>3</sup> de agua es 33 soles en Arequipa, el costo de 1 m<sup>3</sup> es 2.20 S/.

- Volumen mensual de agua: 400 litros = 0.4 m<sup>3</sup>
- Costo mensual de agua:  $0.4 \text{ m}^3 \times 2.20 \text{ S}/ = 0.88 \text{ S}/$

k) Mantenimiento Preventivo Anual

Para mantener el equipo en óptimas condiciones, se ha presupuestado un costo de mantenimiento preventivo anual de S/ 480.00. Este mantenimiento incluye revisiones técnicas y ajustes necesarios para asegurar la eficiencia y prolongar la vida útil del equipo. Se estima el costo mensual de S/ 40.00.

l) Resumen de Costos Operativos Mensuales (OPEX)

**Tabla 19**

Costos Operativos – Propuesta 3

<b>Concepto</b>	<b>Costo (PEN)</b>
Energía	S/ 313.98
Agua	S/ 0.88
Mantenimiento	S/ 40.00
<b>Total OPEX</b>	<b>S/ 354.86</b>

*Nota.* Esta tabla detalla los costos recurrentes asociados con la operación del sistema propuesto, como mantenimiento y consumo de recursos.

El costo total de operación mensual (OPEX) de la segunda propuesta de mejora se estima en S/ 354.86

5.5.5.3 *Beneficios esperados de la Propuesta 3*

La instalación del destilador LABTECBIO HSZII-10K garantizará un suministro constante de agua destilada de alta pureza, optimizando el proceso de esterilización en el Centro Odontológico. Este equipo eliminará las demoras causadas por la dependencia del personal de mantenimiento y reducirá los tiempos de espera significativamente. Además, gracias a su diseño eficiente, se minimizará el consumo de energía y agua, lo que contribuye a prácticas operativas sostenibles. Aunque este servicio no genera ingresos

directos para el centro, la implementación de este equipo representa una mejora que impacta positivamente en la calidad del servicio ofrecido a los estudiantes, fortaleciendo la eficiencia operativa y asegurando la continuidad del proceso de esterilización.

#### 5.5.5.4 Valor Actual de Costos (VAC)

En la ecuación 4, se reemplazó en la fórmula considerando un periodo de 3 años, una tasa de descuento del 5%, y los costos CAPEX y OPEX,

$$VAC = 3840.00 + \frac{4258.32}{1.05^1} + \frac{4258.32}{1.05^2} + \frac{4258.32}{1.05^3}$$
$$VAC = S/ 15,436.46$$

#### 5.5.6 Justificación y análisis de escenarios de la propuesta 3

El modelo LABTECBIO HSZII-10K representa una alternativa eficiente y de menor costo, cuyo análisis de escenarios permite anticipar su impacto en la operación diaria.

- Escenario Conservador:

La implementación se realiza, pero el equipo opera al 70%-80% de su capacidad debido a condiciones técnicas o carga de trabajo elevada. La mejora en el abastecimiento de agua es parcial, aunque se elimina la dependencia directa del mantenimiento.

- Escenario Óptimo:

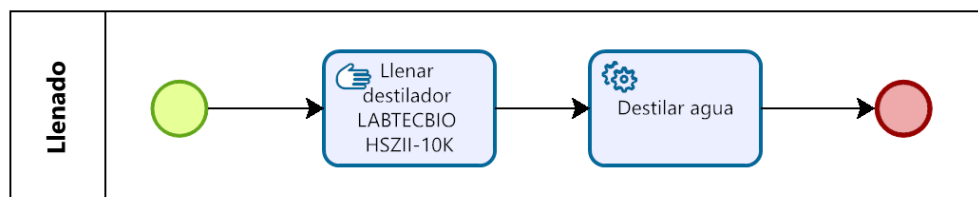
El equipo opera de manera eficiente y estable. Su capacidad de producción diaria es suficiente para abastecer los ciclos requeridos por el área. La esterilización se desarrolla de manera fluida, sin interrupciones, lo que permite reducir los tiempos de entrega con impacto positivo en la gestión interna y satisfacción del usuario.

Dentro del proceso de esterilización (vease figura 7), el proceso que se modifica

con la implementación de la propuesta 3 es la Obtención del agua destilada (vease figura 21).

**Figura 21**

*Modificación del Proceso de Llenado - Propuesta 3*



## 5.6 Selección de la Propuesta elegida

La selección de la propuesta de mejora se realizó considerando los aspectos técnicos y operativos de cada destilador, así como su impacto en la optimización del proceso de esterilización del Centro Odontológico. Se buscó la solución más eficiente para resolver el principal cuello de botella identificado: la falta de un suministro constante de agua destilada.

**Tabla 20**

*Matriz Comparativa de Propuestas*

Nº	Criterios	Propuesta 1: Instalación del destilador LWD-20.	Propuesta 2: Instalación del destilador Kyntel HSZII-20K.	Propuesta 3: Instalación del destilador LABTECBIO HSZII-10K.
A	Potencia (kW)	15	13.5	7.5
B	Producción de agua destilada	20 L/h	20 L/h	10 L/h (20 L en 2 h)
C	Costo CAPEX (S/)	2,614.47	3,608.96	3,840.00
D	Costo OPEX mensual (S/)	346.53	318.47	354.86
E	Sistema de reflujos de agua	Sí	Sí	No

F	Durabilidad	Alta	Alta	Media
G	Instalación y mantenimiento	Baja complejidad	Moderada	Moderada

*Nota.* Esta tabla se utiliza para comparar de manera estructurada las diferentes alternativas de mejora del proceso de esterilización. Permite seleccionar la propuesta más eficiente y alineada con los objetivos, facilitando la comprensión para lectores no especializados.

### 5.6.1 Evaluación por método de ranking de factores con pesos ponderados

Para realizar un análisis más detallado para seleccionar la propuesta más adecuada, se realizó una matriz de enfrentamiento y una evaluación de propuestas. Para los factores se consideraron los criterios de la Tabla 20 y la escala de calificación es:

- 0, Malo
- 3, Regular
- 6, Bueno
- 9, Muy Bueno

**Tabla 21**

*Matriz de enfrentamiento*

Factores	A	B	C	D	E	F	G	Conteo	%
A		1	1	1	0	1	1	5	18.52
B	1		0	0	1	0	1	3	11.11
C	1	1		1	1	1	1	6	22.22
D	1	0	1		1	0	1	4	14.81
E	0	1	1			0	1	3	11.11
F	1	0	1	1	0		0	3	11.11
G	0	0	1	1	1	0		3	11.11
<b>Total</b>								27	100.00

**Tabla 22**

*Ponderación por el método de ranking de factores con pesos ponderados*

Factores	Coeficiente Ponderación	Calificación no Ponderada			Calificación Ponderada		
		I	II	III	I	II	III
A	5	6	6	9	30	30	45
B	3	9	9	6	27	27	18
C	6	9	6	6	54	36	36
D	4	6	9	6	24	36	24
E	3	9	9	3	27	27	9
F	3	9	9	6	27	27	18
G	3	9	6	6	27	18	18
Total	27	57	54	42	216	201	168

*Nota.* En la tabla se aplicó el método de ranking de factores con pesos ponderados. Esta tabla sirve para evaluar la propuesta siendo la propuesta 1 elegida debido a que su total en calificación ponderada es mayor comparada con las otras propuestas.

En resumen, con base en la matriz comparativa y la evaluación por método de ranking de factores con pesos ponderados, se selecciona la Propuesta 1: Instalación de Destilador LWD-20 como la opción más viable. Su implementación tendrá un efecto inmediato y directo en la reducción de los tiempos de entrega.

### 5.7 Análisis Costo -Beneficio

El análisis costo-beneficio evaluó las tres principales propuestas de mejora orientadas a optimizar el proceso de esterilización en el Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María. Este análisis se centró en los costos iniciales (CAPEX), los costos operativos mensuales (OPEX) y los beneficios esperados de cada alternativa, considerando su impacto en la eficiencia del proceso y la sostenibilidad operativa. Además, se utilizó el Valor Actual

de Costos (VAC) para determinar la propuesta más viable económicamente durante un período de tres años.

La Propuesta 1, que consiste en la instalación del destilador modelo LWD-20, presenta un CAPEX de S/ 2,614.47 y un OPEX mensual de S/ 346.53. Esta propuesta destaca por garantizar un suministro continuo de agua destilada, eliminando la dependencia del personal de mantenimiento. Además, reduce significativamente los tiempos improductivos, logrando un flujo de trabajo más eficiente. Por sus características, el destilador LWD-20 se posiciona como una solución económica y efectiva para resolver uno de los principales cuellos de botella en el proceso de esterilización.

Por su parte, la Propuesta 2, que plantea la instalación del destilador Kyntel HSZII-20K, requiere un CAPEX de S/ 3,608.96 y un OPEX mensual de S/ 318.47. Aunque esta propuesta representa un mayor costo de inversión inicial, ofrece ventajas tecnológicas como sistemas de alarma y control automático, que garantizan un funcionamiento más seguro y eficiente. Además, su diseño compacto y modular lo hace adecuado para entornos con limitaciones de espacio, asegurando una operación continua y sostenible.

La Propuesta 3, basada en la instalación del destilador LABTECBIO HSZII-10K, implica un CAPEX de S/ 3,840.00 y un OPEX mensual de S/ 354.86. Este equipo garantiza agua destilada de alta pureza, cumpliendo con los estándares más estrictos de calidad. Si bien presenta un costo operativo ligeramente superior, su diseño eficiente en consumo de energía y agua lo convierte en una alternativa sólida para mejorar el proceso de esterilización y reducir los tiempos de espera.

Al comparar las tres propuestas, la Propuesta 1 (destilador LWD-20) resulta ser la más viable tanto económica como operativamente. Su VAC es el más bajo en un período de

tres años, lo que confirma su eficiencia en términos de costos acumulados y beneficios obtenidos. Además, esta alternativa asegura la reducción de tiempos improductivos, mejora la eficiencia operativa y garantiza un suministro constante de agua destilada para el área de esterilización.

En conclusión, la implementación de la Propuesta 1 representa una solución estratégica para optimizar el proceso de esterilización en el Centro Odontológico. Esta propuesta no solo aborda los problemas actuales de manera eficiente, sino que también contribuye a la sostenibilidad del servicio gratuito que ofrece la institución, beneficiando tanto a estudiantes como al personal involucrado.

## **5.8 Impacto de la Propuesta Seleccionada**

La primera propuesta de mejora, que consiste en la instalación del destilador LWD-20, fue seleccionada debido a su impacto directo en el proceso de esterilización del Centro Odontológico, beneficiando a un amplio número de estudiantes y mejorando considerablemente los tiempos de entrega de los instrumentos esterilizados.

### **5.8.1 Estimación de la Población Beneficiada**

El Centro Odontológico presta servicios gratuitos de esterilización a estudiantes de odontología en prácticas clínicas, los cuales dependen del acceso constante y rápido a instrumentos esterilizados para su aprendizaje y atención de pacientes. La implementación del nuevo sistema de agua destilada garantiza un flujo continuo de agua, lo que impacta de manera positiva en la formación de aproximadamente 400 estudiantes de odontología (entre 4to y 5to año) que utilizan los servicios del centro cada semestre. La primera propuesta está orientada a solucionar el cuello de botella identificado en el suministro de agua destilada, lo que actualmente genera tiempos de espera de hasta 18.22 minutos en la etapa de llenado

de la autoclave (tiempo variable que según estudio de tiempos puede demorar más de una hora). Con la instalación de la nueva destiladora, estos retrasos se eliminarán, permitiendo una disponibilidad continua y asegurando que el proceso de esterilización sea más eficiente y ágil.

### **5.8.2 Evaluación del KPI en Condiciones Ideales**

Para cuantificar el impacto de la propuesta de mejora en el proceso de esterilización, se estableció un cronometraje ideal en condiciones óptimas. En este escenario, se eliminaron las demoras comunes en el proceso, especialmente aquellas relacionadas con el llenado de la autoclave. El objetivo es obtener un "tiempo de ciclo ideal", que representa el tiempo total requerido para completar el proceso de esterilización desde el inicio hasta la entrega del instrumento esterilizado, sin interrupciones ni tiempos de espera.

#### **5.8.2.1 Metodología de Cronometraje Ideal**

Se realizó mediciones de cada etapa del proceso, con el fin de establecer tiempos promedio de referencia bajo condiciones ideales. Las etapas incluidas en el cronometraje fueron las siguientes:

- Recepcionado
- Llenado
- Esterilizado
- Enfriado
- Acomodado
- Almacenado

Para cada etapa, se registró tres mediciones y se calculó un promedio que representaría el tiempo ideal en cada una de las fases. En la Tabla 23, se presenta el tiempo

promedio ideal para cada etapa, así como su tiempo promedio. Estos datos fueron utilizados para calcular el tiempo de ciclo ideal y elaborar el Value Stream Mapping (véase Figura 20).

**Tabla 23**

*Cronometraje en condiciones ideales*

N° ACT	Actividad	Tiempos			Tiempo Promedio
		1	2	3	
5	Recepcionado	3.75	3.67	3.80	3.74
6	Llenado	1.20	1.25	1.13	1.19
7	Esterilizado	80.00	80.00	80.00	80.00
8	Enfriado	21.17	20.97	21.25	21.13
9	Acomodado	3.75	3.33	3.63	3.57
10	Almacenado	5.58	5.92	6.17	5.89
Tiempo de Ciclo Ideal		115.45	115.13	115.98	115.52

*Nota.* Esta tabla se incluyó para presentar los tiempos más eficientes posibles, estableciendo un estándar de referencia para las operaciones del proceso de esterilización. Proporciona un marco comparativo clave para evaluar las ineficiencias actuales y medir el impacto de las mejoras propuestas en el tiempo total del proceso.

#### 5.8.2.2 Cálculo del KPI

Para la investigación, se utilizó el KPI "Reducción del Tiempo de Ciclo Total de Esterilización" definido como el tiempo promedio total que toma completar el ciclo de esterilización, desde la recepción hasta el almacenamiento, bajo condiciones reales comparado con las condiciones ideales.

El cálculo se realizará con la Ecuación 5. La reducción del tiempo de ciclo total se obtuvo al restar el Tiempo Ideal (TI) al Tiempo Actual (TA). El resultado de esta resta

se divide entre el Tiempo Actual (TA) y se multiplica por 100 para expresar el resultado como un porcentaje.

$$RTCT = \frac{TA - TI}{TA} * 100 \quad (5)$$

A esta fórmula, se reemplazó el tiempo de ciclo real (véase Tabla 4) y el tiempo de ciclo ideal (véase Tabla 23).

$$\text{Reducción del Tiempo de Ciclo Actual} = \frac{(131.90 - 115.52)}{131.90} * 100$$

$$\text{Reducción del Tiempo de Ciclo Actual} = 12.42 \%$$

El resultado de 12.42% indica que, al eliminar las demoras identificadas en la investigación, es posible reducir el tiempo de ciclo total en un 12.42%. Este porcentaje representa la mejora potencial en la eficiencia operativa que podría alcanzarse al implementar la propuesta, contribuyendo así a una mayor disponibilidad de instrumentos esterilizados en menor tiempo, optimizando el servicio en el Centro Odontológico.

### 5.8.2.3 *Análisis de Beneficios No Monetarios*

Debido a que el Centro Odontológico brinda el servicio de esterilización de forma gratuita, no hay ingresos; por lo tanto, los beneficios obtenidos de la propuesta serán beneficios intangibles y relacionados a la optimización de los recursos del área de esterilización.

#### 5.8.2.3.1 *Beneficios intangibles*

- Mejora en la formación profesional: Los estudiantes tendrán acceso a un proceso más eficiente y automatizado, lo que mejorará su experiencia práctica y los preparará mejor para enfrentar desafíos en el ámbito profesional.
- Reducción de la carga de trabajo manual: Al optimizar el proceso de esterilización, se

reduce la intervención manual de los estudiantes, permitiéndoles concentrarse en otras áreas de su formación y desarrollo.

- Incremento en la confianza y seguridad: Un proceso de esterilización optimizado y confiable brinda mayor seguridad en la atención odontológica, lo que mejora la confianza de los estudiantes en la calidad de los instrumentos y procedimientos.
- Fortalecimiento de la reputación académica: Participar en un centro odontológico con procesos modernos y eficientes refuerza la imagen de calidad y prestigio de la institución, lo que puede beneficiar a los estudiantes en su futura inserción laboral.
- Fomento de una cultura de mejora continua: La experiencia de participar en la instalación de mejoras en los procesos internos crea en los estudiantes una mentalidad de innovación y mejora continua, fundamental para su desarrollo profesional.

#### 5.8.2.3.2 *Optimización de recursos*

La optimización de recursos es uno de los beneficios principales en la propuesta de mejora del proceso de esterilización en el Centro Odontológico de la UCSM. Este concepto abarca diversas dimensiones que, al ser mejoradas, impactan positivamente en la eficiencia operativa del centro, lo cual se traduce en tiempos de entrega más rápidos y menores costos operativos.

##### 1.- Optimización del uso del agua destilada

El agua destilada es un recurso crítico en el proceso de esterilización, y su uso eficiente reduce los tiempos de espera y costos asociados a la obtención manual. Con la implementación de un nuevo equipo de destilación de agua, se asegura un suministro continuo, lo que elimina la dependencia del personal de mantenimiento y mejora la disponibilidad del agua para las autoclaves. Esto también optimiza el

consumo de agua, reduciendo desperdicios y costos operativos.

## 2.- Reducción de la intervención manual

Al automatizar ciertas etapas del proceso, como el llenado de las autoclaves, se minimiza la intervención humana, reduciendo tiempos muertos ya que no se tendría que recurrir a personal de mantenimiento. Esto permite al personal concentrarse en tareas de mayor valor agregado y disminuye la necesidad de recursos humanos adicionales, optimizando así el uso del personal disponible.

## 3.- Reducción de tiempos improductivos

Al mejorar la coordinación en la provisión de insumos y el flujo de instrumentos en el proceso, se eliminan cuellos de botella, lo que resulta en un uso más eficiente del tiempo y una menor necesidad de recursos para cumplir con las demandas diarias del centro odontológico.

Otro beneficio sumamente importante es el aumento en la productividad del Centro de Odontológico ya que se pueden esterilizar mayor cantidad de instrumentos odontológicos. Gracias a la nueva máquina destiladora, el Centro Odontológico puede realizar se puede realizar las cargas máximas durante el día, es decir se pueden utilizar hasta 4 veces la autoclave para esterilizar los instrumentos. Mientras que sin la Máquina en muchas ocasiones solo se realizó 3 cargas a la autoclave lo que limitaba las esterilizaciones y en consecuencia, causaba que el tiempo de entrega sea mayor al esperado.

### 5.8.3 *BPMN Propuesto del Proceso de Esterilización*

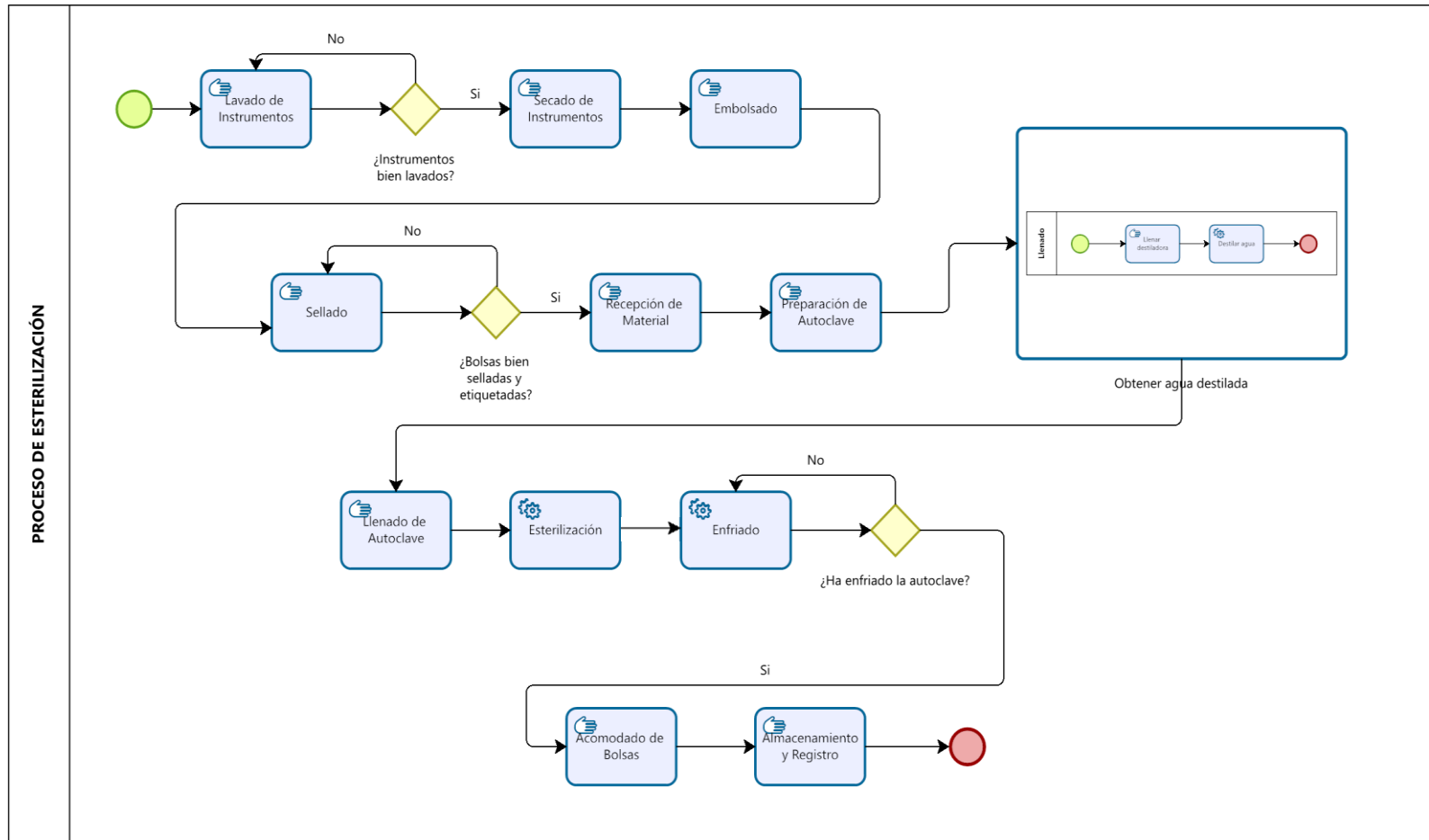
La Figura 16 representa el modelo BPMN propuesto del proceso de esterilización, que incorpora las mejoras planteadas, como la instalación de una máquina destiladora de

agua. Este modelo permite visualizar de forma estructurada las actividades y decisiones del proceso optimizado, facilitando la comparación con el proceso actual (Figura 7) y evidenciando la eliminación de cuellos de botella, especialmente en la etapa de obtención de agua destilada.



**Figura 22**

*BPMN propuesto del Proceso de Esterilización*

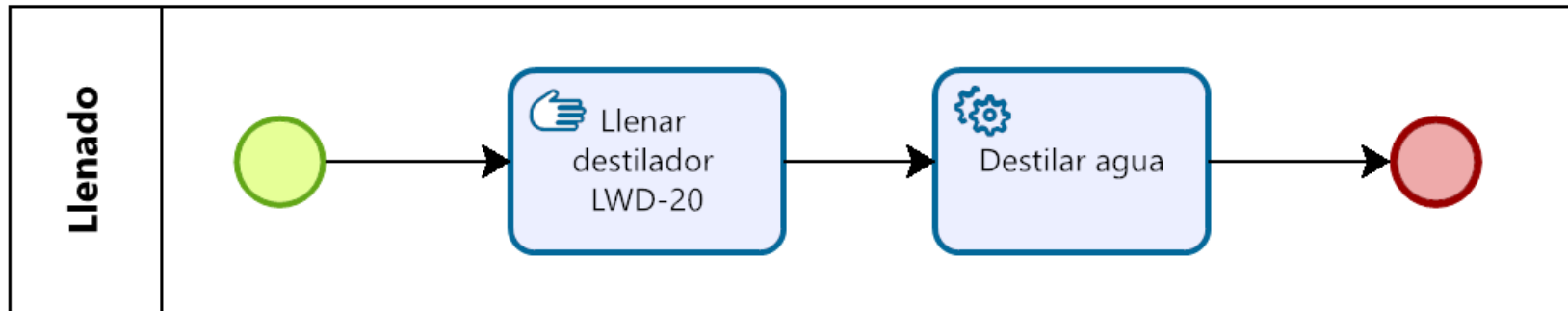


*Nota.* Elaborado en Bizagi Modeler. Esta figura representa la propuesta optimizada del flujo de trabajo, detallando las actividades y decisiones del proceso de esterilización en un modelo estándar y comprensible. Facilita la comparación entre el proceso actual y el

propuesto, evidenciando las mejoras implementadas y su contribución a la eficiencia del sistema.

**Figura 23**

Subproceso del BPMN propuesto del Proceso de Esterilización



Nota. Elaborado en Bizagi Modeler. Esta figura representa la propuesta optimizada del flujo de trabajo de la obtención del agua destilada, detallando las actividades y decisiones del proceso de esterilización. La mejora se evidencia en el subproceso ya que la obtención del agua destilada estaría bajo el control total del área de esterilización (considerando que con la propuesta tienen una destiladora funcional) mientras que , en la figura 7, la obtención del agua destilada está a cargo del área de mantenimiento.

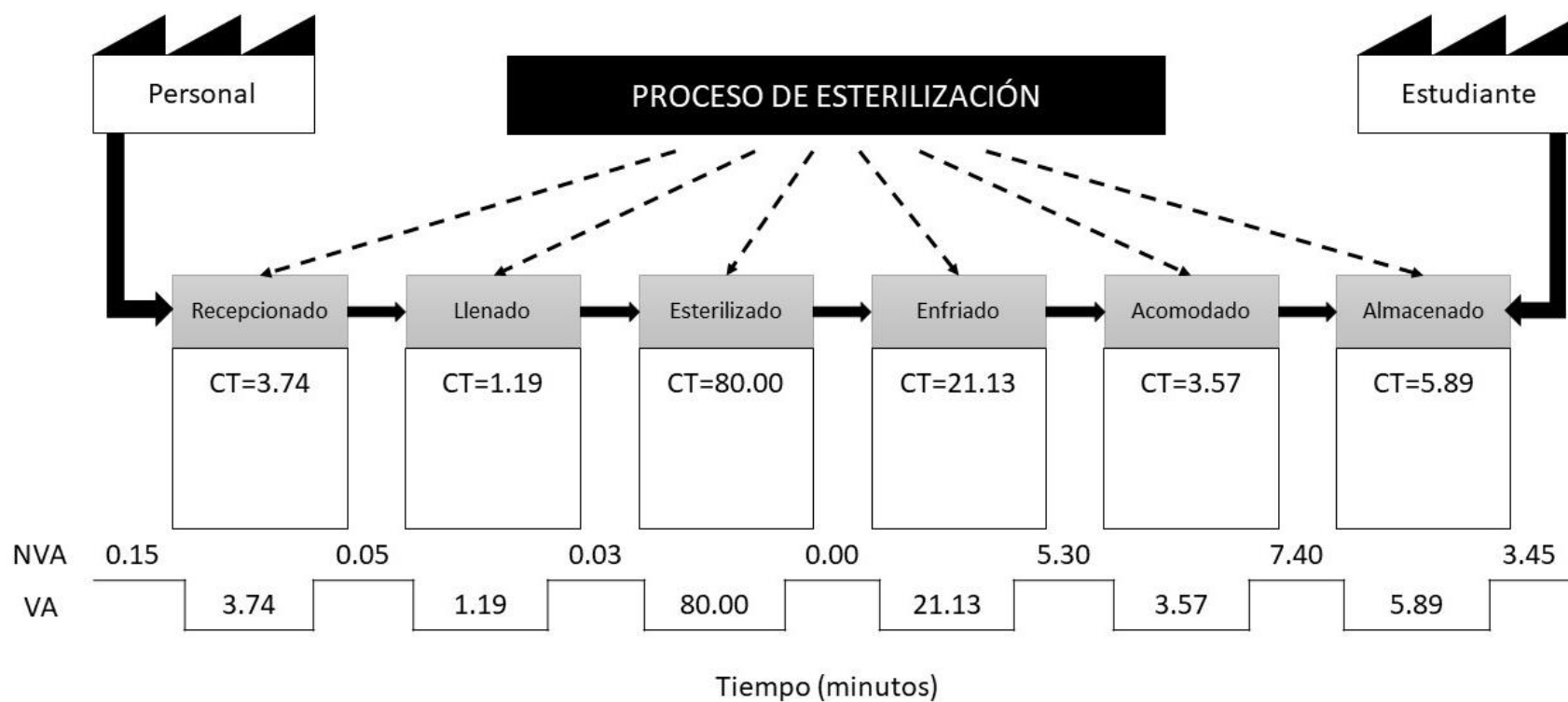
#### 5.8.4 *Value Stream Mapping (VSM) Propuesto*

El VSM propuesto refleja el impacto de las mejoras implementadas, mostrando tiempos significativamente reducidos en las etapas críticas. En particular, el llenado del autoclave se optimiza a 1.19 minutos, eliminando los retrasos asociados con la falta de agua destilada. Esto evidencia cómo la propuesta seleccionada contribuye a un flujo de trabajo más eficiente y alineado con los objetivos de la investigación



**Figura 24**

*Value Stream Mapping (Propuesto)*



*Nota.* Elaborado en Visio. Esta tabla permite visualizar las etapas optimizadas del proceso de esterilización, identificando claramente las mejoras en tiempos y flujos de trabajo. La mejora se refleja en el proceso de llenado ya que, en la figura 10, el tiempo de llenado fue de 18.13 mientras que, en la figura 24, el tiempo es de 1.19 lo que representa una mejora del 93.44%.

### 5.8.5 *Análisis Costo-Beneficio Social (ACBS)*

Dado que el servicio de esterilización ofrecido por el Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María no genera ingresos económicos directos, se hace necesario evaluar su rentabilidad y sostenibilidad desde un enfoque social. Para ello, se aplicó el Análisis Costo-Beneficio Social (ACBS), el cual permite identificar y valorar los beneficios no monetarios que genera el proyecto en contraste con sus costos operativos e inversión inicial.

#### 5.8.5.1 *Identificación de Beneficios Sociales*

Los beneficios sociales derivados de la implementación del nuevo sistema de destilación de agua no son económicos en sentido estricto, pero impactan directamente en la salud pública, la calidad educativa, la seguridad del paciente y la sostenibilidad del servicio. A continuación, se resumen los principales beneficios identificados:

**Tabla 24**

*Beneficios sociales de la propuesta de mejora*

<b>Categoría</b>	<b>Beneficio Social</b>
Seguridad sanitaria	Reducción del riesgo de infecciones cruzadas
Formación profesional	Mayor disponibilidad de instrumentos para estudiantes
Eficiencia educativa	Reducción del tiempo de espera para prácticas clínicas
Satisfacción institucional	Mejora en la calidad percibida por docentes y pacientes
Imagen institucional	Cumplimiento de normas de bioseguridad, fortalecimiento del prestigio institucional
Reducción de carga operativa	Menor estrés y mejor ergonomía para el personal de esterilización

*Nota.* Esta tabla permite evidenciar que, a pesar de no generar ingresos, el servicio de

esterilización proporciona múltiples beneficios a nivel institucional, formativo y sanitario.

### 5.8.5.2 *Cuantificación de los Beneficios Sociales*

A fin de sustentar con mayor objetividad el impacto del proyecto, se identificaron indicadores clave que permiten medir el efecto de la propuesta:

**Tabla 25**

*Cuantificación de beneficios sociales esperados*

<b>Beneficio</b>	<b>Tipo de Medición</b>	<b>Valor Estimado</b>
Reducción de tiempo de entrega	Cuantitativo	12.42%
N° de estudiantes beneficiados	Cuantitativo	400 por semestre
Aumento de ciclos de esterilización por día	Cuantitativo	de 3 a 4 cargas por día
Reducción de tiempo de llenado de autoclave	Cuantitativo	18.22 min → 1.19 min

*Nota.* Estos valores reflejan mejoras significativas en la productividad, eficiencia y seguridad del proceso. Algunos indicadores fueron calculados a partir de los datos obtenidos en el estudio de tiempos y entrevistas con el personal.

### 5.8.5.3 *Comparación con los Costos del Proyecto*

Para realizar el análisis comparativo, se presentan los costos directos asociados a la implementación y operación de la propuesta seleccionada, considerando un horizonte de tres años.

**Tabla 26**

*Costos estimados del proyecto*

<b>Tipo de Costo</b>	<b>Valor estimado (S/)</b>	<b>Comentario</b>
CAPEX	S/ 2,614.47	Compra e instalación del destilador
OPEX anual	S/ 4,158.36	Energía, agua y mantenimiento
Total a 3 años	S/ 15,089.55	Costo total estimado a 3 años de operación

*Nota.* Esta tabla integra los costos fijos y operativos del proyecto, permitiendo evaluar su viabilidad desde una perspectiva de valor social generado por unidad monetaria invertida.

#### 5.8.5.4 *Conclusión del Análisis Costo-Beneficio Social*

Si bien el servicio de esterilización no genera ingresos directos, los beneficios sociales derivados de la propuesta de mejora justifican ampliamente la inversión. La optimización del proceso permitirá reducir el tiempo de espera de los estudiantes, incrementar la productividad del centro y elevar los estándares de bioseguridad, beneficiando a más de 400 estudiantes semestrales y a una amplia comunidad de pacientes. En este sentido, la generación de valor público y social es evidente, y la implementación de la propuesta se alinea con los principios de eficiencia, calidad y responsabilidad institucional.

## 5.9 **Propuestas complementarias**

### 5.9.1 *Propuesta de Estandarización de Proceso*

Esta propuesta tiene como objetivo realizar una estandarización completa de los procedimientos de esterilización y asignar todas las actividades directamente al personal del Centro Odontológico. Esto permitirá un control más riguroso del proceso y eliminará

la dependencia de los estudiantes para realizar actividades cruciales en la esterilización, garantizando consistencia y calidad en cada etapa. Con una estandarización bien definida, se espera reducir significativamente las variabilidades en tiempos de esterilización.

Esto se debe a que la variabilidad observada en el tiempo de embolsado (57.04%) y sellado (114.36%) resalta la necesidad de estandarizar estas actividades. Esta propuesta reducirá las fluctuaciones y garantizará una ejecución más eficiente del proceso

#### 5.9.1.1 *Diseño de Protocolos de Estandarización*

Para lograr una estandarización efectiva, se desarrollarán y documentarán protocolos claros para cada etapa del proceso de esterilización. Cada protocolo detallará las tareas específicas, los tiempos y los métodos recomendados para asegurar una esterilización efectiva. Todas las etapas estarán incluidas en a la estandarización, especialmente aquellas etapas que actualmente son realizadas por los estudiantes.

Para estandarizar los procesos, se requiere de la asesoría de un consultor externo que trabajara con el personal del centro odontológico para diseñar un manual con los protocolos del proceso de estandarización. Además, considerando que, con esta propuesta, el personal estará a cargo de todo el proceso, se necesitaría contratar un personal adicional ya que actualmente solo hay una persona en el área de esterilización.

##### a) Características del consultor externo

- Título en áreas como bioseguridad, control de calidad, odontología, ingeniería industrial, o carreras afines.
- Especialización en procesos de esterilización o en gestión de calidad sanitaria (deseable).
- Experiencia mínima de 3 a 5 años en procesos en entornos clínicos, odontológicos

o hospitalarios.

- Experiencia previa en estandarización de procesos o elaboración de protocolos en el sector salud.
  - Conocimiento en la operación y mantenimiento de equipos de esterilización (autoclaves, destiladoras, entre otros).
  - Dominio en normativas y estándares:
  - Conocimiento actualizado de normas nacionales e internacionales de bioseguridad, como las del Ministerio de Salud (MINSA), Organización Mundial de la Salud (OMS) o estándares ISO aplicables (por ejemplo, ISO 13485 para dispositivos médicos).
- b) Plan de Capacitación del Personal en los Procedimientos Estandarizados

Una capacitación exhaustiva será necesaria para que el personal del Centro Odontológico maneje cada etapa del proceso de manera uniforme y eficiente. La capacitación del personal estará a cargo del consultor externo.

El programa de capacitación se dividirá en 5 sesiones, las primeras 4 sesiones tendrán una duración de 4 horas por sesión y la última sesión tendrá una duración de 8 horas.

### ***1. Previo: Preparación de Materiales***

- Manuales impresos y digitales de los protocolos estandarizados.
- Videos demostrativos.
- Cronómetros y hojas de registro de tiempos.

### ***2. Sesión 1: Introducción a los Protocolos Estandarizados***

Duración: 4 horas

Contenido:

- Importancia de la bioseguridad en el proceso de esterilización.
- Introducción a los estándares nacionales e internacionales (MINSA, OMS, ISO 13485).
- Revisión general de los protocolos estandarizados diseñados para el Centro Odontológico.
- Responsabilidades del personal en cada etapa del proceso.

Metodología: Exposición teórica interactiva con materiales audiovisuales y manuales de protocolos.

Evaluación: Preguntas orales al final de la sesión para evaluar comprensión general.

### **3. Sesión 2: Métodos de Limpieza y Desinfección**

Duración: 4 horas

Contenido:

- Uso correcto de detergentes y desinfectantes.
- Técnicas de limpieza y secado específicas para diferentes tipos de instrumentos odontológicos.
- Identificación de instrumentos y manejo adecuado.

Metodología:

- Demostración práctica con ejemplos reales.
- Simulaciones guiadas por el consultor externo.

Evaluación: Práctica supervisada: cada participante limpiará y desinfectará un set de instrumentos siguiendo los protocolos establecidos.

#### **4. Sesión 3: Embolsado y Control de Calidad**

Duración: 4 horas

Contenido:

- Procedimientos para el manejo de bolsas de esterilización.
- Manejo y explicación de la selladora.
- Verificación de la integridad de las bolsas y sellos para prevenir contaminaciones.

Metodología:

- Demostraciones prácticas del consultor.
- Simulaciones de control de calidad en instrumentos embolsados.

Evaluación: Práctica guiada: embolsado y sellado correcto de diferentes tipos de instrumentos.

#### **5. Sesión 4: Gestión de Tiempos y Control del Proceso**

Duración: 4 horas

Contenido:

- Uso de cronómetros y hojas de control para gestionar tiempos de esterilización.
- Identificación de puntos críticos y manejo de contingencias.
- Revisión de indicadores clave de desempeño (KPI) para evaluar el éxito del proceso.

Metodología:

- Ejercicios prácticos con el manejo del cronometraje y registro de datos.
- Simulaciones completas de un ciclo de esterilización.

Evaluación: Registro correcto de tiempos y controles en hojas de seguimiento.

#### **6. Sesión 5: Evaluación Final y Retroalimentación**

Duración: 8 horas (4 horas por persona) (sesión personalizada)

Contenido:

- Evaluación integral: cada participante ejecutará un ciclo completo del proceso de esterilización.
- Revisión de errores comunes y mejores prácticas.
- Retroalimentación individualizada por parte del consultor.

Metodología:

- Evaluación práctica supervisada.
- Sesión de retroalimentación grupal.

Evaluación: Puntaje basado en un checklist de cumplimiento de los protocolos.

#### **5.9.1.2 Evaluación del Impacto en el Proceso**

La implementación de esta propuesta de estandarización del proceso de esterilización tendrá un impacto positivo y directo en varios aspectos clave del servicio, incluyendo los tiempos de entrega, la calidad y la consistencia del proceso. Con procedimientos uniformes y asignados exclusivamente al personal capacitado del centro odontológico, se prevé una mejora integral en la operación, generando los siguientes beneficios:

- Reducción de los Tiempos de Entrega

La eliminación de variabilidades en cada etapa del proceso de esterilización permitirá al personal realizar las tareas de forma continua y sin interrupciones, lo cual se traducirá en una reducción de los tiempos de procesamiento de instrumentos. Se

estima que la estandarización reducirá el tiempo total del ciclo de esterilización en un 15-20%, mejorando significativamente la disponibilidad de instrumentos esterilizados para los procedimientos odontológicos.

- **Aumento de la Calidad y Consistencia en el Servicio**

Al implementar protocolos definidos para cada etapa, el proceso de esterilización será más controlado y sistemático, reduciendo el margen de error y garantizando la consistencia en cada ciclo de esterilización. Esto no solo mejorará la calidad del servicio, sino que también asegurará que cada instrumento esté adecuadamente esterilizado antes de su uso, cumpliendo con los estándares de higiene y seguridad requeridos en el centro.

- **Mejora de la Productividad del Personal**

Con la asignación de todas las tareas al personal del centro odontológico, se reducirá la dependencia de los estudiantes en actividades críticas, eliminando los retrasos e inconsistencias causadas por la falta de experiencia. Esto permitirá al personal optimizar su tiempo y dedicarse exclusivamente a los procedimientos de esterilización, aumentando la productividad y la eficiencia general del centro.

- **Optimización del Control y la Supervisión**

La estandarización facilita la implementación de un sistema de control y supervisión, permitiendo al centro odontológico realizar auditorías y revisiones periódicas del proceso. Este control continuo no solo garantiza el cumplimiento de los protocolos, sino que también permite detectar áreas de mejora y hacer ajustes oportunos en caso de desviaciones, manteniendo el proceso alineado con las exigencias de calidad.

- Fortalecimiento de la Reputación del Servicio

Al ofrecer un servicio de esterilización que cumple consistentemente con altos estándares de calidad y eficiencia, el centro odontológico fortalecerá su reputación entre los usuarios y la comunidad académica. La estandarización del proceso refuerza el compromiso del centro con la seguridad y la excelencia en la atención, incrementando la confianza de los pacientes y mejorando la imagen institucional.

### 5.9.1.3 *Plan de Implementación de la Estandarización*

El plan de implementación tiene como objetivo asegurar una transición efectiva hacia el nuevo proceso estandarizado, asignando tareas al personal capacitado y asegurando que los protocolos sean cumplidos con precisión, consistencia y calidad.

#### **1. *Etapa Inicial: Diseño y Documentación de Protocolos***

##### **Actividades:**

- Contratar a un consultor externo con las características especificadas.
- Analizar el proceso actual de esterilización para identificar puntos críticos y áreas de mejora.
- Diseñar protocolos claros y detallados para cada etapa del proceso, incluyendo limpieza, embolsado, esterilización, enfriado y almacenamiento.
- Elaborar un manual de protocolos en formatos impreso y digital, con diagramas de flujo, tiempos estándar y mejores prácticas.

**Tiempo estimado:** 20 días hábiles.

**Responsables:** Consultor externo en colaboración con el personal del Centro Odontológico.

#### **2. *Etapa de Preparación***

**Actividades:**

- Adquirir los materiales necesarios para la capacitación y la implementación, incluyendo manuales impresos, cronómetros y hojas de registro.
- Coordinar horarios para las sesiones de capacitación del personal.

**Tiempo estimado:** 5 días hábiles.

**Responsables:** Personal administrativo del Centro Odontológico y consultor externo.

**3. Etapa de Capacitación****Actividades:**

- Ejecutar el programa de capacitación dividido en cinco sesiones (detallado en el punto 5.3.1.3).
- Garantizar la participación del 100% del personal de esterilización.
- Realizar evaluaciones prácticas y retroalimentaciones personalizadas para asegurar la comprensión de los protocolos.

**Tiempo estimado:** 5 sesiones distribuidas en dos semanas.

**Responsables:** Consultor externo, con apoyo del personal directivo del Centro Odontológico.

**4. Etapa de Pruebas Piloto****Actividades:**

- Implementar los protocolos estandarizados en un entorno controlado durante un período de prueba de 15 días.
- Monitorear los tiempos de cada etapa, la calidad de la esterilización y la adherencia a los nuevos estándares.
- Recopilar retroalimentación del personal y realizar ajustes en los protocolos

según sea necesario.

**Tiempo estimado:** 15 días.

**Responsables:** Consultor externo, personal del área de esterilización y supervisores.

## 5. *Etapa de Implementación Permanente*

**Actividades:**

- Aplicar los protocolos ajustados de forma permanente en todas las operaciones de esterilización.
- Asegurar la supervisión constante para garantizar el cumplimiento de los estándares.
- Registrar métricas clave (KPI) como tiempos promedio de esterilización, tasas de error y cumplimiento de los protocolos.

**Tiempo estimado:** Inicio inmediato tras la fase piloto.

**Responsables:** Personal del área de esterilización, bajo la supervisión de la dirección del Centro Odontológico.

## 6. *Etapa de Monitoreo*

**Actividades:**

- Realizar auditorías bimestrales para verificar la adherencia a los protocolos.
- Implementar un sistema de registro de tiempos y calidad para cada ciclo de esterilización.

**Tiempo estimado:** Actividad continua con auditorías bimestrales.

**Responsables:** Dirección del Centro Odontológico y personal capacitado.

#### 5.9.1.4 *Protocolo estandarizado del proceso de esterelización*

##### 5.9.1.4.1 *Objetivo*

Establecer directrices claras y estandarizadas para la correcta ejecución del proceso de esterilización de instrumentos odontológicos reutilizables, garantizando la eliminación total de microorganismos, conforme a las normativas nacionales e internacionales de bioseguridad y control de infecciones.

##### 5.9.1.4.2 *Alcance*

Este protocolo es de aplicación obligatoria para todo el personal del Área de Esterilización del Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María. Comprende desde la recepción de los instrumentos contaminados hasta su almacenamiento post-esterilización, asegurando la trazabilidad y calidad del proceso.

##### 5.9.1.4.3 *Base legal y normativa*

Estas normativas establecen los parámetros de seguridad, calidad y control para procesos de esterilización en servicios de salud y odontología.

- Norma Técnica de Salud para la Esterilización de Material y Equipos Médicos (NTS N° 096-MINSA/DGSP-V.01, Perú).
- Ley N° 26842 - Ley General de Salud (Perú).
- ISO 17665-1:2006: Esterilización de productos sanitarios - Aplicación de vapor de agua.
- ISO 13485:2016: Sistemas de gestión de calidad para dispositivos médicos.
- CDC Guidelines (Centers for Disease Control and Prevention, 2016): Guidelines for Infection Control in Dental Health-Care Settings.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, 2019): Manual de Bioseguridad en

Laboratorios.

#### 5.9.1.4.4 *Definiciones*

- Esterilización: Proceso validado que utiliza agentes físicos (como vapor a presión) o químicos para destruir toda forma de vida microbiana en superficies inertes. La esterilización por vapor es la más recomendada por la OMS para instrumentos médicos.
- Descontaminación: Primera fase del tratamiento de un instrumento usado, que reduce la carga microbiana mediante limpieza manual o mecánica.
- Trazabilidad: Registro documentado que permite rastrear cada lote de instrumentos esterilizados.

#### 5.9.1.4.5 *Responsabilidades*

- Personal Operativo: Cumplimiento estricto del protocolo en cada una de las etapas.
- Supervisor del Área: Control y verificación de registros, mantenimiento de equipos, y aplicación de controles de calidad.
- Mantenimiento: Garantizar el correcto funcionamiento de las autoclaves y destiladoras.

#### 5.9.1.4.6 *Descripción del procedimiento estandarizado*

Cada etapa responde a principios de bioseguridad, eficiencia operativa y cumplimiento normativo:

##### A. Recepción y Clasificación de Instrumentos

Descripción: Recepción de instrumentos contaminados en contenedores.

Parámetros:

- Uso de EPP: guantes, mascarilla N95, mandil impermeable.
- Registro en formato R-EST-001.

Normativa: Según la NTS N° 096-MINSA, todo material debe ser transportado en condiciones seguras evitando exposición directa.

#### B. Lavado y Descontaminación

Descripción: Eliminación de residuos orgánicos mediante detergentes enzimáticos a temperatura controlada (20-25°C).

Método: Manual y/o ultrasonido.

Tiempo estándar: 10 minutos por lote.

Justificación: La norma ISO 15883 recomienda la limpieza previa como fase crítica, ya que la materia orgánica puede impedir una esterilización efectiva.

#### C. Secado

Descripción: Eliminación completa de humedad para evitar fallos en la esterilización.

Método: Aire comprimido o paño estéril.

Tiempo estándar: 5 minutos.

Importancia: La humedad residual puede generar corrosión o impedir la penetración del vapor.

#### D. Embolsado y Sellado

Descripción: Empaque en bolsas especiales con indicadores químicos Clase 4 (ISO 11140-1).

Parámetros:

Máximo 1 kg por bolsa.

Sellado térmico a 170°C.

Normativa: Cumplimiento de las directrices del MINSA y normas ISO para empaques de esterilización.

#### E. Carga y Llenado del Autoclave

Descripción: Carga equilibrada para permitir la circulación del vapor. Uso exclusivo de agua destilada (destiladora LWD-20, capacidad 20 L/día).

Tiempo de llenado: 1.2 minutos.

Normativa: ISO 17665 exige que las autoclaves operen con agua destilada para evitar residuos minerales.

#### F. Ciclo de Esterilización

Parámetros estándar:

Temperatura: 134°C.

Presión: 2 bar.

Tiempo de exposición: 30 minutos.

Tiempo total de ciclo: 80 minutos.

Justificación: Según la CDC (2016), este es el protocolo recomendado para instrumentos críticos reutilizables.

#### G. Enfriado

Descripción: Espera pasiva hasta alcanzar <40°C.

Tiempo estándar: 22 minutos.

Prohibición: No abrir la autoclave antes de finalizar el enfriamiento, conforme a manuales de seguridad del equipo.

#### H. Control de Calidad

Aplicación de Indicadores Químicos en cada ciclo.

Uso de Indicadores Biológicos semanalmente.

Registro obligatorio en formato R-EST-002.

I. Acomodado y Almacenamiento

Descripción: Ordenar en bandejas limpias, evitando contacto directo con superficies contaminadas.

Condiciones: Ambiente seco, temperatura ambiente (20-25°C), ventilado.

Registro: Control de stock mediante código QR o manual.

5.9.1.4.7 *Tiempo estandar por ciclo*

<b>Etapa</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>
Recepción	4
Lavado	10
Secado	5
Embolsado	6
Sellado	3
Llenado	1.2
Esterilización	80
Enfriado	22
Acomodado	4
Almacenado	6.5
<b>Total</b>	<b>141.7 min/ciclo</b>

5.9.1.5 *Evaluación Económica de la Propuesta*

a) Costos Capex (Capital Expenditure)

- Consultor Externo

Su experiencia garantiza el diseño de protocolos eficaces y ajustados a normativas internacionales. Su labor incluye análisis del proceso actual, diseño de protocolos

detallados y elaboración de manuales en formatos digitales e impresos.

- Materiales de Capacitación

Los manuales y videos son esenciales para que la capacitación sea efectiva y permita una correcta aplicación de los protocolos.

**Tabla 27**

Costos CAPEX – Propuesta de Estandarización

Concepto	Costo (PEN)
Contratación del consultor externo	S/ 10,000.00
Materiales para la capacitación	S/ 300.00
<b>Total CAPEX</b>	<b>S/ 11,430.00</b>

*Nota.* Esta tabla resume los costos de inversión en activos fijos, necesarios para implementar la propuesta. Proporciona una base clara para evaluar la viabilidad económica inicial y justificar el presupuesto requerido.

b) Costos operativos (OPEX)

Esta tabla detalla los costos recurrentes asociados con la operación del sistema propuesto, incluyendo la supervisión mediante auditorías y la contratación de un personal adicional, cuya función es ser personal adicional en el area de trabajo.

**Tabla 28**

Costos Operativos - Propuesta de Estandarización

Concepto	Costo (PEN)
Auditoria y monitoreo	S/ 350.00
Sueldo de personal adicional	S/. 1,130.00
<b>Total OPEX</b>	<b>S/ 1,480.00</b>

*Nota.* Esta tabla detalla los costos recurrentes asociados con la operación del sistema propuesto, como mantenimiento y consumo de recursos

c) Valor Actual de Costos (VAC)

En la ecuación 4, se reemplazó en la fórmula considerando un periodo de 3 años, una tasa de descuento del 5%, y los costos CAPEX y OPEX,

$$VAC = 10,430 + \frac{1,480}{1.05^1} + \frac{1,480}{1.05^2} + \frac{1,480}{1.05^3}$$
$$VAC = 15,657.15 \text{ soles}$$

### 5.9.2 Propuesta de implementación de nueva autoclave

En el Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María, el proceso de esterilización depende de una máquina con una capacidad de 70 kg, que utiliza 5 litros de agua por operación. Aunque esta máquina es adecuada para el volumen actual, presenta limitaciones en cuanto a eficiencia de recursos y tiempos de ciclo. Su capacidad y consumo de agua afectan la sostenibilidad del proceso y la disponibilidad oportuna de instrumentos esterilizados.

Esta propuesta busca mejorar la eficiencia del proceso de esterilización mediante la implementación de la autoclave Tuttnauer 3870EA. Este modelo de tecnología avanzada optimiza los tiempos de operación y reduce el consumo de recursos.

#### 5.9.2.1 Selección de la Máquina de Esterilización Moderna

El modelo Tuttnauer 3870EA es un autoclave de mesa de gran capacidad, diseñado específicamente para centros de salud que requieren procesos de esterilización rápidos y eficientes. Este equipo cumple con los requisitos de capacidad y eficiencia necesarios en el centro odontológico, con las siguientes especificaciones:

- Material de Fabricación: Acero inoxidable resistente a la corrosión, ideal para

entornos clínicos que requieren alta durabilidad.

- Capacidad de Esterilización: 85 kg, lo que representa un incremento significativo respecto a la capacidad actual, permitiendo esterilizar un mayor volumen de instrumentos en cada ciclo.
- Consumo de Agua: Gracias a su sistema de gestión de recursos, el Tuttnauer 3870EA utiliza solo 3.5 litros de agua por operación, lo que supone una reducción del 30% respecto a la máquina actual.
- Tiempo de Ciclo: Este modelo ofrece tiempos de ciclo de 90 minutos, mejorando el tiempo de respuesta del proceso de esterilización.
- Sistema de Control: Equipado con un sistema de monitoreo digital, permite configurar y monitorear cada ciclo con precisión, asegurando la eliminación efectiva de microorganismos.

### Figura 25

*Autoclave Tuttnauer 3870EA*



*Nota.* Tomado de Tuttnauer (2024) (véase Anexo 8)

### 5.9.2.2 *Ventajas del Tuttnauer 3870EA*

#### 5.9.2.2.1 *Capacidad y Tamaño*

El modelo Tuttnauer 3870EA destaca por su capacidad ampliada, ideal para manejar grandes volúmenes de instrumentos en cada ciclo. Esto permite optimizar el flujo de trabajo al reducir la frecuencia de carga y descarga, disminuyendo los tiempos de espera entre procesos.

#### 5.9.2.2.2 *Tecnología Avanzada*

Este modelo incluye sistemas automatizados que aseguran ciclos consistentes y seguros. Entre sus características principales se encuentran:

- **Control digital:** Pantalla LCD que permite monitorear y programar diferentes ciclos de esterilización.
- **Sistema de seguridad:** Incluye alarmas que notifican cualquier anomalía durante el ciclo, garantizando la seguridad de los instrumentos y del personal.
- **Eficiencia energética:** Diseñado para minimizar el consumo de energía y agua destilada por ciclo.

#### 5.9.2.2.3 *Cumplimiento de Normativas*

El equipo cumple con los estándares internacionales establecidos para procesos de esterilización en entornos médicos y odontológicos, como las normativas ISO 13485 e ISO 17665. Esto asegura que los procedimientos realizados con el Tuttnauer 3870EA sean seguros y efectivos, previniendo infecciones cruzadas.

#### 5.9.2.2.4 *Mantenimiento y Durabilidad*

Su diseño ergonómico y materiales de alta calidad, como acero inoxidable,

facilitan su mantenimiento y garantizan una larga vida útil. Además, cuenta con soporte técnico disponible en el país, lo que reduce los tiempos de inactividad en caso de reparaciones.

### 5.9.2.3 *Criterios de la Elección de la Máquina*

#### 5.9.2.3.1 *Análisis Comparativo*

Se realizó una comparación entre diferentes modelos disponibles en el mercado considerando criterios como:

- Capacidad operativa: El Tuttnauer 3870EA supera a otros modelos al ofrecer un volumen mayor para cargas masivas.
- Costo-beneficio: A pesar de su inversión inicial, su eficiencia operativa reduce los costos a largo plazo.
- Tecnología: Su automatización y funciones avanzadas garantizan mayor confiabilidad.

#### 5.9.2.3.2 *Viabilidad Técnica y Económica*

El modelo cumple con los requisitos específicos del Centro Odontológico, asegurando un retorno de inversión debido a:

- Reducción de tiempos de ciclo: Mejora la disponibilidad de instrumentos para los procedimientos.
- Consumo eficiente: Optimiza el uso de insumos como agua destilada y energía.

#### 5.9.2.3.3 *Retroalimentación del Personal*

La decisión fue apoyada por el personal del Centro Odontológico, quienes destacaron su facilidad de uso y las ventajas técnicas frente a los equipos actuales.

#### 5.9.2.4 *Impacto de la Implementación en el Proceso de Esterilización*

La implementación del Tuttnauer 3870EA traerá beneficios específicos al flujo de trabajo del Centro Odontológico:

- Reducción de Tiempos de Espera: Con un tiempo de ciclo optimizado, se reduce el tiempo de espera para la disponibilidad de instrumentos esterilizados.
- Optimización del Uso de Recursos: El sistema de bajo consumo de agua y energía permite una operación más económica y ambientalmente responsable.
- Aumento de Capacidad Operativa: Con una capacidad de 85 kg, la máquina es ideal para atender la demanda en picos de trabajo, mejorando la disponibilidad de instrumentos esterilizados en momentos críticos.

#### 5.9.2.5 *Plan de Instalación y Capacitación*

Para asegurar una implementación adecuada del nuevo equipo, se propone el siguiente plan:

- Evaluación del Espacio Disponible: La nueva máquina ocupará el lugar del equipo actual, manteniendo la conexión con el sistema de agua y energía sin cambios significativos.
- Instalación del Equipo: Se coordinará la instalación con técnicos certificados, quienes realizarán las pruebas iniciales para asegurar que el equipo funcione correctamente.
- Capacitación del Personal: Se ofrecerá capacitación específica para el personal encargado de su operación, con enfoque en el uso del sistema digital y el mantenimiento básico.

### 5.9.2.6 Evaluación Económica de la Propuesta

#### 5.9.2.6.1 Costos Capex (Capital Expenditure)

Los costos de capital comprenden la inversión inicial necesaria para la adquisición, instalación y capacitación del personal para el uso del nuevo equipo.

**Tabla 29**

*Costos CAPEX – Propuesta de Implementación de autoclave*

Concepto	Costo (PEN)
Adquisición de la Tuttnauer 3870EA	S/ 61,068.91
Instalación y pruebas	S/ 1,200.00
Capacitación del personal	S/ 800.00
<b>Total CAPEX</b>	<b>S/ 63,068.91</b>

*Nota.* Elaboración Propia. El costo del equipo es USD 15,995 y la tasa de conversión es de 3.818. Esta tabla resume los costos de inversión en activos fijos, necesarios para implementar la propuesta. Proporciona una base clara para evaluar la viabilidad económica inicial y justificar el presupuesto requerido.

#### 5.9.2.6.2 Costos operativos (OPEX)

Los costos operativos incluyen el mantenimiento anual del equipo y los gastos mensuales de agua y energía, basados en un uso de cuatro ciclos diarios de lunes a viernes (20 días al mes).

##### a) Consumo de Energía

- Consumo por operación: 6 kW (basado en las especificaciones del Tuttnauer 3870EA).
- Ciclos diarios: 4

- Consumo diario: 24 kWh
- Consumo mensual (20 días):  $24 \text{ kWh} \times 20 \text{ días} = 480 \text{ kWh}$

Asumiendo las tarifas energéticas de la Subestación Base Lima a partir del 4 de febrero de 2024:

- Horas punta: 0.2854 S/ por kWh (2 ciclos diarios)
- Horas fuera de punta: 0.2379 S/ por kWh (2 ciclos diarios)

**Costo de energía en horas punta:**

- Energía en horas punta al mes = 240 kWh
- Costo en horas punta =  $240 \text{ kWh} \times 0.2854 \text{ S/} = 68.50 \text{ S/}$

**Costo de energía en horas fuera de punta:**

- Energía en horas fuera de punta al mes = 240 kWh
- Costo en horas fuera de punta =  $240 \text{ kWh} \times 0.2379 \text{ S/} = 57.10 \text{ S/}$

**Total costo mensual de energía:**  $68.50 \text{ S/} + 57.10 \text{ S/} = 125.60 \text{ S/}$

b) Consumo de Agua

- Consumo de agua por operación: 3.5 litros
- Ciclos diarios: 4
- Consumo diario: 14 litros
- Consumo mensual (20 días):  $14 \text{ litros} \times 20 \text{ días} = 280 \text{ litros} (0.28 \text{ m}^3)$

Usando la tarifa de agua de Arequipa, que es 2.20 S/ por m<sup>3</sup>:

- Costo mensual de agua:  $0.28 \text{ m}^3 \times 2.20 \text{ S/} = 0.62 \text{ S/}$

c) Mantenimiento Preventivo Anual

El mantenimiento preventivo anual está estimado en S/ 600.00, lo cual representa un gasto mensual de:

**Mantenimiento preventivo mensual:** S/ 600.00 ÷ 12 = 50.00 S/

**Tabla 30**

*Costos Operativos – Propuesta de Implementación de autoclave*

Concepto	Costo (PEN)
Energía	S/ 125.60
Agua	S/ 0.62
Mantenimiento	S/ 50.00
<b>Total OPEX</b>	<b>S/ 176.22</b>

*Nota.* Elaboración Propia. Esta tabla detalla los costos recurrentes asociados con la operación del sistema propuesto, como mantenimiento y consumo de recursos

#### 5.9.2.6.3 Valor Actual de Costos (VAC)

En la ecuación 4, se reemplazó en la fórmula considerando un periodo de 5 años, una tasa de descuento del 5%, y los costos CAPEX y OPEX,

$$VAC = 63,068.91 + \frac{2,114.64}{1.05^1} + \frac{2,114.64}{1.05^2} + \frac{2,114.64}{1.05^3}$$

$$VAC = 68,831.6 \text{ soles}$$

### CONCLUSIONES

#### PRIMERO

Se desarrolló una propuesta de mejora del proceso de esterilización de instrumentos odontológicos en el Centro Odontológico de la Universidad Católica de Santa María, la cual permitió reducir los tiempos de entrega en un 12.42%. Esta propuesta incluyó la instalación de una máquina destiladora de agua como solución prioritaria, lo que eliminó la dependencia del personal de mantenimiento y redujo significativamente los tiempos improductivos en la etapa de llenado de la autoclave. Adicionalmente, incorporó medidas complementarias como la redistribución del flujo

de trabajo, optimizando el uso de recursos y asegurando una mayor eficiencia operativa. Estas acciones no solo beneficiaron a los estudiantes y personal del centro, sino que también reforzaron la capacidad del Centro Odontológico para atender a sus usuarios con estándares más altos de calidad.

## **SEGUNDO**

Se analizó los cuellos de botella identificados en el diagnóstico del proceso de esterilización, determinándose que las principales causas de ineficiencia estaban relacionadas con el suministro de agua destilada, la variabilidad en los tiempos de las actividades realizadas por estudiantes y la limitada capacidad de los equipos actuales. La dependencia del personal de mantenimiento para obtener agua destilada generaba retrasos de al menos 18.22 minutos por ciclo en el llenado de la autoclave. Asimismo, la falta de estandarización en actividades como el embolsado y sellado, realizadas por estudiantes con diferentes niveles de experiencia, incrementaba la variabilidad en los tiempos. Por último, la capacidad limitada de los equipos disponibles no permitía procesar grandes volúmenes de instrumentos de manera eficiente, lo que representaba una barrera para la optimización del flujo de trabajo

## **TERCERO**

Se determinó las herramientas más adecuadas para abordar las deficiencias del proceso de esterilización, destacándose la instalación de una máquina destiladora de agua como solución prioritaria y técnicamente viable. La herramienta más adecuada para mejorar el proceso de esterilización fue la instalación de una máquina destiladora de agua modelo LWD-20. Esta solución eliminó la dependencia del personal de mantenimiento, aseguró un suministro continuo de agua destilada y optimizó el flujo de trabajo. Adicionalmente, se recomendó la redistribución del espacio y la estandarización de procedimientos para garantizar una mayor consistencia en las

operaciones y reducir la variabilidad en las actividades realizadas por los estudiantes.

#### **CUARTO**

Se evaluó la viabilidad económica de la propuesta de mejora. El análisis del Valor Actual de Costos (VAC) confirmó la viabilidad económica de la propuesta seleccionada. Con un VAC de S/ 13,938.72 en un horizonte de tres años, la inversión inicial y los costos operativos asociados resultaron sostenibles en comparación con otras alternativas analizadas. Aunque el servicio de esterilización no genera ingresos directos, los beneficios tangibles e intangibles, como la reducción de tiempos y la mejora en la calidad del servicio, justifican plenamente la implementación de esta solución.

### **RECOMENDACIONES**

#### **PRIMERO**

Se recomienda implementar de manera prioritaria la propuesta seleccionada, que incluye la instalación de la máquina destiladora de agua, y complementar su ejecución con un monitoreo continuo del impacto en los tiempos de entrega. Este monitoreo debe realizarse mediante indicadores clave de desempeño (KPIs) como el tiempo promedio de ciclo total y la disponibilidad de instrumentos esterilizados, asegurando que las mejoras implementadas mantengan su efectividad a lo largo del tiempo.

#### **SEGUNDO**

Se recomienda priorizar la eliminación de los cuellos de botella más críticos, como la dependencia del personal de mantenimiento para el suministro de agua destilada, mediante la instalación de equipos autónomos como la máquina destiladora de agua. Además, es esencial optimizar el diseño del flujo de trabajo para reducir el impacto de la disposición física en los tiempos improductivos, particularmente en las etapas de acomodado y almacenado. Además, para que la mejora sea completa se debería estandarizar el proceso de esterilización (véase Anexo 8).

### **TERCCERO**

Se recomienda utilizar herramientas que combinen mejoras tecnológicas y organizativas, como la instalación de equipos eficientes y la estandarización de procedimientos críticos. Además, se debe establecer un programa de capacitación para el personal encargado, asegurando un manejo adecuado de las nuevas herramientas implementadas y fomentando la adopción de mejores prácticas en el proceso de esterilización.

### **CUARTO**

Se recomienda realizar un análisis financiero periódico para evaluar el retorno operativo de la inversión realizada, considerando los ahorros en tiempos improductivos y la optimización de recursos. Asimismo, es importante incorporar una estrategia de mantenimiento preventivo para minimizar costos adicionales asociados al desgaste de los equipos y asegurar su sostenibilidad a largo plazo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Actor Atlas. (n.d.). 8620 - *Actividades de médicos y odontólogos*. Retrieved August 15, 2024, from <http://www.actor-atlas.info/es2:8620>

Tuttnauer. (2024). *Tuttnauer Autoclave automática 3870EA: Industrial y Científico*.

Amazon. <https://www.amazon.com/-/es/3870EA-Tuttnauer-Autoclave-autom%C3%A1tica/dp/B009R52G56>

Anaya, J. (2007). *Logística integral : la gestión operativa de la empresa*.

[https://books.google.com/books/about/Log%C3%ADstica\\_integral.html?hl=es&id=a4Tq\\_7Pmc04C](https://books.google.com/books/about/Log%C3%ADstica_integral.html?hl=es&id=a4Tq_7Pmc04C)

- Andrade, A., Del Río, C., & Alvear, D. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Información Tecnológica*, 30(3), 83–94. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300083>
- Bateman, T., & Snell, S. (2009). Administración: Una ventaja competitiva. In *Book* (8th ed., Issue 1). : McGraw Hill.
- Bovaird, T., & Loeffler, E. (2015). *Public Management and Governance* (3rd ed., Issue November). Routledge. <https://www.routledge.com/Public-Management-and-Governance/Bovaird-Loeffler/p/book/9780415501866>
- Bustillos, W. (2021). Importancia de la Bioseguridad en Odontología, en tiempos de coronavirus. *Revista de Salud Publica Del Paraguay*, 11(1), 80–86. <https://doi.org/10.18004/RSPP.2021.JUNIO.80>
- Castellano, O. (2019). *Control de la calidad microbiológica del agua de unidades odontológicas en la ciudad de Quito*. Quito: UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18234>
- Chase, R., & Jacobs, Robert. (2014). Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros (R. Chase, Trans.). In *Nucl. Phys.* (Vol. 13, Issue 1). McGraw-Hill Interamericana.
- Christensen, C., Grossman, J., & Hwang, J. (2009). *The Innovator's Prescription: A Disruptive Solution for Health Care*. McGraw Hill Medical. <https://accessmedicine.mhmedical.com/book.aspx?bookid=2313>
- Claudio, B., & Villacis, M. (2015). *Estrategias para mejorar el proceso de esterilización del material quirúrgico evitando infecciones en las heridas de los pacientes que acuden al centro de salud La Mana*.

<https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/1029>

Coulter, M., & Robbins, S. (2017). *Management* (14th ed.). Pearson.

De Graaff, J., & Eijkman, M. (1997). Quality of the sterilization process in the dental practice. *Nederlands Tijdschrift Voor Tandheelkunde*, 104(9), 342–347.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11924423/>

Dentaltix. (2021, July 9). *Desinfección y esterilización en la clínica dental: todas las claves en la era COVID-19*. Blog Dentaltix. <https://www.dentaltix.com/es/blog/desinfeccion-y-esterilizacion-la-clinica-dental-todas-las-claves-la-era-covid-19>

Diego, J. (2015). *Análisis ergonómico global mediante el método LEST*.

[https://www.ergonautas.upv.es/metodos/lest/lest-ayuda.php?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ergonautas.upv.es/metodos/lest/lest-ayuda.php?utm_source=chatgpt.com)

DIGESA. (2018). *Residuos solidos hospitalarios normativa sanitaria*.

[http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/Residuos\\_Solidos\\_Hospitalarios\\_Normativa\\_COVID-19.asp](http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/Residuos_Solidos_Hospitalarios_Normativa_COVID-19.asp)

Ganga, F., Cassinelli, A., Piñones, M., & Quiroz, J. (2016). *ALCANCES TEÓRICOS AL CONCEPTO DE EFICIENCIA ORGANIZATIVA: UNA APROXIMACIÓN A LO UNIVERSITARIO*. 18, 75–97.

Guerreiro, S., & Sousa, P. (2020). A framework to semantify BPMN models using DEMO business transaction pattern. *ArXiv*, 1–22. <https://arxiv.org/abs/2012.09557v1>

Gutiérrez, Humberto., & Vara, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. McGraw-Hill Interamericana.

Hammer, M., & Champy, J. (1994). *Reengineering the corporation : a manifesto for business revolution* (HarperCollins, Ed.). HarperBusiness.

Harry, M., & Schroeder, Richard. (2000). *Six sigma : The breakthrough management*

- strategy revolutionizing the world's top corporations* (1st ed.). Currency  
Book/Doubleday.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2021). *Principios de administración de operaciones: Gestión de la sostenibilidad y de la cadena de suministro*. Pearson Educación.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Principios\\_de\\_administraci%C3%B3n\\_de\\_operaci/W77\\_zgEACAAJ?hl=es-419](https://www.google.com.pe/books/edition/Principios_de_administraci%C3%B3n_de_operaci/W77_zgEACAAJ?hl=es-419)
- Importadora Andina EIRL. (2024). *Destilador de Agua F/Baja Mod. HSZII-20K*.  
<https://andinaeirl.com/destilador-de-agua-f-baja-mod-hszii-20k-20l-h-kyntel/>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2003). *E-Lest: Evaluación de la carga física, mental, aspectos psicosociales y tiempos de trabajo* (1.0). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- Jentz, G., Miller, R., & Cross, F. (2008). *Business Law 11th (Eleventh)* (11th ed.). Pearson.  
<https://www.amazon.com/-/es/Cross/dp/B006KDJCHI>
- Joda, T., Bragger, U., & Gallucci, G. (2015). Systematic literature review of digital three-dimensional superimposition techniques to create virtual dental patients. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(2), 330–337.  
<https://doi.org/10.11607/JOMI.3852>
- Jones, D., & Womack, J. (2018). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa* (E. Atmetlla, Trans.). Gestión 2000.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Lean\\_Thinking/ZI9dDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Lean_Thinking/ZI9dDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Juárez, D., Recuerda, A., Rodríguez, A., & Sempere, F. (2012). *LA GESTIÓN DEL*

*TIEMPO COMO HABILIDAD DIRECTIVA.*

Kagermann, H., Helbig, J., Wahlster, W., & Hellinger, A. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0* - Google Books.

[https://www.google.com.pe/books/edition/Recommendations\\_for\\_Implementing\\_the\\_Str/AsfOoAEACAAJ?hl=es-419](https://www.google.com.pe/books/edition/Recommendations_for_Implementing_the_Str/AsfOoAEACAAJ?hl=es-419)

Kotler, P., & Armstrong, G. (2003). Fundamentos de marketing. In *Diciembre Periodico Julio* (Issue 55). Pearson Educación.

[https://books.google.com/books/about/Fundamentos\\_de\\_marketing.html?id=oZPb2aDJkHMC](https://books.google.com/books/about/Fundamentos_de_marketing.html?id=oZPb2aDJkHMC)

Kotler, P., Keller, K., & Chernev, A. (2022). *Marketing Management* (16th ed.). Pearson.

<https://www.amazon.com/-/es/Marketing-Management-16th-Philip-Kotler/dp/B0BSTYJCZQ>

Kräuter, T., Rutle, A., König, H., & Lamo, Y. (2023). A higher-order transformation approach to the formalization and analysis of BPMN using graph transformation systems. *Logical Methods in Computer Science*, 20(4). [https://doi.org/10.46298/lmcs-20\(4:4\)2024](https://doi.org/10.46298/lmcs-20(4:4)2024)

LABOAO. (2024). *Máquina de destilación de agua de acero inoxidable 20L*.

<https://es.laboao.com/products/water-distiller/20l-stainless-steel-water-distillation-machine>

Laboratorios Tecnología Biomedica. (2024). *Destilador de Agua*.

<https://biomedicaperu.com/product/destilador-de-agua-2/>

Lara, B. I., Saldierna, M. M., Rivas, L. G., & Rodríguez, C. A. (2020). Evaluación global de los puestos de trabajo de una empresa azucarera con método LEST. *TECTZAPIC*:

*Revista Académico-Científica, ISSN-e 2444-4944, Vol. 6, N° 2, 2020, Págs. 84-94, 6(2), 84-94.*

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8504960&info=resumen&idioma=ENGLISH>

Laudon, K., & Laudon, J. (2024). *Sistemas de información gerencial (ebook)* (15th ed.).

Pearson. <https://www.pearsoneducacion.net/peru/Inicio/sistemas-gerencial-laudon-15ed-pe-ebook>

López, J. (2018). *Plan de mejora del manejo y monitoreo de la esterilización del instrumental utilizado en la práctica dental, en el Departamento de Clínicas Odontológicas Integrales del Centro Universitario de Ciencias de la Salud* [Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara].

<https://riudg.udg.mx//handle/20.500.12104/81780>

Mankiw, G. (2017). *Principios De Economía* (7th ed.). Cengage Learning.

<https://archive.org/details/mankiwprincipiosdeeconomia7maedicion2017>

Ministerio de Salud del Perú. (2005). *NORMA TÉCNICA BIOSEGURIDAD EN ODONTOLOGÍA*.

Ministerio de Salud del Perú. (2015, September). *Norma técnica de salud para la elaboración y uso de guías de Práctica Clínica del Ministerio de Salud*.

<https://ietsi.essalud.gob.pe/normatividad-guia-practica/>

Monden, Yasuhiro. (1993). *El sistema de producción Toyota* (Ediciones Macchi, Ed.).

Macchi.

Mörmann, W. (2006). The evolution of the CEREC system. *Journal of the American Dental Association, 137*(9 SUPPL.), 7S-13S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0398>

- Niebel, B. (2014). *Ingeniería industrial de Niebel: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill Interamericana.
- <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat01040a&AN=pujbc.883990&site=eds-live>
- Oficina de Calidad Universitaria de la Universidad Católica de Santa María. (2024). *Modelo Educativo UCSM*.
- Organización Mundial de la Salud. (2002). *Calidad de la atención: seguridad del paciente*.
- Portela, M. (2019). *Proceso de mejora continua en la gestión de una central de esterilización hospitalaria* [Trabajo de Especialización, Universidad Nacional de Córdoba]. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/18566>
- Porter, M., & Kramer, M. (2011). Creating Shared Value: How to Reinvent Capitalism and Unleash a Wave of Innovation and Growth. *Harvard Business Review*, 89, 62–77.
- <https://hbr.org/2011/01/the-big-idea-creating-shared-value>
- RECORD. (2024). *Lavadero Penta*. RECORD® Perú.
- [https://www.record.com.pe/productos/lavadero-penta/?srsltid=AfmBOor1D8cDVILlh2d4QMtJrw-YZO17gQ\\_yxR2EZ41Q25twVavEn7](https://www.record.com.pe/productos/lavadero-penta/?srsltid=AfmBOor1D8cDVILlh2d4QMtJrw-YZO17gQ_yxR2EZ41Q25twVavEn7)
- Reyes, R., & Rodríguez, J. (2022). Plan de mejora de procesos para reducir los tiempos improductivos en la central de esterilización de un centro oftalmológico [Tesis de Licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. In *Universidad Ricardo Palma*.
- <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5960>
- Robbins, S., & Judge, T. (2021). *Essentials of organizational behavior* (15th ed.). Pearson.
- Robelly, S. (2017). *Comparación de la Esterilidad del Instrumental Odontológico*

- Transportado y Almacenado en Diferentes Medios* [Tesis de Pregrado]. Universidad de las Américas.
- Roca, E. (2022). Calidad de los Procesos Centralizados de esterilización y Satisfacción del usuario Interno en el Complejo Hospitalario Alberto Barton, 2021. [Tesis de Maestría, Universidad Norbert Wiener]. In *Repositorio institucional-WIENER*.  
<https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/6792>
- Salazar, B. (2019a, June 26). *Valoración del ritmo de trabajo*. Ingeniería Industrial Online.com. <https://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/valoracion-del-ritmo-de-trabajo/>
- Salazar, B. (2019b, June 28). *Suplementos del Estudio de tiempos*. Ingeniería Industrial Online.Com. [https://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/?utm\\_source=chatgpt.com](https://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/?utm_source=chatgpt.com)
- Santafé, J., & Izquierdo, A. (2020). Eficacia de esterilización del instrumental odontológico en las centrales de esterilización de la Facultad de Odontología de la Universidad Central del Ecuador, mediante la utilización de indicador biológico. *Metro Ciencia*, 28(3). <https://doi.org/10.47464/METROCIENCIA/VOL28/3/2020/49-56>
- Senge, P. (2006). *The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization*. Doubleday Currency.
- Serrano, L., & Ortiz, N. (2012). Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. *Estudios Gerenciales*, 28, 13–22.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21226279002>
- Slack, Nigel., Brandon, Alistair., & Johnston, Robert. (2018). *Essentials of operations management* (2nd ed.). Pearson Education Limited.

- SYDLE. (2023). *Optimización de procesos: ¿Qué es y por qué es tan importante para tu negocio?*. <https://www.sydle.com/es/blog/que-es-optimizacion-de-procesos-6126ac39b060f57604039a57>
- Taylor, F., Fayol, H., & Hitz, H. (2003). *Principios de la administración científica* (Edigrama, Ed.). Edigrama.  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07441a&AN=cpu.274149&site=eds-live>
- Universidad Católica de Santa María. (2023). *Clínica Odontológica de la Católica optimizará servicios con instalación de software*. <https://ucsm.edu.pe/clinica-odontologica-de-la-catolica-optimizara-servicios-con-instalacion-de-software/>
- Universidad Católica de Santa María. (2024a). *Centro de diagnóstico por imagen*. Servicios Odontológicos Para La Comunidad. <https://www.ucsm.edu.pe/clinica-odontologica-imagen/>
- Universidad Católica de Santa María. (2024b). *Tratamientos de la Clínica Odontológica*. Servicios Odontológicos Para La Comunidad. <https://www.ucsm.edu.pe/clinica-odontologica-tratamientos/>
- Villaverde, C. (2020). Mejora de procesos para incrementar la productividad de Central de Esterilización de un hospital, Lima 2020 [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. In *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/70026>
- Yepes, V. (2022, May 4). *Número de observaciones a realizar en un cronometraje*. El blog de Víctor Yepes. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/05/04/numero-de-observaciones-a-realizar-en-un-cronometraje/>

Zeisler, G., Braunauer, T. T., Fleischmann, A., & Singer, R. (2024). *A Step Towards a Universal Method for Modeling and Implementing Cross-Organizational Business Processes*. <https://arxiv.org/abs/2406.12302v1>

Zhermack SpA. (2019, September 20). *Desinfección y esterilización del instrumental: guía paso a paso*. [https://magazine.zhermack.com/es/higiene-es/desinfeccion-esterilizacion-instrumental-guia-paso-paso/?utm\\_source=chatgpt.com](https://magazine.zhermack.com/es/higiene-es/desinfeccion-esterilizacion-instrumental-guia-paso-paso/?utm_source=chatgpt.com)



## ANEXOS

### Anexo 1. Consentimiento de la Entidad

**Figura 26** *Permiso de la Clínica Odontológica*



Previo cordial saludo, se autoriza el uso de las instalaciones Clínicas solicitadas por el Sr. *YUAN CARBAJAL MENDOZA para recopilación de información, previo pago de derecho de uso.*

*Atentamente,*



**Dra. Serey Portilla Miranda**

**Directora**

Centro Odontológico

Urb. San José s/n Umacollo, Arequipa – Perú

[www.ucsm.edu.pe](http://www.ucsm.edu.pe)

...

## Anexo 2. Entrevista

### I. Datos generales

- Nombre y cargo del participante
- Años de experiencia en el Centro Odontológico
- Rol específico en el proceso de esterilización o como usuario del servicio

### II. Experiencia con el proceso de esterilización

- Describa en sus propias palabras el proceso actual de esterilización de instrumentos en el Centro Odontológico.
- ¿Cuáles son las diferentes etapas del proceso de esterilización?
- ¿Cuánto tiempo tarda en promedio el proceso completo de esterilización de un instrumento?
- ¿Ha observado cuellos de botella o áreas donde el proceso se ralentiza?
- ¿Ha experimentado algún problema o incidente relacionado con la esterilización de instrumentos?
- ¿En su opinión, qué aspectos del proceso de esterilización podrían mejorarse?

### III. Percepción sobre la calidad de la esterilización

- ¿Confía en que los instrumentos utilizados en el Centro Odontológico están adecuadamente esterilizados?
- ¿Ha tenido alguna experiencia o inquietud relacionada con la higiene o esterilización de los instrumentos?
- ¿Qué medidas cree que se podrían tomar para mejorar la calidad de la esterilización?

### IV. Impacto del proceso de esterilización en el servicio odontológico

- ¿Cómo cree que el tiempo que tarda el proceso de esterilización afecta la atención a los pacientes?

- ¿Ha observado alguna demora o inconvenientes en la atención odontológica debido al proceso de esterilización?
- ¿Qué sugerencias tiene para optimizar el proceso de esterilización y mejorar la experiencia de los pacientes?



### Anexo 3. Proceso de Esterilización

#### a. Proceso de Esterilización

**Figura 27** *Área de Lavado*



**Figura 28** *Área de Sellado*



**Figura 29** *Área de Recepción*



**Figura 30** *Área de Llenado*



**Figura 31** Área de Esterilización



**Figura 32** *Área de Acomodado*



**Figura 33** *Área de Almacenamiento*



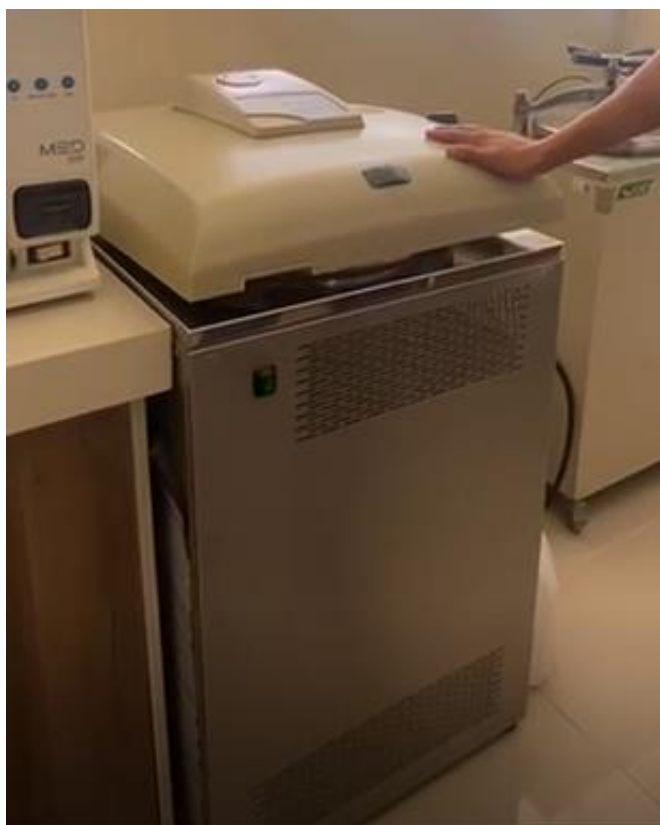
## b. Máquinas de Esterilización

Las máquinas de esterilización son autoclaves: la máquina A (Figura 19) es la maquina principal del área de esterilización debido a que tiene un gran volumen de cámara que le da mayor capacidad para esterilizar grandes cantidad de instrumentos; la máquina B (Figura 19) no funciona bien y las máquinas C (Figura 21) corresponden a autoclaves mas modernos pero utilizan más agua destilada y tienen capacidad para poco material solo son utilizadas para instrumentos de plásticos o que tienen que ser esterilizados a una temperatura específica.

**Figura 34** *Maquina A*



**Figura 35** *Maquina B*



**Figura 36** *Maquinas C*



#### Anexo 4. Actividades Atípicas del Proceso de Esterilización

Se determinó que las actividades ejecutadas por los estudiantes son actividades atípicas que no fueron consideradas en el Estudio de Tiempos. Además, estas actividades tienen un alto nivel de Variabilidad de más del 50%.

**Tabla 31** *Actividades Atípicas del Proceso de Esterilización*

N° Act	Descripción Detallada del Elemento	1	2	3	4	5	Variabilidad	Operario
1	Lavado	12.00	8.50	29.50	9.20	24.82	57.64%	Estudiantes
2	Secado	8.50	4.25	18.27	5.87	12.72	57.04%	Estudiantes
3	Embolsado	1.95	10.75	4.32	2.00	5.98	72.66%	Estudiantes
4	Sellado	2.17	10.00	1.08	0.97	2.35	114.36%	Estudiantes

*Nota.* Elaboración Propia

**Anexo 5. Información del destilador LWD-20**



**Zhengzhou Laboao Instrument Equipment Co., Ltd**

Add: No.109 Bitao Road, Hi-Tech Development Zone, Zhengzhou city, China

Contact: Jessie Sun TEL/Whatsapp/skype:+86 15637158654

Web: [www.laboao.com](http://www.laboao.com) Mail: [jessie@laboao.com](mailto:jessie@laboao.com)

**QUOTATION SHEET**

Company name:		Quotation NO.		L24J0927-15708	
Attn:		Date:		Sep. 27, 2024	
TEL/FAX:		Validity date:		Oct. 26, 2024	
Address:					
Item	Name & Model	Description	UNIT PRICE	QTY	EXW PRICE
01	20L Stainless Steel Water Distiller LWD-20	Volume: 20L Power: 15KW,380V/50HZ Yield: ≥20L Type: Single distillation	USD415	1SET	USD415
02	PHOTO				
<b>Remark:</b>					
Trade term		EXW price			
Payment term		100% by T/T in advance before production			
Lead time		7-15 working days after payment received			
Package		Standard export case			
Warranty		12 months			

1/4



## Zhengzhou Laboao Instrument Equipment Co., Ltd

Add: No.109 Bitao Road, Hi-Tech Development Zone, Zhengzhou city, China

Contact: Jessie Sun TEL/Whatsapp/skype:+86 15637158654

Web: [www.laboao.com](http://www.laboao.com) Mail: [jessie@laboao.com](mailto:jessie@laboao.com)

### DESCRIPTION

The water distiller adopts the method of heating water and condensation by the circulating water to get the distilling water. It is applicable for medical sanitation institutes and scientific research institutes and laboratories ect.

### FEATURES

1. The machine adopts high quality stainless steel.
2. Coil type condensation structure,good cooling effect,large water output.
3. Cooling water reflux evaporation bucket,water saving.
4. The drain valve can discharge the concentrated water in the bucket and improve the scaling conditions.
5. Copper immersion heating pipe with high thermal efficiency and long service life.

### SPECIFICATIONS

Model	LWD-20
Package size	51*36*80cm
Volume	20L
Power	15KW,380V/50HZ
Yield	≥20L
Type	Single distilling

### WHY CHOOSE US

1. Factory direct sales with competitive price.
2. Premium quality with CE & ISO certification.
3. Strong product OEM & ODM customization capability.
4. Promise production & on-time delivery.
5. Perfect after-sales service, free product accessories.
6. 15 years of experience in R&D and production of water distiller machine.

## Anexo 6. Información del destilador Kyntel HSZII-20K

**EQUIPO** : DESTILADOR DE AGUA  
**MARCA** : KYNTEL  
**MODELO** : HSZII-20K

Este producto es refinado del acero inoxidable de alta calidad, estructura razonable, fácil de usar, la calidad del agua de acuerdo con la farmacopea nacional (edición de 2000) estándar, el consumo de productos médicos, farmacéuticos, investigación, productos químicos, alimentos y otras industrias, es la producción de agua de alta calidad destilada el equipo ideal.

### CARACTERISTICAS

- Están fabricados en materiales de acero inoxidable de alta calidad seleccionada, el uso de tecnología avanzada significa bien hecho.
- El sistema de tubos sin soldadura de acero inoxidable placa de condensador, la eficiencia de intercambio de calor es alta, una gran cantidad de agua.
- Dispositivos eléctricos de control a través del sensor de líquido de bajo nivel, y el trabajo elemento de calefacción. Sin embargo, un tanque de evaporación del agua, este producto se puede cortar automáticamente la potencia de calefacción, sonido también emitida y la luz de alarma, cuando el nivel de agua es alta, cuando el nivel del agua para volver a cumplir con el requisito, para continuar al calor.

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

Capacidad: 20 l/h

Potencia: 13.5 Kw

Peso 17 Kg.

Voltaje : 380V/50HZ

Dimensión 400 x 400 x 950 mm.

Av. Emancipación 605  
Jr. Huancavelica 676  
Jr. Moquegua N° 606-301

CENTRAL TELEFÓNICA  
**424-2524**

[www.andinaeirl.com](http://www.andinaeirl.com)

**COTIZACIÓN N° 00129246**

HORA: 13:08:28  
PAGINA: 1

SEÑOR(ES) 72274858	FECHA 10/01/2025
DIRECCIÓN (L-01)	COND. PAGO CONTADO EFECTIVO
R.U.C. 72274858	MONEDA SOLES
ATENCIÓN	TELÉFONO
VENDEDOR CANDY - 01	PRIORIDAD NORMAL
DOC. REF.	F. ENTREGA 10/01/2025
Incluido I.G.V. - Valides de la oferta: 30 días	

CODIGO	DESCRIPCIÓN	U.M.	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
EL03100111	DESTILADOR DE AGUA DE 20 L/H, 15KW - C/ APAGADO AUTOM. - MOD. HSZII-20K - KYNTEL	UND.	1.000	2 598.96	2 598.96
ST03700012	SERVICIO DE MODIFICACION / CONVERSION DE PRODUCTO. opcional a 220 voltios demora 3 días habiles	UND.	1.000	454.45	454.45

**OBSERVACIONES**

Para pedidos menores a 1000.00 soles y sean enviados a provincia,  
\*agregar 18.36 por concepto de traslado de nuestro almacén hasta la agencia de su  
elección\*. Por favor no confundir el pago del flete; es otro gasto donde solo es cancelado  
por el cliente a la misma agencia de transporte. No es flete.

**TOTAL S/ 3 053.40**

Para pedidos menores a 1000.00 soles y sean entregados en lima, \*solicitar costo a su



## Anexo 7. Información del destilador LABTECBIO HSZII-10K

[Inicio](#) [Tienda](#) [Nosotros](#) [Servicios](#)



### DESTILADOR DE AGUA 20 LITROS CON PROTECCION

S/2,840.00 S/2,730.00

Ahorras S/110.00 (4%)

ENVOLTORIOS (opcional)

-- Seleccionar --

Cantidad

1

[— Comprar ahora —](#)

[— Agregar al carrito —](#)

#### CARACTERISTICAS

1. Están fabricados en materiales de acero inoxidable de alta calidad seleccionada, el uso de tecnología avanzada significa bien hecho.



#### DESCRIPCIÓN

- Están fabricados en materiales de acero inoxidable de alta calidad seleccionada, el uso de tecnología avanzada significa bien hecho.
- El sistema de tubos sin soldadura de acero inoxidable placa de condensador, la eficiencia de intercambio de calor es alta, una gran cantidad de agua.
- Dispositivos eléctricos de control a través del sensor de líquido de bajo nivel, y el trabajo elemento de calefacción. Sin embargo, un tanque de evaporación del agua, este producto se puede cortar automáticamente la potencia de calefacción, sonido también emitida y la luz de alarma, cuando el nivel de agua es alta, cuando el nivel del agua para volver a cumplir con el requisito, para continuar al calor

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Capacidad: 10 l/h
- Potencia: 7.5 Kw
- Peso 11 Kg.
- Voltaje : 380V/50HZ
- Dimension 400 x 400 x 950 mm.

## Anexo 8. Información del autoclave Tuttnauer 3870EA



Amazon.com

<https://www.amazon.com> › Tuttnauer-Esterilizador-auto... ⋮

### Tuttnauer Esterilizador automático completo de autoclave ...

Nuevo esterilizador automático **Tuttnauer 3870EA** · Un (1) año de garantía en piezas y mano de obra · 4 Programas de esterilización preestablecidos · Recuperación de ...  
USD 15,995.00



### Detalles del producto

Descatalogado por el fabricante : No

Dimensiones del paquete : 33 x 26 x 21 pulgadas; 180 Libras

Producto en amazon.com desde : septiembre 15, 2012

Fabricante : Tuttnauer

ASIN : B009B2PZT4

Clasificación en los más vendidos de Amazon: n°1,412,688 en Industrial y Científico ([Ver el Top 100 en Industrial y Científico](#))  
n°411 en [Autoclaves de Laboratorio](#)

### Especificaciones técnicas

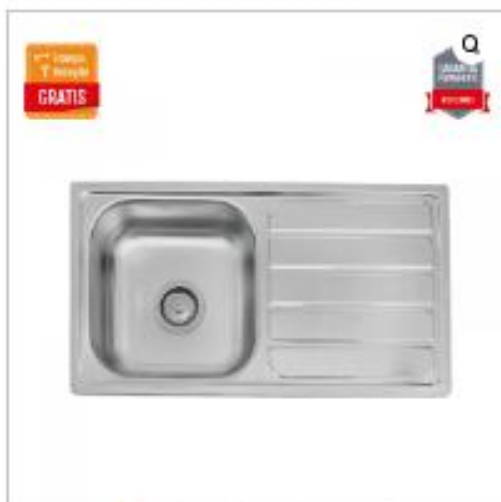
Dimensiones del paquete	33 x 26 x 21 pulgadas
Fabricante	Tuttnauer
ASIN	B009B2PZT4
Descatalogado por el fabricante	No
Producto en amazon.com desde	septiembre 15, 2012

### Información adicional

Clasificación en los más vendidos de Amazon	n°1,412,688 en Industrial y Científico ( <a href="#">Ver el Top 100 en Industrial y Científico</a> ) n°411 en <a href="#">Autoclaves de Laboratorio</a>
---	--

## Anexo 9. Información del Lavadero PENTA

Inicio » Productos » Lavaderos » Lavadero Penta



### Recomendaciones de uso

- No usar abrasivos
- No usar elementos punzo cortantes
- Revisar el punto del eje del desagüe antes de instalar
- Lavar y secar luego de cada uso
- Realizar mantenimiento cada seis meses al sistema de desagüe



## LAVADERO PENTA

SOL: 029022010

Unidad(es) disponible(s)

S/ 209.00

### Características

- Lavadero de acero inoxidable 430
- Acabado satinado
- Incluye Desagüe de acero inoxidable, PVC 3 1/2 y Trampa tipo "P" 1 1/2
- Espesor 0.6 mm
- Tipo de Instalación: Sobreguasa
- Fabricado en Perú
- Ideal para encimera de cemento, mármol, granito, cemento, acero, mayólica y cerámico
- Sin perforación para grifería
- Sin ajustadores

### Garantía

Permanente

Corte de Instalación	Centímetros
Ancho	35.50 cm
Largo	33.30 cm
Profundidad	14.30 cm
Lavadero	Centímetros
Ancho	43 cm
Largo	78 cm
Profundidad	14.3 cm

[Descargar Ficha Técnica](#)

