



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN DE ENVASES
PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
SALACHE DE LA UTC”**

Autores:

Andrango Chacha Cristian Fernando

Reyes Villavicencio Diego Fernando

Tutor:

PhD. Enrique Torres Tamayo

Latacunga-Ecuador
Agosto 2017



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** por cuanto, los postulantes: **REYES VILLAVICENCIO DIEGO FERNANDO** y **ANDRANGO CHACHA CRISTIAN FERNANDO** con el título de Proyecto de Titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN DE ENVASES PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE DE LA UTC”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 28 de julio del 2017

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: PhD. Héctor Laurencio
CC: I712813

Lector 2
Nombre: Ing. Mauro Albarracín
CC: 050311373-0

Lector 3
Nombre: Ing. Luigi Freire
CC: 050252958-9



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Electromecánica

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN DE ENVASES PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE DE LA UTC”**, de **REYES VILLAVICENCIO DIEGO FERNANDO** y **ANDRANGO CHACHA CRISTIAN FERNANDO** de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 11 de julio del 2017

El director.

.....
PhD. Enrique Torres Tamayo



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, **REYES VILLAVICENCIO DIEGO FERNANDO** y **ANDRANGO CHACHA CRISTIAN FERNANDO**, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN DE ENVASES PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE DE LA UTC”**, siendo el **ING. PHD. ENRIQUE TORRES TAMAYO** director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....
REYES VILLAVICENCIO DIEGO FERNANDO
C.I.: 050256291-1

.....
ANDRANGO CHACHA CRISTIAN FERNANDO
C.I.: 050344790-6



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Yo, **ING. ALBERTO TINAJERO MERIZALDE** con C.I.: 050156747-3, en calidad de **Analista de los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial** de la Facultad de **CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, emito la aprobación del desarrollo del Proyecto de Investigación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN DE ENVASES PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE DE LA UTC”**, a cargo de los postulantes **REYES VILLAVICENCIO DIEGO FERNANDO Y ANDRANGO CHACHA CRISTIAN FERNANDO**, estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, con cédula de ciudadanía No **050256291-1** y **050344790-6** respectivamente, quienes han desarrollado el equipo de esterilización, tomando en consideración de los requerimientos de la universidad y del tutor a cargo del proyecto de investigación.

Doy fe del presente para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 13 de julio del 2017

.....
ING. ALBERTO TINAJERO MERIZALDE
ANALISTA DE LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL
C.I. 050156747-3

.....
REYES VILLAVICENCIO DIEGO FERNANDO
Celular: 0987370083

.....
ANDRANGO CHACHA CRISTIAN FERNANDO
Celular: 0998703291



AGRADECIMIENTO

Al finalizar mi etapa de vida universitaria, dedico este trabajo:

A DIOS, por brindarme la fuerza y la sabiduría para llegar a culminar una etapa más de mi vida.

A mis padres Luis Andrango y María Chacha por brindarme su mano y consejos en los buenos y malos momentos, por darme la educación y formación personal que gracias a ellos hoy soy un profesional.

A mis familiares y amigos quienes con sus consejos y enseñanzas me ayudaron para enfrentar y continuar las dificultades de la vida, a los cuales siempre llevaré presente.

Cristian

DEDICATORIA

Mi agradecimiento a DIOS, quién me otorgo la vida y la fuerza para alcanzar mi anhelada meta.

A mis padres quienes me guiaron por el buen camino y me enseñaron a nunca rendirme, que siempre hay que seguir adelante, no importa la dificultad del problema, teniendo a DIOS todo es posible.

A mi novia Adriana Toapanta, quien me brindó su apoyo incondicional a pesar de todo, te doy gracias porque eres la única persona que cambió mi vida, jamás olvidaré los buenos momentos a tu lado, eres lo más preciado para mí, gracias a tus consejos y apoyo hoy cumplo mi anhelada meta.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas para cumplir mi meta, la cual en estos años he compartido muchas experiencias, sueños e ideales con mis compañeros y amigos.

Gracias a todos los docentes, los cuales me incentivaron para continuar en este camino que ahora finaliza.

Cristian

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia, quienes siempre supieron depositar su confianza en mí para culminar esta meta en mi vida y supieron aconsejarme para seguir siempre adelante; principalmente a mi madre, que con su esfuerzo y sacrificio llegué a ser la persona que soy.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y a todos los ingenieros que día a día supieron impartir sus enseñanzas para poder culminar este proyecto de investigación y formarme como profesional.

A mis amigos, quienes de una u otra forma contribuyeron a que pueda cumplir esta fase importante de mi vida.

Diego

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación primeramente a mi madre María, quien ha sido mi inspiración al momento de forjar y cumplir esta etapa de mi vida; a mis hermanos Vivi, Pablo y Danny, quienes con su apoyo incondicional me ayudaron moral y económicamente; a mis tíos y mi abuelito Olmedo, quienes han sido un apoyo en todo el transcurso de mis estudios; y como no dedicar todo este esfuerzo a mi enamorada Gaby, quien día a día me brindó ánimos para seguir adelante y no decaer.

Diego

ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. BENEFICIARIOS	3
4. EL PROBLEMA	3
5. OBJETIVOS.....	4
General.....	4
Específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
Esterilización	6
Métodos de esterilización	6
Esterilización utilizando calor seco	6
Esterilización a partir de vapor de agua o calor húmedo.....	7
Esterilización en frío.....	7
Túnel de exhausting.....	8
Vapor saturado para el proceso de agotado	9
Transferencia de calor en los procesos de agotado.....	10
Materiales para la construcción del sistema de esterilización	10
Aceros inoxidables	10
Ventajas del acero inoxidable.....	11
Clasificación de los aceros inoxidables	12
Aceros Inoxidables Austeníticos	12
Características básicas	12
Aplicaciones típicas	13
Aceros inoxidables Ferríticos	13
Características básicas	13
Aplicaciones típicas	14
Aceros inoxidables Martensíticos.....	15
Características básicas	15
Aplicaciones típicas	15
Acero inoxidable AISI 304.....	16
Soldabilidad de aceros inoxidables.....	17
Limpieza en la preparación de la soldadura	17
Procesos de soldadura de aceros inoxidables	18
Soldadura por arco de metal protegido.....	18
Soldadura TIG	18
Soldadura MIG	19
Componentes principales sistema de esterilización.....	20
Reductor o motorreductor.....	20
Características de operación	21

Características del trabajo a realizar	21
Condiciones del ambiente.....	21
Ejecución del equipo	22
Variador de frecuencia.....	22
Ventajas del variador frecuencia	23
Banda transportadora.....	23
Controlador de temperatura	25
Sensores de temperatura	25
Termocuplas	26
Detectores resistivos de temperatura (RTD) o termoresistencias.....	26
Tabla 5 Ventajas y desventajas de un RTD y una termocupla	27
Elementos de control y regulación de fluidos	27
Electroválvula.....	27
Medidores de presión	28
Manómetro	28
Distribución de vapor	29
Cabezales de vapor (distribuidores de vapor)	29
Tuberías principales.....	30
Ramales de vapor.....	30
8. HIPÓTESIS	30
9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	30
Diseño.....	31
Restricciones.....	31
Parámetros de diseño	31
Voltaje	32
Accionamiento.....	32
Capacidad de carga.....	32
Tamaño y peso.....	32
Tipo de trabajo.....	33
Materiales para la construcción	33
Vida útil.....	33
Costos	34
Procesos de construcción.....	34
Condiciones de trabajo	34
Descripción del equipo	35
Características de los elementos a ser transportados	36
Diseño del sistema de esterilización.....	37
Cámara de agotado	37
Base de la cámara	38
Tapas frontales.....	39
Soportes de tapas frontales	39
Tapas superiores	40
Selección de materiales para la cámara de agotado.....	40

Elementos de sujeción	41
Sistema de transportación de envases.....	41
Características de la banda transportadora	42
Cálculo del diámetro de los rodillos	43
Ángulo de contacto entre el rodillo y la banda transportadora.....	43
Sistema de transportación.....	44
Cálculo de la banda completamente cargada y de su velocidad.....	44
Cálculo de la tensión de la banda transportadora	45
Tensión en el lado flojo y lado tenso de la banda transportadora.....	46
Torque y potencia del rodillo motriz	47
Cálculo del momento torsionante del motorreductor y del diámetro del eje.....	48
Estructura.....	48
Mesas de apoyo	49
Sistema tensor.....	50
Diseño del sistema de calefacción	50
Flautas disipadoras de vapor.....	51
Botella de desahogo.....	51
Selección de accesorios	52
Diseño del control eléctrico.....	53
Diseño del circuito de control y de potencia	54
Circuito de control.....	54
Circuito de potencia.....	55
Selección y características de los elementos eléctricos	55
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	56
Construcción del sistema de esterilización de envases.....	57
Requerimientos para la construcción.....	57
Herramientas y accesorios	57
Máquinas- herramientas y equipos	58
Instrumentos de medición y verificación	58
Materia prima	59
Elementos seleccionados	59
Elementos a construir	60
Montaje del sistema de esterilización.....	60
Cálculo del diámetro de los rodillos	61
Cálculo del ángulo de contacto entre el rodillo y la banda transportadora.....	61
Cálculo de la banda completamente cargada y de su velocidad.....	62
Cálculo de la tensión de la banda transportadora	62
Cálculo de la tensión en el lado flojo y en lado tenso de la banda transportadora.....	63
Cálculo del torque y la potencia del rodillo motriz	63
Análisis mecánico de los rodillos	64
Cálculo del momento torsionante del motorreductor y del diámetro del eje.....	66
Cálculo de la velocidad de la banda transportadora para diferentes temperaturas	67
11. IMPACTOS	67

Impactos técnicos	67
Impactos sociales.....	67
Impactos económicos	67
12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	68
Costo directo.....	68
Costo de materiales directos	68
Costo de elementos normalizados	69
Costo de maquinado	70
Costo de mano de obra	70
Costo de transporte	70
Costo total directo.....	71
Costo indirecto.....	71
Costo de materiales indirectos	71
Costo de ingeniería	71
Gastos imprevistos.....	72
Costo de materiales de oficina.....	72
Costo total indirecto	72
Costo total de la máquina	72
Cálculo del TIR y VAN.....	73
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
Conclusiones.....	76
Recomendaciones	76
14. BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Túnel de exhausting	8
Figura 2 Distribución de los distintos tipos de vapor	9
Figura 3 Restauración de la película	11
Figura 4 Soldadura por arco de metal protegido	18
Figura 5 Soldadura TIG	19
Figura 6 Soldadura MIG	20
Figura 7 Motorreductor	20
Figura 8 Variador de frecuencia	22
Figura 9 Banda transportadora	24
Figura 10 Controlador de temperatura	25
Figura 11 Electroválvula	28
Figura 12 Sistema de esterilización de envases	36
Figura 13 Envases a trasportar	36
Figura 14 Cámara de agotado	37
Figura 15 Base de la cámara	38
Figura 16 Soporte de la base	38
Figura 17 Soportes de las flautas disipadoras de vapor	39
Figura 18 Tapas frontales	39
Figura 19 Soportes de tapas frontales	40
Figura 20 Tapas superiores	40
Figura 21 Sistema de transportación de envases	42
Figura 22 Diagrama de tensiones para bandas transportadoras horizontales	45
Figura 23 Diagrama de las tensiones T1 y T2	47
Figura 24 Bastidor	49
Figura 25 Mesas de apoyo	50
Figura 26 Sistema tensor	50
Figura 27 Diseño del sistema de calefacción	51
Figura 28 Flautas disipadoras de vapor	51
Figura 29 Diseño de la botella de desahogo	52
Figura 30 Motorreductor	64
Figura 31 Diagrama de cuerpo para el análisis mecánico de los rodillos	65
Figura 32 TIR del proyecto	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	5
Tabla 2 Ventajas y propiedades de usar vapor saturado para el calentamiento	10
Tabla 3 Propiedades generales de los aceros inoxidables	16
Tabla 4 Aceros inoxidables para alimentos AISI 304 vs AISI 316.....	16
Tabla 5 Ventajas y desventajas de un RTD y una termocupla	27
Tabla 6 Características de los envases a transportar.....	37
Tabla 7 Selección de materiales para la cámara de agotado.....	41
Tabla 8 Características de los elementos de sujeción.....	41
Tabla 9 Características de la banda transportadora	42
Tabla 10 Características del transportador	44
Tabla 11 Elementos utilizados en el sistema de calefacción	52
Tabla 12 Características de los elementos eléctricos.....	55
Tabla 13 Herramientas e instrumentos de trazado y medición.....	57
Tabla 14 Máquinas- herramientas y equipos	58
Tabla 15 Instrumentos de medición y verificación	59
Tabla 16 Montaje de del sistema de esterilización	61
Tabla 17 Características del motorreductor.....	64
Tabla 18 Velocidad de la banda transportadora para diferentes temperaturas	67
Tabla 19 Costo de materiales directos	68
Tabla 20 Costo de elementos normalizados	69
Tabla 21 Costo del desarrollo del sistema eléctrico	69
Tabla 22 Costo de maquinado	70
Tabla 23 Costo de mano de obra	70
Tabla 24 Costo de transporte	70
Tabla 25 Costo total directo.....	71
Tabla 26 Costo de materiales indirectos.....	71
Tabla 27 Costo de ingeniería	72
Tabla 28 Costo de materiales de oficina.....	72
Tabla 29 Costo total indirecto	72
Tabla 30 Costo total de la máquina	73
Tabla 31 Producción.....	73
Tabla 32 Costo de producción	73
Tabla 33 Ganancia por envase.....	74
Tabla 34 Ganancia total de producción	74
Tabla 35 Cálculo del VAN	74
Tabla 36 Cálculo del TIR	75

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN DE ENVASES PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE DE LA UTC”.

Autores: Reyes Villavicencio Diego Fernando

Cristian Fernando Andrango Chacha

RESUMEN

El presente trabajo investigativo, tiene la finalidad de la implementación de un sistema de esterilización de envases a través de vapor saturado para productos alimenticios en el centro experimental Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi en conjunto con las Carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Agroindustrial, con la utilización de un túnel de exhausting, empleando tecnologías adecuadas que permitan estar a la par con la industrialización moderna y a su vez que este centro de producción al no disponer de un equipo capaz de esterilizar los envases antes de su llenado y cerrado hermético, logre mejorar la calidad en la producción de alimenticios. La metodología para el desarrollo de la propuesta se dividió en tres partes, la primera se basa en la aplicación del método analítico para la obtención de la fundamentación teórica adecuada y proceder a la utilización del segundo método que es el sintético, permitiendo el análisis y selección de materiales utilizados en la construcción de la máquina, para finalmente aplicar el método cuasi-experimental para el diseño y construcción de un equipo capaz de satisfacer los requerimientos y necesidades de la universidad, debido a que dicho sistema de esterilización se basó en un túnel de exhausting utilizado en la industria alimenticia. Para la elaboración de la máquina se diseñó primero el sistema de calefacción por donde va a circular el vapor saturado para la esterilización, seguido por la selección de elementos adecuados para el desarrollo del sistema eléctrico que permite controlar la velocidad de la banda por donde se transportan los envases y la temperatura de la cámara de agotado mediante una electroválvula permitiendo la apertura o cierre del vapor cuando la temperatura disminuye o sobrepase los rangos programados en el controlador de temperatura. Además para la obtención del sistema de transportación se consideraron los elementos existentes en el túnel de exhausting, los cuales permitieron la selección de chumaceras, del eje de transmisión y de los rodillos tanto motriz como conducido. Este sistema cumple con cada una de las normas que rige la industria alimenticia (Normas UNE-EN 1672-2 y UNE-EN ISO 12100), con el fin de ser adecuada para la esterilización de envases utilizados en la producción de alimentos.

Palabras claves: Vapor, esterilización, túnel de exhausting.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

ELECTROMECHANICAL ENGINEERING

TITLE: "IMPLEMENTATION OF A SYSTEM OF STERILIZATION OF PACKAGES FOR FOODSTUFFS IN THE EXPERIMENTAL CENTER OF SALACHE DE LA UTC".

Authors: Reyes Villavicencio Diego Fernando

Cristian Fernando Andrango Chacha

ABSTRACT

The present research work has the purpose of implementing a sterilization system of containers through saturated steam for food products in the Salache experimental center of the Technical University of Cotopaxi in conjunction with the Electromechanical Engineering and Agroindustrial Engineering Careers, with The use of an exhausting tunnel, using suitable technologies that allow to be at the same time with the modern industrialization and in turn that this production center does not have an equipment capable of sterilizing the containers before filling and closing hermetic, to improve quality in food production. The methodology for the development of the proposal was divided into three parts, the first one is based on the application of the analytical method to obtain the adequate theoretical foundation and proceed to the use of the second method which is the synthetic, allowing the analysis and selection of materials used in the construction of the machine, to finally apply the quasi-experimental method for the design and construction of a computer capable of satisfying the requirements and needs of the university, because the said sterilization system was based on a tunnel exhausting used in the food industry. For the preparation of the machine was designed first the heating system where the saturated steam will circulate for sterilization, followed by the selection of elements suitable for the development of the electrical system that allows controlling the speed of the band where they are transported The containers and the temperature of the exhausted chamber by means of an electrovalve allowing the opening or closing of the steam when the temperature decreases or exceeds the ranges programmed in the temperature controller. In addition, in order to obtain the transportation system, the elements in the exhaust tunnel were considered, which allowed the selection of bearings, drive shaft and drive and drive rollers. This system complies with each of the standards governing the food industry (Standards UNE-EN 1672-2 and UNE-EN ISO 12100), in order to be suitable for the sterilization of packaging used in food production.

Key words: Steam, sterilization, exhausting tunnel.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

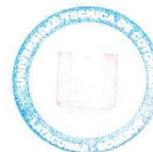
AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, yo **LIC. JOSÉ IGNACIO ANDRADE** con C.C.: **050310104-0**; CERTIFICO que: la traducción del Resumen al idioma Inglés del Proyecto de Investigación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN DE ENVASES PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE DE LA UTC”**, cuyos autores son: **DIEGO FERNANDO REYES VILLAVICENCIO** y **CRISTIAN FERNANDO ANDRANGO CHACHA**, estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, se lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Latacunga, 28 de julio del 2017

Atentamente,

.....
Lic. José Ignacio Andrade
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS
C.I.: 050310104-0



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: Implementación de un sistema de esterilización de envases para productos alimenticios en el centro experimental Salache de la UTC.

Fecha de inicio: Abril del 2017

Fecha de finalización: Julio del 2017

Lugar de ejecución: Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Barrio Salache, Zona 3

Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Equipo de Trabajo:

PhD. Enrique Torres Tamayo

Coordinadores del Proyecto de Investigación:

- Andrango Chacha Cristian Fernando
- Reyes Villavicencio Diego Fernando

Área de Conocimiento:

Ingeniería, industria y construcción (UNESCO, 2013)

Línea de investigación:

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la UTC:

Línea 4.- Procesos Industriales.- Promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Eficiencia energética y fuentes renovables de energía

2. JUSTIFICACIÓN

El envasado de productos alimenticios concibe varias etapas, siendo una de ellas la esterilización de los envases. El principal medio de esterilización de envases para alimentos es el calor, el cual se aplica durante el proceso de esterilización mediante vapor caliente o más conocido como agotamiento térmico.

Los tratamientos térmicos de los envases son una de las estrategias más efectivas para la conservación de los productos alimenticios, garantizando su calidad y seguridad alimentaria.

Cuando se habla de tratamientos térmicos de alimentos, hace referencia a un conjunto de técnicas que afectan tanto a la destrucción de microorganismos que pudieran contaminar a los alimentos, pero también a los nutrientes.

Las tendencias en cuanto a desarrollo de procesos relacionados con la conservación de alimentos envasados se enfocan, salvo en alguna excepción, a alternativas de procesamiento térmico más suaves con el producto, igual de efectivas contra los contaminantes, pero mucho más respetuosas con las cualidades sensoriales de los alimentos.

La propuesta se enfoca en la implementación de un sistema de esterilización de envases para productos alimenticios en el centro experimental Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante el monitoreo del proceso, aplicado a un túnel de exhausting, el mismo que es empleado en la industria alimentaria para realizar los procesos de tratamiento térmico (agotado) a todos los envases para alimentos antes de proceder a su llenado y cerrado hermético, permitiendo eliminar los microorganismos que afectan al producto y así incrementar su calidad.

Los procesos realizados dentro del túnel facilitan la transferencia de calor hacia los envases y permiten una penetración calórica homogénea en el interior del mismo, esto sucede gracias a la convección de la transferencia de calor generada por el vapor saturado como medio calefactor, el cual es generado en una caldera y que se encuentra a una temperatura de 80 a 100°C circulando dentro del túnel.

3. BENEFICIARIOS

- **Los beneficiarios directos son:** El Analista de los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la UTC.
- **Beneficiarios indirectos son:** Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la UTC.

4. EL PROBLEMA

El envasado es un medio utilizado en la industria alimenticia para proteger los alimentos elaborados de la luz, la humedad y otros contaminantes ambientales. Es importante esterilizar los envases antes de ser llenados para que no se contaminen con bacterias y ayuda a conservar durante más tiempo los alimentos.

El tratamiento térmico en el envasado es un proceso que se realiza con el fin de destruir el mayor número de microorganismos presentes en el envase, hasta llegar a conseguir la esterilidad. El proceso térmico se efectúa por medio de calor en un tiempo de 40 a 60 segundos y a una temperatura de 80 a 100 °C.

La Universidad Técnica de Cotopaxi dispone de un centro experimental encargado de la producción de alimentos que no son esterilizados antes de su llenado y cerrado hermético, lo que conlleva que los alimentos contraigan microorganismos que disminuyan su calidad.

El uso de sistemas de esterilización permite que los envases alcancen un margen de seguridad de esterilización requerido para su utilización posterior, permitiendo una mayor calidad. La esterilización contribuye a la desintegración de microorganismos, dándole una condición de estéril, es decir, que no puede producir forma de vida alguna que cause el deterioro del producto.

¿Cómo implementar un sistema de esterilización de envases alimenticios en el centro experimental Salache de la UTC?

5. OBJETIVOS

Los objetivos para el desarrollo de la propuesta son los siguientes:

General

Implementar un sistema de esterilización mediante el empleo de tecnologías adecuadas para envases de productos alimenticios del centro experimental Salache de la UTC.

Específicos

- Identificar la fundamentación teórica sobre la implementación de procesos industriales, así como la factibilidad del mismo en relación a costos y procesamiento de productos alimenticios.
- Analizar la información recopilada para determinar los materiales de construcción más óptimos que conforman la implementación del sistema.
- Implementar un sistema de esterilización de envases para productos alimenticios.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Identificar la fundamentación teórica sobre la implementación de procesos industriales, así como la factibilidad del mismo en relación a costos y procesamiento de productos alimenticios.	Recopilación de información científica.	Obtención de estudios anteriores y tecnologías desarrolladas.	Acceso a información verídica en base de datos (libros, revistas e internet).
Analizar la información recopilada para determinar los materiales de construcción más óptimos que conforman la implementación del sistema.	Determinación del alcance, costo y tiempo.	Obtención de resultados científicos.	Estudio de la disponibilidad de materiales existentes en el mercado.
Implementar un sistema de esterilización de envases para productos alimenticios.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de materiales. • Construcción de la máquina • Implementación de la máquina. 	Obtención e implementación de la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de materiales. • Diseño y construcción de cada una de las partes de la máquina.

Realizado por: Grupo investigativo

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Esterilización

La esterilización se define como el proceso mediante el cual se destruyen todos los microorganismos viables presentes en un objeto o superficie, incluidas las esporas bacterianas. El concepto de esterilidad expresa una condición absoluta: un determinado objeto o superficie está estéril o no está estéril. Puesto que la esterilidad no puede demostrarse de manera absoluta sin causar la destrucción completa de todas las unidades esterilizadas, se define la esterilidad en términos probabilísticas y se considera que un producto crítico es estéril cuando la probabilidad de que una unidad estéril contenga algún microorganismo en forma activa o latente es igual o menor de 1 entre un millón (Hernández, 2014).

El paso previo e imprescindible para una correcta esterilización es la limpieza exhaustiva del material a esterilizar. A través de un proceso mecánico se elimina, por arrastre, la suciedad visible y la materia orgánica de una superficie u objeto, reduciendo el número de microorganismos y protegiendo los envases contra la corrosión y el desgaste.

La efectividad de la esterilización está en función de la concentración del agente esterilizante (vapor, aire caliente, óxido de etileno).

Métodos de esterilización

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los métodos o formas de esterilización más comunes son:

Esterilización utilizando calor seco

Este método de esterilización es conocido como “esterilización por aire caliente”. El proceso incluye la absorción del calor de la superficie de las sustancias que han sido esterilizadas. La temperatura y el tiempo de exposición deben ser incrementados en relación con el proceso de esterilización por vapor.

Este sistema es utilizado para esterilizar materiales que son impermeables al vapor, tales como: grasas, talco, aceites y otros productos derivados del petróleo. Sus principales limitaciones son las temperaturas extremadamente altas y los largos períodos de exposición necesarios para realizar el proceso.

Esterilización a partir de vapor de agua o calor húmedo

El calor húmedo en la forma de vapor saturado bajo presión, es el medio más confiable conocido, para la destrucción de todas las formas de vida microbial. El poder destructor de microbios está compuesto de dos factores, los cuales son ambos esenciales: humedad y calor. También el agua hervida no es microbicida adecuado y su uso no debe de ser recomendado cuando hay vapor bajo presión disponible. El vapor saturado tiene algunas características, las cuales se convierten en ventajas, estas son:

- Calentamiento y penetración rápida de los textiles o telas.
- La destrucción de las esporas bacteriales más resistentes en un breve intervalo de exposición.
- El control fácil de la calidad y letalidad para los materiales y suministros.
- No deja residuo tóxico en los materiales después del proceso de esterilización.
- Es el agente esterilizador más económico.

Una limitante de este método de esterilización es que no puede ser aplicado a materiales o sustancias impermeables al vapor.

En los esterilizadores a vapor, la temperatura de esterilización es de 100 °C (212 °F), para obtener esa temperatura el vapor debe estar sometido a una presión de 21 PSI.

Esterilización en frío

El óxido de Etileno, es un gas usado para esterilizar ciertos materiales que podrían sufrir corrosión por causa del vapor o ser dañados por altas temperaturas.

El óxido de Etileno, tiene la tendencia a disociarse rápidamente a temperatura ambiente dentro de las sustancias sensibles al calor tales como papel, caucho y plásticos.

Una desventaja es la tendencia que tiene de permanecer sobre los materiales o instrumentos, largo tiempo después de que las bacterias han sido destruidas. Por esta razón los elementos procesados utilizando este método deben ser aireados durante un determinado período para asegurar la remoción completa del gas de los objetos esterilizados. Esta condicionante aumenta el tiempo total requerido por el proceso.

Túnel de exhausting

El túnel de exhausting o cámara de vapor como se visualiza en la Figura 1, es empleado en la industria alimentaria, para realizar los procesos de tratamiento térmico (agotado) a todos los productos de alimentos enlatados antes de proceder a su cerrado hermético.

Los procesos realizados dentro del túnel facilitan la transferencia de calor hacia los envases y permiten una penetración calórica homogénea en el interior del envase, esto sucede gracias a la convección de la transferencia de calor generada por el vapor saturado como medio calefactor, el cual es generado en una caldera y que se encuentra a una temperatura específica circulando dentro del túnel.

Figura 1 Túnel de exhausting



Fuente: JERSA

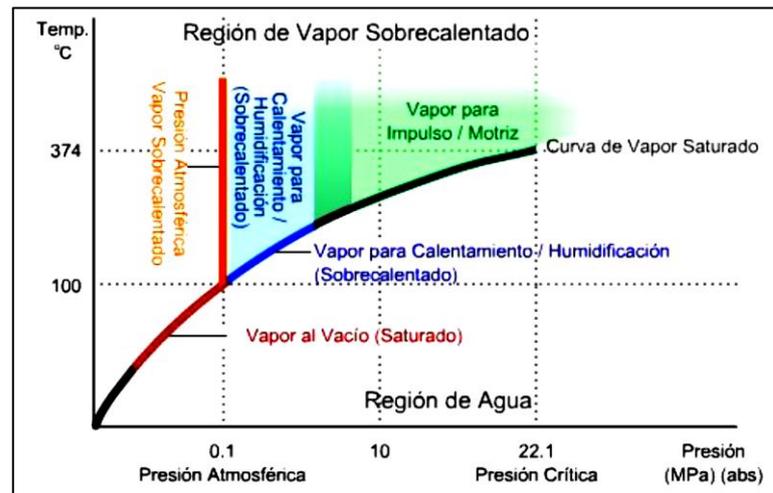
Según Yánez (2013), en la presentación digital “Tecnología de frutas 1”, manifiesta que: El agotado térmico es el proceso que calienta el contenido del recipiente a temperaturas entre los 70 °C y 80 °C antes de cerrarlo. Se produce un vacío (condición de presión del envase) generado por la concentración del contenido del envase y la condensación del vapor de agua después del sellado y enfriado. El vapor producido durante la ebullición desplaza el aire con el fin de evitar las presiones excesivas en la lata, y a la vez evitar la corrosión del envase causada por la presencia de oxígeno produciéndose así un cierto vacío dentro del envase.

El túnel de exhausting es un equipo que se emplea en los procesos de agotado, dentro de la producción del envasado de los productos alimenticios, y se utiliza para eliminar el aire de los envases antes de proceder a su cerrado hermético evitando el bombeo aparente del envase, la corrosión, la destrucción de vitaminas y la decoloración del producto, permitiendo la formación de un vacío uniforme.

Vapor saturado para el proceso de agotado

El vapor saturado es utilizado en los procesos de agotado porque se encuentra a temperaturas por debajo de los 100 °C y a presión atmosférica como se muestra en la Figura 2, el cual es tradicionalmente usado como medio de energía térmica en estos procesos.

Figura 2 Distribución de los distintos tipos de vapor



Fuente: García (2012)

Cuando se utiliza vapor saturado de la misma manera que el vapor de presión positiva, la temperatura del vapor puede ser cambiada rápidamente ajustando la presión, por lo que es posible lograr una precisión en el control de la temperatura.

El "vapor saturado" es vapor a la temperatura de ebullición del líquido. Es el vapor que se desprende cuando el líquido hierve. Se obtiene en calderas de vapor. El vapor saturado se utiliza en multitud de procesos industriales, pues interviene en procesos físicos, químicos, etc., en la obtención de múltiples elementos. También es el método más efectivo y de menor costo para esterilizar la mayoría de los objetos de uso hospitalario, mediante autoclaves. Se utiliza el vapor saturado en labores de limpieza con vapor, en la pasteurización de alimentos y bebidas, en sistemas de calefacción central urbana (Cabrera & Troya, 2012).

El vapor saturado se presenta a presiones y temperaturas en las cuales el vapor (gas) y el agua (líquido) pueden coexistir juntos. En otras palabras, esto ocurre cuando el rango de vaporización del agua es igual al rango de condensación.

El vapor saturado tiene varias propiedades que lo hacen una gran fuente de calor, particularmente a temperaturas de 100 °C (212 °F) y más elevadas. Algunas de estas son:

Tabla 2 Ventajas y propiedades de usar vapor saturado para el calentamiento

Propiedad	Ventaja
Calentamiento equilibrado a través de la transferencia de calor latente y rapidez.	Mejora la productividad y la calidad del producto.
La presión puede controlar la temperatura.	La temperatura puede establecerse rápida y precisa
Elevado coeficiente de transferencia de calor.	Área de transferencia de calor requerida es menor, permitiendo la reducción del costo inicial del equipo.
Se origina del agua.	Limpio, seguro y de bajo costo.

Fuente: Cabrera & Troya (2012)

Transferencia de calor en los procesos de agotado

La transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo más caliente a otro más frío.

Materiales para la construcción del sistema de esterilización

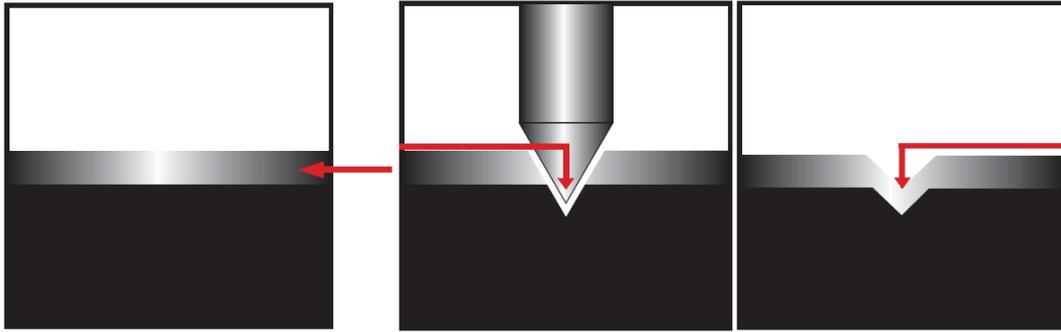
A continuación se especifica los materiales para la construcción del túnel de exhausting.

Aceros inoxidable

INDURA S.A. (2010) en su manual de ACEROS INOXIDABLES afirma que: Los aceros inoxidable son aleaciones a base de hierro, con bajo contenido de carbono y un mínimo de 11% de cromo. La mayoría de los grados comerciales contiene al menos 11% de cromo y hasta 0.8% de carbono. Algunos grados contienen níquel como segundo elemento de aleación.

Su principal característica es su alta resistencia a la corrosión. Esta resistencia es debido a la formación espontánea de una capa de óxido de cromo en la superficie del acero. Aunque es extremadamente fina, esta película invisible está firmemente adherida al metal y es extremadamente protectora en una amplia gama de medios corrosivos. Dicha película es rápidamente restaurada en presencia del oxígeno, y así daños por abrasión, corte o mecanizados son reparados rápidamente.

Figura 3 Restauración de la película



Fuente: INDURA S.A. (2010)

Ventajas del acero inoxidable

- **Resistencia a la corrosión**

Todos los aceros inoxidables tienen una alta resistencia a la corrosión. Los grados de baja aleación, resisten la corrosión en condiciones atmosféricas; los grados altamente aleados pueden resistir la corrosión en la mayoría de los medios ácidos, incluso a elevadas temperaturas.

- **Resistencia a la alta y baja temperatura**

Algunos grados resisten grandes variaciones térmicas y mantendrán alta resistencia a temperaturas muy altas, otros demuestran dureza excepcional a temperaturas criogénicas.

- **Facilidad para la fabricación**

La mayoría de aceros inoxidables pueden ser cortados, soldados, forjados y mecanizados con resultados satisfactorios.

- **Resistencia mecánica**

La característica de endurecimiento por trabajo en frío de muchos aceros inoxidables, se usa en el diseño para reducir espesores y así, los costos. Otros aceros inoxidables pueden ser tratados térmicamente para hacer componentes de alta resistencia.

- **Estética**

El acero inoxidable está disponible en muchas terminaciones superficiales. Se mantiene fácilmente dando por resultado una alta calidad.

- **Propiedades higiénicas**

La facilidad de limpieza del acero inoxidable lo hace la primera opción en hospitales, cocinas, e instalaciones alimenticias y farmacéuticas.

- **Ciclo de trabajo**

El acero inoxidable es un material durable, y es la opción más barata considerando el ciclo vital.

Clasificación de los aceros inoxidables

Los aceros inoxidables se clasifican en tres tipos Austeníticos, Ferríticos y Martensíticos; y los mismos que se detallan a continuación:

Aceros Inoxidables Austeníticos

La clase Austenítica contiene níquel como segundo elemento principal de aleación. El Ni se utiliza para suprimir la transformación de la Austenita y hacerla estable incluso a temperatura ambiente y más baja. Así, cuando el níquel se agrega al acero inoxidable en cantidades suficientes, la estructura cambia a Austenita.

Los metales de aporte serie 300 de acero inoxidable Austenítico (con contenido de Cr que varía desde 15-32 % y contenido de Ni de 8-37 % aproximadamente) se utilizan en la mayor parte de las aplicaciones de soldadura ya que ellos son mucho más soldables que los aceros inoxidables Ferríticos o Martensíticos.

Características básicas

- Elevada resistencia a la corrosión en una amplia gama de ambientes corrosivos, generalmente mejor que la de los aceros Martensíticos o Ferríticos.
- Excelente soldabilidad, mejor que los grados Ferríticos y Martensíticos.
- Sobresaliente maleabilidad y ductilidad, mejor que los grados Ferríticos y Martensíticos.
- Muy buenas propiedades criogénicas y buena resistencia a alta temperatura.
- Endurecible solamente por trabajo en frío.

- Comparado con el acero al carbono posee menor punto de fusión, menor conductividad térmica, mayor resistencia eléctrica y coeficientes de expansión térmica aproximadamente 50 % mayores.
- Las características magnéticas de los metales de aporte de acero inoxidable Austenítico varían desde no magnéticos como en los Tipos 310, 320 y 330 completamente Austeníticos a notablemente magnéticos como en el Tipo 312, que contiene más de un 25% de Ferrita.

Aplicaciones típicas

- Algunos aceros completamente Austeníticos pueden ser usados a temperaturas tan bajas como $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Plantas y equipos químicos.
- Equipos para procesamiento de alimentos.
- Usos arquitectónicos.

Aceros inoxidables Ferríticos

Se caracterizan por una estructura Ferrítica a cualquier temperatura ya que no presentan transformación de Ferrita en Austenita durante el calentamiento ni transformación Martensítica en el enfriamiento. Por esta razón no hay posibilidad de cambios de fase. Si a un acero inoxidable se le aumenta el porcentaje de Cr y se limita la cantidad de C la vertical que representa a aleación se situará a la derecha del bucle gamma y el acero será Ferrítico a cualquier temperatura, ya que no atraviesa ninguna línea de transformación, y no podrá ser templado, como por ejemplo los inoxidables tipo 430, 442, y 446. Los aceros Ferríticos son conocidos como los aceros inoxidables de cromo directo. Su contenido de cromo que varía entre 10.5% (Tipo 409) y el 30 % (Tipo 448), pero con bajo contenido de carbono. Ejemplos son los aceros AISI 405, 430, 442 y 446. La más común de las aleaciones es la tipo 430, con 16 % a 18 % de cromo, 0.12 % máximo de carbono.

Características básicas

- Soldabilidad frecuentemente mayor que los grados Martensíticos pero menor que los grados Austeníticos.
- Resistencia a la corrosión algo superior a la de los aceros inoxidables Martensíticos, pero inferior a la de los grados Austeníticos.

- Es propenso a aumentar el tamaño del grano a temperaturas elevadas y adquiere cierta fragilidad con permanencias prolongadas entre 450 y 500 °C (fragilidad a 475 °C).
- Buena resistencia a la corrosión especialmente en cloruros a alta temperatura, comparada con los grados Austeníticos.
- No endurecible por el tratamiento térmico, sólo moderadamente por trabajo en frío, generalmente menos que los aceros inoxidable Austeníticos.
- Menor ductilidad que los aceros Austeníticos, debido a la inherente menor plasticidad de la estructura cúbica centrada en el cuerpo del hierro alfa. Maleabilidad no tan buena como los grados Austeníticos pero suficiente para trabajarlos fácilmente en frío.
- Menor tenacidad que los grados Austeníticos.
- Alcanzan su máxima ductilidad y resistencia a la corrosión en la condición de recocido.
- Son bastante magnéticos y están expuestos a la desviación de arco (Soplo magnético).
- Excelente resistencia a la corrosión inducida por cloruros.
- Se les prefiere en general por su resistencia a la corrosión y bajo costo, más que por sus propiedades mecánicas.

Aplicaciones típicas

- Tubos de intercambiadores de calor, por ejemplo en plantas de procesamiento de petróleo o gas natural.
- Estampado profundos de piezas como recipientes para industrias químicas, alimenticias, y para adornos arquitectónicos o automotrices.
- Aplicaciones de resistencia al agrietamiento por corrosión de tensiones de cloruro, corrosión en medios acuosos, oxidación a alta temperatura y corrosión por picadura y por hendidura por medios de cloruro.
- Tubos de escape de automóviles, tanques de radiadores, reactores catalíticos y alcantarillas.
- Adornos decorativos y tanques de ácido nítrico.
- Componentes que requieren protección contra subidas de temperatura tales como partes de hornos, boquillas y cámaras de combustión.
- Tanques de agua caliente.

Aceros inoxidables Martensíticos

Son aleaciones que atraviesan el campo gamma del diagrama de equilibrio Cr-Fe debido a lo cual pueden Austenizarse y templarse. Pueden estar aleados con pequeñas cantidades de otros elementos. Son Ferríticos en estado de recocido pero Martensíticos con un enfriamiento más rápido ya sea en aire o en un medio líquido desde una temperatura superior a la crítica. Fueron los primeros aceros inoxidables desarrollados comercialmente (como cuchillería) y tienen contenido relativamente alto del carbono (0,1-1,2 %) comparado a otros aceros inoxidables. Aceros de este grupo en general no contienen más de 14 % de Cr excepto los tipos 440 A, B, y C que contienen 16-18 % de Cr y una cantidad de Carbono suficiente para producir el endurecimiento. Junto con la clase de aceros inoxidables Ferríticos comparten la denominada serie AISI 400. En contraste con los aceros inoxidables auténticos, no contienen níquel como elemento de aleación. Algunos ejemplos son aceros tipo AISI 410, 416, 420, 431, 501 y 502.

Características básicas

- Moderada resistencia a la corrosión. Usualmente menor que la de los aceros Austeníticos y Ferríticos.
- Baja soldabilidad, variando con el contenido de carbono.
- Excelente resistencia mecánica.
- Puede ser endurecido por el tratamiento térmico y así alcanzar altos niveles de resistencia y dureza.
- Son bastante magnéticos al igual que los aceros inoxidables Ferríticos, por lo tanto están sujetos al desvío del arco en la soldadura.
- Son adecuados para temperatura moderadamente alta.
- Cuando reciben tratamiento térmico apropiado tienen la resistencia a la corrosión adecuada en muchos ambientes, ofrecen mayor resistencia y buenas propiedades de fatiga junto con excelente resistencia a la oxidación y al desgaste.
- Estas aleaciones se seleccionan a menudo por sus buenas propiedades mecánicas y bajo costo.

Aplicaciones típicas

- En piezas que están sometidas a corrosión y que requieren cierta resistencia mecánica.
- Aspas de turbinas (Tipo 403).

- Revestimiento de asientos para válvulas.
- Carcazas de bombas.
- Cuerpos de válvulas y compresores.
- Cuchillería, Hojas de afeitar e instrumentos quirúrgicos (Tipos 420 y 431).
- Ejes y pernos.

Tabla 3 Propiedades generales de los aceros inoxidable

*: Adquieren mayor dureza al ser trabajados en frío.

** : Adquieren cierto magnetismo al ser trabajados en frío.

Tipo	Resistencia a la corrosión	Dureza	Magnéticos	Endurecibles por tratamiento térmico	Soldabilidad
Martensíticos	Baja	Alta	Si	Si	Pobre
Ferríticos	Buena	Media baja	Si	No	Limitada
Austeníticos	Excelente	Alta *	No **	No	Excelente

Fuente: BONNET Suministros y Maquinarias S.L.

Acero inoxidable AISI 304

Éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. Incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925 °C. No se recomienda para uso continuo entre 425-860 °C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango (Naula, 2014).

Tabla 4 Aceros inoxidable para alimentos AISI 304 vs AISI 316

Tipo	Resistencia a la corrosión	Dureza	Costo	Adición de Molibdeno	Soldabilidad
AISI 304	Alta	Alta	Medio	No	Alta
AISI 316	Alta	Alta	Alto	Si	Alta

Fuente: BONNET Suministros y Maquinarias S.L.

El acero inoxidable 316 se considera mucho más resistente a una serie de soluciones químicas tales como el ácido sulfúrico, bromuros y yoduros debido a la adición de Molibdeno que incrementa su resistencia a la corrosión en lugares salinos. Su capacidad para soportar dichas

soluciones hacen del acero 316 el material de uso preferido para aplicaciones a ser instaladas en entornos médicos y farmacéuticos.

El acero inoxidable de grado 304 es considerado el más utilizado de los aceros inoxidables austeníticos. El tipo de acero 304 es capaz de satisfacer una amplia variedad de requisitos físicos por lo que es un material ideal para utilizar en aplicaciones tales como equipos de cocina y tanques de almacenamiento.

Soldabilidad de aceros inoxidables

Por soldabilidad se entiende la facilidad con que un material puede ser fabricado por soldadura incluyendo la habilidad de la unión soldada para aguantar las tensiones y las condiciones a que se ve sometido en servicio, así como la medida de la facilidad o dificultad del material de mantener sus propiedades generales tras su soldadura.

La soldabilidad de los aceros inoxidables depende principalmente de la estructura metalográfica de los mismos. Así se considera que la soldabilidad general de todos los aceros pertenecientes a la familia de los inoxidables Martensíticos es muy mala. La soldabilidad de los inoxidables Ferríticos es aceptable a mala según la composición de cada uno, su espesor, y sobre todo, de la aplicación de servicio que de él se pretenda, ya que la soldadura puede afectar muy negativamente las propiedades de estos aceros. La soldabilidad de los aceros inoxidables Austeníticos es muy buena, y esto hace que estas familias de aceros sean la elección más común cuando en el diseño del componente que se pretenda, la soldadura es un proceso de fabricación esencial o importante (Lázaro, 2012).

Los aceros inoxidables deben ser manejados con un poco más de cuidado que los aceros ordinarios, en el corte y montaje. El cuidado que se tome en la preparación para la soldadura será tiempo bien usado, lo que incrementará la calidad de la soldadura y la terminación del producto, lo cual dará un óptimo rendimiento en servicio.

Limpieza en la preparación de la soldadura

Una limpieza inapropiada puede causar defectos en la soldadura tales como fisuras, porosidad o falta de fusión. La resistencia a la corrosión de la soldadura y de la zona afectada por el calentamiento se puede reducir sustancialmente si se deja material extraño en la superficie antes de la soldadura o una operación de calentamiento. Después de limpiadas, las juntas deben ser cubiertas, a menos que se realice inmediatamente la soldadura.

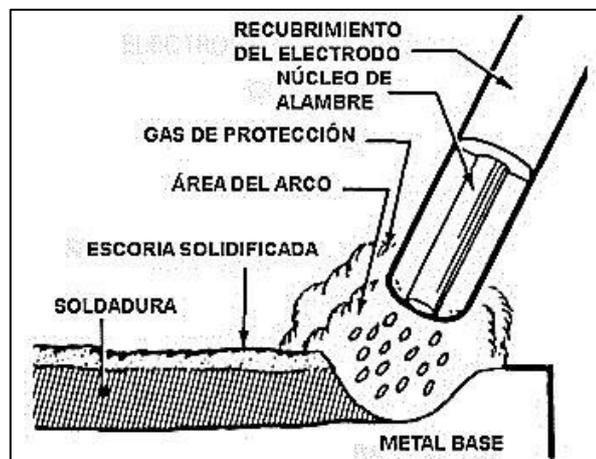
Procesos de soldadura de aceros inoxidable

Según ACERIND S.C., los procesos de soldadura son:

Soldadura por arco de metal protegido

Es un proceso versátil, ampliamente utilizado para la soldadura del acero inoxidable, cuando los tamaños o cantidades no justifican la soldadura automática. El electrodo es un alambre sólido recubierto con una capa de decapante extruido, aunque algunos fabricantes utilizan un alambre hueco. La zona del arco en este proceso se muestra en la Figura 4.

Figura 4 Soldadura por arco de metal protegido



Fuente: ACERIND S.C.

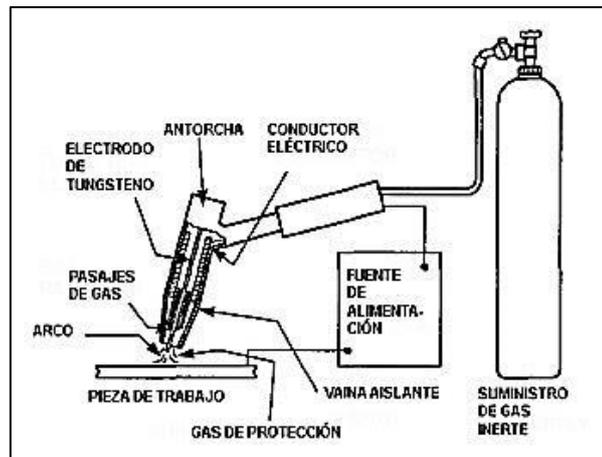
La soldadura se lleva a cabo manualmente con el soldador manteniendo control sobre la longitud del arco y dirigiéndolo hacia la junta a soldar.

Los factores que contribuyen a una alta calidad de las soldaduras en acero inoxidable incluyen el manejo y almacenamiento apropiado de los electrodos, una intensidad de corriente adecuada, junto con buenas técnicas para el encendido y apagado del arco.

Soldadura TIG

El proceso TIG (Tungsten Inert Gas) se usa ampliamente y es muy adecuado para soldar acero inoxidable. Un gas inerte (normalmente argón) se usa para proteger del aire al metal fundido de la soldadura. Si se necesita, se agrega metal de aporte en forma de alambre dentro del arco, bien manual o automáticamente. El proceso se ilustra en la Figura 5. Mediante el proceso TIG se puede soldar materiales tan finos como algunas centésimas hasta espesores grandes, pero normalmente se usa hasta 1/4" (6,4 mm).

Figura 5 Soldadura TIG



Fuente: ACERIND S.C.

Algunas ventajas de este proceso de soldadura incluyen:

- No hay escoria que eliminar, lo cual minimiza las tareas de limpieza posterior.
- Es un proceso de soldadura que se puede utilizar en todas posiciones, lo cual lo hace especialmente apto para la soldadura de cañerías.
- No hay salpicaduras de soldadura que limpiar.
- Prácticamente no hay una variación en la composición química de la aleación del metal de base durante la soldadura.

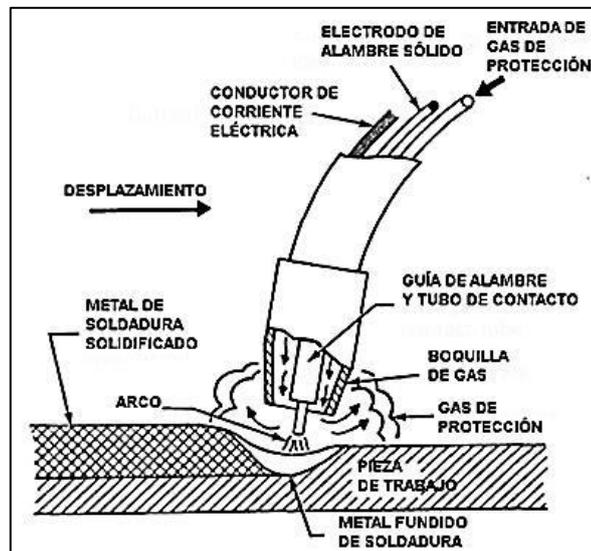
Soldadura MIG

En el proceso MIG (Metal Inert Gas, cuando se utiliza un escudo gaseoso de gas inerte) o MAG (Metal Active Gas, cuando se utiliza un gas activo), se establece un arco entre el electrodo consumible, un alambre desnudo y la pieza. El arco y la soldadura se protegen de la atmósfera mediante un escudo gaseoso, compuesto principalmente por gases inertes, argón y/o helio. Con el objeto de obtener una mejor acción del arco y una mejor mojabilidad en la soldadura, se utilizan opcionalmente pequeñas cantidades de gases activos, tales como dióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno. Algunas ventajas del proceso MIG sobre los otros procesos de soldadura incluyen:

- Mayores velocidades de soldadura
- No hay escoria que eliminar, lo cual facilita el proceso de limpieza posterior
- Facilidad de automatización
- Buena transferencia de elementos a través del arco

Los componentes básicos del proceso MIG se muestran en la Figura 6.

Figura 6 Soldadura MIG



Fuente: ACERIND S.C.

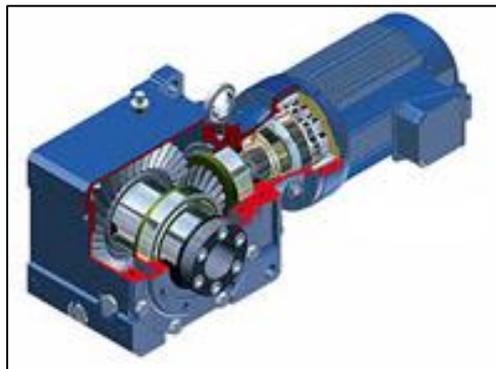
Componentes principales sistema de esterilización

Reductor o motorreductor

Un motorreductor es un dispositivo multiplicador de par con una relación de transmisión fija, puede soportar grandes esfuerzos axiales y radiales y en el eje de salida se puede transmitir cualquier potencia.

Los reductores y los motorreductores son elementos mecánicos muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que se necesiten reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura (Morales, 2010).

Figura 7 Motorreductor



Fuente: Mecánica Industrial

Según Doño (2008): Los beneficios de utilizar reductores o motorreductores son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.
- Un gran número de relaciones de velocidad, lo cual da una gran gama de velocidades de salida.
- Un incremento del par torsional, en el cual es proporcional a la pérdida de velocidad.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 V y 60 Hz.

Para seleccionar adecuadamente un reductor ó motorreductor se debe tener en cuenta las siguientes características:

Características de operación

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida), kW.
- Velocidad (RPM de entrada como de salida), rev/min.
- Torque (par) máximo a la salida en kg·m (N·m).
- Relación de reducción (I).

Características del trabajo a realizar

- Tipo de máquina motriz (eléctrico, a gasolina).
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga: uniforme, con choque, continua, discontinua.
- Duración de servicio: horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

Condiciones del ambiente

- Humedad.
- Temperatura.

Ejecución del equipo

- Ejes a 180°, ó, 90°.
- Eje de salida horizontal, vertical.

Variador de frecuencia

El variador de frecuencia es un aparato electrónico que permite controlar la velocidad de motores de inducción eléctricos, haciendo que el control de velocidad varíe cambiando la frecuencia de la salida de corriente enviada al motor. El variador es alimentado por un sistema trifásico en dos rangos de voltaje: 200 a 240 V, 50 y 60 Hz o 380 a 480 V, 50 y 60 Hz.

Una excelente forma de controlar la velocidad de un motor de inducción es variando la frecuencia del voltaje de alimentación. Este método implica disponer de una fuente separada, en donde la frecuencia y la tensión puedan ser variadas simultáneamente y en proporción directa una de la otra; ya que para obtener un flujo permanente en los motores, se deben mantener una relación constante entre la tensión V , y la frecuencia f de la fuente de alimentación, la razón de mantener una relación constante entre la tensión aplicada y la frecuencia de la fuente, es porque el par desarrollado depende de la magnitud del flujo, y existen muchas aplicaciones en donde conservar el par constante, es de especial interés.

Figura 8 Variador de frecuencia



Fuente: SIEMENS

En su concepto más básico, el inversor de frecuencia rectifica o transforma la corriente alterna (CA) de la alimentación en corriente directa (CD), para ello cuenta con un circuito de rectificadores formado por diodos, un contactor interno, unas resistencias y unos capacitores que permiten obtener una CD lo más plana posible (sin rizo). Posteriormente, la CD se transforma nuevamente en CA de la frecuencia deseada diferente o igual a los 60 ciclos por

segundo estándar en la línea de alimentación; esta variación de la frecuencia es la que propiciará que el motor gire más rápido a más lento según se gire la perilla de control (Morales, 2010).

Ventajas del variador frecuencia

- Es posible mover la velocidad del motor o motorreductor según las necesidades de la producción o el proceso, esto puede ser hecho de forma automática o manual.
- No se requieren protecciones adicionales de sobre corriente para la protección del motor, esto lo hace el propio inversor de forma fina y ajustable sin ningún costo adicional protegiendo al motorreductor.
- Es posible automatizar el sistema utilizando otras características propias del inversor de frecuencia.
- Se puede arrancar suavemente (tanto como se requiera) una determinada carga sin golpear la transmisión variando el tiempo de aceleración lo que no es posible con otros sistemas de variación mecánica.
- Se puede regular la corriente de arranque del motor aumentando la capacidad de arranques y paros frecuentes (hasta 20-25 por minuto) sin sobrecalentar el motor y disminuyendo el consumo de energía.
- Mejora el factor de potencia y el consumo de corriente de la instalación disminuyendo los costos operativos.
- Es posible adecuar con toda precisión el par o torque del motor a la carga mecánica para obtener mínimo desgaste y esfuerzo del sistema ahorrando energía eléctrica.

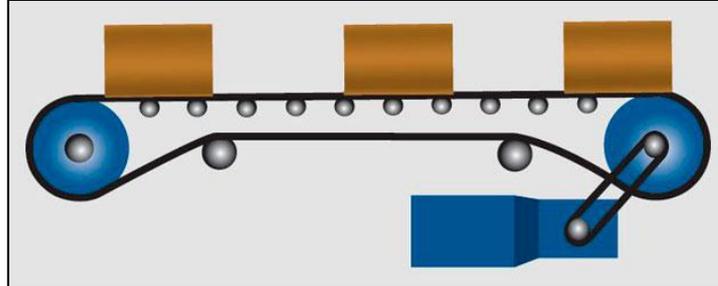
Banda transportadora

Las bandas transportadoras son elementos auxiliares de diferentes procesos, cuya misión es la de recibir o enviar un producto de forma continua y regular para conducirlo a otro punto deseado. Por otra parte las bandas transportadoras tienen un mecanismo de funcionamiento sencillo que una vez instaladas suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento, son mecanismos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellas.

Gallegos & Jarrín (2012) exponen que: Una cinta transportadora es un medio para el transporte de material desde un comienzo A, hasta un punto final B. Para efectuar el trabajo

de mover material desde A hasta B, la correa requiere potencia que es proporcionada por un tambor motriz o una polea de conducción.

Figura 9 Banda transportadora



Fuente: Proveedores Industriales (2005)

Un transportador de bandas es un equipo que sirve para llevar de un lugar a otro, ya sea largas o cortas distancia, grandes y pequeñas cantidades de varios tipos de materiales, pudiendo tener estas trayectorias inclinadas, rectas o una combinación de ambas, las cuales constan de materiales elásticos que en su parte superior acarrean el material, la banda se enrolla en varias poleas cilíndricas una colocada en la sección de carga del transportador y otras en la sección de descarga, y es unida por grapas o vulcanizada en los extremos.

Un transportador está constituido básicamente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por el arrastre que le transmite uno de los tambores (tambor motriz), el mismo que es accionado por un motor. Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión.

El torque del motor transforma en fuerza tangencial, llamada también tensión efectiva, a la superficie de la polea de conducción. Éste es el “tirón” o tensión requerida por la correa para mover el material de un punto a otro, y es la suma de lo siguiente:

- La tensión para vencer la fricción de la correa y de los componentes en contacto con ella.
- La tensión para vencer la fricción de la carga.
- La tensión para aumentar o disminuir debido a los cambios de elevación.

Controlador de temperatura

La temperatura es una variable importante en la mayoría de los procesos industriales. Su medición y control son vitales para asegurar uniformidad en la calidad de los productos terminados, y para mantenerse dentro de los límites seguros de operación.

El controlador de temperatura, es un dispositivo que se encarga de regular y mantener constante una temperatura de entrada, fijada como consigna. Su funcionamiento se basa en el principio de realimentación, un elemento esencial de todos los mecanismos de control que permite al diseñador dotar de un equipo de capacidad de autocorrección (Aucancela & Chávez, 2009).

Los controladores de temperatura como se muestra en la Figura 8, son utilizados para controlar los sistemas de calefacción o refrigeración, mediante un sensor de temperatura, (termopar o RTD). Conservan la temperatura entre dos valores prefijados, poniendo en marcha un sistema de calentamiento o un sistema de enfriamiento cuando las condiciones así lo requieran. Esto pueden ser por arranque o parada de compresores o solenoide, el display muestra la temperatura ajustada y actual a la que el sensor está expuesto, (a este punto se denomina setpoint) y se ajusta a la salida del dispositivo calefactor para mantener la temperatura deseada. Luego pasa a un sistema de control el cual activa o desactiva el sistema de alimentación.

Figura 10 Controlador de temperatura



Fuente: SAICO (2016)

Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico.

El sensor de temperatura, típicamente suele estar formado por el elemento sensor, la vaina que lo envuelve y que está rellena de un material muy conductor de la temperatura, para que los cambios se transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico (Cajas & Yanchapaxi).

Termocuplas

Las termocuplas son los sensores de temperatura eléctricos más utilizados en la industria. Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo, que al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los mV (milivoltios) el cual aumenta con la temperatura.

Estos dispositivos suelen ir encapsulados en vainas, para protegerlos de las condiciones extremas en ocasiones del proceso industrial que tratan de ayudar a controlar. Además según la distancia a los aparatos encargados de tratar la pequeña señal eléctrica de estos transductores, también deben utilizarse cables compensados para transportar esta señal sin que la modifique la señal. (Cajas & Yanchapaxi)

Detectores resistivos de temperatura (RTD) o termoresistencias

Los detectores resistivos de temperatura o Resistance Temperature Detectors (RTD) (siglas en inglés) se basan en el principio donde la resistencia de todos los metales depende de la temperatura. La elección del platino en los RTD de máxima calidad permite realizar medidas más exactas y estables hasta una temperatura de aproximadamente 500 °C. Los RTD más económicos utilizan níquel o aleaciones de níquel, pero no son tan estables ni lineales como los que emplean platino (Olguín, Barrientos & Gonzáles, 2007).

El RTD consiste en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado, bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o cerámica. El material que forma el conductor, se caracteriza por el “coeficiente de temperatura de resistencia”, este se expresa en un cambio de resistencia en ohmios del conductor por grado de temperatura a una temperatura específica.

Tabla 5 Ventajas y desventajas de un RTD y una termocupla

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
RTD	<ul style="list-style-type: none"> • Más estable • Más preciso • Más lineal • Más sensible 	<ul style="list-style-type: none"> • Autoalimentado • Robusto • Amplia variedad de formas físicas • Amplia gama de temperaturas
TERMOCUPLA	<ul style="list-style-type: none"> • Menos estable • Pequeño cambio de resistencia • Requiere fuente de alimentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja tensión • Precisa referencia • Menos estable • Menos sensible

Fuente: Carmona & Ortiz (2011)

Elementos de control y regulación de fluidos

En los procesos industriales, los elementos finales de control son los dispositivos encargados de transformar una señal de control en un flujo de masa o energía (variable manipulada). Es esta variable manipulada la que incide en el proceso causando cambios de la variable controlada y lo más común en los procesos es que la manipulación sea un caudal. Para ajustar el flujo de fluidos en una línea primaria, existen dos mecanismos:

1. Modificar la energía entregada al fluido (bombas y ventiladores de velocidad variable).
2. Modificar la resistencia al paso del fluido (válvulas, registros en ductos de gases).

En procesos industriales es absolutamente necesario contar con elementos de regulación y control para mantener constantes algunas magnitudes, tales como: la presión, el caudal, la temperatura, etc.

Electroválvula

En muchas aplicaciones es necesario controlar el paso de algún tipo de flujo, desde corriente eléctrica hasta gases o líquidos. Esta tarea es realizada por válvulas, generalmente accionadas por solenoides que permiten su implementación en lugares de difícil acceso y facilitan la automatización del proceso al ser accionadas eléctricamente.

Según Mayorga y Mera (2010): Las electroválvulas o válvulas de solenoide constituyen uno de los elementos más sencillos y posiblemente el de empleo más común de los actuadores

eléctricos. Estas válvulas son de acción todo-nada; es decir, posición abierta dejando totalmente libre el paso del fluido y posición cerrada cortando su paso.

La válvula solenoide típica (Figura 11), está constituida por una bobina solenoide encajada en un núcleo fijo en forma de tubo cilíndrico, en cuyo interior se desliza un núcleo móvil provisto en su extremo de un disco o tapón.

Figura 11 Electroválvula



Fuente: burkert Sistemas de control de fluidos

La bobina actúa como un electroimán, su excitación crea un campo magnético que atrae al núcleo móvil y vástago mientras que su des-excitación invierte la posición de este gracias a un resorte que empuja el disco contra el asiento, cerrando así la válvula.

Medidores de presión

En todo proceso industrial, por muy sencillo que sea, es siempre necesario el uso de instrumentos de medición y control que permitan entre otras cosas mantener los parámetros de calidad de los productos generados en cada proceso, supervisar la operación, determinar condiciones inseguras de operación, etc.

Manómetro

Según Creus Solé (2011): Los indicadores de presión o manómetros, son elementos de medición y control, en la actualidad existen una variedad de instrumentos, pero dependiendo del sistema a controlar los más utilizados son los instrumentos mecánicos elásticos como son: el tubo de Bourdon y el de fuelle.

Un manómetro es un dispositivo que mide la intensidad de una fuerza aplicada (presión) a un líquido o gas. Estos pueden ser de dos clases:

1. Los que equilibran la presión desconocida con otra que se conoce. A este tipo pertenece el manómetro de vidrio en U, en el que la presión se determina midiendo la diferencia en el nivel del líquido de las dos ramas.
2. Los que la presión desconocida actúa sobre un material elástico que produce el movimiento utilizado para poder medir la presión. A este tipo de manómetro pertenece el manómetro de tubo de Bourdon, el de pistón, el de diafragma, etc.

Los manómetros de tubo de Bourdon y de fuelle son instrumentos primarios de tipo elásticos, de medida directa y son utilizados para determinar la presión absoluta, el vacío o la presión diferencial.

Distribución de vapor

El sistema de distribución de vapor es un enlace importante entre la fuente generadora de vapor y el usuario. La fuente generadora de vapor puede ser una caldera o una planta de cogeneración.

Los sistemas de distribución de vapor están conformados por tres componentes principales que son cabezales o distribuidores, tuberías principales y los ramales los mismos que están encargados de transportar el vapor desde los generadores a diversos equipos de consumo. El sistema debe garantizar de manera eficiente la entrega y la calidad del vapor requerido, tomando en cuenta parámetros importantes como demanda, presión y temperatura que son controlados por los diversos accesorios instalados en el sistema (Tapia, 2013).

Cabezales de vapor (distribuidores de vapor)

Un cabezal de vapor es una tubería principal de distribución de vapor porque puede recibir vapor de una o varias calderas al mismo tiempo.

Lo más común es que sea una tubería horizontal a la que se le alimenta el vapor por la parte superior, y al mismo tiempo se alimentan las tuberías principales de distribución.

Es importante trampear el cabezal de forma correcta para asegurarse que cualquier sustancia indeseable (agua de la caldera y/o partículas) sea removida del vapor antes de su distribución.

Tuberías principales

La red de distribución de vapor junto con las reguladoras de presión y temperatura, constituye la parte central de una instalación para la generación de vapor; es la encargada precisamente de conducir el vapor generado en la caldera hacia los diferentes puntos de demanda existentes en el proceso industrial.

Ramales de vapor

Los ramales son las tuberías que salen de las tuberías principales de vapor y llevan el vapor hacia el equipo que lo utiliza.

El sistema completo debe ser diseñado y conectado de forma que se evite la acumulación de condensado en cualquier punto del sistema.

8. HIPÓTESIS

Un túnel de exhausting permitirá la esterilización de envases de productos alimenticios en el centro experimental Salache de la UTC con el control de la temperatura y el tiempo adecuado para su esterilización.

9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Los métodos de investigación que se aplican en este trabajo de investigación son el analítico, sintético y el cuasi-experimental. Se aplicó el análisis documental en la primera parte del proyecto, esta investigación se apoya en un análisis documental, fundamentando la recolección de información mediante documentos, con la finalidad de recolectar datos, recorriendo a técnicas como la observación directa para que el investigador obtenga el control sobre los procesos, los análisis y la obtención de resultados, para conocer, comparar, profundizar y deducir criterios en cumplimiento de los objetivos.

El estudio documental al inicio de esta investigación permitió tener un conocimiento amplio del proyecto, ayudando al procediendo de diseño y construcción del sistema de esterilización.

La investigación aplicada posteriormente es de tipo cuasi-experimental, porque estudia las relaciones de causa-efecto del objeto de estudio, y se basa en un diseño específico.

El objetivo primordial es realizar pruebas de funcionamiento después de haber terminado la construcción del sistema de esterilización, para valorar la eficiencia de la máquina comprobando ciertas variables como: velocidad, tiempo y temperatura considerada en los procesos de esterilización de envases de alimentos, probando y adquiriendo conclusiones del trabajo ejecutado mediante la toma de datos y la verificación del dimensionamiento de la máquina en las pruebas realizadas; el presente proyecto no es de carácter experimental debido a que el trabajo es el diseño de una máquina que ya existe en el mercado, es una modalidad particular de investigación que consiste en la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable, para solucionar problemas, requerimientos y necesidades de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Diseño

A continuación se establece todos los pasos y requerimientos técnicos necesarios para el desarrollo del trabajo de investigación, el mismo que permitirá realizar el diseño y construcción del sistema de esterilización, para la esterilización de envases de productos alimenticios, que serán procesados en el centro experimental Salache (UTC).

Restricciones

Luego de un análisis y estudio de mercado, la principal restricción del diseño de este sistema de esterilización en base al uso de un túnel de agotamiento (túnel de exhausting) es:

Los costos de los materiales utilizados para la construcción adecuada de este tipo de equipos son muy elevados.

Parámetros de diseño

Para determinar los parámetros de diseño que intervienen en el túnel de exhausting, se considera las necesidades, requerimientos y condiciones de trabajo a las que va estar sometida la máquina. Los parámetros considerados para el diseño son los siguientes:

- Voltaje
- Accionamiento
- Capacidad de carga
- Tamaño y peso.
- Tipo de trabajo

- Materiales
- Vida útil
- Costo
- Procesos de construcción
- Condiciones de trabajo

Voltaje

El voltaje para el funcionamiento de la máquina es de 220 Vac trifásico, el equipo tiene una línea de neutro y puesta a tierra para su protección.

Accionamiento

La máquina tiene un accionamiento de tipo semiautomático, que permite que algunos elementos que la constituyen no requieran la intervención humana.

Capacidad de carga

Según el requerimiento del diseño, el túnel de exhausting tiene la capacidad necesaria para transportar los envases, con una carga por minuto de 20 unidades. En la Figura 10.2, se puede apreciar las dimensiones de los envases.

Tamaño y peso

Este parámetro es muy importante en el diseño, porque el peso y dimensiones tienen mucho que ver con la facilidad de transporte, adaptabilidad a la línea de producción, posibilidad de ser montada, desmontada y puesta en funcionamiento dentro del centro experimental Salache (UTC), las dimensiones de la máquina es:

- Altura: 1260 mm
- Ancho: 712 mm
- Longitud: 3120 mm

El peso de la máquina depende directamente de las dimensiones y de los materiales y elementos que se utilizaron en su diseño y construcción, el peso del sistema de esterilización es de 180 kg.

Tipo de trabajo

La principal aplicación del túnel de exhausting es realizar el proceso de esterilización a los envases de los productos alimenticios mediante vapor de agua, antes de su llenado y cerrado hermético. Estos parámetros permitieron seleccionar adecuadamente los materiales de construcción del equipo.

Materiales para la construcción

Para la construcción del exhausting se consideraron utilizar materiales resistentes a la corrosión, que permitan trabajar bajo vapor de agua y a una temperatura máxima de 120 °C, y que se los puede encontrar en el mercado local, todos los materiales que se van a utilizar para la construcción del túnel de exhausting, son en su totalidad de acero inoxidable bajo normas AISI 304. Además todo lo que respecta a uniones soldadas se requirió utilizar soldadura TIG y soldadura con electrodo de acero inoxidable, dependiendo del tipo de unión a soldar, las mismas que son adecuadas para la construcción de cualquier máquina destinada a la industria alimenticia.

Los accesorios que se utilizaron, ya sea por requerimientos o por protección, son: motorreductor, rodillos, chumaceras, banda transportadora, variador de frecuencia, controlador de temperatura, termocupla, electroválvula y un tablero eléctrico de control, también se utilizó materiales como pernos, tuercas, arandelas, electrodos, entre otros.

Vida útil

La vida útil del túnel de exhausting se basa en el desempeño que tenga cada uno de los sistemas y componentes, el tiempo de vida útil promedio de este tipo de máquina es de 10 años, considerando que el equipo es de construcción metálica de alta calidad, como es el acero inoxidable AISI 304, comenzando su proceso de devaluación anual del 10% a partir de este tiempo. Hay algunos elementos específicos que requieren de un mantenimiento constante, previamente establecido a la hora de trabajo, y el deterioro de estos depende del tipo de proceso que realice la máquina con mayor frecuencia, además del mantenimiento que se les realice.

Costos

El costo para el diseño y construcción del túnel de exhausting es un parámetro importante dentro de la elaboración del proyecto, porque de esta manera se determinaron los tipos de factores que se implican para obtener su costo final, los mismos que son:

- Materiales
- Accesorios y equipos
- Mano de obra
- Montaje y pruebas
- Diseño
- Varios

Procesos de construcción

Los procesos que se realizó en la construcción de la máquina son:

- Trazado
- Cortado
- Doblado
- Taladrado
- Roscado de tubos
- Soldadura TIG y con electrodo de acero inoxidable
- Ensamble
- Acabado
- Conexiones eléctricas

Condiciones de trabajo

La máquina trabajará bajo techo, es decir no estará expuesto a la intemperie, pero se considera que al estar expuesta al trabajo mediante vapor de agua, sujeta a un ambiente corrosivo con una humedad promedio del 80 % y a una temperatura que oscila entre los 25 °C y 100 °C. Estos parámetros permitieron seleccionar de mejor manera los elementos para su construcción.

Descripción del equipo

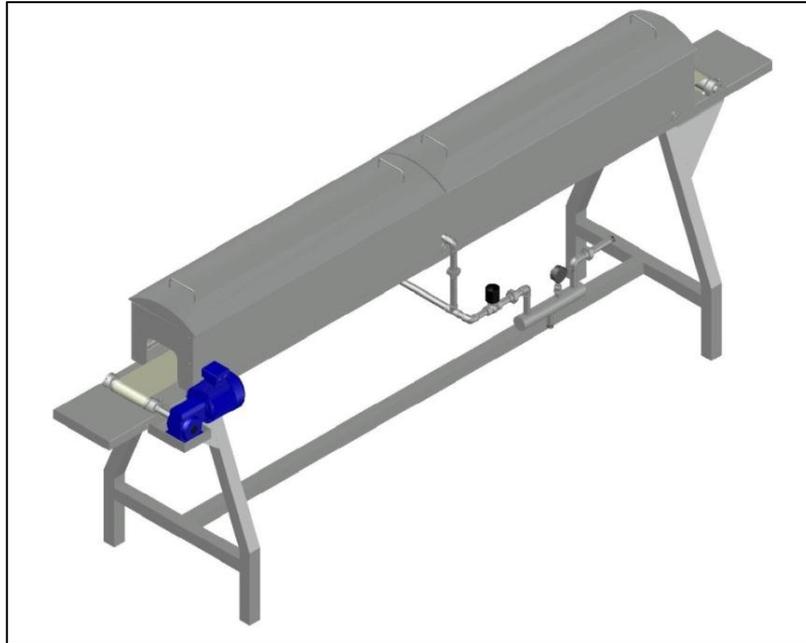
La construcción del sistema de esterilización como se muestra en la Figura 10.1, es en su totalidad en acero inoxidable, bajo norma AISI 304. El material para la construcción fue seleccionado de acuerdo a los parámetros de diseño y al ambiente de trabajo en donde va a desenvolver su función, por ser un material apto para trabajar en el área alimenticia, es de fácil limpieza y resistente a la corrosión.

El equipo es utilizado en la industria alimentaria para la esterilización y el agotado de productos alimenticios antes de su cerrado hermético. La máquina trabajará utilizando como medio calefactor el empleo de vapor saturado obtenido de una caldera de vapor externa, el vapor será inyectado directamente a la cámara de agotado y así aprovechar su beneficio.

La cámara de vapor es de forma rectangular con dos tapas empernadas en sus extremos, y dos tapas móviles de tipo torisféricas en su parte superior, permitiendo abrir y cerrar la cámara de vapor, el túnel descansará sobre una base de tubería cuadrada debido a que no es muy pesado aun conteniendo los envases en el proceso de agotado.

La máquina está constituida de un sistema de transportación conformado de un motorreductor, un variador de velocidad electrónico y una banda transportadora, que permite el envío de los envases por el interior del túnel, posee un sistema de dispersión de vapor que consta de dos flautas dispersoras de vapor en el interior del túnel con tuberías para su ingreso, la red de la tubería consta de una válvula solenoide que está controlada por medio de un control de temperatura, el cual abre o cierra la válvula permitiendo el paso del vapor al sistema cuando la temperatura del túnel disminuya de los parámetros programados en el control de temperatura, en el tablero eléctrico se encuentran los dispositivos de control para la activación del equipo.

Figura 12 Sistema de esterilización de envases

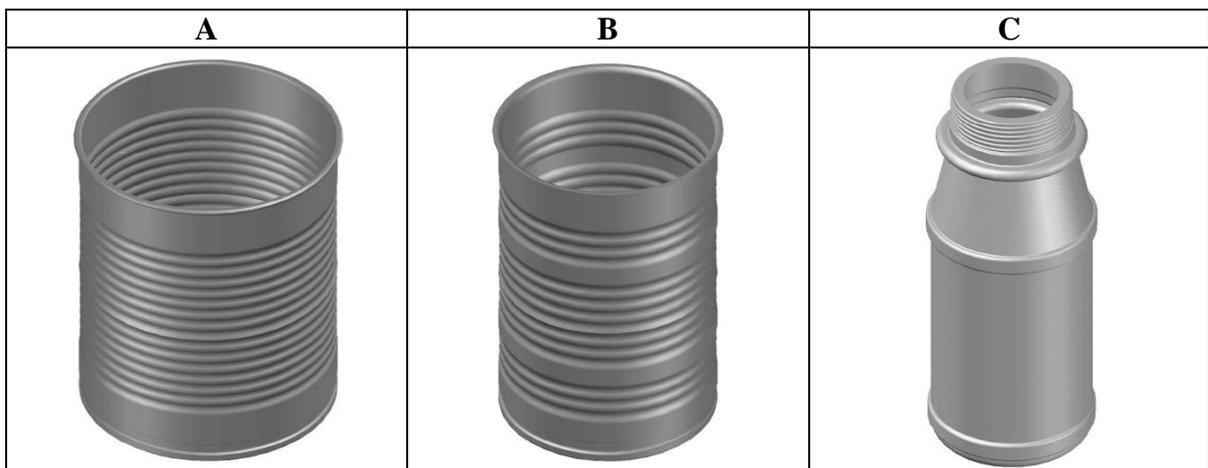


Realizado por: Grupo investigativo

Características de los elementos a ser transportados

Los envases a transportar como se muestra en la Figura 13, tienen las características que se indican en la Tabla 6.

Figura 13 Envases a trasportar



Realizado por: Grupo investigativo

Tabla 6 Características de los envases a transportar

DENOMINACIÓN		TIPO		
		A	B	C
Material		Hojalata	Hojalata	Plástico
Forma		Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica
Dimensiones	Diámetro (D)	0,102 [m]	0,078 [m]	0,052 [m]
	Altura (h)	0,18 [m]	0,113 [m]	0,125 [m]
Masa de la carga unitaria (m_q)		0,080 [kg]	0,044 [kg]	0,012 [kg]
Peso unitario (W_q)		0,784 [N]	0,4312 [N]	0,1176 [N]

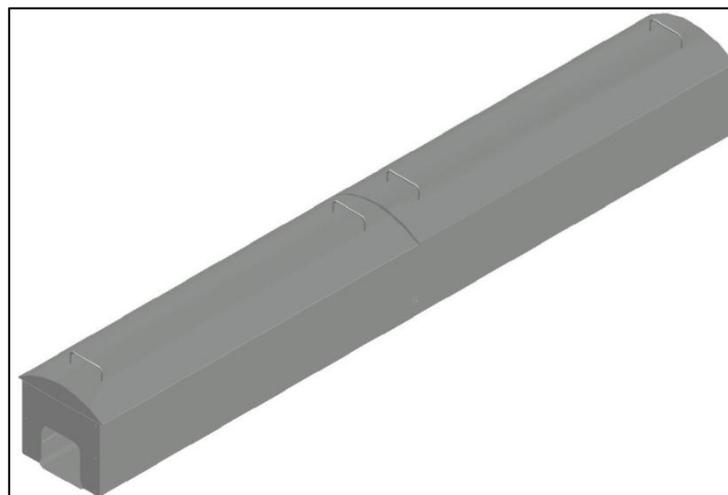
Realizado por: Grupo investigativo

Diseño del sistema de esterilización

El diseño de ingeniería se puede definir como: “El proceso de aplicar diversas técnicas y los principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficientes detalles para permitir su realización”.

Cámara de agotado

La cámara de agotado es la parte principal del sistema de esterilización, donde va a circular vapor saturado a temperaturas que van desde 80 hasta 100 °C, permitiendo realizar el proceso de agotamiento térmico a los envases y la misma que se puede apreciar en la Figura 14.

Figura 14 Cámara de agotado

Realizado por: Grupo investigativo

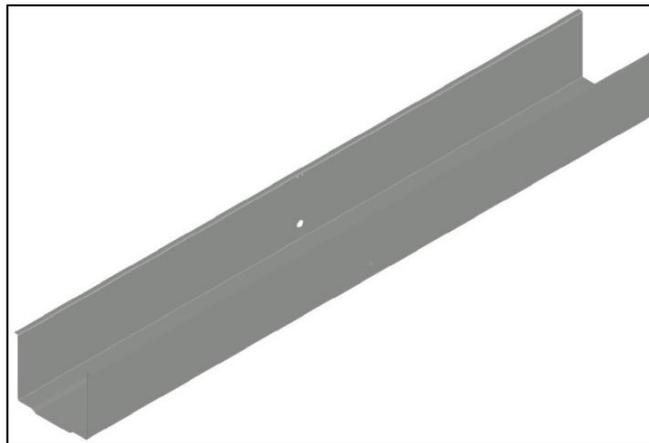
La cámara de agotado está construida tomando en cuenta las normas que se rigen en la industria alimenticia, la misma que proporciona suficiente espacio y estabilidad, permitiendo de mejor manera la colocación adecuada de los envases que se van a utilizar en el sistema.

Las dimensiones de la cámara de agotado son de 244 cm de largo por 25 cm de altura y consta de las siguientes partes, las mismas que se encuentran detalladas a continuación:

Base de la cámara

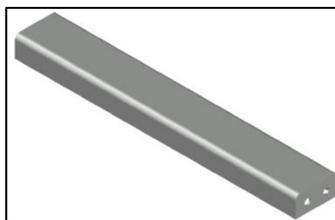
La base de la cámara, que se muestra en la Figura 15, está construida con las medidas requeridas para los envases (ver Tabla 6). La misma que tiene las medidas exactas que permite el ensamblaje adecuado de la banda transportadora, además existen dos perforaciones de $\varnothing 1''$, permitiendo el ingreso de la tubería de vapor hacia el interior de la cámara, y cuatro perforaciones de $\varnothing \frac{1}{4}''$ que permite sujetar en el interior un soporte (ver Figura 16) en la parte intermedia de la base por medio de pernos de $\varnothing \frac{1}{4}''$ de acero inoxidable, La cámara de agotado tiene 4 perforaciones de $\varnothing \frac{5}{16}''$ en el interior, que permite empernarla respectivamente al bastidor.

Figura 15 Base de la cámara



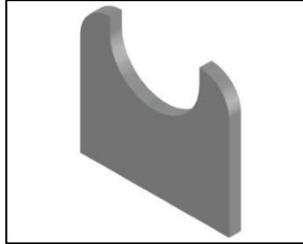
Realizado por: Grupo investigativo

Figura 16 Soporte de la base



Realizado por: Grupo investigativo

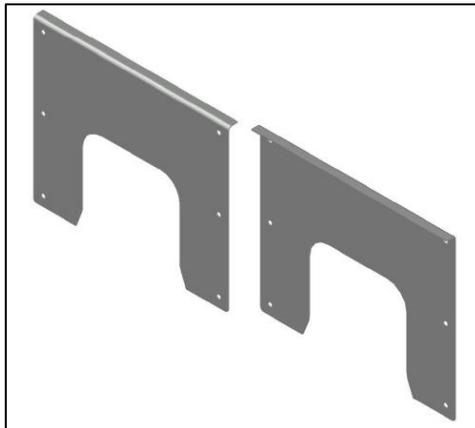
En el interior de la base existen 4 soportes soldados, que permite el montaje de las flautas disipadoras de vapor, el diseño de los soportes se muestra en la Figura 17, y a la vez que se encuentran construidas de acero inoxidable.

Figura 17 Soportes de las flautas disipadoras de vapor

Realizado por: Grupo investigativo

Tapas frontales

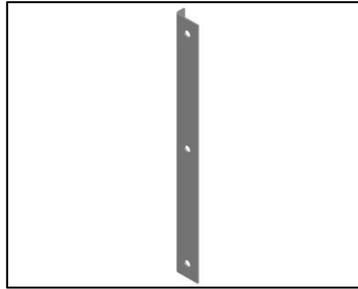
En la Figura 18, se observan las tapas anterior y posterior, en las que se encuentran 6 perforaciones de $\varnothing \frac{1}{4}$ ", las tapas se ubican en la entrada y salida de la cámara, correctamente empernadas con pernos de acero inoxidable de $\varnothing \frac{1}{4}$ " \times $\frac{1}{2}$ ", en los soportes que se encuentran soldados a la base permitiendo de esta manera montar y desmontar las piezas con facilidad.

Figura 18 Tapas frontales

Realizado por: Grupo investigativo

Soportes de tapas frontales

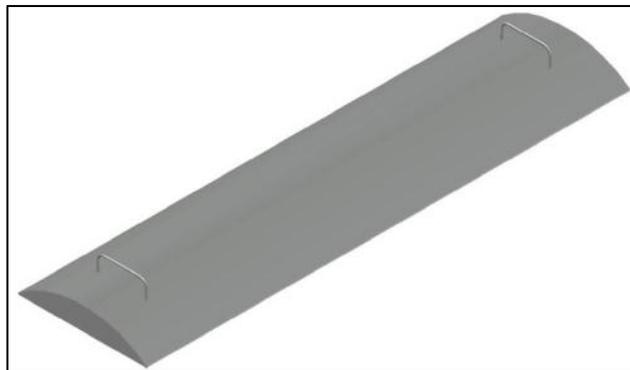
Los soportes para las tapas frontales se encuentran contruidos de acero inoxidable y soldados a la base de la cámara con 3 perforaciones de $\varnothing \frac{1}{4}$ ", como se muestra en la Figura 19.

Figura 19 Soportes de tapas frontales

Realizado por: Grupo investigativo

Tapas superiores

Las dos tapas superiores de la cámara son de forma toriesférica, muy fáciles de desmontarlos y diseñados con el propósito de realizar la debida limpieza en el interior de la cámara. En la parte superior de las tapas se encuentran soldadas 2 manijas en cada tapa, que permiten con facilidad el montaje y desmontaje de las mismas, y están construidas de barrilla de acero inoxidable lisa de $\varnothing \frac{1}{4}$ "., como se muestra en la Figura 20.

Figura 20 Tapas superiores

Realizado por: Grupo investigativo

Selección de materiales para la cámara de agotado

Los materiales empleados en la construcción de la cámara se seleccionaron de acuerdo a la normativa que se rige en la industria alimenticia, en la cual el acero inoxidable utilizado para el procesamiento de productos alimenticios es el AISI 304, por ende todas las partes de la cámara cumplen con esta normativa y se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7 Selección de materiales para la cámara de agotado

Parte	Cant.	Material	Tipo	Espesor
Base de la cámara	1	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	1,5 mm
Soportes de las flautas	4	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	4 mm
Tapas frontales	2	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	1,5 mm
Soportes de tapas frontales	4	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	1,5 mm
Tapas superiores	2	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	1,5 mm
Manijas de tapas superiores	4	Varilla de acero inoxidable	AISI 304	Ø ¼"

Realizado por: Grupo investigativo

Elementos de sujeción

En la Tabla 8, se especifica las características técnicas de los pernos y tuercas utilizadas en el ensamblaje de las piezas de la máquina.

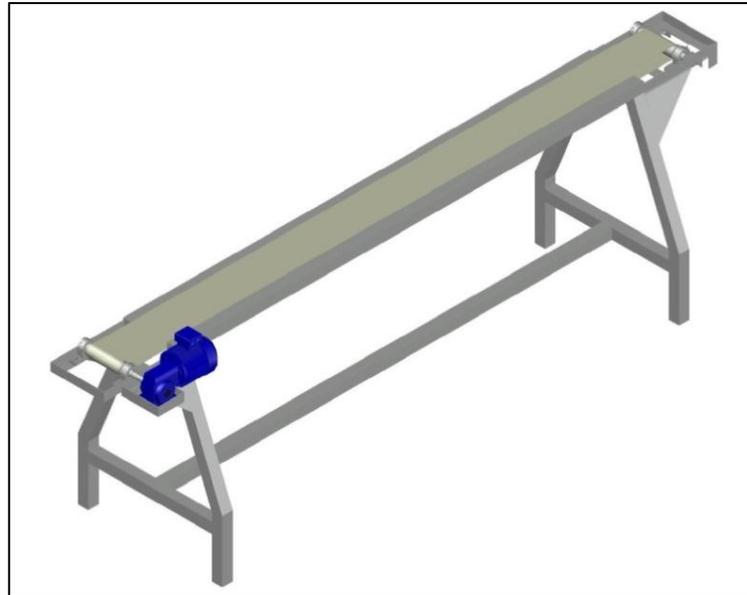
Tabla 8 Características de los elementos de sujeción

Tipo	Tamaño	Material	Norma	Cantidad	Ubicación
Perno Avellanado Allen	Ø ¼" x ½"	Acero inoxidable	AISI 304	16	Sujeción de las tapas frontales y soporte interior de la base
Tuerca hexagonal	Ø ¼"				
Perno hexagonal	Ø 1/4 " x 2"	Acero inoxidable	AISI 304	4	Sujeción de la base de la cámara
Tuerca hexagonal	Ø 5/16 "				
Perno hexagonal	Ø ¼" x ½"	Acero inoxidable	AISI 304	16	Sujeción de las mesas de soporte
Tuerca hexagonal	Ø ¼"				
Perno hexagonal	Ø 5/16 " x ½"	Acero inoxidable	AISI 304	4	Sujeción del motorreductor
Tuerca hexagonal	Ø 5/16 "				
Perno hexagonal	Ø ½" x 1"	Acero inoxidable	AISI 304	8	Sujeción de las chumaceras
Tuerca hexagonal	Ø ½"				

Realizado por: Grupo investigativo

Sistema de transportación de envases

El transportador de envases como se visualiza en la Figura 21, posee una banda transportadora, la cual mueve los envases desde una posición inicial hasta una posición final, la banda es movida por un motorreductor, el mismo que es accionado mediante un selector manual que se encuentra en el tablero de control.

Figura 21 Sistema de transportación de envases

Realizado por: Grupo investigativo

Características de la banda transportadora

Debido a que el túnel exhausting ya posee la banda transportadora se establece las siguientes especificaciones, las mismas que se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9 Características de la banda transportadora

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Material de la banda	TPU (Poliuretano termoplástico)
Color lado de transporte	Blanco (suave)
Color lado de tracción	Blanco (tejido)
Color lado de polea	Blanco (tejido impregnado)
Espesor de la banda	1,2 mm
Peso	0,4 kg/m
Mesa de apoyo	Si
Fuerza de tracción admisible por unidad de ancho	18 N/mm
Número de capas	3
Segmento industrial	Apto para uso alimenticio sin empaquetar/abierto
Longitud	5,60 m
Ancho	0,15 m

Realizado por: Grupo investigativo

La banda es de uso industrial y es de un material textil sintético antideslizante, para operación deslizante directamente sobre lámina metálica.

Cálculo del diámetro de los rodillos

La longitud de la banda transportadora viene determinada por la ecuación (Ec. 1):

$$L_b = 2L + \frac{\pi}{2} \cdot (D_r + d_r) + \frac{D_r - d_r}{4L} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

- L_b = Longitud de la banda [m].
- L = Distancia entre centros de los rodillos [m].
- D_r = Diámetro del rodillo motriz [m].
- d_r = Diámetro del rodillo arrastrado [m].

Dado que el diámetro de los dos rodillos son iguales, tenemos:

$$L_b = 2L + \pi \cdot D_r$$

ó

$$L_b = 2L + \pi \cdot d_r$$

De donde se deduce que:

$$D_r = d_r = \frac{L_b - 2L}{\pi} \quad (\text{Ec. 2})$$

Ángulo de contacto entre el rodillo y la banda transportadora

El ángulo de contacto entre el rodillo y la banda se obtiene a partir de las ecuaciones (Ec. 3) y (Ec. 4):

$$\theta_D = \pi + 2\text{Sen}^{-1} \frac{D_r - d_r}{2L} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\theta_d = \pi - 2\text{Sen}^{-1} \frac{D_r - d_r}{2L} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

- θ_D = Ángulo de contacto entre la banda y el rodillo motriz.
- θ_d = Ángulo de contacto entre la banda y el rodillo arrastrado.
- L = Distancia entre centros de los rodillos [m].

- D_r = Diámetro del rodillo motriz [m].
- d_r = Diámetro del rodillo arrastrado [m].

Sistema de transportación

Para desarrollar el cálculo del sistema de transportación se toma en cuenta las condiciones de trabajo a las que debe estar sometido el sistema, las mismas que tendrán las siguientes características de funcionamiento, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10 Características del transportador

Características	Designación	Valor
Longitud entre centros de los rodillos	L	2,72 m
Promedio de transportación	q/minuto	20 unidades/minuto
Número de objetos a transportar por hora	q/hora	120 unidades/hora
Tiempo para recorrer la longitud "L"	t	60 segundos

Realizado por: Grupo investigativo

Cálculo de la banda completamente cargada y de su velocidad

Establecido los diferentes parámetros de trabajo y las características de los elementos a ser transportados se desarrolla el siguiente análisis. Utilizando la ecuación (Ec. 5) se puede calcular la capacidad del transportador.

$$Q_t = m_q \cdot \# \text{ de objetos transportados en una hora} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

- Q_t = Capacidad del transportador [Tn/h].
- m_q = Masa de la carga unitaria [kg] (ver Tabla 6).
- Número de objetos transportados en una hora = 120 (ver Tabla 10).

Para calcular la velocidad de transportación de la banda se aplica la ecuación (Ec. 5):

$$V_t = \frac{L}{t} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

- V_t = Velocidad del transportador [m/s].
- L = Distancia entre centros de los rodillos [m].

- t = Tiempo que tarda en recorrer el envase la distancia L .

Cálculo de la tensión de la banda transportadora

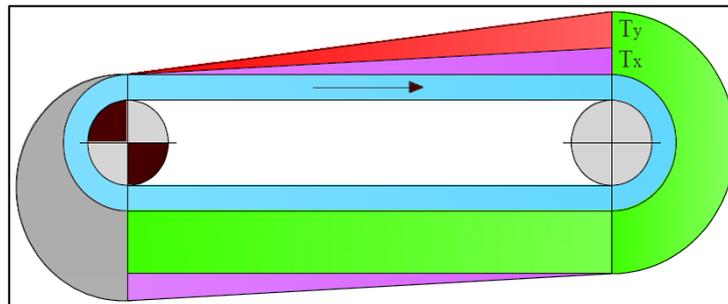
La tensión efectiva (T_E), se define como la fuerza total transmitida por el motor cuando la banda se mueve en torno al tambor de accionamiento (rodillo motriz), y esta tensión se determina mediante la ecuación (Ec. 7).

$$T_E = T_x + T_y \pm T_z \quad (\text{Ec. 7})$$

- T_E = Tensión efectiva [N].
- T_x = Tensión necesaria para mover la banda vacía [N].
- T_y = Tensión necesaria para mover la carga horizontalmente [N].
- T_z = Tensión necesaria para levantar o bajar la carga [N].

Debido a que el sistema transporta los envases horizontalmente el cálculo de la tensión efectiva se realiza considerando dos componentes como se muestra en la Figura 22.

Figura 22 Diagrama de tensiones para bandas transportadoras horizontales
 T_x = Tensión necesaria para mover la banda vacía [N]
 T_y = Tensión necesaria para mover la carga horizontalmente [N]



Fuente: KAUMAN S.A.

La tensión necesaria para mover la banda vacía se calcula mediante la ecuación (Ec. 8).

$$T_x = \mu \cdot L_C \cdot W_m \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

- T_x = Tensión necesaria para mover la banda vacía [N].
- μ = Coeficiente de fricción entre la banda y el rodillo deslizante.
- L_C = Valor ajustado de la distancia entre centros de los rodillos [m].
- W_m = Peso de las piezas en movimiento [kg/m].

Para calcular la tensión necesaria para mover la carga horizontalmente se aplica la ecuación (Ec. 9).

$$T_y = \mu \cdot L_c \cdot Q \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

- T_y = Tensión necesaria para mover la carga horizontalmente [N].
- μ = Coeficiente de fricción entre la banda y el rodillo deslizante.
- L_c = Valor ajustado de la distancia entre centros de los rodillos.
- Q = Razón de la carga [kg/m]

La razón de la carga está determinada por la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{33,3 \cdot Q_t}{V_t} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

- Q_t = Capacidad del transportador [Tn/h]
- V_t = Velocidad de transportación de la banda [m/s]

Tensión en el lado flojo y lado tenso de la banda transportadora

La tensión efectiva (T_E) es la tensión necesaria para mover la banda vacía, para mover la carga en sentido horizontal y la tensión que resulta de levantar o bajar la carga. Pero esta no es la tensión que se ejerce sobre la banda. En sistemas de transmisión por fricción (transportadores, elevadores, bandas planas de transmisión y correas en V) hay que considerar una tensión adicional para evitar el patinamiento en el rodillo de accionamiento.

Esta tensión adicional es también la tensión de la banda en el lado de retorno, las cuales están determinadas por las ecuaciones (Ec. 11) y (Ec. 12), y representadas en la Figura 23.

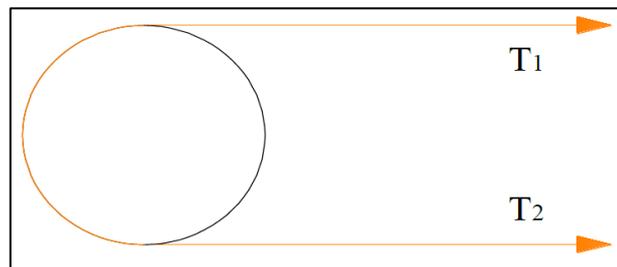
$$T_2 = K \cdot T_E \quad (\text{Ec. 11})$$

$$T_1 = e^{\mu\theta} \cdot T_2 \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

- T_2 = Tensión en el lado flojo.
- T_1 = Tensión en el lado tenso.
- K = Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción y el arco de contacto.
- $e^{\mu\theta}$ = Factor basado entre el ángulo de contacto y coeficiente de fricción entre el rodillo y la banda.
- T_E = Tensión efectiva [N]

Figura 23 Diagrama de las tensiones T1 y T2



Realizado por: Grupo investigativo

Torque y potencia del rodillo motriz

Para establecer el torque (T_{orque}) y la potencia (P_{Watts}) que necesita el rodillo motriz para mover la banda transportadora se puede obtener aplicando las ecuaciones (Ec. 13), (Ec. 14) y (Ec. 15):

$$T_{orque} = (T_1 - T_2) \cdot R_r \quad (\text{Ec. 13})$$

$$n = \frac{V_t \cdot 60}{\pi \cdot D_r} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$P_{Watts} = \frac{n \cdot T_{orque}}{9549} \cdot 1000 \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde:

- T_{orque} = Torque [N.m].
- T_1 = Tensión en el lado tenso.
- T_2 = Tensión en el lado flojo.
- R_r = Radio del rodillo [m].

- n = Velocidad del rodillo [m/s].
- V_t = Velocidad de transportación [m/s].
- D_r = Diámetro del rodillo [m].
- P_{Watts} = Potencia necesaria para mover la banda transportadora [Watts].

Cálculo del momento torsionante del motorreductor y del diámetro del eje

El momento torsionante del motorreductor se calcula con la ecuación (Ec. 16):

$$M_T = \frac{P}{\omega_R} \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

- M_T = Momento torsionante en [N·m]
- P = Potencia del motorreductor en [Watts]
- ω_R = Velocidad angular del rodillo [rad/s]

Para encontrar el diámetro mínimo del eje se aplica la teoría de la energía de distorsión con la ecuación (Ec. 17):

$$d^3 = \frac{32 \cdot n_s}{\pi \cdot S_y} \cdot \sqrt{M_{AB}^2 + M_T^2} \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

- d = Diámetro del eje del rodillo [m].
- n_s = Factor de seguridad (5).
- S_y = Límite de fluencia.
- M_{AB} = Momento flector [kg·m].
- M_T = Momento torsionante [kg·m].

Estructura

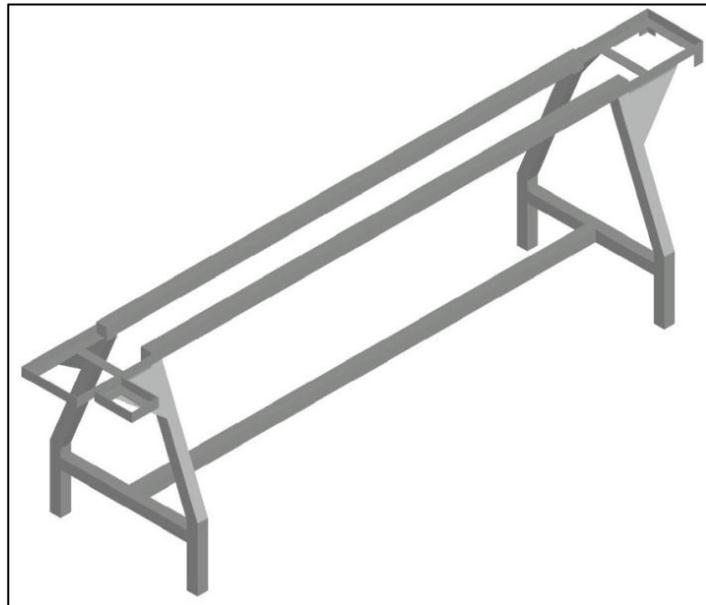
El bastidor metálico es una parte importante de la máquina puesto que esta sirve para alojar los diferentes elementos y dispositivos que constituyen la máquina y el mismo que se puede visualizar en la Figura 24.

Los perfiles utilizados en la máquina corresponden a los soportes que dan la rigidez a la estructura metálica, siendo utilizado para este fin tubo estructural cuadrado de acero inoxidable AISI 304 de 2" x 1/16", ya que este material es resistente y soporta perfectamente los esfuerzos y pesos requeridos.

El bastidor cuenta con dos bases para las chumaceras del rodillo motriz y conducido en sus dos extremos construidas de ángulo de acero inoxidable AISI 304 de 1 1/2"x 1/4", con perforaciones de \varnothing 3/4". Su diseño va conforme a las dimensiones de chumaceras y rodillos, estas bases están debidamente soldadas a la estructura.

La base del motorreductor esta soldada a la base de las chumaceras del rodillo motriz, esta parte mecánica está construida en función de las dimensiones del motorreductor para que permita ensamblarse con facilidad y está construido del mismo ángulo utilizado para las bases.

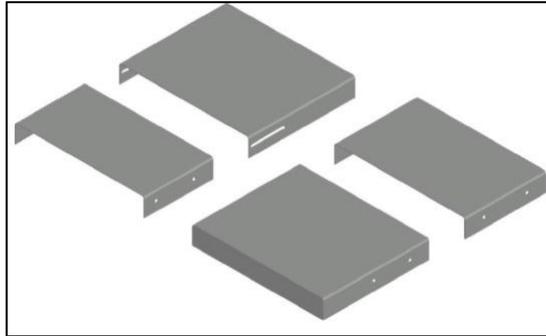
Figura 24 Bastidor



Realizado por: Grupo investigativo

Mesas de apoyo

Las mesas de apoyo (Figura 25) se utilizan para la colocación de los envases y sus dimensiones dependerán del posicionamiento de las chumaceras y rodillos. Estas mesas contienen perforaciones de \varnothing 1/4" y espacios adicionales por maniobrabilidad de operación y verificación de la tensión de la banda transportadora.

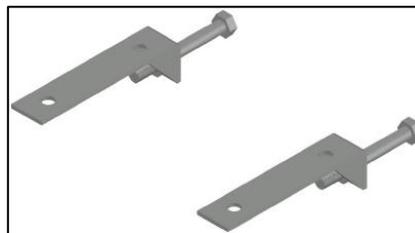
Figura 25 Mesas de apoyo

Realizado por: Grupo investigativo

Estos apoyos están contruidos de acero inoxidable AISI 304 de un espesor de 1,5 mm.

Sistema tensor

El sistema tensor como se muestra en la Figura 26, sirve para variar y estabilizar la tensión de la banda transportadora, que consta de una perno roscado de acero inoxidable AISI 304 con un \varnothing $\frac{1}{2}$ " y de un acoplamiento formada de una platina de acero inoxidable AISI 304 de $1\frac{1}{2}$ " y $e = \frac{1}{4}$ ", a estos acoples se empernan las chumaceras con pernos hexagonales de acero inoxidable, para que permite el deslizamiento de las chumaceras mediante el ajuste de dos contratuercas.

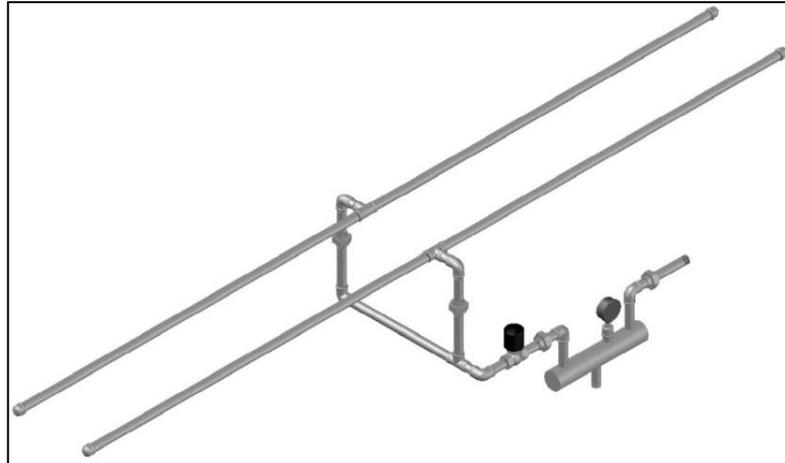
Figura 26 Sistema tensor

Realizado por: Grupo investigativo

Diseño del sistema de calefacción

El sistema de calefacción como muestra la Figura 27, permite transportar y distribuir el vapor dentro del túnel y está construido por tubería de acero inoxidable AISI 304 de cédula 40 y \varnothing $\frac{3}{4}$ ", debido a la presión de trabajo que tiene y a la vez que permite una menor pérdida de calor cuando el vapor circule a través de todo el sistema. Además el sistema consta de accesorios que se detallan más adelante de mejor manera.

Figura 27 Diseño del sistema de calefacción

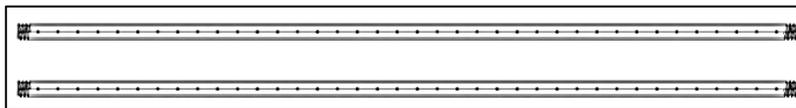


Realizado por: Grupo investigativo

Flautas disipadoras de vapor

Las flautas están fabricadas en tubería de $\text{Ø } 3/4''$ y se encuentran ubicadas en el interior de la base del túnel sobre unos soportes fabricados de acero inoxidable (Figura 17), su función es esparcir el vapor por todo el interior de la cámara uniformemente a través de perforaciones de $\text{Ø } 1/8''$, la misma que se puede apreciar en la Figura 28.

Figura 28 Flautas disipadoras de vapor

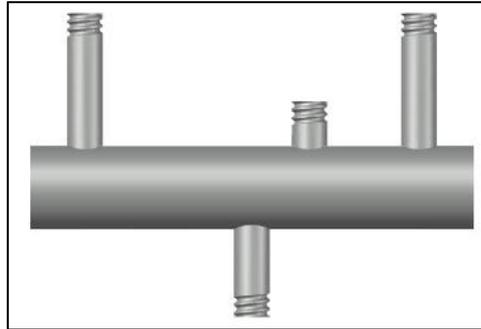


Realizado por: Grupo investigativo

Botella de desahogo

El diseño de la botella de desahogo como se muestra en la Figura 29, está constituido por un cilindro principal de 2'' de diámetro por 30 cm de largo y 4 tuberías de $\text{Ø } 3/4''$ (niples) de salida soldadas para la conexión de las flautas de vapor, el medidor de presión (manómetro) y para la extracción manualmente del condensado a través de un tapón hexagonal, cuando este se acumula en la botella de desahogo, permitiendo de esta manera mejorar la calidad de vapor que será utilizado en el proceso.

Figura 29 Diseño de la botella de desahogo



Realizado por: Grupo investigativo

Selección de accesorios

Los accesorios utilizados son específicos para el trabajo que van a realizar, por tal razón y cumpliendo estándares se ha seleccionado accesorios de tubería de acero inoxidable AISI 304, los mismos que se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11 Elementos utilizados en el sistema de calefacción

			<p align="center">Tapón con rosca interna</p> <p>Material: Acero inoxidable AISI 304 Dimensiones: Ø ¾” Ubicación: En los extremos de las flautas disipadoras de vapor</p>
			<p align="center">Codo 90° con rosca interna</p> <p>Material: Acero inoxidable AISI 304 Dimensiones: Ø ¾” Ubicación: En la derivación de la tubería a 90°</p>
			<p align="center">TEE con rosca interna</p> <p>Material: Acero inoxidable AISI 304 Dimensiones: Ø ¾” Ubicación: En la derivación para tres tuberías</p>
			<p align="center">Tuerca unión HH</p> <p>Material: Acero inoxidable AISI 304 Dimensiones: Ø ¾” Ubicación: En la conexión de dos tuberías</p>
			<p align="center">Reducción concéntrica con rosca interna</p> <p>Material: Acero inoxidable AISI 304 Dimensiones: Ø mayor ¾” y Ø menor ¼” Ubicación: En la conexión de la botella de desahogo con el manómetro</p>

	<p style="text-align: center;">Válvula de bola</p> <p>Material: Acero inoxidable AISI 304 Dimensiones: Ø ¾” Ubicación: En la parte inferior de la botella de desahogo</p>
	<p style="text-align: center;">Niple roscado por un extremo</p> <p>Material: Acero inoxidable AISI 304 cédula 40 Dimensiones: Ø ¾” Ubicación: Soldados en la botella de desahogo</p>
	<p style="text-align: center;">Niple roscado en ambos extremos</p> <p>Material: Acero inoxidable AISI AISI 304 cédula 40 Dimensiones: Ø ¾” Ubicación: En todo el sistema de vapor</p>
	<p style="text-align: center;">Electroválvula</p> <p>Material: Acero inoxidable AISI 304 Dimensiones: Ø ¾ ” de entrada y salida Voltaje: 110V Presión: 150 psi</p>
	<p style="text-align: center;">Manómetro</p> <p>Marca: GENEBRE Material: Acero inoxidable Escala de graduación: 0-100 psi Carátula: Ø 3” Vástago adaptador: Ø ¼” Ubicación: En la parte superior de la botella de desahogo</p>

Realizado por: Grupo investigativo

Diseño del control eléctrico

Para el diseño de control eléctrico de esta máquina se ha dispuesto tener un control semiautomático para su debido funcionamiento, debido a que el sistema de esterilización posee un motorreductor y un variador de frecuencia.

El control manual es el más sencillo y conocido, es generalmente, el más utilizado para el arranque de motores. Este tipo de control se utiliza frecuentemente con el propósito de la puesta en marcha y parada del motor.

El control manual también se caracteriza por el hecho de que el operador debe mover un interruptor o pulsar un botón para que se efectúe cualquier cambio en las condiciones de funcionamiento de la máquina o del equipo en cuestión.

Diseño del circuito de control y de potencia

En el diseño del circuito de control eléctrico se tiene dos tipos de circuitos, los mismos que son:

- Circuito de control.
- Circuito de potencia.

Circuito de control

El circuito de control está constituido por el tablero de mando y tablero de control, cuyos componentes son los siguientes:

- **Tablero de mando**
 - Selector 3 posiciones.
 - 6 luces piloto.
 - 2 pulsadores NC.
 - 2 pulsadores NA.
 - 1 paro de emergencia.
- **Tablero de control**

El tablero de mando se encuentra compuesto por elementos externos y elementos internos:

Los elementos externos que se encuentran comandados por el tablero de control son:

- Sensores de temperatura (Termocupla).
- Electroválvula proporcional.
- Motorreductor.

Los elementos que se encuentran dentro del tablero de control son aquellos que comandan y protegen debidamente el funcionamiento de la máquina, y son los siguientes:

- 1 interruptor termomagnético
- 2 relés de control

- 1 variador de frecuencia
- 2 controladores de temperatura
- 1 fuente de voltaje

Diseño del circuito de control

En los anexos se muestra el circuito de control de la máquina.

Circuito de potencia

Diseño del circuito de potencia

En los anexos se representa el diagrama del circuito de potencia de la máquina.

Selección y características de los elementos eléctricos

En la Tabla 12, se muestra las características técnicas de cada uno de los elementos eléctricos y electrónicos que se encuentran ubicados en el panel de control, estos elementos accionan el sistema de transportación y el sistema de calefacción de la máquina.

Tabla 12 Características de los elementos eléctricos

	VARIADOR DE FRECUENCIA DE 0,75 HP	
	Marca	SIEMENS SIMATIC V20
	Voltaje de alimentación	200V a 230V
	Variación de frecuencia	10-60 Hz
	Protecciones	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecalentamiento • Corriente • Voltaje
	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	
	Marca	LOVE CONTROLS
	Modelo	16C
	Rango de temperatura	0-400°C
	Fuente	AC 110/240 V
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	
	Marca	ABB C6
	Corriente	10 A
	Número de polos	1
	Voltaje	220V
	SELECTOR CAMSCO DE 3 POSICIONES	

	POTENCIÓMETRO DE 10K	
	PARO DE EMERGENCIA CAMSCO LMB-ES5	
	LUCES PILOTO CAMSCO 100-120VAC-DC	
	PULSADORES CAMSCO FPB-EA2 NORMALMENTE CERRADOS Y NORMALMENTE ABIERTOS	
	RELÉ DE CONTROL CAMSCO DE 8 Y 4 PINES PLANOS	
	FUENTE DE VOLTAJE	
	Marca	MEAN WELL DR-60-24
Alimentación	100-240VAC/24VDC	
	BORNERAS DE CONEXIÓN LEGRAND 10-22 AWG	

Realizado por: Grupo investigativo

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez concluido el análisis de recolección de datos, diseño y selección de los diferentes elementos que constituye el sistema de esterilización, se procede a la construcción de las partes que componen la máquina, también se realiza las pruebas de funcionamiento, incluyendo conclusiones y recomendaciones.

Construcción del sistema de esterilización de envases

La construcción del sistema de esterilización es la operación que permite plasmar el diseño mediante planos establecidos, los cuales son muy fundamentales en el montaje e instalación.

En la construcción de la máquina es necesario determinar:

- Herramientas y accesorios.
- Máquinas – herramientas y equipos
- Instrumentos de medición y verificación.
- Materia prima.
- Elementos seleccionados.
- Elementos a construir.

Requerimientos para la construcción

Para realizar la construcción de cada uno de los elementos que conforman el sistema de esterilización de envases se requiere de: maquinaria, equipos, herramientas, materiales e instrumentos. Los mismos que se detallan a continuación con sus respectivas codificaciones.

Herramientas y accesorios

Las herramientas y accesorios están constituidos por los equipos de trazado, corte, acabado, entre otros como se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13 Herramientas e instrumentos de trazado y medición

Nº	Herramientas	CÓDIGO
1	Cizalla manual	HC1
2	Arco de sierra	HA2
3	Cuchillas para torno	HT3
4	Brocas	HB4
5	Fresas	HF5
6	Machuelos	HM6
7	hexagonales, llave de tubo	HLL7
8	Martillo	HM8
9	Limas	HL9
10	Punzón	HP10
11	Entenalla	HE11
12	Playos y pinzas	HP12

Nº	Instrumentos de trazado y medición	CÓDIGO
15	Flexómetro	MF15
16	Escuadra	ME16
17	Compás	MC17
18	Calibrador pie de rey	MP18
19	Rayador	MR19
20	Mesa de trabajo	MM20

Fuente: Grupo investigativo

Máquinas- herramientas y equipos

Son un conjunto de mecanismos compuestos, de tal manera que permiten realizar trabajos específicos, son muy necesarios para el maquinado de cada uno de las partes de la máquina a construir y se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14 Máquinas- herramientas y equipos

Nº	MÁQUINAS- HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CÓDIGO
1	Soldadora eléctrica	MHS1
2	Sierra eléctrica	MHE2
3	Amoladora	MHA3
4	Esmeril	MHP4
5	Taladro	MHR5
6	Cizalla hidráulica	MHC6
7	Fresadora	MHF7
8	Torno	MHT8

Fuente: Grupo investigativo

Instrumentos de medición y verificación

Son los instrumentos que permiten dimensionar cada uno de los elementos y partes que constituyen el sistema de esterilización y los mismos que se detallan en la Tabla 15.

Tabla 15 Instrumentos de medición y verificación

Nº	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	CÓDIGO
1	Flexómetro	MF1
2	Escuadra	ME2
3	Compás	MC3
4	Calibrador pie de rey	MP4
5	Rayador	MR5
6	Mesa de trabajo	MM6

Fuente: Grupo investigativo

Materia prima

- Plancha de acero inoxidable AISI 304L de 1,5 mm de espesor.
- Tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304L 2"x2"x 1/16".
- Tubo de acero inoxidable AISI 304 cédula 40 de $\varnothing \frac{3}{4}$ ".
- Tubo de acero inoxidable AISI 304 cédula 40 de $\varnothing 2$ ".
- Ángulo de 90° de acero inoxidable AISI 304 40x40x4 mm.
- Eje de transmisión acero inoxidable AISI 304 de $\varnothing 1$ ".
- Varrilla de acero inoxidable AISI 304 de $\varnothing \frac{1}{4}$ ".

Elementos seleccionados

- Motorreductor eléctrico de 0,5 HP.
- Sistema de control eléctrico.
- Variador de frecuencia.
- Controlador de temperatura.
- Termocuplas (RTDs)
- Rodamientos y chumaceras.
- Pernos y tuercas de acero AISI 304.
- Banda transportadora.
- Electroválvula.
- Válvula reguladora de presión.
- Manómetro.
- Trampa de vapor.
- Accesorios para tubería de acero inoxidable AISI 304.
- Electroodos de acero inoxidable.

Elementos a construir

Los principales elementos a construirse son:

- Bastidor.
- Cámara de agotado.
- Base del motorreductor.
- Rodillos.
- Botella de desahogo.
- Sistema de control eléctrico.

Montaje del sistema de esterilización

Una vez que los elementos mecánicos que constituyen el sistema de esterilización han sido contruidos en base a los diseños realizados y a los procedimientos tecnológicos planteados, así como también los elementos seleccionados hayan sido adquiridos, se procede a las operaciones de acoplado de las partes, para formar el conjunto de los mecanismos con los que se encuentra constituida la máquina.

El sistema de esterilización está construido a base de un túnel exhausting o cámara de agotado, el mismo que es un equipo utilizado en la industria alimentaria para la esterilización y el agotado de las conservas de alimentos enlatados antes de su cerrado hermético.

El equipo está constituido de: una estructura donde se asienta la cámara de vapor provista de pernos y construida en acero inoxidable; tiene un sistema de transportación el mismo que consta de un rodillo motriz y un rodillo de soporte asentados en sus respectivas chumaceras en cada extremo del bastidor; un motorreductor y un variador de frecuencia que permite obtener diferentes velocidades para la esterilización; una banda transportadora permite el envío de los envases por el interior del túnel; un sistema de dispersión de vapor que consta de dos flautas dispersoras de vapor en el interior del túnel y una electroválvula controlada por medio de un control de temperatura, el cual abre o cierra el paso del vapor al sistema cuando la temperatura del túnel disminuya de los parámetros programados en el controlador de temperatura y además la máquina posee una válvula de bola para la evacuación del condensado del sistema y un tablero eléctrico de control para la activación del equipo.

En el montaje de cada uno de los elementos de la máquina, se realizaron las siguientes operaciones que se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16 Montaje de del sistema de esterilización

N°	OPERACIÓN
1	Montaje de la cámara de vapor en la estructura
2	Montaje de las tapas frontales y superiores en la cámara de vapor
3	Montaje de las chumaceras a la estructura
4	Montaje del rodillo motriz y rodillo de soporte
5	Montaje de la banda transportadora
6	Montaje del motorreductor al rodillo motriz
7	Montaje de las flautas dispersoras de vapor y accesorios
8	Montaje de la electroválvula
9	Montaje de la válvula reguladora de presión y manómetro
10	Montaje de la trampa de vapor
11	Montaje del control de temperatura
12	Montaje del control eléctrico

Fuente: Grupo investigativo

Cálculo del diámetro de los rodillos

Para determinar el diámetro de los rodillos se aplica la ecuación (Ec. 2) y se obtiene:

$$D_r = d_r = \frac{5,60m - 2(2,72m)}{\pi}$$

$$D_r = d_r = 0,0509m = 50,9mm$$

Cálculo del ángulo de contacto entre el rodillo y la banda transportadora

El ángulo de contacto entre el rodillo y la banda se calcula con las ecuaciones (Ec. 3) y (Ec. 4):

$$\theta_D = \pi + 2\text{Sen}^{-1} \cdot \frac{0,0509m - 0,0509m}{2(2,72m)}$$

$$\theta_D = \pi = 180^\circ$$

y

$$\theta_d = \pi - 2\text{Sen}^{-1} \cdot \frac{0,0509m - 0,0509m}{2(2,72m)}$$

$$\theta_d = \pi = 180^\circ$$

Cálculo de la banda completamente cargada y de su velocidad

Reemplazando valores en la ecuación (Ec. 5) se obtiene la capacidad del transportador y su velocidad a partir de la ecuación (Ec. 6):

$$Q_t = 0,080 \text{ kg} \cdot 120 \text{ unidades/hora}$$

$$Q_t = 9,60 \text{ [kg/h]}$$

$$Q_t = 0,0096 \text{ [Tn/h]}$$

y

$$V_t = \frac{2,72 \text{ m}}{60 \text{ s}}$$

$$V_t = 0,045 \text{ [m/s]}$$

Cálculo de la tensión de la banda transportadora

La tensión efectiva se obtiene a partir de la ecuación (Ec. 7), para lo cual se calcula primero los valores de T_x y T_y con las ecuaciones (Ec. 8) y (Ec. 9).

Para calcular T_x se considera $\mu = 0,15$, tomando en cuenta la condición húmeda entre el rodillo y la banda; el valor de $L_c = 2,72 \text{ [m]}$, $L_c = L$ para $L \leq 250 \text{ [ft]}$; y para el valor de $W_m = 6,4 \text{ [kg/m]}$, sumando el peso de la banda transportadora, de los rodillos y de los ejes.

$$T_x = 0,15 \times 2,72 \text{ m} \cdot 6,4 \text{ kg/m}$$

$$T_x = 2,61 \text{ [kg]} = 25,58 \text{ [N]}$$

La razón de la carga para determinar T_y está determinada por la ecuación (Ec. 10):

$$Q = \frac{33,3 \cdot 0,0096 \text{ Tn/h}}{0,045 \text{ m/s}}$$

$$Q = 7,104 \text{ [kg/m]}$$

Reemplazando valores:

$$T_y = 0,15 \times 2,72 \text{ m} \cdot 7,104 \text{ kg/m}$$

$$T_y = 2,90 \text{ kg} = 28,42 \text{ [N]}$$

Debido a que el sistema de transportación es horizontal $T_z = 0$, entonces la tensión efectiva (T_E) se obtiene reemplazando los valores determinados en las ecuaciones (Ec. 7) y (Ec. 8) en la ecuación (Ec. 9):

$$T_E = 25,58 \text{ N} + 28,42 \text{ N}$$

$$T_E = 54 \text{ [N]}$$

Cálculo de la tensión en el lado flojo y en lado tenso de la banda transportadora

Estas tensiones se obtienen a partir de las ecuaciones (Ec. 11) y (Ec. 12), donde $K = 3,20$ y $e^{\mu\theta} = 1,60$.

$$T_2 = 3,20 \cdot 54 \text{ N}$$

$$T_2 = 172,80 \text{ [N]}$$

y

$$T_1 = 1,6 \cdot 172,80 \text{ N}$$

$$T_1 = 276,48 \text{ [N]}$$

Cálculo del torque y la potencia del rodillo motriz

Estos valores se obtienen a partir de las ecuaciones (Ec. 13), (Ec. 14) y (Ec. 15):

$$T_{orque} = (276,48 \text{ N} - 172,80 \text{ N}) \cdot 0,0254 \text{ m} = 2,63 \text{ [N.m]}$$

$$n = \frac{0,045 \text{ m/s} \cdot 60}{\pi \cdot 0,508 \text{ m}} = 16,92 \text{ [r.p.m]}$$

$$P_{Watts} = \frac{(16,92 \text{ rev/min}) \cdot 2,63 \text{ N.m}}{9549} \cdot 1000$$

$$P_{Watts} = 4,66 \text{ [Watts]} = 0,0062 \text{ [hp]}$$

Una vez obtenida la potencia necesaria para mover la banda transportadora se selecciona un motorreductor, el mismo que para desarrollar el trabajo propuesto debe poseer características similares a las calculadas. Es así que al disponer con un motorreductor de 0,5 hp como se muestra en la Figura 30, y con las características que se indican en la Tabla 17, cumple con las condiciones suficientes de trabajo requeridas.

Figura 30 Motorreductor



Realizado por: Grupo investigativo

Tabla 17 Características del motorreductor

Marca	Potencia (hp)	Velocidad de salida (RPM)	Voltaje (V)	Intensidad (A)
ABB	0,5	67	220	1,94

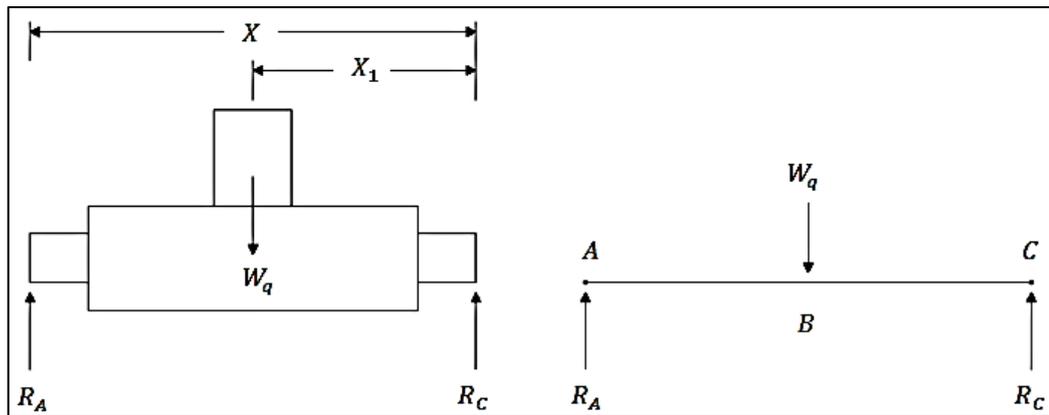
Realizado por: Grupo investigativo

Análisis mecánico de los rodillos

El diseño mecánico de los rodillos permite establecer y analizar varios factores como: las reacciones en sus extremos, fuerzas cortantes, momentos flectores y momentos torsionantes, los cuales se obtienen mediante un análisis predeterminado el cual nos permite dimensionar y elegir el tipo de rodamiento donde se asentará el rodillo motriz y conducido de la banda transportadora.

Para realizar un análisis mecánico de las reacciones en los rodillos se aplican condiciones de equilibrio, considerando que la masa de la carga unitaria es 0,08 [Kg], por lo que el peso unitario va a ser igual a 0,784 [N], como se puede apreciar en el diagrama de cuerpo libre de la Figura 31.

Figura 31 Diagrama de cuerpo para el análisis mecánico de los rodillos



Realizado por: Grupo investigativo

Aplicando condiciones de equilibrio en los rodillos, se obtiene las reacciones en los puntos A y B.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_A - W_q + R_C = 0$$

$$R_A = W_q - R_C$$

Si se tiene una longitud de 0,23 m entre el punto A y C

$$\Sigma M_A = 0$$

$$W_q(X_1) - R_C(X) = 0$$

$$0,784 \text{ N}(0,23\text{m}/2) - R_C(0,23\text{m}) = 0$$

$$R_C = 0,392 \text{ [N]}$$

Reemplazando R_C y W_q

$$R_A = W_q - R_C$$

$$R_A = 0,784 \text{ N} - 0,392 \text{ N}$$

$$R_A = 0,392 \text{ [N]}$$

Con el valor de las reacciones se obtienen las fuerzas cortantes (V) y momentos flectores (M) en la superficie del rodillo.

Tramo AB

$$V_{AB} = 0,392 \text{ [N]}$$

$$M_{AB} = 0,392 N(0.115 m)$$

$$M_{AB} = 0,045 [N \cdot m] = 0,0046 [kg \cdot m]$$

Tramo BC

$$V_{BC} = 0,392 N - 0,784 N$$

$$V_{BC} = -0,392 [N]$$

$$M_{BC} = 0,392 N(X) - 0,784 N(X_1)$$

$$M_{BC} = 0,392 N(0,23 m) - 0,784 N(0,23 m/2)$$

$$M_{BC} = 0$$

Cálculo del momento torsionante del motorreductor y del diámetro del eje

La potencia y velocidad del motorreductor es:

$$P = 0,5hp \left| \frac{745Watts}{1hp} \right| = 372,5 Watts$$

Y la velocidad angular del rodillo es:

$$\omega_R = 67 \frac{rev}{min} \left| \frac{2\pi rad}{1 rev} \right| \left| \frac{1 min}{60 s} \right| = 7,016 rad/s$$

Reemplazando valores en la ecuación (Ec. 16):

$$M_T = \frac{372,5 Watts}{7,016 rad/s}$$

$$M_T = 53,093 N \cdot m = 5,41765 kg \cdot m$$

Con el análisis de las cargas en el rodillo se aplica la teoría de la energía de distorsión para encontrar el diámetro mínimo del eje, considerando que se requiere un factor de seguridad de 5, y el material para la construcción es acero inoxidable AISI 304, cuya resistencia a la fluencia es 276 MPa = 40 kpsi = 28163265,306122 kg/m², aplicando la ecuación (Ec. 17) se obtiene:

$$d^3 = \frac{32 \cdot 5}{\pi \cdot 28163265,306122 kg/m^2} \cdot \sqrt{(0,0046 kg \cdot m)^2 + (5,41765 kg \cdot m)^2}$$

$$d = 0,02140 m = 21,40 mm$$

Para tal efecto se selecciona eje de acero inoxidable AISI 304 de \varnothing 1”.

Cálculo de la velocidad de la banda transportadora para diferentes temperaturas

La esterilización de los envases se realiza a una temperatura entre 80 a 100°C y a un tiempo de 40 a 60 segundos, por tal razón se hace el siguiente análisis para el cálculo de la velocidad de la banda transportadora:

Tabla 18 Velocidad de la banda transportadora para diferentes temperaturas

Distancia a recorrer por el envase (metros)	Tiempo (segundos)	Velocidad (metros/segundo)	Temperatura de esterilización (°C)
2,44	40	0,061	100
2,44	50	0,049	90
2,44	60	0,041	80

Fuente: Grupo investigativo

11. IMPACTOS

Los impactos que presenta el trabajo de investigación son los siguientes:

Impactos técnicos

La implementación de esta máquina que esteriliza envases de productos alimenticios, permite establecer que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi pueden diseñar y construir máquinas capaces de satisfacer las necesidades y requerimientos de la industria moderna.

Impactos sociales

La esterilización se lo realiza con el fin de mejorar la calidad de los productos alimenticios, con la implementación del sistema de esterilización en el centro experimental Salache de la UTC permite una producción más confiable respecto a los alimentos envasados para beneficio de la sociedad y en sí de la universidad.

Impactos económicos

El proyecto investigativo es la creación de un túnel de exhausting o túnel de agotamiento existente en el mercado destinado a la esterilización de envases que permite una reducción de su costo de construcción en comparación con el ya existente.

12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

El análisis de los costos de fabricación tiene por objetivo determinar el monto de los recursos técnicos, humanos y económicos necesarios, para conocer el grado de inversión del proyecto, el análisis de los costos se lo realiza tomando en cuenta los costos directos y los costos indirectos.

Costo directo

El costo total directo considera los materiales, elementos y equipos utilizados en la construcción de la máquina.

Costo de materiales directos

Se denomina materiales directos a la materia prima utilizada para construir los elementos que conforma la máquina. Los costos de materiales se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19 Costo de materiales directos

CANTIDAD	MATERIAL	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
2 unidades	Plancha de acero inoxidable AISI 304 e=1,5mm	240,00	480,00
2 unidades	Tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304 2"x2"x1/16"	80,00	160,00
1 unidad	Tubo de acero inoxidable AISI 304 de Ø ¾" cédula 40	55,50	55,50
1 unidad	Ángulo de acero inoxidable AISI 304	30,24	30,24
1 metro	Varrilla de acero inoxidable AISI 304 de Ø ¼"	4,50	4,50
3 metros	Eje de transmisión de acero inoxidable AISI 304 de Ø 1"	4,76	14,28
0,30 metros	Tubo de acero inoxidable AISI 304 de Ø 2" cédula 40	199,34	9,97
0,5 metros	Tubo de acero inoxidable redondo pulido AISI 304 de Ø 2"	62,74	5,29
SUBTOTAL (USD)			759,78

Fuente: Grupo investigativo

Costo de elementos normalizados

Son aquellos que son de libre comercialización en el mercado y no necesitan ser alterados para su uso. Los costos de los elementos se muestran en la Tabla 20 y Tabla 21.

Tabla 20 Costo de elementos normalizados

CANTIDAD	MATERIAL	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1 unidad	Motorreductor de 0,5 hp 220 Vac	300,00	300,00
4 unidades	Chumaceras de piso de acero inoxidable AISI 304 de 1"	29,70	118,80
1 unidad	Banda transportadora textil 2 lonas, e= 1,2 mm, A=15 cm, L=5,6 m	350,00	350,00
1 unidad	Electroválvula de Ø ¾"	109,50	109,50
1 unidad	Manómetro acero inoxidable de 0-100 psi	25,00	25,00
60 unidades	Elementos de sujeción de acero inoxidable AISI 304 (pernos y tuercas)	0,31	18,60
30 unidades	Accesorios para tubería de acero inoxidable AISI 304	2,88	86,40
SUBTOTAL (USD)			1008,30

Fuente: Grupo investigativo

Tabla 21 Costo del desarrollo del sistema eléctrico

CANTIDAD	MATERIAL	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1 unidad	Variador de frecuencia de 0,75 hp	247,00	247,00
2 unidades	Controlador de temperatura	152,00	304,00
2 unidades	RTD's	106,80	213,60
1 unidad	Electroválvula de ¾"	350,00	350,00
1 unidad	Fuente de voltaje 110-220 Vac	95,00	95,00
1 unidad	Gabinete metálico	50,00	50,00
6 unidades	Luces piloto	1,70	10,80
4 unidades	Pulsadores NA y NC	1,80	7,20
1 unidad	Selector 3 posiciones	2,10	2,10
1 unidad	Paro de emergencia	2,50	2,50
2 unidades	Relés de control	12,00	24,00
1 unidad	Potenciómetro	0,90	0,90
SUBTOTAL (USD)			1307,10

Fuente: Grupo investigativo

Costo de maquinado

Los costos de maquinado se refiere al valor directo empleado en el uso de las máquinas, herramientas y equipamiento eléctrico, estos valores se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22 Costo de maquinado

MÁQUINA	COSTO POR MÁQUINA (USD/H)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	COSTO TOTAL POR MÁQUINA (USD)
Soldadura	6,00	5	30,00
Sierra eléctrica	1,50	1	1,50
Amoladora	1,00	2	2,00
Esmeril	1,00	2	4,00
Taladro	1,00	5	5,00
Cizalla hidráulica	0,50	1	0,50
Fresadora	3,00	1	3,00
Torno	8,00	1	8,00
SUBTOTAL (USD)			54,00

Fuente: Grupo investigativo

Costo de mano de obra

Para determinar este valor se multiplica el número de horas que emplea el obrero en construir la máquina. Estos valores se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23 Costo de mano de obra

OPERADOR	TIEMPO (HORAS)	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1 persona	100	1,60	160,00
SUBTOTAL (USD)			160,00

Fuente: Grupo investigativo

Costo de transporte

Este valor representa la movilización para la compra de materiales así como el costo del transporte para la entrega del sistema de esterilización. Estos valores se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24 Costo de transporte

CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR (USD)
1	Transporte para la compra de materiales	60,00
1	Transporte para la entrega de la máquina	10,00
SUBTOTAL (USD)		70,00

Fuente: Grupo investigativo

Costo total directo

En la Tabla 25, se muestra la cantidad total del costo directo.

Tabla 25 Costo total directo

SUBCOSTOS	VALOR (USD)
COSTO DE MATERIALES DIRECTOS	759,78
COSTO DE ELEMENTOS NORMALIZADOS	1008,30
COSTO DEL DESARROLLO DEL SISTEMA ELÉCTRICO	1307,10
COSTO DE MAQUINADO	54,00
COSTO DE MANO DE OBRA	160,00
COSTO DE TRANSPORTE	70,00
SUBTOTAL (USD)	3359,18

Fuente: Grupo investigativo

Costo indirecto

Para determinar el costo total indirecto se considera: los costos parciales de materiales indirectos, costos de ingeniería, gastos imprevistos y materiales de oficina.

Costo de materiales indirectos

Los costos de materiales indirectos se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26 Costo de materiales indirectos

CANTIDAD	MATERIAL	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
0,25	Electrodos de acero inoxidable	11,26	2,91
10 unidad	Lija para acero	0,60	6,00
1 unidad	Discos de corte	3,20	3,20
1 unidad	Disco de desbaste	4,10	4,10
2 unidades	Disco de pulir	3,80	7,60
1 litro	Desoxidante	3,30	3,30
N/A	Varios	10,00	20,00
SUBTOTAL (USD)			47.11

Fuente: Grupo investigativo

Costo de ingeniería

El costo de ingeniería corresponde al tiempo que los ingenieros han dedicado para el diseñar y seleccionar los elementos de la máquina. Este valor se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27 Costo de ingeniería

CANTIDAD	TIEMPO (HORAS)	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1 persona	20	10,00	200,00
SUBTOTAL (USD)			200,00

Fuente: Grupo investigativo

Gastos imprevistos

Este valor está considerado como el 5% de los costos directos, debido a gastos no considerados en el los gastos directos. Por lo tanto el valor de gastos imprevistos es: 167,96 USD.

Costo de materiales de oficina

Los costos de materiales de oficina se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28 Costo de materiales de oficina

MATERIAL	VALOR (USD)
Impresiones y anillados	50,00
Internet y consultas	40,00
Varios	20,00
SUBTOTAL (USD)	110,00

Fuente: Grupo investigativo

Costo total indirecto

En la Tabla 29, se muestra la cantidad total del costo indirecto.

Tabla 29 Costo total indirecto

SUBCOSTOS	VALOR (USD)
COSTO DE MATERIALES INDIRECTOS	47,11
COSTO DE INGENIERÍA	200,00
GASTOS IMPREVISTOS	167,96
COSTO DE MATERIALES DE OFICINA	110,00
SUBTOTAL (USD)	525,07

Fuente: Grupo investigativo

Costo total de la máquina

El costo total de la máquina es el resultado de la adición de los costos directos con los costos indirectos, esto se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30 Costo total de la máquina

COMPONENTES DEL COSTO TOTAL	VALOR (USD)
COSTO DIRECTO	3359,18
COSTO INDIRECTO	525,07
TOTAL (USD)	3884,25

Fuente: Grupo investigativo

El costo total obtenido para la construcción del sistema de esterilización es de 3884,25 USD.

Cálculo del TIR y VAN

La Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) son herramientas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad del proyecto y las mismas que se determinan a continuación:

Costo de implementación de la máquina:	3884,25 USD
Tiempo de producción en meses:	12
Tiempo de producción en años:	5
Tasa de descuento inicial:	10%

Tabla 31 Producción

	Latas grandes	Latas pequeñas	Envases de yogurt
Días al mes	20	20	20
Producción por día	10	10	10
Total	200	100	200
USD unitario	4	2	0,5
USD mensual	800	200	100

Fuente: Grupo investigativo

Tabla 32 Costo de producción

	Latas grandes	Latas pequeñas	Envases de yogurt
USD envase	0,2	0,1	0,01
USD fruta	1,5	0,75	0,11
USD azúcar	1,5	0,75	0,11
USD otros	0,45	0,25	0,15
USD total	3,65	1,85	0,04
			0,42

Fuente: Grupo investigativo

Tabla 33 Ganancia por envase

	Latas grandes	Latas pequeñas	Envases de yogurt
Costo de producción	3,65	1,85	0,42
Costo de venta	4	2	0,5
Ganancia por envase	0,35	0,15	0,08

Fuente: Grupo investigativo

Tabla 34 Ganancia total de producción

	Latas grandes	Latas pequeñas	Envases de yogurt
Ganancia por día	3,5	1,5	0,8
Ganancia mensual	70	30	16
Ganancia anual	840	360	192
Ganancia de producción mensual (USD)			116
Ganancia de producción anual (USD)			1392

Fuente: Grupo investigativo

Ingresos de producción anual: 1392 USD

Egresos de producción anual: 150 USD

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \quad (\text{Ec. 18})$$

Donde:

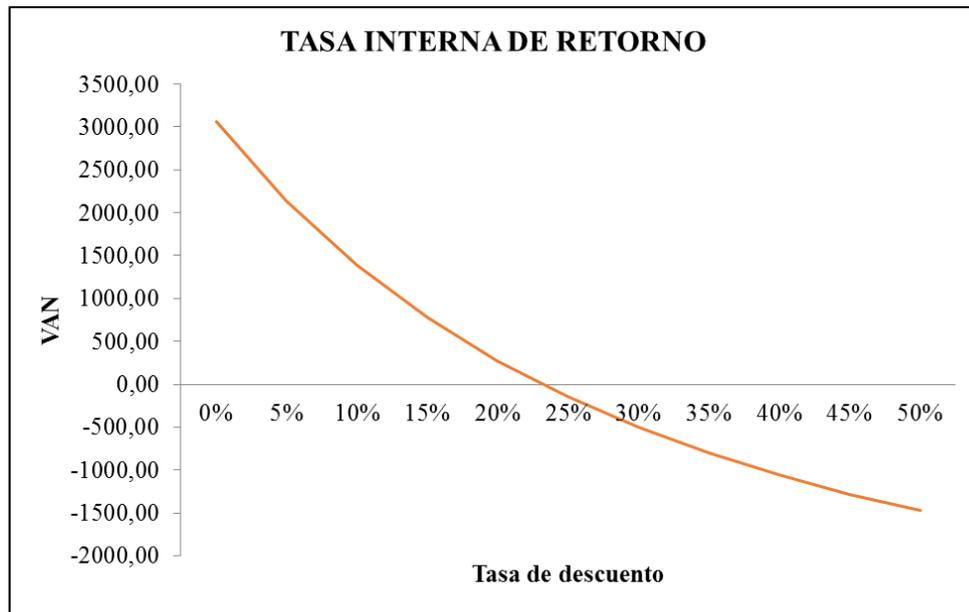
- I_0 = Inversión inicial en cada período (t=0)
- F_t = Flujos de dinero en cada período
- n = Número de períodos de tiempo
- k = Tasa de descuento

Tabla 35 Cálculo del VAN

VAN			
Períodos (t)	F_t	$(1+k)^t$	$F_t/(1+k)^t$
0	-3884,25		-3884,25
1	1392	1,10	1265,45
2	1392	1,21	1150,41
3	1392	1,33	1045,83
4	1392	1,46	950,75
5	1392	1,61	864,32
	VAN		1384,20

Fuente: Grupo investigativo

Figura 32 TIR del proyecto



Realizado por: Grupo investigativo

Tabla 36 Cálculo del TIR

TIR	
Tasa de descuento	VAN
0%	3067,42
5%	2134,05
10%	1384,20
15%	773,62
20%	270,35
25%	-149,10
30%	-502,27
35%	-802,39
40%	-1059,63
45%	-1281,85
50%	-1475,20
TIR	23%

Realizado por: Grupo investigativo

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La construcción de la máquina totalmente con acero inoxidable garantiza su utilización para los fines construidos, permitiendo la higiene en el proceso de esterilización de envases antes de su llenado y cerrado hermético.
- El acero AISI 304 para la construcción del sistema de esterilización fue seleccionado porque es uno de los aceros más utilizado con fines de producción alimenticia, debido a que son resistentes a la corrosión y es de fácil adquisición en el mercado.
- El sistema de esterilización adquiere una temperatura de 90 °C y permite que el envase este expuesto a esta temperatura en un tiempo de 40 a 60 segundos, parámetros suficientes para lograr la esterilización de los envases.
- La esterilización de envases mediante vapor saturado es el método más confiable y de menor costo, debido a que el vapor se origina a partir del agua y permite que no exista contaminación en el envase y además que a diferencia de otros métodos no deja residuos después del proceso de esterilización.

Recomendaciones

- Realizar posteriores estudios que permitan la automatización del proceso de esterilización de envases para su mejoramiento tanto en seguridad como en calidad, permitiendo una intervención mínima del operador durante el proceso de esterilización.
- Dentro de la finalización de la máquina, se desea que haya una mejora continua de la misma, conllevando a que la adquisición del proceso se logre con un costo menor y a la vez que mejore su proceso.
- Desarrollar más modelos de equipos de esterilización de envases, para que el equipo se adapte a las necesidades de otras empresas de producción de alimentos envasados con el aumento de la temperatura en el túnel, que conlleva a una disminución en la exposición del envase al vapor saturado y por ende una disminución en el tiempo del proceso de esterilización.

14. BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Recuperado el 20 de Junio de 2017, de asconumatics:
http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_es/pdf1/00009es.pdf
- ACERIND S.C. (s.f.). Recuperado el 25 de Junio de 2017, de
<http://www.cientificosaficionados.com/libros/solinox1.pdf>
- Aucancela Guacho, C. E., & Chávez Córdova, E. (2009). Diseño y construcción de un secador de túnel para la deshidratación del maíz. Riobamaba, Ecuador.
- BONNET Suministros y Maquinarias S.L.* (s.f.). Recuperado el 18 de Junio de 2017
- Budynas, R. G., & Nisbett, K. J. (s.f.). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.). México: Mc Graw Hill.
- burkert Sistemas de control de fluidos. (s.f.). Recuperado el 20 de Junio de 2017, de
<https://www.burkert.es/es/products/electrovalvulas-de-control/electrovalvulas-de-control-para-uso-general/239091>
- Cabrera Navarrete, S. X., & Troya Velasco, D. A. (Julio de 2012). Diseño de las líneas de vapor para el calentamiento de los tanques de almacenamiento de combustible de la central térmica miraflores. Quito, Ecuador.
- Cajas, J., & Yanchapaxi, L. (s.f.). *Repositorio ESPE*. Recuperado el 11 de Junio de 2017
- Carmona Pacheco, M., & Ortiz Hidalgo, S. A. (02 de Febrero de 2011). Acondicionamiento de señales analógicas utilizando módulos portables SCC para el laboratorio de mecatrónica. Riobamba, Ecuador.
- Cengel A., Y., & Boles A., M. (2011). *Termodinámica* (Séptima ed.). México: McGraw-Hill Companies.
- Conceptos básicos de neumática e hidráulica.* (s.f.). Recuperado el 20 de Junio de 2017, de
<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica34.htm>
- Cortez Cruz, C., Muñoz Rojas, A. G., & Vega Viera, J. A. (02 de Noviembre de 2016). *SlideShare*. Recuperado el 15 de Junio de 2017, de
<https://es.slideshare.net/vegabner/reconocimiento-de-equipos-de-tratamiento-termico>
- Creus Solé, A. (2011). *Instrumentación Industrial* (Octava ed.). Barcelona: Marcombo.
- Doño Ruiz, M. A. (2008). Reductor de velocidad. México.
- FASTPACK, E. (s.f.). Boletín Técnico n°11 . Santiago.
- Gallegos López, C. F., & Jarrín Vivar, J. D. (2012). Diseño e implementación de un módulo didáctico para clasificación, empaquetado e inspección de huevos aplicando PLC. Riobamba, Ecuador.

- García Natividad, A. (2012 de Noviembre de 2012). *SlideShare*. Recuperado el 09 de Julio de 2017, de <https://es.slideshare.net/alfonsogarcianatividad/56656624-tiposdevaporysusaplicaciones>
- Hernández Navarrete, M. J. (28 de Abril de 2014). *Fundamentos de antisepsia, desinfección y esterilización*. España: Elsevier.
- INDURA S.A. (Marzo de 2010). *Manual ACEROS INOXIDABLES*. Chile.
- JERSA. (s.f.). Recuperado el 2017 de Mayo de 15, de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwism-mV2_zUAhWJNSYKHcaIDtUQFgg1MAM&url=http%3A%2F%2Fwww.jersa.com.mx%2Freduccion-de-tamano%2Fitem%2Fdownload%2F51_f353ec9dbe665f7f680fe29acf839650&usg=AFQjCNG6QmkT
- KAUMAN S.A. (s.f.). Recuperado el 8 de Mayo de 2017, de <http://kauman.com/es/index.php>
- Lázaro Martín, A. (09 de Abril de 2012). *LINCOLN ELECTRIC*. Recuperado el 25 de Junio de 2017, de <http://solysol.com.es/data/documents/Soldabilidad=20Inox.pdf>
- Mayorga Bacca, G. M., & Mera Pulles, L. F. (2010 de 2010). *Diseño, construcción e implementación de un sistema de control local con interfaz grafica (hmi), para el proceso de precalentado de agua del caldero de la empresa TEIMSA*. Latacunga, Ecuador.
- Mecánica Industrial*. (s.f.). Recuperado el 2017 de Junio de 10, de <http://www.mecanicaindustrial.blogspot.com/2009/01/mantenimiento-en-motorreductores.html>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Z. (s.f.). *Manual de Operación para Equipos Esterilizadores y Destiladores*. San Salvador.
- Morales Gordón, E. J. (2010). *Automatización de una sierra circular para optimizar el desplazamiento vertical de la mesa en la fábrica artesanal de muebles Morales*. Ambato, Ecuador.
- Naula Sangucho, W. F. (2014). *Análisis de variación de electrodos en un proceso de soldadura smaw en acero inoxidable aisi 304 austenítico y su incidencia en las propiedades mecánicas*. Ambato, Ecuador.
- Olguín Rodríguez, F., Barrientos Ramírez, M., & Gonzáles Hernández, J. J. (Noviembre de 2007). *Caracterización y Modelado de Sensores y Transductores Electrónicos: Teoría y Experimentos*. Hidalgo.

- PROMELSA . (s.f.). Recuperado el 10 de Junio de 2017, de http://www.promelsa.com.pe/producto.asp?id_producto=31303038363735202020&comefrom=L&saldos
- Proveedores Industriales. (Junio de 2005). *Bandas transportadoras*. Recuperado el 10 de Junio de 2017, de https://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla_id=14
- Rosa, S. (2007). Innovación industrial. *Revista española de documentación científica*, 557.
- SAICO. (2016). *Componentes de control*. Recuperado el 10 de Junio de 2017, de <https://www.saicomexico.com/pages/componentes-de-control/>
- Shanghai Yichen Valve Co., Ltd.* (s.f.). Recuperado el 2017 de Junio de 2017, de http://es.made-in-china.com/co_ycvalve/product_Thread-Thermodynamic-Disc-Steam-Trap-CS19-_esryueuyy.html
- SIEMENS. (s.f.). *Einbaugeräte SINAMICS G110*. Recuperado el 10 de Junio de 2017, de <http://w3.siemens.com/mcms/mc-drives/de/niederspannungsumrichter/sinamics-g110/seiten/sinamics-g110.aspx>
- SIERRA GUZMÁN, M. P. (Junio de 2012). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Recuperado el 12 de Abril de 2017
- Tapia Moyano, C. A. (02 de Abril de 2013). Diseño e instalación de los servicios de funcionamiento para la rectificación del metanol mediante columna de destilación en el proceso de biodiesel de la Empresa la Fabril S.A. de Manta. Riobamba, Ecuador.
- TCS Industrial. (s.f.). Recuperado el 10 de Junio de 2017, de <http://www.tcsindustrial.com/termocupla-tipo-k-probeta/>
- UNESCO. (2013). *Campos de la educación y capacitación*. Montreal: Instituto de estadísticas de la UNESCO.
- Válvulas de control*. (s.f.). Recuperado el 25 de Junio de 2017, de http://www.galeon.com/ingprocesos/CONTROL_SIMULACION/2VALVULAS.pdf
- Yáñez López, M. d. (11 de Febrero de 2013). *SlideShare*. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <https://es.slideshare.net/juniorrodriguezabanto/tecnologia-de-frutas-i>

ANEXOS

CURRICULUM VITAE



DATOS PERSONALES

APELLIDOS Y NOMBRES: Andrango Chacha Cristian Fernando

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Cotopaxi, Toacaso, 22 de Abril de 1991

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 050344790-6

ESTADO CIVIL: Soltero

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Cotopaxi, Pastocalle, Barrio Miño San Antonio

TELÉFONOS: Domicilio: (03)2712- 227
Celular: 0998703291

E-MAIL: cristian.andrango6@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL PRIMARIO:

- **INSTITUCIÓN:** Escuela Fiscal Mixta "MANUEL MATHEU"
- **PERÍODO:** 1997 – 2003
- **CIUDAD:** Pastocalle

NIVEL SECUNDARIO:

- **INSTITUCIÓN:** Unidad Educativa "VIDA NUEVA" "Provincia De Pchincha"
- **PERÍODO:** 2003 – 2009
- **CIUDAD:** Quito

TÍTULO

TÍTULO BACHILLER: Bachiller en: Técnico industrial – ESPECIALIDAD: Electricidad.

CURRICULUM VITAE



DATOS PERSONALES

APELLIDOS Y NOMBRES: Reyes Villavicencio Diego Fernando

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Cotopaxi, Latacunga, 22 de marzo de 1994

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 050256291-1

ESTADO CIVIL: Soltero

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Cotopaxi-Pujilí, Barrio Isinche

TELÉFONOS:

Domicilio: (03)2723- 072

Celular: 0987370083

E-MAIL: diegoreyes22@yahoo.es

ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL PRIMARIO:

- **INSTITUCIÓN:** Escuela Antonio Aristarco Jácome
- **PERÍODO:** 2001-2007
- **CIUDAD:** Pujilí

NIVEL SECUNDARIO:

- **INSTITUCIÓN:** Colegio Nacional Experimental "Provincia De Cotopaxi"
- **PERÍODO:** 2007-2012
- **CIUDAD:** Pujilí

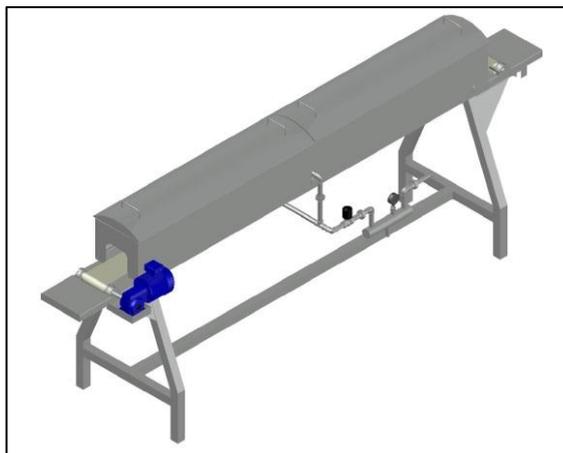
TÍTULO

TÍTULO BACHILLER: Bachiller en: Ciencias, Especialidad Físico Matemático.

MANUAL DE USUARIO

DIEGO REYES Y CRISTIAN ANDRANGO

SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN DE ENVASES PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS



Lea detenidamente este manual antes de operar el sistema de esterilización de envases debido a que utiliza vapor dentro del túnel, el cual está a una temperatura de 90 °C y calienta el metal con el cual está construida la máquina.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

Este equipo está diseñado para el proceso de esterilización de envases antes de su llenado y cerrado hermético.

Control de encendido y apagado

El encendido de este equipo se lo realiza mediante la activación del interruptor termomagnético que se encuentra localizado en el interior del tablero de control de la máquina, permitiendo la energización de todo el sistema. El funcionamiento de la electroválvula se puede realizar manual o automáticamente dependiendo de los exigencias del usuario, para el control manual de la electroválvula el sistema contiene pulsadores para su encendido y el apagado, al igual que para el funcionamiento del motorreductor.

Nota: El encendido y apagado del motorreductor y electroválvula están debidamente señalizados con luces piloto.

CONTENIDO

En este manual encontrará consejos útiles de cómo usar apropiadamente el equipo y evitar un accidente con sus partes móviles y las tuberías que van a estar a alta temperatura por la transferencia de calor del vapor.

Introducción	- Información de seguridad - Equipo de protección personal (E.P.P).	Pág. 2
Antes de comenzar a operar	- Identificación de partes del túnel de exhausting. - Identificación de los dispositivos del panel de control. - Programación del controlador de temperatura. - Regulación de la velocidad en la banda transportadora. - Control de la electroválvula.	Pág. 4
Mantenimiento	- Mantenimiento de la banda transportadora. - Mantenimiento del motorreductor. - Mantenimiento de la tubería. - Mantenimiento de las chumaceras. - Mantenimiento del panel de control. - Mantenimiento del túnel de exhausting.	Pág. 9
Problemas	- Problemas comunes en el sistema de esterilización de envases.	Pág. 11
Especificaciones	- Dimensiones del equipo. - Características de los elementos que constituyen la máquina.	Pág. 12

INTRODUCCIÓN

Información de seguridad

- ✓ Para la manipulación de este equipo se deben tomar algunas precauciones antes de ponerlo en marcha.
- ✓ No seguir las instrucciones puede ocasionar alguna lesión a los que se encuentran operando el equipo.
- ✓ Usar los equipos de seguridad establecidas para evitar un accidente.

Equipo de protección personal (E.P.P.)

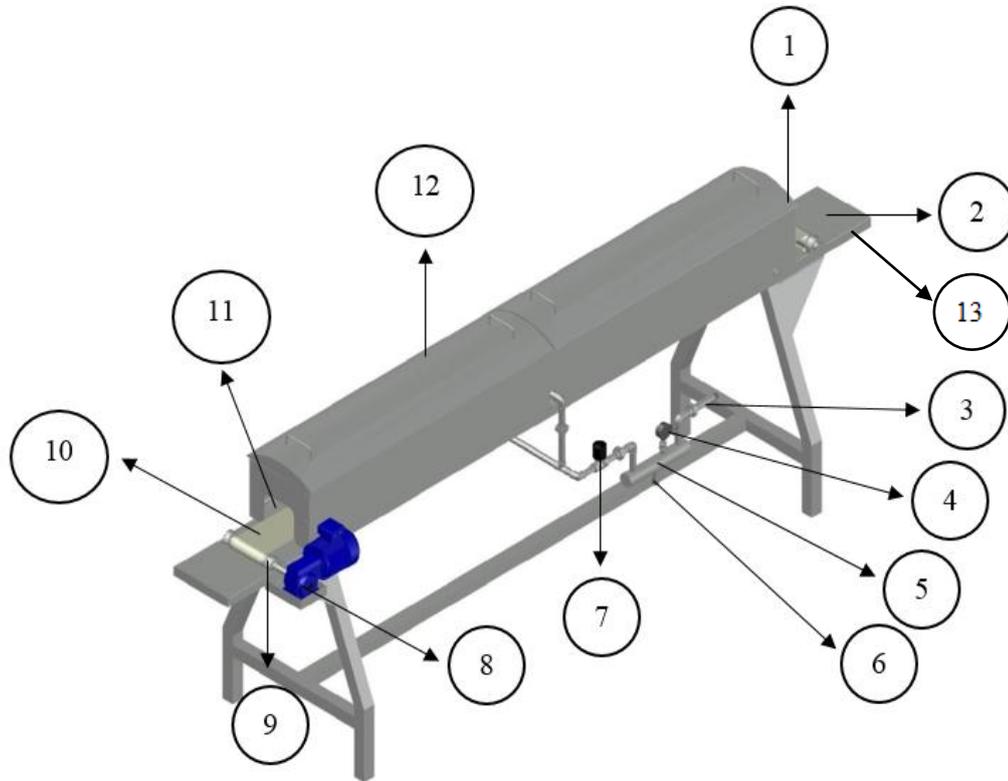
El uso del E.P.P. para la manipulación de los envases y el uso del sistema de esterilización es obligatorio y los mismos que a continuación se especifican:

- ✓ Guantes resistentes al calor.
- ✓ Botas de goma con suela antideslizante.
- ✓ Cofia para evitar contaminar los envases.
- ✓ Ropa protectora.

Instalación apropiada	 <p style="text-align: center;">Precaución</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para el debido funcionamiento del equipo colocar los envases en el sentido correcto de la banda transportadora. ✓ Antes de usar la máquina se tiene que purgar el agua condensada en la tubería y de la misma manera al terminar el proceso de esterilización. ✓ Use el equipo solo cuando se encuentren realizando actividades de esterilización.
Antes de operar el equipo	 <p style="text-align: center;">Precaución</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No manipular las instalaciones eléctricas del equipo, podría sufrir una descarga eléctrica. ✓ Revisar que el tablero este energizado. ✓ Verificar que la válvula de bola este cerrada (ver pág. 4). ✓ Verificar que el caldero este encendido para su uso. ✓ Revisar que haya vapor en las tuberías. ✓ Purgar el agua condensada que se encuentra en las tuberías. ✓ No llevar cadenas u otros objetos que puedan ser atrapados en los rodillos o banda transportadora. ✓ Usar el equipo de protección personal (ver pág. 2).
Equipo en operación	 <p style="text-align: center;">Precaución</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para evitar un accidente tomar en cuenta todas las precauciones correspondientes en el manual. ✓ Cuando coloque los envases en el túnel de exhausting evitar colocar la mano cerca del rodillo y la banda, el cual puede ocasionar un accidente y de la misma manera en la salida del túnel. ✓ Evitar hacer contacto con las tuberías de vapor, ya que las mismas calientan rápidamente pudiendo causar una quemadura. ✓ Usar los guantes de protección para colocar y recoger los envases al ingreso y salida del túnel de exhausting. ✓ Respetar la señalización establecida y recomendaciones para un buen uso del túnel de exhausting.
Al terminar la esterilización	 <p style="text-align: center;">Precaución</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desenergizar todo el circuito eléctrico del tablero de control. ✓ Cerrar la válvula principal de vapor y esperar a que se enfrié el equipo de esterilización. ✓ Purgar el agua condensada que se encuentra en las tuberías por medio de la válvula de bola.

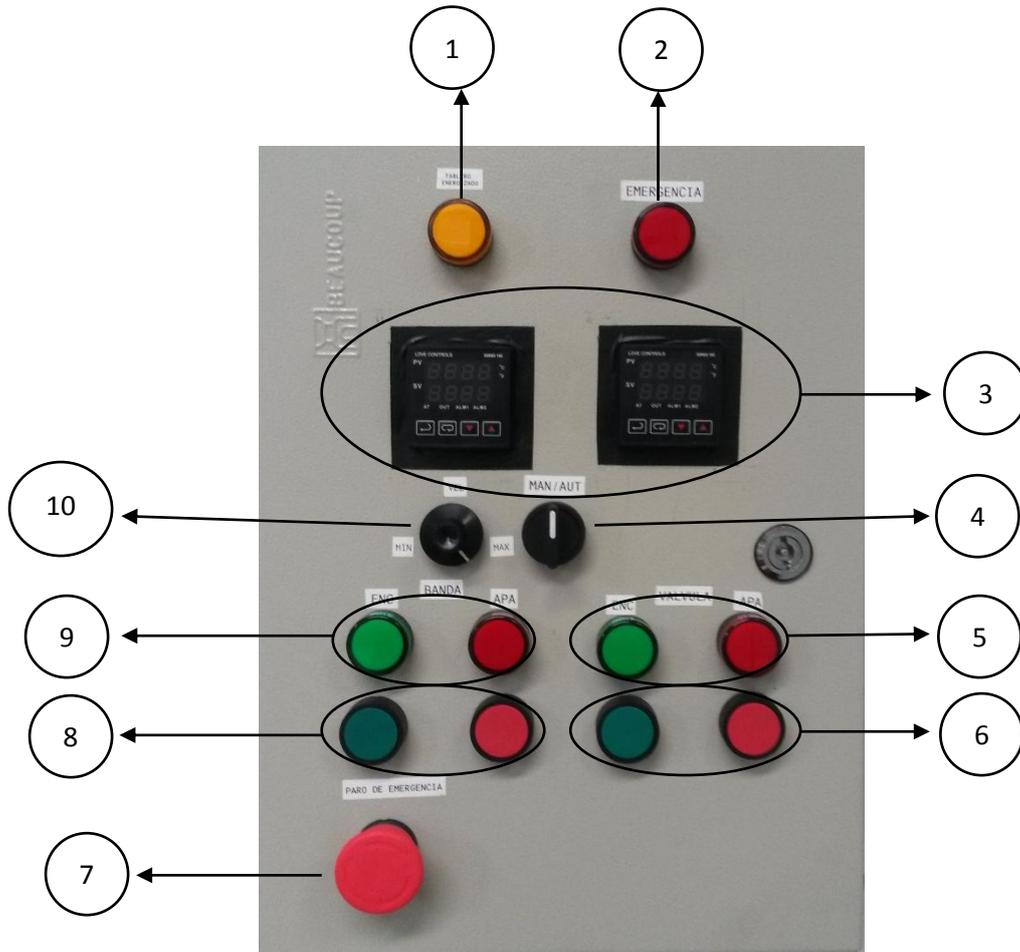
ANTES DE COMENZAR A OPERAR

Identificación de partes del túnel de exhausting



Nº	NOMBRE
1	Salida del túnel
2	Mesas de apoyo
3	Tubería de vapor
4	Manómetro
5	Botella de desahogo
6	Válvula de bola
7	Electroválvula
8	Motorreductor
9	Rodillos
10	Banda transportadora
11	Entrada del túnel
12	Tapas del túnel
13	Sistema tensor

Identificación de los dispositivos del panel de control

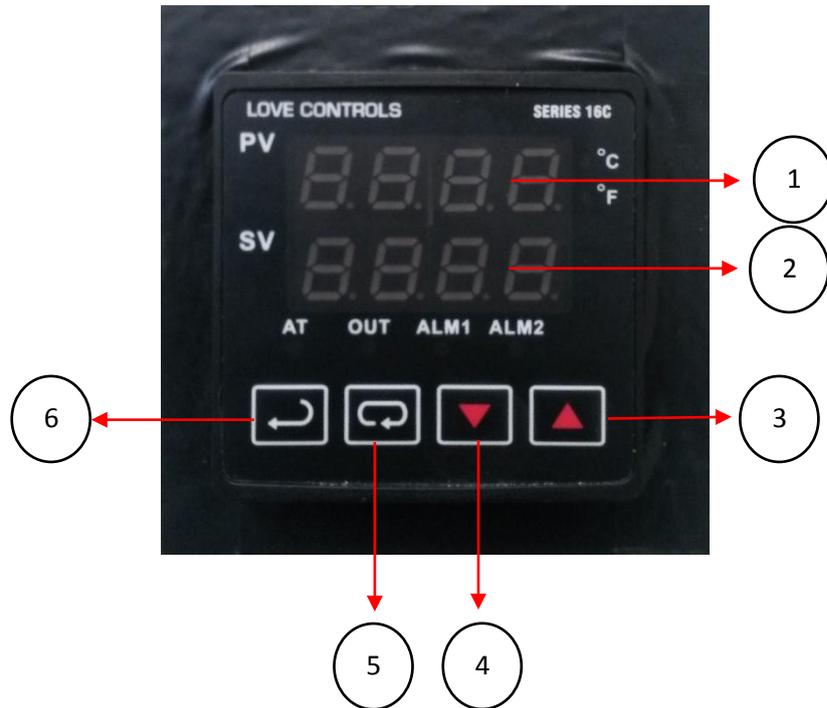


A continuación se indica el funcionamiento de cada uno de los dispositivos que constituyen el panel de control cuando se encuentra encendido.

Nº	DETALLE	DESCRIPCIÓN
1	Luz piloto amarilla	Indica que la máquina esta energizada en su totalidad.
2	Luz piloto roja	Indica que el paro de emergencia está activado, mientras no se desactive el paro de emergencia la luz piloto seguirá encendida.
3	Controladores de temperatura	Estos dispositivos de control permiten que la temperatura del túnel se mantenga en un valor programado, abriendo o cerrando la electroválvula, permitiendo el paso o no del vapor hacia el túnel.
4	Selector	Permite seleccionar el control de la electroválvula, en manual o automático.
5	Luces piloto de la electroválvula	Las luces piloto indican el encendido y apagado de la electroválvula. ✓ Luz piloto verde: Se enciende cuando la electroválvula se activa. ✓ Luz piloto rojo: Permanece encendida cuando la electroválvula se apagada.

6	Pulsadores de la electroválvula	<p>Los pulsadores solo pueden activar y desactivar la electroválvula cuando está en control manual.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pulsador verde: Permite la activación de la electroválvula en control manual. ✓ Pulsador rojo: Desactiva la electroválvula en control manual.
7	Paro de emergencia	<p>El paro de emergencia sirve para cortar la energía a todo el panel de control en caso de una emergencia inesperada en la máquina.</p>
8	Pulsadores del variador de frecuencia	<p>Estos pulsadores activan o desactivan al variador de frecuencia, ya que el control del variador es manual y no automático.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pulsador verde: Permite la activación del variador de frecuencia para su funcionamiento. ✓ Pulsador rojo: Desactiva el variador de frecuencia (usar este pulsador sólo cuando se termine el proceso de esterilización, más no cuando esté en funcionamiento).
9	Luces piloto del variador de frecuencia	<p>Las luces piloto indican el encendido y apagado del variador de frecuencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Luz piloto verde: Indica que el variador esta energizado y funcionando. ✓ Luz piloto rojo: Indica que el variador no está en funcionamiento.
10	Potenciómetro	<p>Permite aumentar o disminuir la velocidad del motorreductor y por consecuencia de la banda transportadora.</p>

Programación del controlador de temperatura



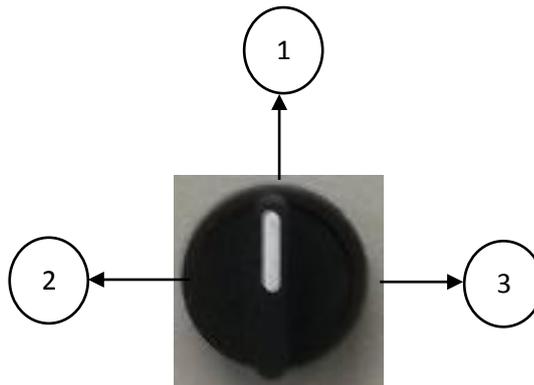
Nº	DETALLE	DESCRIPCIÓN
1	Indicador de temperatura	Indica la temperatura que está dentro del túnel de exhausting en tiempo real.
2	Set point	Es la temperatura programada para la apertura y cierre de la electroválvula.
3	Subir temperatura	Al presionar este botón aumentará 0,1 °C la temperatura del túnel de exhausting (seguir presionado hasta llegar a la temperatura a controlar).
4	Bajar temperatura	Al presionar el botón disminuye 0,1 °C la temperatura del túnel de exhausting, (seguir presionando hasta llegar a la temperatura a controlar).
5	Atrás	Permite cambiar los parámetros de programación en el controlador de temperatura.
6	Enter (OK)	Presionar OK al terminar cualquier cambio en la programación de los controladores de temperatura.

Regulación de la velocidad en la banda transportadora



Nº	DETALLE	DESCRIPCIÓN
1	Velocidad máxima	Girar la perilla en sentido horario para aumentar la velocidad de la banda transportadora.
2	Velocidad mínima	Girar la perilla en sentido anti horario para disminuir la velocidad de la banda transportadora.

Control de la electroválvula



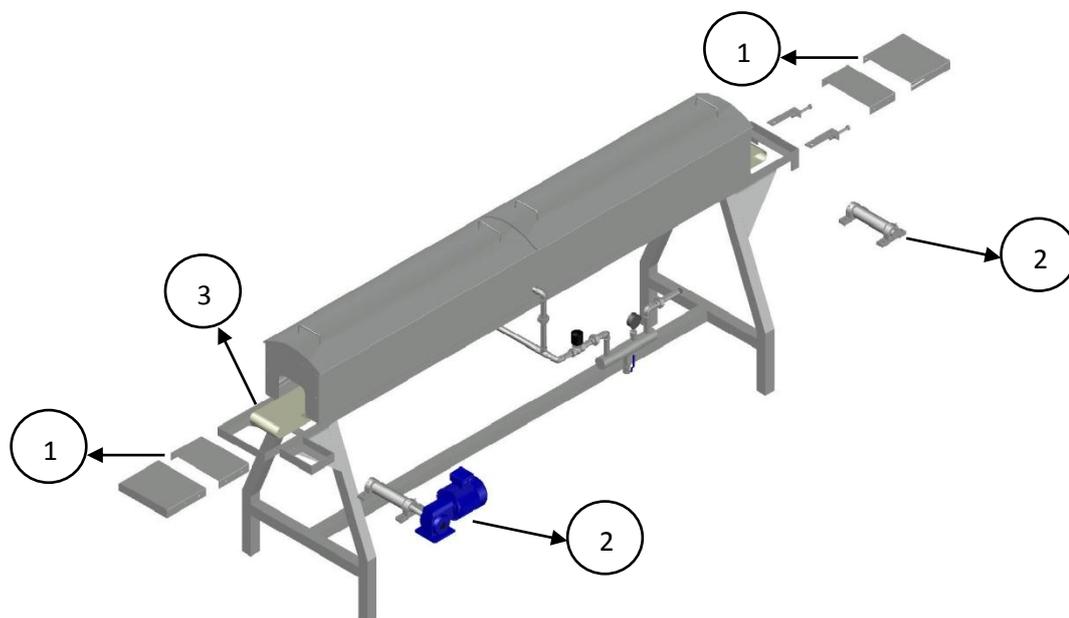
Posición	DETALLE	DESCRIPCIÓN
1	Desactivada	No permite la activación de la electroválvula.
2	Control manual	Permite controlar la electroválvula manualmente, activando o desactivándola con pulsadores.
3	Control automático	Permite controlar automáticamente la electroválvula con los controladores de temperatura.

MANTENIMIENTO

Para realizar el mantenimiento del sistema de esterilización se tiene que desenergizar totalmente el panel de control, cerrar el paso de vapor hacia el túnel de exhausting y esperar a que se enfríe las tuberías y el túnel totalmente.

Mantenimiento de la banda transportadora

El mantenimiento de la banda transportadora se lo realizará cada mes, ya que puede ingresar algún residuo debajo de la misma y se procede de la siguiente manera:



1. Retirar las mesas de apoyo que se encuentran sujetas a los extremos del bastidor con pernos.
2. Desmontar las chumaceras, rodillos y motorreductor que se encuentran sujetos con pernos al bastidor.
3. Limpiar la banda transportadora por ambas caras con un paño húmedo para retirar cualquier residuo que se encuentre.
4. Al finalizar la limpieza volver a montar los rodillos, chumaceras y mesas de apoyo.

Mantenimiento del motorreductor

Realizar una inspección visual del motorreductor para verificar que no existan fugas de aceite.

Nota: Si el motoreductor tiene una fuga de aceite no proceder a manipular el equipo, llamar a un técnico especializado para su revisión y reparación siendo el caso.

Mantenimiento de la tubería

Antes de cada proceso de esterilización verificar que no haya fugas en todo el sistema, caso contrario proceder a sellar las fugas.

Al terminar el proceso de esterilización purgar el condensado acumulado en la botella de desahogo:

1. Abrir la válvula de bola (ver pág. 4).
2. Esperar el tiempo necesario hasta que todo el condensado esté evacuado.
3. Cerrar la válvula de bola (ver pág. 4).

Mantenimiento de las chumaceras

El mantenimiento de las chumaceras se lo realizará cada mes y se procede de la siguiente manera:

1. Engrasar las chumaceras manualmente.
2. Revisar que los pernos que las sujetan estén bien apretados.
3. Verificar que los rodamientos se encuentren en perfecto estado.
4. Verificar que la banda esté bien tensada, caso contrario apretar los pernos del sistema tensor.

Mantenimiento del panel de control

El mantenimiento del panel de control se lo realizará cada tres meses, totalmente desenergizado y se procederá de la siguiente manera:

1. Opere todos los interruptores, actuadores y mecanismos de operación para confirmar su adecuado funcionamiento.
2. Revise todas las conexiones eléctricas para verificar si están correctamente conectadas y que el cableado no se encuentre deteriorado. Inspeccione si existen signos de sobre calentamiento, corrosión o deterioro en el aislamiento en las uniones eléctricas. Arregle y limpie todas las superficies de contacto.
3. Inspeccione el área de conducción y sus conexiones para encontrar cualquier fuga de agua o humedad acumulada. Refuerce las conexiones según se requiera. Deje de usar el panel si observa indicios de daños.
4. Limpie cualquier acumulación de polvo y suciedad con un paño húmedo. Intente sellar la fuente de entrada del polvo.

Nota: Las piezas de repuesto deben ser de igual o mejor calidad. Los fusibles solo deben ser reemplazados por aquellos con el mismo rango de corriente. Llamar a un técnico especializado para su revisión y reparación siendo el caso.

Mantenimiento del túnel exhausting

- ✓ Limpiar el equipo con un paño húmedo antes y después de ser usado para evitar contaminar los envases en el proceso de esterilización.
- ✓ Realizar una revisión visual antes y después de utilizarlo para evitar inconvenientes al momento de realizar actividades de esterilización.

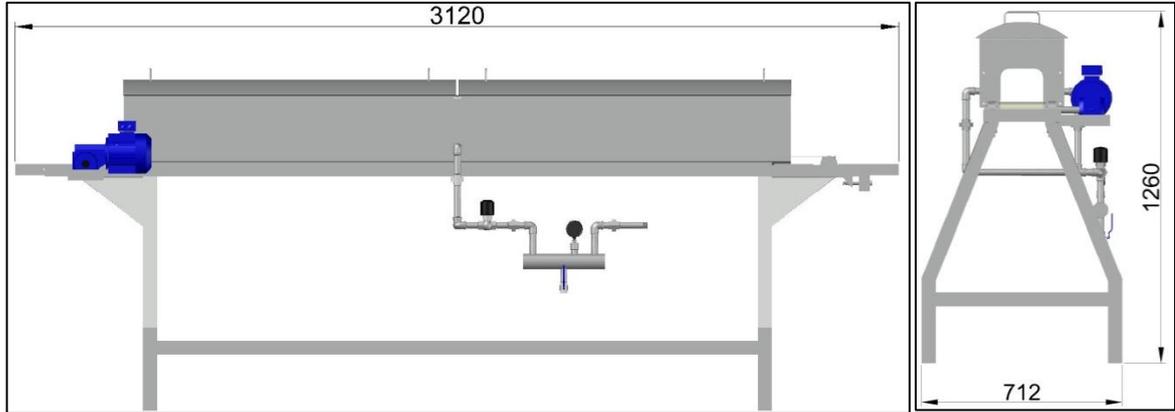
PROBLEMAS

Problemas	Posibles causas	Solución y medidas preventivas
El equipo de esterilización no enciende	<ul style="list-style-type: none"> - Los contactos se encuentran energizados. - Los cables de energía se encuentran desconectados o cortocircuitados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar el breaker y si es necesario habilitarlo. - Conectar los cables siguiendo la numeración, si es necesario reemplazarlos.
Rodillos	<ul style="list-style-type: none"> - Los pernos pueden encontrarse flojos. - Los rodillos a los extremos de la máquina pueden descentrarse. - Los rodamientos pueden remorderse. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar los pernos y si es necesario cambiarlos. - Aflojar los pernos y centrar los rodillos adecuadamente a los dos extremos. - Desmontar las mesas de apoyo, retirar los rodillos y engrasar los rodamientos y si es el caso cambiarlos.
Tuberías	<ul style="list-style-type: none"> - Fugas en las uniones de las tuberías. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que las tuberías estén frías y proceder a sellar con teflón de altas temperaturas u otro sellador que evite fugas en el sistema de calefacción.
Motorreductor	<ul style="list-style-type: none"> - No enciende. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la alimentación y conexiones de los cables. - Comprobar que el variador esté encendido. - Llamar al personal técnico.
Controladores de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - No activan a la electroválvula. - No mide la temperatura del túnel de exhausting. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que los RTD's (Resistance Temperature Detector) y la electroválvula se encuentren conectados. - Llamar al personal técnico.
Banda transportadora	<ul style="list-style-type: none"> - La banda transportadora no se mueve. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una inspección visual a los tensores de la banda transportadora, en caso de no estar tensionada ajustar los pernos. - Verificar que no exista ningún objeto que remuerda los rodillos o impida su movimiento.
Electroválvula	<ul style="list-style-type: none"> - No se activa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar las conexiones eléctricas.

ESPECIFICACIONES

Dimensiones del túnel de exhausting:

- Altura: 1260 mm
- Ancho: 712 mm
- Longitud: 3120 mm



Características de la banda transportadora

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Material de la banda	TPU (Poliuretano termoplástico)
Color lado de transporte	Blanco (suave)
Color lado de tracción	Blanco (tejido)
Color lado de polea	Blanco (tejido impregnado)
Espesor de la banda	1,2 mm
Peso	0,4 kg/m
Mesa de apoyo	Si
Fuerza de tracción admisible por unidad de ancho	18 N/mm
Número de capas	3
Segmento industrial	Apto para uso alimenticio sin empaquetar/abierto
Longitud	5,60 m
Ancho	0,15 m

Características del motorreductor

Marca	Potencia (hp)	Velocidad de salida (RPM)	Voltaje (V)	Intensidad (A)
ABB	0,5	67	220	1,94

Características de los elementos eléctricos

	VARIADOR DE FRECUENCIA 0,75 HP	
	Marca	SIEMENS SIMATIC V20
	Voltaje de alimentación	200V a 230V
	Variación de frecuencia	0-60 Hz
	Protecciones	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecalentamiento • Corriente • Voltaje
	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	
	Marca	LOVE CONTROLS
	Modelo	16C
	Rango de temperatura	0-400°C
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	
	Marca	ABB C6
	Corriente	10 A
	Número de polos	2
	SELECTOR CAMSCO DE 3 POSICIONES	
	POTENCIÓMETRO DE 10K	
	RELÉ DE CONTROL CAMSCO DE 8 Y 4 PINES PLANOS	
	FUENTE DE VOLTAJE	
	Marca	MEAN WELL DR-60-24
	Alimentación	100-240VAC/24VDC
	Electroválvula	
	Material	Acero inoxidable AISI 304
	Dimensiones	Ø ¾" de entrada y salida
	Voltaje	110V
	Manómetro	
	Marca	GENEBRE
	Material	Acero inoxidable
	Escala de graduación	0-100 psi
	Carátula 3	Ø 3"
Vástago adaptador	Ø ¼"	

Características del transportador

Características	Designación	Valor
Longitud entre centros de los rodillos	L	2,72 m
Promedio de transportación	q/minuto	20 unidades/minuto
Número de objetos a transportar por hora	q/hora	120 unidades/hora
Tiempo para recorrer la longitud "L"	t	1 minuto

Nota: Para el debido funcionamiento del equipo de esterilización tomar en cuenta las especificaciones en el manual y las precauciones mencionadas para evitar un accidente al usuario o mal funcionamiento de la máquina a usar.