



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**EXTENSIÓN LA MANÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESTILADOR DE AGUA DESTILADA PARA  
EL LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA  
DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”**

Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingenieros  
Electromecánicos.

**AUTORES:**

Allauca Vásquez William German

Armendáriz Arévalo Adonis Amin

**TUTOR:**

MSc. William Armando Hidalgo

Osorio

**LA MANÁ-ECUADOR**

**ABRIL-2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Allauca Vásquez William German portador del número de cedula 175213403-9 y Armendáriz Arévalo Adonis Amin portador del número de cedula 050304106-3, declaramos ser autores de la Propuesta Tecnológica: “IMPLEMENTACIÓN DE UN DESTILADOR DE AGUA DESTILADA PARA EL LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”, siendo el MSc. William Armando Hidalgo Osorio tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

La Maná, 14 de febrero del 2023



Allauca Vásquez William German  
C.I.: 175213403-9



Armendáriz Arévalo Adonis Amin  
C.I.: 050304106-3

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutora del trabajo de investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESTILADOR DE AGUA DESTILADA PARA EL LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”, de los ponentes: Allauca Vásquez William German y Armendáriz Arévalo Adonis Amin de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte 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 – CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, 14 de febrero del 2023



MSc. William Armando Hidalgo Osorio  
C.I: 050265788-5

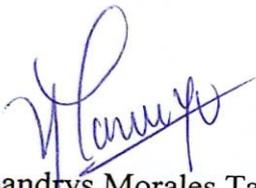
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

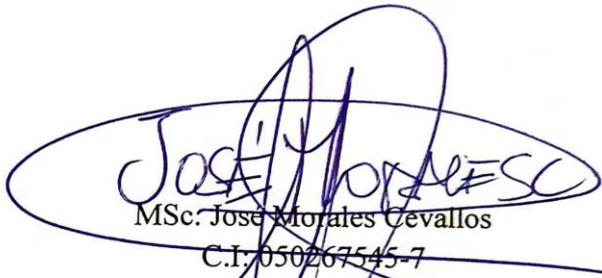
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Allauca Vásquez William German y Armendáriz Arévalo Adonis Amin, con el título del proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN DESTILADOR DE AGUA DESTILADA PARA EL LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”, ha 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.

La Maná, febrero del 2023

Para constancia firman:

  
Ph.D. Yoandrys Morales Tamayo  
C.I: 175695879-7  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

  
MSc. José Morales Cevallos  
C.I: 050267545-7  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

  
MSc. Alex Paredes Anchatipán  
C.I: 050361493-5  
**LECTOR 3 (SECRETARIO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Primeramente agradezco a mis padres por ser mi mayor inspiración, mi apoyo fundamental en tantos años de estudio, desde la niñez hasta ahora que ya culmino mi carrera universitaria, así mismo a mis abuelos que han estado siempre dándome consejos para así crecer como persona y ser mejor cada día, siempre recordándome los errores pero gracias a ello ahora sé cómo enfrentar y superar cada obstáculo que se me cruce en mi camino, también a mis docentes que día a día estuvieron compartiendo cada una de sus ideas, pensamientos y experiencias que me permitieron aprender y poder tener ese conocimiento que tengo actualmente, a mis compañeros de clase con los cuales compartimos muchas experiencias, aventuras, luchas, etc. Y por último doy gracias a Dios por permitirme salir adelante en cada prueba y superarme cada día.*

**Armendáriz Adonis**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este proyecto primeramente a mis padres que estuvieron presentes en todo momento, día a día, con el fin de verme superar y alcanzar muchos logros, gracias a ello me siento orgulloso de los dos y sé que el mismo orgullo que les tengo me lo están reflejando al verme triunfar una meta ms en la vida.*

*También se la dedico a mi familia que con mucho afán y orgullo esperaban este momento, de que uno más del círculo familiar alcance el tan esperado logro universitario y no solo eso seguir superándome y alcanzando muchos más.*

*Como no olvidar de mi Esposa que me acompañó en estos últimos momentos de mi proyecto y estuvo siempre al pendiente de que tenga esa motivación y ese empeño para salir adelante, con mucho esfuerzo y dedicación se lo dedico a ella y a mi pequeña que llego a darme mucha felicidad.*

**Armendáriz Adonis**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a la UNIVERCIDAD TECNICA DE COTOPAXI por darme la oportunidad de desarrollarme mi aprendizaje en carrera de ingeniería electromecánica.*

*Agradezco a Dios por darme la vida y mis padres, MARIA VASQUEZ Y SEGUNDO BRAULIO ALLAUCA y a mi esposa, SANDRA AVEIGA, por apoyarme y tenerme la confianza, la dignidad, la oportunidad de poderme seguir superando, aunque hay dificultades, para cumplir mis metas y un futuro por delante y como olvidar a mi pequeño hijo STALIN ALLAUCA que es mi aliento de ser.*

**Allauca William**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a Dios por ser el promotor de la vida, quiero agradecer a mis Padres por formarme como persona con valores y principio, así también dedicar a mi querida esposa que siempre ha estado a mi lado en todo este tiempo sin importante los duros momentos que hemos cursado, y sobre todo dedicar este triunfo a mi hija porque ella es la energía que me da para continuar y no desmayar además de darle un ejemplo a seguir a luchar y nunca rendirse.*

**Allauca William**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN DESTILADOR DE AGUA DESTILADA PARA EL LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”

**Autores:**

Allauca Vásquez William German

Armendáriz Arévalo Adonis Amin

### RESUMEN

El uso del agua destilada en los laboratorios es muy habitual, pues este líquido se lo conoce como un disolvente universal por esa razón se lo usa para la limpieza y esterilización de los implementos, además es usados en los laboratorios como base de las inyecciones u otros productos. La Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná, anualmente gasta fondos para adquirir este producto a las industrias, esto genera inconveniente para los alumnos al querer realizar sus prácticas y no contar con el agua destilada.

El proyecto de investigación tiene la finalidad de implementar una destiladora para el laboratorio de la facultad de Agroindustria lo cual es necesario obtener el nivel de pureza necesario para lograr satisfacer las necesidades, para ellos se implementó un proyecto de destilador convencional compuesto por una caldera elaborado con materiales de acero inoxidable, al igual que su recipiente contenedor del agua destilada. El proceso de destilación lleva el principio del proceso hidrológico siendo este el de evaporación, condensación y goteo de esta manera se logró obtener un resultado favorable con un nivel de pureza del 97% ideal para realizar todo tipo de trabajos en laboratorios, con este equipo destilador la Facultad Agroindustria puede tener los 8 litros de agua destilada a la semana sin gastar fondos de la Universidad.

**Palabras clave:**

Destilador, caldera, pureza, laboratorio, principio hidrológico, agua destilada, inoxidable.

## ABSTRACT

The use of distilled water in laboratories is very common, since this liquid is known as a universal solvent, for this reason it is used for cleaning and sterilizing implements, it is also used in laboratories as a base for injections or other products. The Technical University of Cotopaxi Manna Extension annually spends funds to acquire this product from industries, this creates inconvenience for students who want to do their practices and not have distilled water.

The research project has the purpose of implementing a distiller for the laboratory of the Faculty of Agroindustry, which is necessary to obtain the level of purity necessary to meet the needs, for which a conventional distiller project consisting of a boiler made with stainless steel materials, just like its distilled water container. The distillation process follows the principle of the hydrological process, this being that of evaporation, condensation and dripping, in this way it was possible to obtain a favorable result with a purity level of 97%, ideal for carrying out all kinds of work in laboratories, with this distillation equipment. The Faculty of Agroindustry can have 8 liters of distilled water a week without spending funds from the University.

**Keywords:** Distiller, boiler, purity, laboratory, hydrological principle, distilled water, stainless.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	iv
<i>DEDICATORIA</i> .....	v
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	vi
<i>DEDICATORIA</i> .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xviii
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	20
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	21
3 RESUMEN DEL PROYECTO. ....	21
4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	22
4.1 Beneficiarios Directos.....	22
4.2 Beneficiarios Indirectos .....	22
5 EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
5.1 Planteamiento del problema.....	22
5.2 Delimitación del problema.....	22
6 OBJETIVOS .....	23
6.1 Objetivo General .....	23
6.2 Objetivos Específicos.....	23
7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS .....	24
8 MARCO TEÓRICO.....	25
8.1 El agua .....	25
8.2 Generalidades del agua. ....	25
8.2.1 Estructura del agua.....	25

8.2.2 Ciclo natural del agua.....	26
8.3 Propiedades físicas el agua. ....	27
8.3.1 Puntos de fusión y ebullición. ....	27
8.3.2 Densidad.....	28
8.3.3 Tensión superficial. ....	28
8.4 Caldera. ....	29
8.4.1 Tipos de calderas de vapor.....	29
8.4.2 Clasificación de las calderas según disposición de los fluidos. ....	29
8.5 Condensación del agua. ....	31
8.5.1 Condensación por gotas. ....	31
8.6 La destilación generalidades. ....	31
8.7 Tipos de columnas de destilación. ....	32
8.7.1 Columnas lote. ....	32
8.8 Principales componentes de una columna de destilación. ....	33
8.9 Agua destilada.....	34
8.9.1 Formas de obtención. ....	34
8.10 Clasificación de los tipos de agua según ASTM 1193: 2001. ....	34
9 PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS.....	35
9.1 Hipótesis del proyecto.....	35
10 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	35
10.1 Localización.....	36
10.2 Tipo de investigación.....	36
10.2.1 Investigación bibliográfica.....	36
10.2.2 Investigación de campo. ....	37
10.3 Métodos de investigación.....	37
10.3.1 Método tecnológico.....	37
10.3.2 Método inductivo-deductivo.....	37
10.4 Técnicas de investigación.....	37
10.4.1 Lectura bibliográfica.....	37
10.4.2 Observación.....	37
10.4.3 Recolección de datos.....	37
10.5 Identificación de los diferentes procesos de destilación y equipos para la obtención de agua destilada. ....	38
10.5.1 Destilación.....	38

10.5.2	Osmosis inversa. ....	39
10.5.3	Resinas de intercambio iónico .....	41
10.5.4	Electrodesionización .....	41
10.6	Equipos empleados para la destilación. ....	42
10.6.1	Tipos de máquinas destiladoras. ....	42
10.7	Selección del tipo de destilador a implementar en el laboratorio de Agroindustria. ....	46
10.8	Funcionamiento del destilador de agua.....	47
10.9	Análisis del agua potable que distribuye el municipio del cantón de la Maná. ....	47
10.9.1	Análisis de los parámetros físicos y químicos del agua potable en el cantón la Maná. 47	
10.9.2	Análisis de los parámetros físicos y químicos del agua potable en los hogares del cantón la Maná. ....	48
10.9.3	Norma usada para la elaboración del proyecto. ....	49
10.9.4	Material de construcción de la caldera.....	50
10.9.5	Resistencia de calor eléctrica. ....	51
10.9.6	Boya de nivel .....	51
10.9.7	Selección del evaporador. ....	51
10.9.8	Ventilador de enfriamiento. ....	52
10.9.9	Filtro para destilación. ....	52
11	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. ....	52
11.1	Análisis para la construcción de la maquina destiladora de agua. ....	52
11.1.1	Caldera. ....	52
11.1.2	Resistencia de calor eléctrica. ....	54
11.2	Análisis de condensación del vapor de agua.....	56
11.3	Análisis de los filtros. ....	57
11.4	Recipiente contenedor de agua destilada. ....	58
11.5	Consumo energético de la destiladora de agua. ....	60
11.5.1	Costo de factura eléctrica por consumo energético del destilador.....	61
11.6	Instalación del equipo destilador para la obtención de agua destilada para el laboratorio de agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná. ....	61
11.7	Análisis de la pureza del agua destilada obtenida por el equipo destilador implementada para el laboratorio de agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná. ....	63
11.8	Análisis del agua potable que distribuye el municipio del cantón la Maná. ....	64

11.9	Análisis de comparación del agua destilada obtenida por el destilador implementado en el laboratorio de Agroindustria y el agua de la red pública de agua potable. ....	64
11.10	Diseño del destilador de agua. ....	65
11.10.1	Planos del destilador de agua. ....	65
11.10.2	Planos del destilador de agua y sus partes que lo componen.....	68
12	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO .....	70
12.1	Costos directos .....	70
12.1.1	Costos indirectos.....	70
12.1.2	Inversión total de la investigación. ....	71
13	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .....	71
13.1	Impacto social. ....	71
13.2	Impacto económico. ....	71
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
14.1	Conclusiones .....	72
14.2	Recomendaciones .....	73
15	BIBLIOGRAFIA .....	74
16	ANEXOS .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Beneficiarios directos del proyecto de investigación. ....	22
<b>Tabla 2.</b> Beneficiarios indirectos del proyecto de investigación. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos.....	24
<b>Tabla 4.</b> Puntos de fusión y ebullición del agua. ....	28
<b>Tabla 5.</b> Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los puntos de tratamiento de agua potable del cantón La Maná. ....	47
<b>Tabla 6.</b> Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los puntos de distribución red local del cantón La Maná. ....	48
<b>Tabla 7.</b> Calores específicos de las sustancias.....	55
<b>Tabla 8:</b> Valores del consumo energético del destilador.....	61
<b>Tabla 9.</b> Referencia de análisis del agua destilada de sus propiedades físicas y químicas.....	63
<b>Tabla 10.</b> Comparación del análisis del agua destilada con el agua potable de la red pública. ....	64
<b>Tabla 11.</b> Costos directos.....	70
<b>Tabla 12.</b> Detalle de costos indirectos. ....	70
<b>Tabla 13.</b> Inversión total de la investigación. ....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución del agua en el planeta tierra.....	25
<b>Figura 2.</b> Estructura molecular del agua.....	26
<b>Figura 3.</b> Puntos de fusión y ebullición del agua. ....	27
<b>Figura 4.</b> Detalle de generador instantáneo.....	30
<b>Figura 5.</b> Caldera pirotubular horizontal. ....	31
<b>Figura 6.</b> Columna de destilación y sus componentes.....	34
<b>Figura 7.</b> Ubicación del laboratorio de la facultad de Agroindustria de la UTC.....	36
<b>Figura 8.</b> Proceso de ósmosis vs. ósmosis inversa. ....	40
<b>Figura 9.</b> Esquema de funcionamiento de electrodesionizador.....	42
<b>Figura 10.</b> Esquema de funcionamiento del equipo destilador Kuderna Danish. ....	43
<b>Figura 11.</b> Esquema de funcionamiento del equipo destilador a paso corto giratorio. ....	43
<b>Figura 12.</b> Columna de destilación plano. ....	45
<b>Figura 13.</b> Destilación solar.....	46
<b>Figura 16.</b> Simulación del destilador con el software AutoCAD.....	66
<b>Figura 17.</b> Simulación del destilador con el software AutoCAD en 3D. ....	67
<b>Figura 18.</b> Simulación del destilador con el software AutoCAD en 3D y sus partes.....	68
<b>Figura 14.</b> Análisis del agua potable que distribuye el municipio del cantón de La Maná antes del proceso de la destilación de agua.....	82
<b>Figura 15.</b> Análisis del agua destilada obtenida por el destilador implementado en el laboratorio de Agroindustrias. ....	83

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imágenes 1.</b> Caldero implementado en el destilador.....	53
<b>Imágenes 2.</b> Estructura interna del caldero y su resistencia de calor.....	56
<b>Imágenes 3.</b> Estructura del serpentín de condensado. ....	56
<b>Imágenes 4.</b> Filtro 1. ....	57
<b>Imágenes 5.</b> Filtro 2. ....	58
<b>Imágenes 6.</b> Recipiente recolector de agua destilada. ....	60
<b>Imágenes 7.</b> Ensamble del destilador. ....	62
<b>Imágenes 8.</b> Filtros de agua. ....	62
<b>Imágenes 9.</b> Ajuste final de la destiladora. ....	63

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación. 1	Dimensionamiento de la caldera.....	52
Ecuación. 2	Conversión de m <sup>3</sup> a litros.....	52
Ecuación. 3	Resistencia de calor eléctrica.....	54
Ecuación. 4	Cálculo del calor necesario para un determinado cuerpo.....	54
Ecuación. 5	Dimensionamiento del recolector de agua destilada.....	58
Ecuación. 6	Conversión de m <sup>3</sup> a litros.....	58
Ecuación. 7	Calculo de tiempo de uso del destilador.....	59
Ecuación. 8	Calculo de consumo energético.....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Foto</b>	Selección del caldero.....	77
<b>1.</b>		
<b>Foto</b>	Selección de la resistencia de calor eléctrica y boya de nivel.....	77
<b>2.</b>		
<b>Foto</b>	Selección del evaporador serpentín en aluminio.....	77
<b>3.</b>		
<b>Foto</b>	Instalación del interruptor de encendido y apagado de la bomba de agua.....	77
<b>4.</b>		
<b>Foto</b>	Instalación de la bomba de agua.....	78
<b>5.</b>		
<b>Foto</b>	Instalación del ventilador que refrigera el serpentín.....	78
<b>6.</b>		
<b>Foto</b>	Ensamble del equipo destilador.....	78
<b>7.</b>		
<b>Foto</b>	Selección del filtro de carbón activado.....	78
<b>8.</b>		
<b>Foto</b>	Montaje del cuerpo de destilación sobre el recipiente contenedor de agua	79
<b>9.</b>	destilada.....	
<b>Foto</b>	Instalación del filtro.....	79
<b>10.</b>		
<b>Foto</b>	Calibración del equipo destilador.....	79
<b>11.</b>		

<b>Foto</b>	Ensamble final del equipo destilador.....	79
<b>12.</b>		

## 1 INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

“Implementación de un destilador de agua destilada para el laboratorio de agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná”

<b>Fecha de inicio:</b>	Octubre del 2022
<b>Fecha de finalización:</b>	Abril del 2023
<b>Lugar de ejecución:</b>	Cotopaxi, La Maná, Cabaña de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
<b>Unidad académica que auspicia:</b>	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas CIYA
<b>Carrera que auspicia:</b>	Ingeniería Electromecánica.
<b>Proyecto de investigación vinculado:</b>	La transferencia tecnológica sustentable como eje fundamental para el desarrollo socio económico y la vinculación social.
<b>Equipo de trabajo:</b>	
<b>Tutor del Proyecto:</b>	MSc. William Armando Hidalgo Osorio.
<b>Postulante:</b>	Allauca Vásquez William German. Almendariz Arévalo Adonis Amin.
<b>Área de conocimiento:</b>	Ingeniería, Industria y Construcción.
<b>Línea de investigación:</b>	Procesos industriales.
<b>Sub líneas de investigación de la carrera:</b>	Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.
<b>Núcleo Disciplinar:</b>	Aplicación de la termodinámica.

## **2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El uso de agua destilada en el campo de ciencias e investigación y hoy en día también es aplicado en el área Agroindustrial ya sea para la esterilización de los equipos de trabajo o a su vez para incorporar a algún producto. Como bien es conocido el laboratorio de la Facultad de Agroindustria no consta con el implemento necesario para producir agua destilada lo que acarrear una serie de problemas al momento de realizar alguna actividad en dicho laboratorio, esto le considera un gasto económico a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná, al tener la necesidad de conseguir el líquido. Para ello este proyecto tiene la finalidad de poder implementar un destilador de agua altamente pura, para poder satisfacer esa demanda por parte del laboratorio de Agroindustria.

## **3 RESUMEN DEL PROYECTO.**

El uso del agua destilada en los laboratorios es muy habitual, pues este líquido se lo conoce como un disolvente universal por esa razón se lo usa para la limpieza y esterilización de los implementos, además es usados en los laboratorios como base de las inyecciones u otros productos. La Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná, anualmente gasta fondos para adquirir este producto a las industrias, esto genera inconveniente para los alumnos al querer realizar sus prácticas y no contar con el agua destilada.

El proyecto de investigación tiene la finalidad de implementar una destiladora para el laboratorio de la facultad lo cual es necesario obtener el nivel de pureza necesario para lograr satisfacer las necesidades, para ellos se implementó un proyecto de destilador convencional compuesto por una caldera elaborado con materiales de acero inoxidable, al igual que su recipiente contenedor del agua destilada. El proceso de destilación lleva el principio del proceso hidrológico siendo este el de evaporación, condensación y goteo de esta manera se logró obtener un resultado favorable con un nivel de pureza del 97% ideal para realizar todo tipo de trabajos en laboratorios, con este equipo destilador la Facultad agropecuaria puede tener los 8 litros de agua destilada a la semana sin gastar fondos de la Universidad.

## 4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

### 4.1 Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del proyecto son a todos los estudiantes y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná.

**Tabla 1.** Beneficiarios directos del proyecto de investigación.

Hombres	Mujeres	Total
7830	5870	13.700

**Fuente:** UTC.EDU.EC.

**Elaborado por:** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

### 4.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos del proyecto son a personas particulares fuera de la UTC.

**Tabla 2.** Beneficiarios indirectos del proyecto de investigación.

Hombres	Mujeres	Total
350	210	560

**Fuente:** UTC.EDU.EC.

**Elaborado por:** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

## 5 EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1 Planteamiento del problema

La facultad de ciencias agropecuarias, tiene implementos de laboratorios adecuados para realizar todo tipos de investigación, pero además necesita de otros materiales que no se encuentran en disposición, como de agua altamente purificada ya que el agua potable del cantón La Maná no cuenta con el nivel de pureza que se requiere para el área de Agroindustrial, para lo cual se implementara una maquina destiladora de agua para dicho laboratorio

### 5.2 Delimitación del problema.

El método que se usara en esta investigación es del método descriptivo y experimental, de cómo es el proceso para la obtención del disolvente universal común “agua destilada”, esta investigación tomara como fuente principal el agua potable del municipio del cantón de La Maná la cual su calidad de agua no cumple con los parámetros necesarios por lo cual se

implementara una destiladora de agua, para obtener los niveles requeridos para el laboratorio de Agroindustrial.

## **6 OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo General**

Implementar un destilador de agua destilada para el laboratorio de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná.

### **6.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los diferentes procesos de destilación y equipos para la obtención de agua destilada.
- Seleccionar el proceso de destilación adecuado para la obtención de agua destilada.
- Instalar el equipo destilador para la obtención de agua destilada para el laboratorio de agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná.
- Analizar la pureza del agua destilada obtenida por el equipo destilador implementada para el laboratorio de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná.

## 7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS

**Tabla 3.** Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos.

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Tareas</b>	<b>Descripción de la actividad</b>
Identificar los diferentes procesos de destilación y equipos para la obtención de agua destilada.	Analizar los diferentes tipos de procesos para la destilación de agua. Consultar de la elaboración de un sistema de filtración para destilación.	Obtener la información de campo para realizar la metodología. Identificar la funciona y propiedades del carbón activado.
	Indagar información de equipos destiladores de agua.	Analizar la función de cada parte de la destiladora de agua.
Seleccionar el equipo adecuado para la obtención de agua destilada.	Analizar las fórmulas para los respectivos cálculos. Investigar el análisis de agua en campo.	Seleccionar y analizar los respectivos cálculos. Obtener conocimiento de los materiales pesados y sedimentos que incorpora en el agua potable.
	Seleccionar y adquirir los componentes.	Conocer la filtración con carbón activado y ionización, para eliminación de impurezas.
Instalar el equipo destilador para la obtención de agua destilada para el laboratorio de agroindustria de la UTC extensión la Maná.	Analizar de los datos.	Seleccionar los equipos que cumplen con los requisitos de los análisis realizados.
	Seleccionar y adquisición de los materiales e implementos.  Instalar los equipos y componentes seleccionados.	Obtener los materiales e implementos que se requiere para la instalación de la destiladora de agua.  Medir el rendimiento de la maquina destiladora y analizar los resultados.
Analizar la pureza del agua destilada obtenida por el equipo destilador implementada para el laboratorio de agroindustria de la UTC extensión la Maná.	Comprobar destilación calculada.	Comprobar si el análisis realizado es similar al resultado obtenido.
	Recolectar muestra de agua destilada.	Obtener la muestra más reciente y la ultima de la destilación.
	Analizar la pureza del agua destilada obtenida en laboratorio.	Comprobar si la cantidad de pureza es la adecuada para el uso en laboratorio.

**Elaborado por:** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

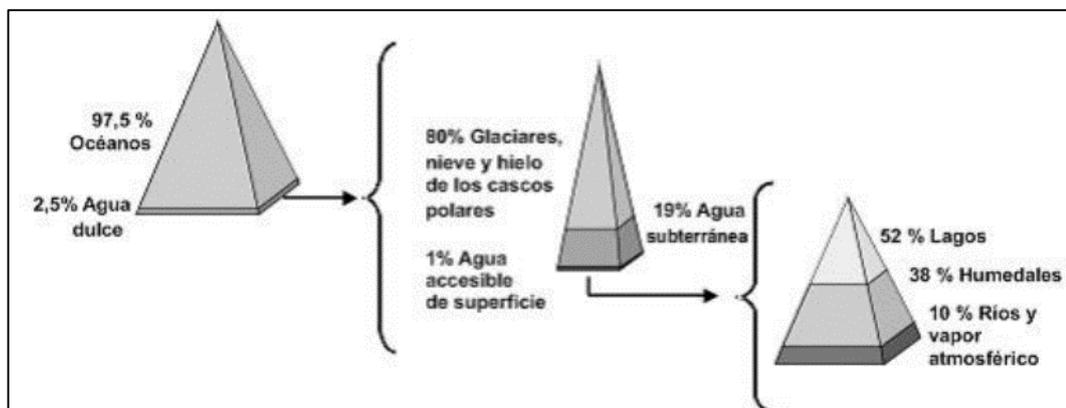
## 8 MARCO TEÓRICO

### 8.1 El agua

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima (Fernández, 2012).

Los océanos dan cuenta de casi el 97,5 % del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%. Esta baja cantidad de agua de superficie fácilmente accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%) (Fernández, 2012).

**Figura 1.** Distribución del agua en el planeta tierra



**Fuente.** (Fernández, 2012).

### 8.2 Generalidades del agua.

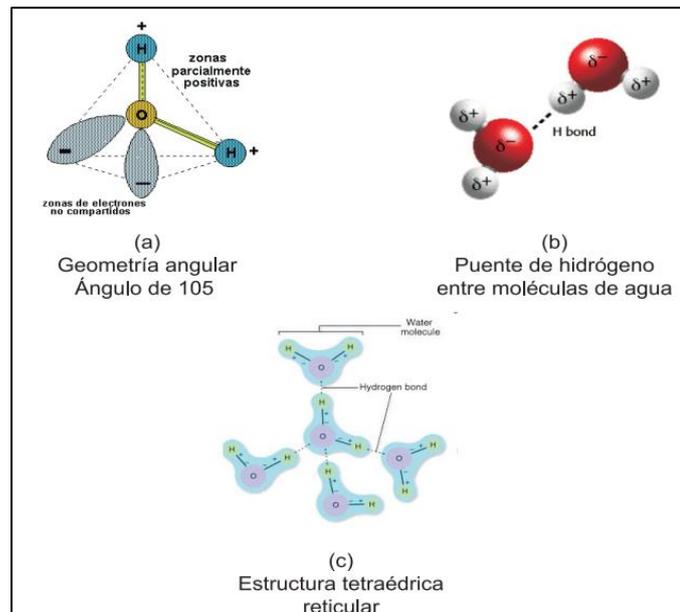
#### 8.2.1 Estructura del agua

El agua es una sustancia tan común en la Tierra que a menudo se desprecia su naturaleza única. Para comprender por qué el agua es diferente se tiene que examinar la estructura electrónica de la molécula de H<sub>2</sub>O (López et al., 2005).

La estructura del electrón orbital de un átomo de hidrógeno aislado es 1S<sup>1</sup>, mientras que la del átomo de oxígeno aislado es 1S<sup>2</sup> 2S<sup>2</sup> 2P<sup>2</sup> x 2P<sup>1</sup> y 2P<sup>1</sup> z. La molécula del agua posee la estructura:

H – O – H, formándose dos enlaces covalentes  $\sigma$  (cada uno con un aporte iónico del 40%) y con una entalpía de disociación de 110,2 Kcal/mol por cada uno de los enlaces, lo cual confiere a la molécula del de agua una gran estabilidad, especialmente en la naturaleza (López et al., 2005).

**Figura 2.** Estructura molecular del agua.



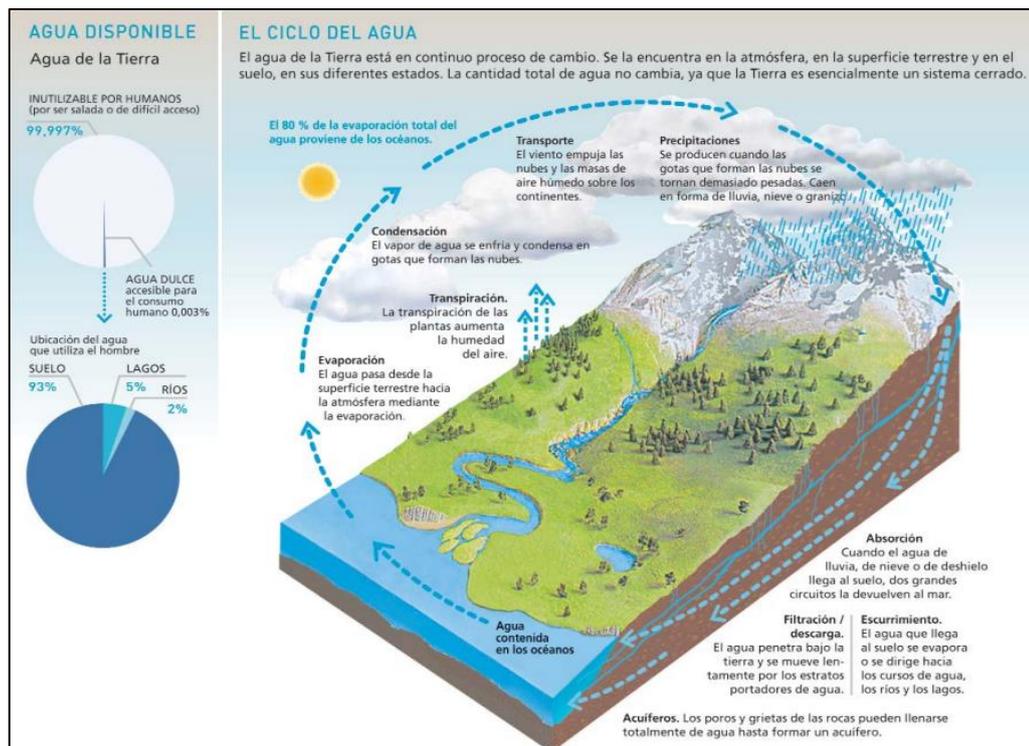
**Fuente.** (Carbajal y Gonzalez, 2012).

### 8.2.2 Ciclo natural del agua.

El agua existe en la Tierra en estado sólido (hielo), líquido o gaseoso (vapor de agua). Su distribución es bastante variada, ya que muchas regiones tienen en abundancia mientras que en otras su disponibilidad es escasa. En la Tierra, el agua está en continuo movimiento en sus diferentes estados. De hecho, los océanos, los ríos, las nubes y la lluvia, que contienen agua, están en frecuente proceso de cambio (el agua de superficie se evapora, el agua de las nubes precipita, la lluvia se infiltra en el suelo, etc.). Sin embargo, la cantidad total de agua no cambia. La Tierra es esencialmente un "sistema cerrado" (Ordóñez, 2011). Esto significa que el planeta, como un todo, ni gana ni pierde materia, tampoco agua. Aunque algo de materia, como los meteoritos del espacio exterior, pueden entrar en la Tierra, muy poco de las sustancias de la Tierra, como el agua, escapan al espacio exterior. De hecho, la misma agua que se formó hace millones de años en este planeta todavía está aquí. De toda el agua del planeta, sólo el 3 % es agua dulce, y el 2,997 % es de muy difícil acceso, ya que es subterránea o se encuentra en los casquetes polares y en los glaciares, lo que no facilita su utilización (Vera y Camilloni, 2015).

Es decir que sólo el 0,003 % del volumen total de agua del planeta es accesible para el consumo de los seres humanos. Gracias al ciclo del agua o ciclo hidrológico, este líquido vital continuamente se mueve de un lugar a otro y de un estado a otro. Un conocimiento profundo de los elementos de este ciclo es esencial, tanto para entender el impacto de las actividades humanas como para planificar el uso racional y eficiente del agua disponible. (Vera y Camilloni, 2015).

**Figura 3.** Puntos de fusión y ebullición del agua.



Fuente. (Vera y Camilloni, 2015).

## 8.3 Propiedades físicas el agua.

### 8.3.1 Puntos de fusión y ebullición.

Los enlaces por puente de hidrógeno hacen que los puntos de fusión y ebullición del agua sean mucho más altos de lo esperado. Los puntos de fusión y ebullición de casi todos los compuestos similares siguen el patrón de expandirse conforme aumentan los pesos moleculares de los compuestos. Si el agua se ajustara a este patrón cuando se le compara con compuestos químicamente relacionados, debería hervir alrededor de los 90 °C bajo cero y congelarse a 100°C bajo cero. El agrupamiento de las moléculas del agua origina el cambio en los puntos de congelación y ebullición, si no existieran los enlaces por puente de hidrógeno el agua sería un gas a la temperatura ambiente.

**Tabla 4.** Puntos de fusión y ebullición del agua.

Compuesto	Punto de fusión °C	Punto de ebullición °C	Peso molecular g/mol
H <sub>2</sub> O	0	100	18
H <sub>2</sub> S	-83	-60	34
H <sub>2</sub> Se	-59	-41	80
H <sub>2</sub> Te	-48	-4	129

**Fuente.** (López et al., 2005).

### 8.3.2 Densidad.

La densidad del agua es 1g/cm<sup>3</sup> (exactamente 0,99999 g/cm<sup>3</sup> a 20 °C) y, como sabemos aumenta anormalmente al elevar la temperatura de 0°C a 4°C, en la que alcanza su máximo valor 1g/cm<sup>3</sup>, exactamente a 3,98 °C. La mayoría de las sustancias se expanden cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían. El agua se rige por este comportamiento excepto en que a 4°C ya no se contrae, sino que comienza a expandirse. La existencia del enlace por puentes de hidrógeno explica este anómalo comportamiento. El agua caliente contiene numerosos grupos de moléculas con puente de hidrógeno. Estos grupos se rompen y vuelven a formarse en fracciones de segundo. A medida que el agua se enfría las energías cinéticas de las moléculas disminuyen y se forman conglomerados más grandes por medio de los puentes de hidrógeno (López et al., 2005).

### 8.3.3 Tensión superficial.

Es una propiedad de las superficies que limitan dos fases y se define como la fuerza de tracción que se ejerce en la superficie del líquido y tiende siempre a reducir lo más posible la extensión de dicha superficie, y en consecuencia la superficie líquida está sometida a cierta deformación y la tensión superficial del agua máxima es  $\gamma = 72,75 \text{ Dy/cm}$  a 20°C (la más alta de cualquier sustancia conocida) y disminuye con la temperatura hasta alcanzar un valor nulo en el punto crítico. La tensión superficial del agua aumenta generalmente al añadir sales. Por ejemplo, para una disolución acuosa 1M en NaCl a 18°C la  $\gamma = 74,6 \text{ Dy/cm}$ . La presencia en el agua de algunos cuerpos (llamados tensoactivos) disminuye la tensión superficial. La tensión superficial del agua provoca los fenómenos de capilaridad (López et al., 2005).

## **8.4 Caldera.**

La caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase. Cuando James Watt observó que se podría utilizar el vapor como una fuerza económica que reemplazaría la fuerza animal y manual, comenzó a desarrollar la fabricación de calderas, hasta llegar a tener mayor uso en las distintas industrias. Las primeras calderas tuvieron el inconveniente de que los gases calientes estaban en contacto solamente con su base, y en consecuencia se desaprovechaba el calor del combustible. Debido a esto, posteriormente se les introdujeron tubos para aumentar la superficie de calefacción (Asociación Nacional de Industrias, 2014).

Si por el interior de los tubos circulan gases o fuego, se les clasifican en calderas pirotubulares (tubos de humo) y calderas acuotubulares (tubos de agua). Hasta principios del siglo XIX se usó la caldera para teñir ropas, producir vapor para la limpieza, etc., hasta que Dionisio Papin creó una pequeña caldera llamada marmita en 1769. Se usó vapor para mover la primera máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo, ya que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse, ésta dejaba de producir trabajo útil. Luego de otras experiencias, James Watt completó en 1776 una máquina de vapor de funcionamiento continuo, que usó en su propia fábrica industrial como inventor inglés. (Asociación Nacional de Industrias, 2014).

### **8.4.1 Tipos de calderas de vapor.**

Fundamentalmente son dos los tipos de calderas de vapor que normalmente suelen utilizarse: caldera de tubos de humo o pirotubulares y calderas de tubos de agua o acuotubulares. Las calderas de tubos de humo o pirotubulares se pueden explicar como un cilindro compacto de agua, atravesado longitudinalmente por un haz de tubos por los que circulan la llama y/o los humos. Lógicamente, los humos y la llama pasarán por el interior de los tubos de acero, los cuales estarán rodeados de agua. El gran volumen de agua de estos equipos actúa como un almacén de energía proporcionando una respuesta adecuada para demandas puntuales y una mayor calidad del vapor. En el caso de las calderas acutubulares, el agua está en parte o casi toda contenida en haces de tubos de acero rodeados por la llama y los gases calientes de la combustión. Teniendo en cuenta el elevado número de tubos que pueden instalarse, la superficie de calefacción puede ser muy grande para dimensiones relativamente reducidas (Uceda, 2013).

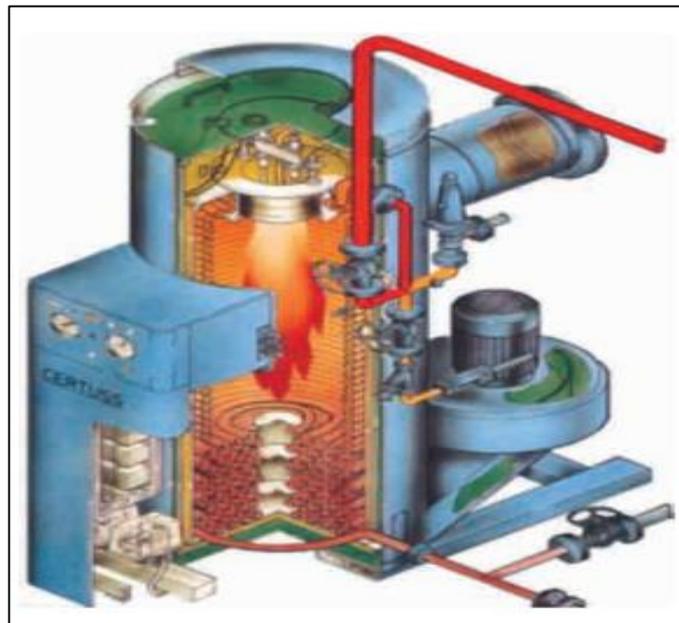
### **8.4.2 Clasificación de las calderas según disposición de los fluidos.**

Las calderas se clasifican en función del paso del fluido caloportador a través de los tubos de intercambio.

#### 8.4.2.1 Calderas Acuotubulares.

Son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza por el interior de tubos durante su calentamiento y los gases de combustión circulan por el exterior de los mismos. Son de aplicación cuando se requiere una presión de trabajo por encima de los 22 bar. En el caso de calderas de vapor, el título de vapor es muy bajo (0,85), es decir, que el contenido de agua por unidad de masa es muy alto (15%) si no se les añaden subconjuntos secadores del vapor, tales como recalentadores o sobrecalentadores (Uceda, 2013).

**Figura 4.** Detalle de generador instantáneo.



**Fuente.** (Uceda, 2013).

#### 8.4.2.2 Calderas Piro-tubulares.

Son aquellas calderas en las que los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y el líquido se encuentra en un recipiente atravesado por dichos tubos. Son de aplicación principalmente cuando la presión de trabajo es inferior a los 22 bar. Dicho volumen de agua les permite adaptarse mejor a las variaciones de la instalación que las calderas acuotubulares. El vapor producido por las mismas suele tener un título de vapor cercano al 1, es decir, que el contenido de agua por unidad de masa es bajo (3%), no siendo necesario instalar equipos auxiliares complementarios. Las exigencias de la calidad del agua de alimentación son menores a las requeridas por las calderas acuotubulares.

**Figura 5.** Caldera pirotubular horizontal.



**Fuente.** (Uceda, 2013).

## 8.5 Condensación del agua.

La condensación es el proceso mediante el cual una sustancia cambia de fase de gas a líquido. Durante este proceso se enfría el vapor de agua a presión constante donde las moléculas se mueven lentamente y su energía cinética disminuye, por lo tanto, el volumen disminuye generando atracción entre las moléculas. Si el vapor se enfría a temperatura lo suficientemente baja, la energía cinética media de sus moléculas disminuye tanto y las moléculas se aproximan tanto que se mantienen unidas por las fuerzas de atracción intermoleculares (Díaz, 2021).

### 8.5.1 Condensación por gotas.

Existe otra forma de condensación conocida como goteo, en la cual una corriente de aire se hace chocar con una superficie a baja temperatura en la cual se forman gotas que van creciendo con el paso de la corriente de aire, al adquirir el suficiente tamaño, estas gotas comienzan a correr. En esta forma de condensación es posible obtener mayores tasas de transferencia de calor respecto de la forma por película, pues mientras corren las gotas el área de transferencia de calor se despeja como no ocurre en la condensación por película (Díaz, 2021).

## 8.6 La destilación generalidades.

La destilación es una operación unitaria que se caracteriza por ser una de las operaciones de transferencia de masa más común y preferida en el ámbito industrial. Consiste en la separación de dos o más componentes de una mezcla líquida, solubles entre sí, aprovechando la diferencia

de volatilidad de los componentes que la forman (Rodríguez, 2015). Esto puede ser realizado seleccionando la temperatura o la presión de trabajo del sistema, de manera que la fase líquida y la fase de vapor tendrán distintas concentraciones relativas. En la mayoría de los casos, donde la diferencia de volatilidad es grande, es posible obtener un producto de gran pureza y no será necesario aplicar posteriores transformaciones de esta una vez obtenida (Montoya, 2012).

Debido a que el vapor es químicamente similar al líquido, el cambio en la composición resultante de la distribución de las dos fases no es muy grande, en algunos casos esta diferencia es muy pequeña, esto hace que el proceso sea impracticable. Es por esto que la diferencia de volatilidad entre los componentes es importante, cuanto mayor sea esta desigualdad, mayor será la diferencia entre las composiciones del líquido y del vapor generado, y la fracción vaporizada estará compuesta principalmente por los componentes de mayor volatilidad de la mezcla original, este flujo es llamado destilado, mientras que la nueva fase líquida estará compuesta por los componentes más pesados. La nueva fase obtenida (vapor) se distingue del original por su contenido calórico, donde el incremento o eliminación de este valor comprende algunas dificultades por lo que es importante, al momento del diseño, considerar el costo de estos procesos (Montoya, 2012).

## **8.7 Tipos de columnas de destilación.**

Hay varios tipos de columnas de destilación, cada una diseñada para un determinado tipo de separación y cada una diferente de la otra en términos de complejidad. Una manera de clasificar las columnas de destilación es observar cómo operan. Por tanto, tenemos:

- Columnas *lote*
- Columnas continuas

### **8.7.1 Columnas lote.**

En una operación *lote*, la alimentación a la columna se consume por lotes. Esto es, la columna se carga con un lote y es entonces cuando se lleva a cabo el proceso de destilación. Cuando el objetivo deseado es alcanzado, se introduce el siguiente lote de alimentación (Manchego, s.f).

#### **8.7.1.1 Tipos de Columnas Continuas.**

Las columnas continuas pueden ser convenientemente clasificadas de acuerdo a:

- a) La naturaleza del flujo de alimentación que se está procesando:
  - Columnas binarias: el flujo de alimentación contiene solo dos componentes

- Columna multicomponente: el flujo de alimentación contiene más de dos componentes
- b) El número de flujos de productos que posea:
- Columna multiproducto: columna que tiene más de dos flujos de productos.
- c) Los dispositivos internos:
- Columna de platos: donde platos de varios diseños son usados para manejar el líquido, de manera que se provee un mejor contacto líquido-vapor, y por tanto una mejor separación
  - Columna de relleno: donde en lugar de platos, se usan rellenos para acentuar el contacto líquido-vapor.

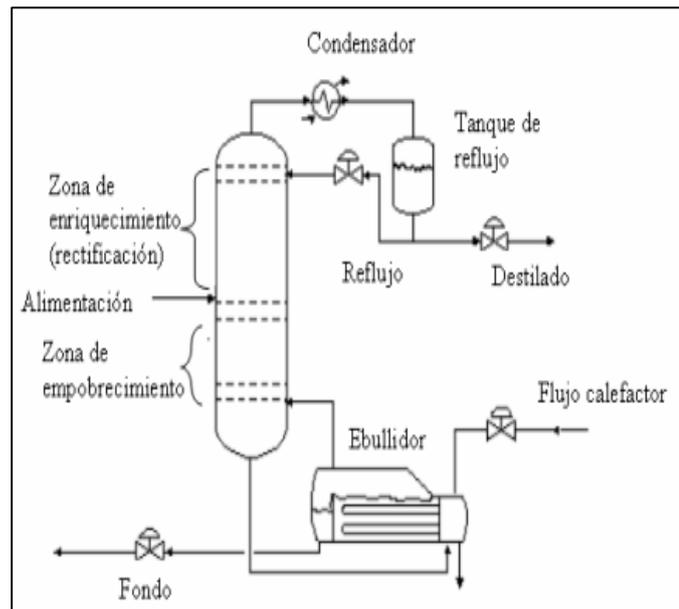
### 8.8 Principales componentes de una columna de destilación.

Las columnas de destilación constan de varios componentes, cada uno es usado ya sea para transferir energía calorífica o transferir materia. Una típica columna de destilación contiene los siguientes componentes (entre paréntesis va la terminología en inglés):

- Un almacén vertical donde tiene lugar la separación de los componentes del líquido
- Componentes internos de la columna tales como platos (trays) y/o empaquetaduras (packings) que se usan para promover la separación de componentes
- Un ebullición (reboiler) que provee la vaporización necesaria para el proceso de destilación
- Un condensador (condenser) que se usa para enfriar y condensar el vapor saliente de la parte superior de la columna
- Un tanque de reflujo (reflux drum) que maneja el vapor condensado que viene de la parte superior de la columna de manera que el líquido (reflujo) pueda ser recirculado a la columna

El almacén vertical aloja los dispositivos internos y junto con el condensador y el rehervidor, constituyen la columna de destilación (Manchego, s.f).. Un gráfico de una unidad de destilación típica de alimentación simple y dos flujos de productos es mostrado abajo:

**Figura 6.** Columna de destilación y sus componentes.



Fuente. (Manchego, s.f).

## 8.9 Agua destilada.

El agua destilada, es aquella que como todo tipo de agua su composición se basa en la unidad de moléculas H<sub>2</sub>O, pero con la diferencia de que ha sido sometida a un proceso de purificación como la destilación, donde se ha eliminado sales minerales, impurezas, microorganismos, iones y otros agentes extraños a la composición del agua.

### 8.9.1 Formas de obtención.

El agua destilada se la puede obtener indistintamente, por ejemplo; de forma natural, mediante el ciclo del agua, cuando ésta es condensada en la atmosfera (nubes), es por eso que el agua lluvia es mucho más blanda que otras en su estado natural. Mediante obtención en el laboratorio a partir del alambique de destilación o destiladores mucho más avanzados tecnológicamente. Otro método de obtención es el de la aplicación de energías renovables con el desarrollo de técnicas que usan la energía solar para la destilación del agua, estos equipos se conocen como destiladores solares y utilizan el sol como energía para la evaporación del agua. La eficacia en el diseño del destilador hace que sean más o menos eficientes, porque como tecnología generalmente son muy sencillos, las formas de obtener agua destilada.

## 8.10 Clasificación de los tipos de agua según ASTM 1193: 2001.

### Tipo I

Usada para procedimiento que requieren de máxima exactitud y precisión; tales como espectrometría atómica, fotometría de llama, enzimología, gas en la sangre, soluciones buffer de referencia y reconstitución de materiales liofilizados usados como estándares. El agua Tipo I, debe seleccionarse siempre que en la prueba sea esencial un nivel mínimo de componentes ionizados o cuando se preparan soluciones para análisis de rastreo de metales (Valdivia et al., 2010).

### **Tipo II**

Recomendada para la mayoría de las pruebas analíticas y generales de laboratorio, tales como los análisis hematológicos, serológicos y microbiológicos; así como para métodos químicos en los que específicamente no se indique o se haya comprobado que requieren agua de calidad Tipo I. La ASTM especifica que el agua Tipo II sea preparada por destilación y como factor importante recomienda que esté siempre libre de impurezas orgánicas (Valdivia et al., 2010).

### **Tipo III**

Satisfactoria para algunas pruebas generales de laboratorio; para la mayoría de los análisis cualitativos, tales como uroanálisis, procedimientos histológicos y parasitológicos; para el enjuague de muestras analíticas; preparación de soluciones de referencia; y para el lavado o enjuague de cristalería (el enjuague final de la cristalería debe hacerse con el tipo de agua especificado para el procedimiento realizado) (Valdivia et al., 2010).

### **Tipo IV**

Agua con una conductividad final máxima de 5,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sirve para la preparación de soluciones y para el lavado o enjuague de cristalería (Valdivia et al., 2010).

## **9 PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS**

### **9.1 Hipótesis del proyecto.**

La implementación de la destiladora de agua, podrá dar una alta calidad de pureza para uso de laboratorio, tomando como materia prima el agua potable de la empresa pública del cantón la Maná.

## **10 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

La metodología que se aplicará en esta investigación de tecnología, consiste en la aplicación de destilación del agua a partir del agua potable por la empresa pública del cantón la Maná. Para

obtener agua destilada, se debe emplear una serie de procesos que inicia con la desmineralización del agua potable quitando todos los materiales que incorpora dicho elemento vital, además de aumentar la temperatura para que exista una evaporación y por último la condensación del mismo líquido vital.

## 10.1 Localización

El área donde se llevará a cabo esta investigación se encuentra situada en la facultad de Agroindustria, en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná, perteneciente al mismo cantón de la provincia de Cotopaxi, en la figura “7” se muestra la ubicación usando la herramienta de Google Maps.

**Figura 7.** Ubicación del laboratorio de la facultad de Agroindustria de la UTC.



**Fuente:** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

**Dirección.** Av. Los Almendros y Pujilí.

**Coordenadas:** -0.9471742423023787, -79.2367962768704

## 10.2 Tipo de investigación

### 10.2.1 Investigación bibliográfica

Para realizar esta investigación con éxito se es necesario recurrir a fuentes de literatura confiable donde se logre analizar investigaciones referentes a la destilación de agua. Y así recolectar información y lograr la implementación de una destiladora de agua para la facultad de Agroindustria.

### **10.2.2 Investigación de campo.**

Esta investigación tiene como área de estudio las instalaciones de la facultad de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná, donde se tomará los datos necesarios.

## **10.3 Métodos de investigación**

### **10.3.1 Método tecnológico**

Desde la selección de componentes hasta la implementación la destiladora de agua, dar solución por medio de uso de tecnologías de destilación para satisfacer las necesidades del laboratorio de Agroindustria.

### **10.3.2 Método inductivo-deductivo**

Investigar la información referente al tratado del agua potable del cantón la Maná, para obtener resultados reales y precisos a la hora de poder realizar el proceso de destilación de agua y así de esta manera obtener una pureza alta y adecuada para el uso en el laboratorio.

## **10.4 Técnicas de investigación**

### **10.4.1 Lectura bibliográfica**

Para obtener información relevante y confiable por medio de fuentes bibliográficas y literatura referentes al agua destilada y sus procedimientos para obtenerla, con alta calidad y pureza. Para así de esta manera poder obtener los cálculos a realizar y seleccionar los equipos necesarios para su implementación.

### **10.4.2 Observación**

Para conocer a detalle la cantidad de elementos de impureza que incorpora el agua potable en el cantón la Maná, y poder aplicar procesos para reducir estas impurezas.

### **10.4.3 Recolección de datos**

Recompilar datos importantes en el área de estudio, así como de la calidad del agua, además de procedimientos adecuados como cálculos para una destilación del agua adecuada y eficaz.

## **10.5 Identificación de los diferentes procesos de destilación y equipos para la obtención de agua destilada.**

Para esta investigación se realizó una búsqueda de literatura confiable referente a los procesos más usados en las industrias y en las farmacéuticas para la obtención del agua destilada, ya que este líquido es muy usado para limpieza y esterilización de equipos además que las farmacéuticas lo usan como un agente para las vacunas. En la investigación se logró destacar 4 procesos de purificación del agua, dichos procesos son los más adecuados para obtener la pureza adecuada que debe tener el agua destilada. Los procesos mencionados para esta investigación son los siguientes:

- Destilación
- Osmosis inversa
- Resinas de intercambio iónico
- Electrodesionización

### **10.5.1 Destilación.**

La destilación es una operación de la ingeniería química cuya finalidad es separar mezclas líquidas de sustancias, para ello, se modifica la fase de una fracción de la mezcla suministrando energía (Liñán, 2017). La fracción de mezcla es vaporizada y como consecuencia del proceso, pero también de las diferentes propiedades físico-químicas de las sustancias, se produce una desigual distribución de la composición de las sustancias en las fases (Susial, 2011).

#### **10.5.1.1 Destilación con agua**

Minaya, 2008 en su tesis de grado cita al autor Durst y Goket (1985), indicando que “este tipo de destilación es útil para separar componentes cuyos puntos de ebullición difieren en más de 70°C. En caso de emplear una columna de fraccionamiento, podrán separarse componentes cuyos puntos de ebullición difieren sólo en 20 o 30 °C. Si un compuesto puede purificarse por este tipo de destilación, sería perder el tiempo y recursos intentar una destilación fraccionada, la situación ideal es aquella en la que se consigue el mayor rendimiento posible y con la separación completa” (Minaya, 2008).

#### **10.5.1.2 Destilación con vapor**

Minaya, 2008 en su tesis de grado cita al autor Durst y Gokel (1985) indicando también que “una ventaja importante de esta técnica, consiste en que los compuestos de punto de ebullición alto que se descomponen en o cerca de sus puntos de ebullición, pueden destilarse con vapor

de agua a una temperatura lo suficientemente baja para evitar la descomposición”. Minaya, 2008 en su tesis de grado cita al autor Cueva (1991) mencionando que “la temperatura de destilación será inferior al punto de ebullición del componente más volátil. Si uno de los líquidos es agua (destilación por arrastre con vapor de agua) y si se trabaja a la presión atmosférica, se podría separar un componente de mayor punto de ebullición (que el agua) a una temperatura inferior a 100°C, lo cual es muy importante cuando el compuesto se descompone a mayores temperaturas” (Minaya, 2008).

#### **10.5.1.3 Destilación con vapor y agua**

Minaya, 2008 en su tesis de grado cita al autor Bruneton (1991), indicando que “este método se usa en el caso de que los productos que pueden alterarse por una ebullición prolongada, se sumergen en agua (maceración previa), seguidamente, los componentes volátiles son arrastrados por el vapor producido por un generador separado e inyectado directamente en el medio (destilación con agua y vapor)” (Minaya, 2008).

#### **10.5.1.4 Destilación al vacío**

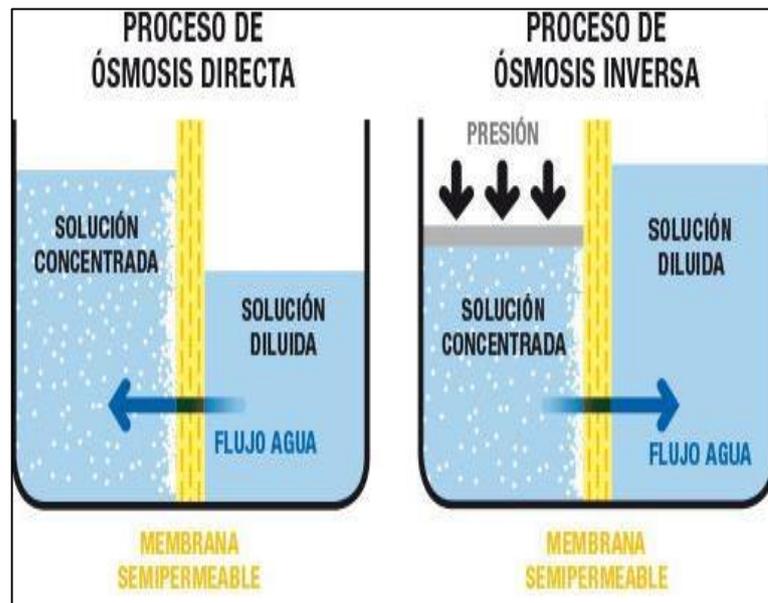
Otro método para destilar sustancias a temperaturas por debajo de su punto normal de ebullición es evacuar parcialmente el alambique. Por ejemplo, la anilina puede ser destilada a 100°C extrayendo el 93% del aire del alambique. Este método es tan efectivo como la destilación por vapor, pero más caro. Cuando mayor es el grado de vacío, menor es la temperatura de destilación (Ruiz et al., 2013). Si la destilación se efectúa en un vacío prácticamente perfecto, el proceso se llama destilación molecular. Este proceso se usa normalmente en la industria para purificar vitaminas y otros productos inestables. Se coloca la sustancia en una placa dentro de un espacio evacuado y se calienta. El condensador es una placa fría, colocada tan cerca de la primera como sea posible. La mayoría del material pasa por el espacio entre las dos placas, y por lo tanto se pierde muy poco (Minaya, 2008).

#### **10.5.2 Osmosis inversa.**

La osmosis inversa es el proceso en el cual se aplica una presión mayor a la presión osmótica, esta presión es ejercida en el compartimiento que contiene la más alta concentración de sólidos disueltos. Esta presión obliga al agua a pasar por la membrana semi-permeable en dirección contraria al del proceso natural de osmosis. Para poder purificar el agua necesitamos llevar a cabo el proceso contrario al de ósmosis convencional, es lo que se conoce como Ósmosis Inversa. Se trata de un proceso con membranas, en el cual se aplica una presión mayor a la presión osmótica, esta presión es ejercida en el compartimiento que contiene la más alta

concentración de sólidos disueltos. Esta presión obliga al agua a pasar por la membrana semipermeable en dirección contraria al del proceso natural de osmosis, dejando las impurezas detrás. La permeabilidad de la membrana puede ser tan pequeña, que prácticamente todas las impurezas, moléculas de la sal, bacterias y los virus, son separados del agua (Moreno, 2011).

**Figura 8.** Proceso de ósmosis vs. ósmosis inversa.



Fuente. (Semarnat, 2018)

Las membranas filtrantes son la clave y responsables de separar las sales del agua. Dichas membranas pueden considerarse como filtros moleculares. El tamaño de los poros de estos filtros membranas es extremadamente reducido, por lo que se requiere una presión considerable para hacer pasar cantidades de agua a través de ellas. La elección del modelo de membrana más apropiado es según el agua a tratar y su empleo posterior, determinando el tipo de instalación más idónea. Las impurezas que quedan en las membranas son posteriormente arrastradas y lavadas por la misma corriente de agua. De esta forma el sistema realiza una autolimpieza constante. Esta corriente de agua de desperdicio necesaria, está en relación directa con el tipo de membrana que se utiliza y sus exigencias (Semarnat, 2018).

#### **10.5.2.1 Principio de Operación de la Ósmosis inversa.**

El solvente pasa espontáneamente de una solución menos concentrada a otra más concentrada a través de una membrana semipermeable, pero al aplicar una presión mayor que la presión osmótica a la solución más concentrada, el solvente comenzara a fluir en el sentido inverso, el flujo del solvente depende de:

- Presión aplicada
- Presión Osmótica aparente
- Área de la membrana presurizada

### **10.5.3 Resinas de intercambio iónico**

Son poli electrolitos o macromoléculas insolubles en agua, compuestos por una alta concentración de grupos polares, ácidos o básicos, incorporados a una matriz de un polímero sintético. Estas resinas de intercambio iónico reaccionan como ácidos, bases o sales, pero tienen la peculiaridad de tener sólo cationes o aniones con la habilidad de tomar parte de la reacción química, por su capacidad de migración (Reyna, 2014).

Como la concentración de grupos polares en la resina es un número finito, éstas tienen una capacidad definida del intercambio (Herrera y Palomino, 2012). La ventaja de las resinas de intercambio iónico es que tienen habilidad para recuperar la capacidad original, mediante el tratamiento con una solución que puede ser ácido, una base o una sal, según la resina y el uso, que desplace los iones retenidos por la resina y los remplace por iones deseados (Nevárez, 2009).

#### **10.5.3.1 Resinas catiónicas fuertemente ácidas**

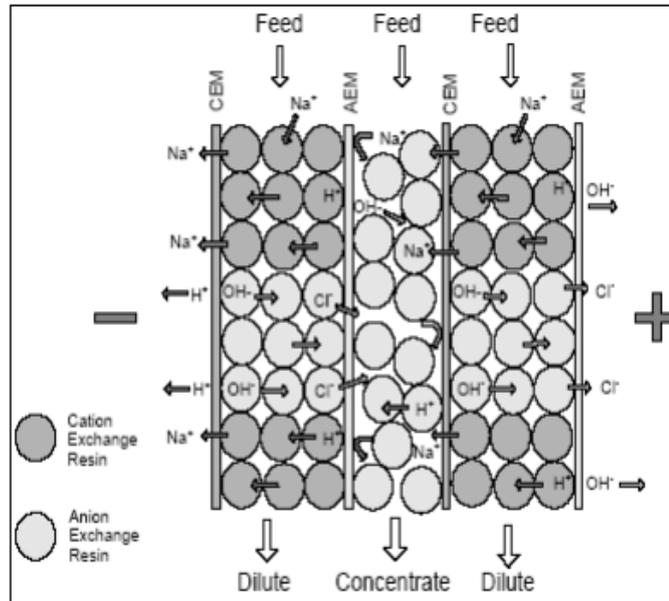
- Intercambian iones positivos (cationes).
- Funcionan a cualquier pH.
- Es la destinada a aplicaciones de suavizado de agua, como primera columna de desionización en los desmineralizadores o para lechos mixtos. Elimina los cationes del agua y necesitan una gran cantidad de regenerante.
- Las resinas catiónicas fuertemente acídicas derivan su funcionalidad de los grupos ácidos sulfónicos.

### **10.5.4 Electrodesionización**

La electrodesionización (EDI) es un proceso por el cual se separa los iones presentes en el agua mediante la aplicación de una corriente continua, como fuerza de movimiento. La celda de electrodesionización se compone de membranas selectivas de iones: aniónicas y catiónicas, además de la resina de intercambio iónico entre las membranas. Precisamente es esta incorporación de resina la modificación significativa respecto a la electrodiálisis. El proceso de EDI reemplaza a los sistemas convencionales de desionización (desmineralización) por resinas

mediante columnas de lecho mixto. La producción del agua puede ser de elevada pureza, hasta una conductividad de  $0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$  (López G. U., 2005).

**Figura 9.** Esquema de funcionamiento de electrodesionizador.



Fuente. (López G. U., 2005)

## 10.6 Equipos empleados para la destilación.

### 10.6.1 Tipos de máquinas destiladoras.

#### 10.6.1.1 Kuderna Danish.

Este equipo se utiliza para hacer concentraciones en aceites esenciales. En la imagen se presenta un baño María con una adaptación para fijar 6 unidades de vidriería Kuderna Danish que se pueden suministrar de 125 ml., 250 ml., 500 ml. El equipo cuenta con sistema de colección al vacío con adaptador múltiple para conectar 6 equipos según sea la medida. El baño cuenta con cubierta perforada y adaptadores para fijar los evaporadores con una barra para fijar los adaptadores, la tina es fabricada en acero inoxidable 304 y mantiene una temperatura uniforme en todos los puntos gracias a que cuenta con un sistema de circulación forzada que mantiene en movimiento en el interior (Sevmexico, 2008).

La tina mantiene un volumen de 10 litros para así mantener una buena estabilidad en la temperatura; el equipo puede controlar temperatura desde ambiente hasta  $100^\circ\text{C}$ , el calentamiento se logra con una resistencia de inmersión de 800 Watts, fabricada en acero inoxidable. Su control de temperatura digital PID regula temperatura con una gran precisión con sensibilidad de 1 décima de grado. El exterior es fabricado en acero con recubrimiento

epoxipoliéster; la bomba de agitación es de uso continuo por lo que puede trabajar en largos periodos sin ningún problem (Sevmexico, 2008).

**Figura 10.** Esquema de funcionamiento del equipo destilador Kuderna Danish.



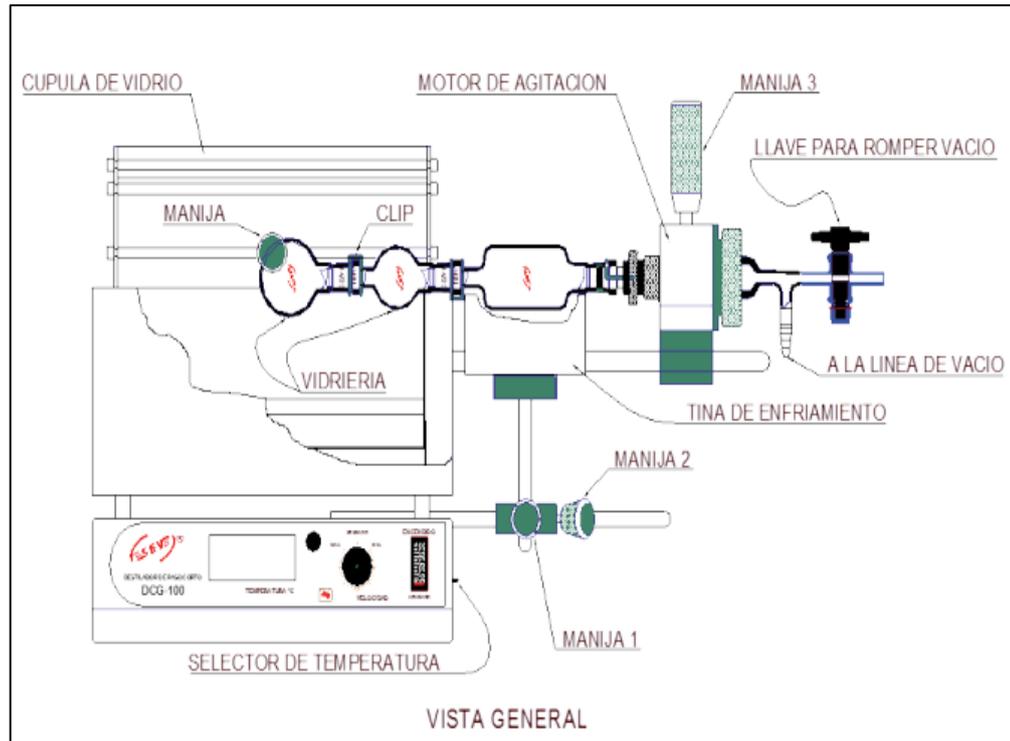
**Fuente.** (Sevmexico, 2008)

#### 10.6.1.2 Destilador a paso corto giratorio.

Al combinar temperatura moderada, vacío y rotación controlada, se facilita la separación que minimiza la degradación de los productos causado por el excesivo calentamiento. El equipo cuenta con una cámara de calentamiento que logra una temperatura uniforme hasta 300 ° C, fácil mantener con su control de temperatura. La cámara tiene capacidad para matraces de 25 ml. hasta 250 ml.; cuenta con una puerta cúpula transparente resistente a la temperatura que permite visualizar el proceso de la muestra contenida en el matraz, facilitando el montaje de los bulbos comandante. Los sellos y conectores son resistentes al ataque químico y asegura el buen vacío (Sevmexico, 2008).

La entrada para vacío se conecta a una línea. El mecanismo giratorio regula las velocidades desde 10 a 120 R.P.M. y se fija sobre una base horizontal que permite su desplazamiento para colocar los matraces en posición dentro y fuera de la cámara. Es muy útil para lograr destilaciones en etapas. También cuenta con un mecanismo que permite movimiento horizontal y vertical para ajustar la charola que contiene el hielo seco como medio refrigerante (Sevmexico, 2008).

**Figura 11.** Esquema de funcionamiento del equipo destilador a paso corto giratorio.



**Fuente.** (Sevmexico, 2008)

### 10.6.1.3 Destilador al vacío rotativo rotavapor.

Este equipo se utiliza para hacer destilaciones al vacío y con movimiento giratorio; esto permite que se genere una película del solvente que evapora fácilmente sin que se tengan que utilizar altas temperaturas para que el producto no se degrade. Este modelo está provisto de un sistema electromecánico que realiza el ascenso y el descenso del motorreductor con sólo oprimir un botón. Este equipo se puede suministrar con control de temperatura digital o control de temperatura analógico.

El diseño de este equipo facilita el uso de matraces de evaporación desde 100 ml. hasta 3 lts. sin problema; su mecanismo es silencioso y de uso rudo que soporta el peso de los matraces grandes, así como trabajar por periodos largos, la tina es de acero inoxidable interno lisa, que facilita su limpieza (Escandón y Fernández de Córdoba, 2021).

### 10.6.1.4 Columna de destilación planta piloto.

Sirve para docencia, producción o recuperación de solventes, etc. Este sistema integral para destilación de solventes se fabrica en diferentes capacidades, cuenta con estructura de acero inoxidable ensamblable que soporta y protege al equipo de vidrio. El equipo se puede fabricar con columna de platos o columna para empacar con cabeza de destilación reflujo manual o reflujo automático con tiempo programable.

Su sistema de bridas para fijar los componentes grandes lo mantiene como estructura sólida y aseguran un sello hermético y las uniones entre puentes laterales se fabrican con juntas esféricas que permiten un sistema flexible para evitar rupturas en el área de manipulación haciendo también un buen sello hermético. La estructura está diseñada para albergar el destilador y al mismo tiempo facilitar el ingreso de recipientes para así descargar el producto ya destilado (Escandón y Fernández de Córdoba, 2021).

**Figura 12.** Columna de destilación plano.



**Fuente.** (Escandón y Fernández de Córdoba, 2021).

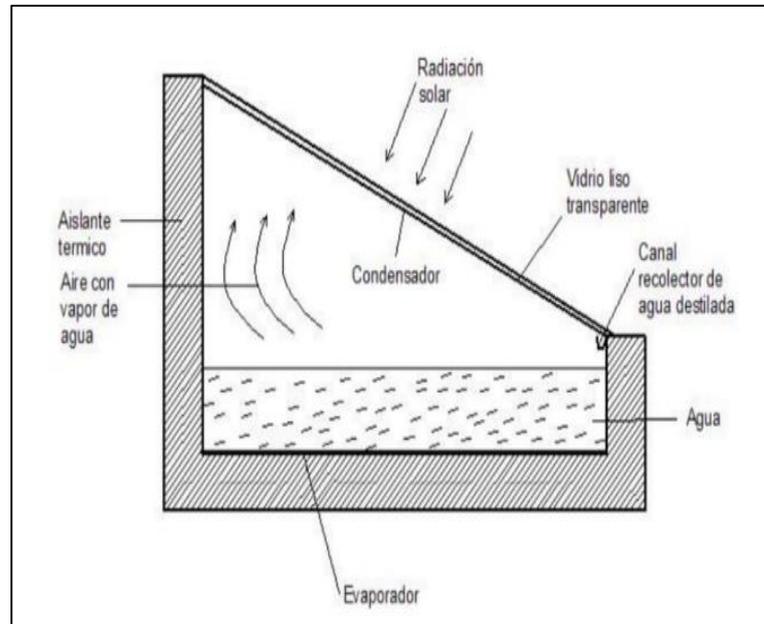
#### 10.6.1.5 Destilador solar.

Es un equipo que funciona de manera sencilla, por medio de la evaporación natural que se da a partir de la energía del sol, permitiendo obtener un líquido sin contaminación e impurezas. Este destilador permite que se elimine cualquier tipo de microorganismo e impurezas de los líquidos que condense (Cubecino, 2019), dentro del cual tenemos el destilador solar tipo caseta, este tipo de destilador puede ser de forma rectangular, cónica cuyas paredes tienen una pendiente suficiente para permitir el deslizamiento de las gotas de agua y una profundidad adecuada para su uso casero, (Intriago y Zambrano, 2017).

El funcionamiento se basa en que el calor del sol se transmite por medio de la cubierta del destilador, elevando la temperatura y evaporando el agua contenida en la humedad ambiental, por lo que la humedad por el calor se condensa formando gotas, esas gotas se acumulan y se

deslizan hacia el interior de la cubierta, obteniendo de esta manera agua destilada apta para el uso humano (Escandón y Fernández de Córdoba, 2021).

**Figura 13.** Destilación solar.



**Fuente.** (Escandón y Fernández de Córdoba, 2021)

### 10.7 Selección del tipo de destilador a implementar en el laboratorio de Agroindustria.

Como ya hemos visto anteriormente, sobre los procesos de destilación más aplicados en la industria farmacéutica, además de las máquinas empleadas para obtener agua destilada podemos analizar que todos los métodos tienen algo en común y es llegar a evaporar el agua y luego condensarla para obtener agua destilada. Para ello se pensó en la idea de implementar un destilador convencional, brindando un agua destilada de alta pureza requerida para el laboratorio de Agroindustria, además de ser mucho más accesible en costos como lo es los componentes y la instalación del equipo.

Este destilador comprende en diferentes partes.

- Resistencia eléctrica.
- Recipiente de evaporación o caldera.
- Tubo de llenado.
- Tubo de evaporación.

- Llave de descarga.
- Condensador de serpentín en aluminio.
- Recipiente recolector.
- Boya de nivel.

## 10.8 Funcionamiento del destilador de agua.

El funcionamiento de este tipo de destilador consiste, en calentar la resistencia eléctrica para que el agua que se encuentra en la caldera comience a calentar hasta llegar la etapa de ebullición, por lo cual este proceso eleva la presión y hará que empuje el vapor de agua por la tubería de condensado. El vapor de agua recorrerá el serpentín de condensado el cual estará siendo enfriado por un ventilador a altas revoluciones por minutos esto logrará bajar la temperatura, obligando al vapor de agua pasar a la etapa de condensado. Las partículas de agua seguirán el recorrido de la tubería de aluminio hasta llegar a un filtro de carbón activado para eliminar ciertas impurezas e incluso olores.

## 10.9 Análisis del agua potable que distribuye el municipio del cantón de la Maná.

### 10.9.1 Análisis de los parámetros físicos y químicos del agua potable en el cantón la Maná.

**Tabla 5.** Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los puntos de tratamiento de agua potable del cantón La Maná.

N	Parámetros	Unidades	Método	Planta de Tratamiento Salida	Acuerdo Ministeri	OMS	EPA	NEN	1108:201
1	Temperatura	°C		PEE-GQMFQ-02	28				
2	Color Aparente	UCIPt	PEE-GQMFQ-34	<10	75,0		15	15	
3	Turbidez	NTU	PEE-GQMFQ-25	0	100	5		5	
4	Sólidos Disueltos Tota	mg/l	PEE-GQMFQ-23	38	1000				
5	Oxígeno Disuelto	mgO <sub>2</sub> /l	PEE-GQMFQ-37	0		≤ 6		≤ 6	
6	pH	-	PEE-GQMFQ-01	7,58	6-9		6,5	6,5	
7	Dureza	mgCO <sub>3</sub> Ca /l	PEE-GQMFQ-26	46.8		400		300	
9	Manganeso	mg/l	PEE/ANNCY/ 74	0,0078		0,1	0,0	0,1	
1	Cloro residual	mg/l	PEE-GQMFQ-43	2,43			250	0,5	

1	Coliformes To	NMP/100	PEE-GQMMB-	<1,00	20000	0	<1,1
2		ml	38				
1	Coliformes	NMP/100	PEE-GQMMB-	<1,0	2000	0	<1,1
3	Fecales	ml	38				

**Fuente.** (Yépez y Duarte, 2019).

Yépez y Duarte, 2019 menciona en su investigación del agua en la planta de tratamiento, “que todos los parámetros físicos del agua en el punto, se encuentran dentro de los valores permisibles de acuerdo a las normas de referencia. Respecto a los parámetros químicos, los resultados corroboran que se encuentran dentro de los parámetros establecidos en las normas de referencia el oxígeno disuelto, el pH, la dureza y 65 el manganeso, mientras el valor del cloro residual está dentro de los parámetros establecidos para la EPA, incumpliendo con las INEN 1108:2014 y OMS, ya que los resultados son superiores a los establecidos en la misma. En los parámetros microbiológicos se aprecia que los coliformes totales y los coliformes fecales en el punto de tratamiento cumple con los valores establecidos por la norma INEN 1108:2014 y el Acuerdo Ministerial 0.97 sin embargo no cumple con lo establecido por la OMS, en la que se considera debe ser cero” (Yépez y Duarte, 2019).

### 10.9.2 Análisis de los parámetros físicos y químicos del agua potable en los hogares del cantón la Maná.

**Tabla 6.** Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los puntos de distribución red local del cantón La Maná.

N	Parámetro s	Unidades	Punto de muestreo en distribución	Acuerdo Ministerial 097	OMS	EPA	INEN 1108:201
1	Temperatura	°C	28°C				
2	Color Aparente (3)	UCIPt	<10	75,0		15	15
3	Turbidez	NTU	0,29	100	5		5
4	Sólidos Disueltos Tota	mg/l	38		100		1000
5	Oxígeno Disuelto	mgO2/l	8,02		≤ 6		≤ 6
6	pH	-	7,54	6-9		6,5-6,8	
7	Nitratos	mg/l		50,0	50	10	10
8	Fósforo total	mg/l	0,0078		0,1	0,0	0,1

9	Plomo	mg/l		0,01	0,01	0,015	0,01
1	Cadmio	mg/l		0,003	0,00	0,005	0,00
1	Coliformes	NMP/100	<1,00	20000	0		
2	Totales	ml					
1	Coliformes	NMP/100	<1,0	2000	0		<1,1
3	Fecales	ml					

Fuente. (Yépez y Duarte, 2019).

Yépez y Duarte, 2019 menciona en su investigación de los resultados de la (Tabla 6), “reflejan que todos los parámetros físicos en el punto de distribución se encuentran dentro de los límites permisibles. Respecto a los parámetros químicos el valor del oxígeno se presenta por encima de los límites permisibles. Por otra parte, en los parámetros químicos todos presentan valores que cumplen con los valores permisibles de las normativas. Los parámetros microbiológicos cumplen con establecidos por la norma INEN1108; el Acuerdo Ministerial 0,97 para los coliformes totales y fecales, aunque incumple con lo establecido por la OMS, que considera los valores de coliformes totales y fecales deben ser cero” (Yépez y Duarte, 2019).

### 10.9.3 Norma usada para la elaboración del proyecto.

Las normas que se utilizó para este proyecto es la norma ISO 3696: 1987 y la NC-ISO 3696 para agua para uso en análisis de laboratorio - especificación y métodos de ensayo. (ISO 3696:1987(E), IDT), que menciona lo siguiente (Instituto Ecuatoriano de Normalización "INEN", 2013).

Esta Norma Internacional especifica los requisitos y los correspondientes métodos de ensayo de tres grados de agua para uso en laboratorio de análisis de productos químicos inorgánicos. No es aplicable al agua para el análisis de contenidos orgánicos mínimos, ni de agentes tensoactivos, ni para los análisis biológicos o médicos.

Esta Norma Internacional comprende los tres grados de agua siguientes:

- Grado 1 Exenta básicamente de contaminantes constituidos por iones disueltos o coloidales y materias orgánicas. Es apropiada para los requisitos de análisis más exigentes incluyendo la cromatografía líquida de alta definición; se puede preparar por un tratamiento adicional del agua de grado 2 (por ejemplo, osmosis inversa o desionización seguida de filtrado a través de una membrana con tamaño de poro de 0,2 µm para separar las partículas, o por redestilación en un aparato de sílice fundida).

- Grado 2 Con muy pocos contaminantes inorgánicos, orgánicos o coloidales. Es apropiada para propósitos analíticos sensibles, incluyendo la espectrometría de absorción atómica (E AA) y la determinación de componentes en cantidades muy pequeñas. Se puede preparar, por ejemplo, por destilación múltiple, o por desionización u osmosis inversa seguida de destilación.
- Grado 3 Apropriada para la mayoría de los trabajos de química en laboratorio por vía húmeda y la preparación de soluciones de reactivos. Se puede preparar, por ejemplo, por una sola destilación, por desionización o por osmosis inversa. A menos que se especifique lo contrario, se puede utilizar para el trabajo normal de análisis (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion "INEN", 2013).

#### **10.9.4 Material de construcción de la caldera.**

##### **10.9.4.1 Acero inoxidable**

###### **Alta resistencia a la corrosión.**

Los aceros inoxidables son escogidos por su alta resistencia a la corrosión y su resistencia al calor. Una delgada capa pasiva de óxido de cromo se forma en estos aceros que los hacen inmunes a la corrosión en general. Sin embargo, los aceros inoxidables son susceptibles a otras de formas de corrosión, y la selección y aplicación de aceros inoxidables debe ser cuidadosamente considerada según el ambiente de trabajo (Medrano, 2006).

###### **Su característica para la soldabilidad.**

La soldabilidad de los aceros inoxidables martensíticos es afectada por su templabilidad que puede resultar en fisuración en frío. Las juntas soldadas de aceros inoxidables ferríticos tienen baja ductilidad debido a su grano grueso que se forma durante la soldadura.

###### **Soldadura por arco de metal con protección gaseosa (GMAW).**

Cuando se utiliza el proceso GMAW con una adecuada protección gaseosa, existe poca pérdida de los elementos aleantes en la transferencia de metal - piletta durante el arco de soldadura. Las ventajas<sup>3</sup> de este proceso son:

- La continua alimentación del alambre electrodo permite largos e ininterrumpidos cordones de soldadura

- El proceso puede ser adecuadamente automatizado
- El uso de gas protector en lugar de fundentes elimina la necesidad de la remoción de la escoria y permite al operador observar la operación de soldadura
- Depósitos de bajo hidrógeno se obtienen sin la necesidad de calentar los electrodos, como lo es en el proceso SMAW.

#### **10.9.5 Resistencia de calor eléctrica.**

Las resistencias de calentamiento níquelinas no son más que resistencias eléctricas usadas como fuentes de generación de calor para aumentar la temperatura de la sustancia, cuerpo o espacio deseado basándose netamente en el efecto Joule indicado a continuación (Páez y Condolo, 2012).

#### **10.9.6 Boya de nivel**

Se selecciona una boya como parte del funcionamiento del mecanismo de calentado del agua, esta actuara como un medidor de nivel de agua que accionara un interruptor y este activara la resistencia de calor eléctrica comenzado el proceso de calentado y posteriormente de evaporación del agua.

Al bajar el nivel del agua la boya actuara accionando el interruptor y este interrumpirá el paso de corriente y se esta manera apagara automáticamente la resistencia de calor eléctrica. Esto evitara que existe un consumo innecesario de corriente.

#### **10.9.7 Selección del evaporador.**

La evaporación elimina el vapor formado por ebullición de una solución líquida de la que se obtiene una solución más concentrada. Los evaporadores son intercambiadores de calor usados específicamente para concentrar soluciones mediante la evaporación parcial del solvente, algunas veces hasta el punto que ocurra el fenómeno de la cristalización. Son diseñados para optimizar la producción del producto líquido o sólido.

El evaporador implementado en el destilador es de material de aluminio ya que este tiene la propiedad térmica de disipación del calor, ayudando a disipar el calor causado por el vapor de agua, este proceso debe ser ventilado por un agente externo no solamente del aire natural, ya que el frio del aire no es suficiente para poder condensar las gotas de agua. Una de las características principales del condensador son unas pequeñas láminas de aluminio que su

función primordial es pasar el flujo de aire por en medio de ella logrando aumentar el rendimiento de disipación de calor o frio y viceversa.

### **10.9.8 Ventilador de enfriamiento.**

El ventilador es un componente necesario para ayudar a disipar el calor y condensar las gotas de agua del vapor. El ventilador este compuesto por un bobinado de cobre o aluminio, un eje rotor y otro bobinado de cobre que hace de campo magnético con la finalidad de convertir la corriente AC en movimiento circular, girando velozmente la aspa brindando ventilación.

El ventilador usado para esta investigación tiene la capacidad de 1550 revoluciones por minutos “RPM”, trabajando a 115v, ideal para la destiladora que solo trabaja con 110v de corriente.

### **10.9.9 Filtro para destilación.**

El filtro es una parte esencial para el proceso de destilación, ya que permite retener impurezas provenientes del agua potable del municipio de la Maná, pero para esta investigación se incorpora el filtro de carbón activado.

La composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5–10% en cenizas, 60% en oxígeno y 0,5% en hidrógeno (Sevilla, Sf).

Esto permite que el carbón activo absorba cualquier sustancia soluble en el agua incluyendo colores y sabores no deseados en el agua destilada. Para la aplicación del destilador se implementó dos filtros, el principal va conectado a la red pública de agua potable hacia la manguera de llenado, y el ultimo va conectado a la parte final del proceso de condensación de las gotas de agua hacia el recipiente recolector.

## **11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.**

### **11.1 Análisis para la construcción de la maquina destiladora de agua.**

#### **11.1.1 Caldera.**

Para construir la maquina destiladora, se comienza por seleccionar los materiales de construcción de la caldera donde el agua pasara el proceso líquido a gaseoso convirtiéndose en un vapor. Los materiales mencionados anteriormente deben ser de alta resistencia y que tengan las propiedades de no ser afectado por la corrosión, así como también ser estéril ante patógenos, con estas características se deben cumplir para poder construir el caldero. El material a emplear y que cumple con los requisitos mencionados en el acero inoxidable o más conocido como metal acerado.

Para el dimensionamiento de la caldera fue expresada con la siguiente ecuación para determinar el volumen de agua que contendrá el caldero

**Donde:**

L. 25 cm

H. 23 cm

A. 23 cm

**Ecuación. 1**

$$V = 25 \text{ cm} * 23 \text{ cm} * 23 \text{ cm}$$

$$V = 13,225 \text{ cm}^3$$

Una vez calculado tenemos el volumen total que contendría de agua potable dentro de la caldera, que si lo transformáramos a litros se divide los 13,225 cm<sup>3</sup> por 1000 cm<sup>3</sup> que contiene 1 litro de agua.

**Ecuación. 2**

$$L = \frac{13,225 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$L = \frac{13,225 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$L = 13,23 \text{ litros}$$

Como se pudo calcular, la caldera tiene una capacidad de 13 litros de agua, pero en la práctica solo caben 6 litros de agua en la caldera ya que la boya del nivel ocupa una porción del volumen además cabe mencionar que la boya al subir su nivel desactiva el paso de agua quedando como resultado final los 6 litros de agua evaporada.

La caldera cuenta con un sistema de llenado continuo ya que esta va conectada a una toma de agua potable y a medida que va perdiendo volumen de agua por evaporación, automáticamente la boya actúa accionando un pulsador que permite activar la bomba de paso, que posteriormente llenara con agua la caldera hasta llegar el nivel adecuado para que la boya desactive el pulsador, en la imagen 1 podemos apreciar el caldero.

**Imágenes 1.** Caldero implementado en el destilador.



Fuente. Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

### 11.1.2 Resistencia de calor eléctrica.

La resistencia usada es del tipo níquel que por sus propiedades permite calentar a una mayor velocidad, pero consumiendo más amperio por hora.

Para tener definido un tiempo de calentamiento y evaporación del agua usamos el efecto joule ya que este nos indica que todo elemento posee resistencia eléctrica y este a su vez emitirá un grado de calor el cual dependerá de la característica del material, así como de la intensidad de corriente circulante a través de él. Dicho efecto esta corroborado por la siguiente ecuación:

**Donde:**

Q: es el calor emitido por el circuito medido en calorías.

R: es la resistencia eléctrica del circuito medido en ohmios

I: la intensidad de corriente que fluye a través del circuito medida en amperios

t: es el tiempo medido

0.24: es el número de calorías por cada julio de energía.

**Ecuación. 3**

$$Q = R * I^2 * t * 0,24$$

$$Q = 34.6 \text{ ohm} * 3.7^2 * 7 \text{ seg} * 0,24$$

$$Q = 795.77 \text{ calorías}$$

### 11.1.2.1 Cálculo de la cantidad de calor que se requiere para cambiar de temperatura del agua

Así mismo para realizar el cálculo del calor necesario para un determinado cuerpo usamos la siguiente ecuación:

#### Ecuación. 4

$$Q = m * c * \Delta T$$

Donde:

Q: calor a calcular

m: masa de la sustancia

c: calor específico de cada fluido

$\Delta T$ : es la variación de temperatura

**Tabla 7.** Calores específicos de las sustancias.

Sustancia	Cal/g°C	J/Kg K
Aire	0,24	1.010
Aluminio	0,22	900
Alcohol etílico	0,59	2.450
Oro	0,03	130
Granito	0,19	800
Hierro	0,11	450
Aceite de oliva	0,47	2.000
Plata	0,06	240
Acero inoxidable	0,12	510
Agua (liquida)	1,00	4.180
Madera	0,42	1.760

**Elaborado por.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

Usando la siguiente ecuación obtenemos el siguiente resultado.

$$Q = m * c * \Delta T$$

$$Q = 6\text{kg} * 1 \text{ kcal}/^{\circ}\text{C} * \text{kg} * 100 \text{ c}^0$$

$$Q = 600 \text{ calorías}$$

Como hemos analizado el calor a calcular del agua que son 600 Q “calor” que requiere el agua para poder evaporarse y la resistencia nos da un valor de 795.77 Q “calor” lo que nos indica que la resistencia logra poder calentar el agua sin ninguna dificultad en un tiempo mínimo de 15 minutos por los 6 litros de agua que contiene la caldera en la imagen 2 podemos apreciar con mayor claridad la estructura interna de la caldera donde se encuentra alojada la resistencia de calor eléctrica y la boya de nivel.

**Imágenes 2.** Estructura interna del caldero y su resistencia de calor.

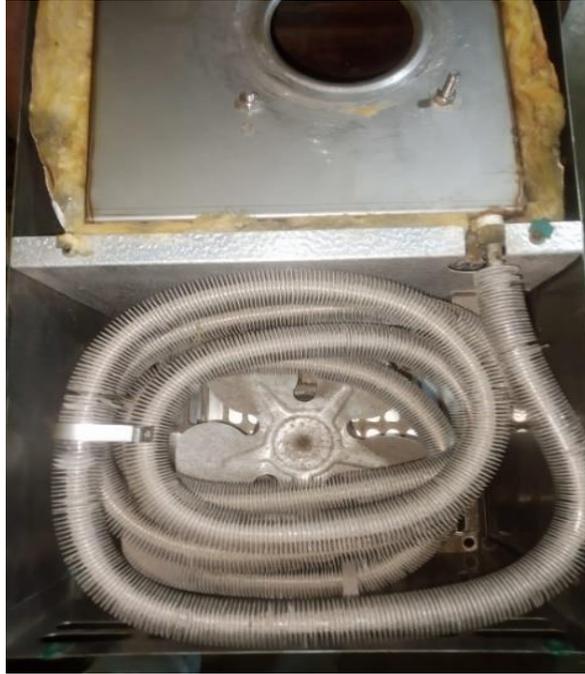


**Fuente.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

## 11.2 Análisis de condensación del vapor de agua.

El serpentín es el encargado de bajar la temperatura del vapor de agua y lograr condensar ese vapor en pequeñas partículas de agua, este es el paso final del proceso de destilación ver imagen 3, en el destilador implementado tiene la capacidad de condensar 2 litros de agua en 1 hora de trabajo, este rendimiento es un poco bajo al inicio que calienta la caldera una vez que la temperatura llega al punto pico, este proceso aumenta significativamente logrando así llegar a los 3.20 litros por una hora.

**Imágenes 3.** Estructura del serpentín de condensado.



**Fuente.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

El serpentín al estar en constante trabajo llega a elevar cada vez más su temperatura teniendo un poco eficacia al momento de realizar la transferencia del calor hacia el medio ambiente, por lo cual afectara eventualmente el rendimiento de la destilación, por esa razón el serpentín tiene unas rejillas que ayudan a la disipación del calor, pero aun así necesita un agente externo que logre bajar aún más la temperatura. Teniendo en cuenta que la temperatura de condensación optima debe de ser no mayor de los 26 grados centígrados, por esa razón el agente adecuado para mantener esos niveles de temperatura es con la ayuda de un ventilador a altas revoluciones por minuto.

### **11.3 Análisis de los filtros.**

Como bien se conoce los filtros son un componente como su nombre lo indica, filtra las impurezas no deseadas. Si bien es cierto que una destiladora no requiere un filtro para cumplir su trabajo, como lo es el caso de la destiladora de agua por medio de radiación solar.

Para este diseño se implementó dos filtros el principal que va conectado a la toma de agua publica este se encargara de retener la mayor cantidad de sedimento que entrara a la caldera, con esto evitamos tener demasiados desperdicios al final y beneficia a la limpieza interna de la caldera como se observa en la imagen 4.

**Imágenes 4.** Filtro 1.



**Fuente.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

El segundo filtro va conectado a la parte final del serpentín, este ayudara a eliminar alguna impureza que haya logrado traspasar la barrera de la destilación y eliminara los olores y cierta coloración que pueda resultar del cocinado en la caldera como se observa en la imagen 5.

**Imágenes 5.** Filtro 2.



**Fuente.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

#### **11.4 Recipiente contenedor de agua destilada.**

Una vez que el destilador realizo el proceso de evaporación, condensado y filtrado este líquido debe de conservarse en un lugar adecuado para su correcta preservación evitando contacto

directo con el ambiente, así de esta manera evitando contaminar el agua destilada de impurezas y agentes patógenos.

El material con el que está construido el recipiente recolector es de acero inoxidable del mismo material que está construido la caldera, ya que este metal es el más adecuado para este tipo de proyecto gracias a sus propiedades físicas, como lo es su alta resistencia a la corrosión. Este recipiente tiene una llave de acceso para drenar el agua destilada a usarse.

Las dimensiones del recipiente recolector son: largo 51 cm, ancho 31 cm y de alto 29 cm, si usamos la ecuación 1 de volumen nos da el siguiente resultado.

Siendo

L. 51 cm

H. 31 cm

A. 29 cm

#### **Ecuación. 5**

$$V = 51 \text{ cm} * 31 \text{ cm} * 29 \text{ cm}$$

$$V = 45849 \text{ cm}^3$$

Una vez calculado tenemos el volumen total de agua destilada que contendría el recipiente recolector, que si lo transformáramos a litros se divide los 45849 cm<sup>3</sup> por 1000 cm<sup>3</sup> que contiene 1 litro de agua.

#### **Ecuación. 6**

$$L = \frac{45849 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$L = 45,8 \text{ litros}$$

Esto quiere decir que el recipiente recolector por sus dimensiones tiene la capacidad de acular 45,8 litros de agua destilada ver imagen 6, lo suficiente para satisfacer la demanda de agua destilada que requiera el laboratorio de Agroindustrias.

**Imágenes 6.** Recipiente recolector de agua destilada.



**Fuente.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

### 11.5 Consumo energético de la destiladora de agua.

Para conocer el consumo energético del destilador se tomó como referencia el uso habitual que tendrá en el laboratorio, se dio a conocer que el laboratorio desea tener aproximadamente 8 litros de agua destilada a la semana, si consideramos que el destilador brinda 3.20 litros de agua destilada en una hora y su consumo energético es de 1500W, tendremos la siguiente expresión.

**Ecuación. 7**

$$t = \frac{8 L}{3,20 L * h}$$

$$t = 2,5 h$$

Como ya sabemos que el destilador se demora 2,5 horas en producir 8 litros de agua, ahora se procese a calcular el consumo de energía del destilador.

**Ecuación. 8**

$$Ce = W * h$$

$$Ce = 1500Wh * 2,5h$$

$$Ce = 3750W$$

### 11.5.1 Costo de factura eléctrica por consumo energético del destilador.

En la tabla 8 podemos apreciar el consumo energético que tiene el destilador de agua es de 3750 vatios al día trabajando por 2,5 horas, pero este valor se lo considera por semana ya que el consumo de agua destilada por semana para el laboratorio de agroindustria es de 8 litros de agua destilada. Según la página del ministerio de energías y minas menciona que “mediante resolución ARCERNR-009/2022 del 14 de abril, determinó que la tarifa nacional promedio del servicio eléctrico se mantenga en 9, 2 centavos de dólar por cada Kilovatio-hora (¢USD/kWh)” (Minas, 2022).

**Tabla 8:** Valores del consumo energético del destilador.

	Consumo energético por semana en Kwh	Consumo energético por mes	Consumo energético por año
	3,75	15	180
<b>Total \$</b>	<b>0.345\$</b>	<b>1.38\$</b>	<b>16.56\$</b>

Elaborado por: Allauca, W. & Armendaris, A. (2023).

Como se pudo apreciar en la tabla 8, que el consumo que tendría por semana el destilador es de 3,35 vatios representando en moneda un valor de 0.345 centavo de dólar, y al mes consumiría 15 vatios por mes representando en moneda un valor de 1.38 dólares, y al año con un valor más alto consumiendo 180 vatios le constaría a la facultad un valor de 16.56 dólares estadounidenses.

### 11.6 Instalación del equipo destilador para la obtención de agua destilada para el laboratorio de agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná.

La implementación del destilador estará situada en las instalaciones de la facultad de Agropecuaria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Mana, para uso especial del laboratorio. El destilador de aproximadamente tiene un peso de 38 kilos, por tal razón será ensamblado por partes y adecuándolo correctamente al espacio que brinda el laboratorio como se aprecia en la imagen 7.

**Imágenes 7.** Ensamble del destilador.



**Fuente.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

Los filtros deben ser correctamente instalados a la toma de agua más cercana del laboratorio usando los materiales adecuados para evitar fuga de agua, los filtros a usarse deben ser de carbón activado para brindar una mayor filtración como se aprecia en la imagen 8.

**Imágenes 8.** Filtros de agua.



**Fuente.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

Una vez ya realizado el ensamble del equipo destilador con sus respectivas conexiones tanto de agua como eléctrica, se procese a realizar una serie de pruebas al destilador para comprobar si cumple con las expectativas de los encargados del laboratorio y de ser el caso de realizar un ajuste se lo debe realizar con suma precaución para evitar daños a la destiladora ver imagen 9.

**Imágenes 9.** Ajuste final de la destiladora.



**Fuente.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

### **11.7 Análisis de la pureza del agua destilada obtenida por el equipo destilador implementada para el laboratorio de agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná.**

El análisis de la pureza del agua destilada obtenida a través del destilador implementado en el laboratorio de la facultad de Agroindustria, se llevó una muestra para ser analizada por el laboratorio del INIAP.

**Tabla 9.** Referencia de análisis del agua destilada de sus propiedades físicas y químicas.

Parámetros	Limites	Unidad
Conductividad eléctrica valor máximo a 25 °C	0.056	μS/cm
Resistividad a 25 °C	18	MΩ
pH a 25 °C	..	..
Carbono orgánico total (COT) valor máximo	50	mg/L
Sodio valor máximo	1	μg/L

Cloruros valor máximo	1	mg/L
Sílice valor máximo	3	µg/L

Elaborado por: Allauca, W. & Armendaris, A. (2023).

### 11.8 Análisis del agua potable que distribuye el municipio del cantón la Maná.

Se tomó muestras del agua potable en diferentes hogares, además de llevar una muestra de agua potable que llega a la facultad de Agroindustrias, este fue analizado por el INIAP estación pichilingue cantón Quevedo, este análisis nos muestra los siguientes valores.

### 11.9 Análisis de comparación del agua destilada obtenida por el destilador implementado en el laboratorio de Agroindustria y el agua de la red pública de agua potable.

**Tabla 10.** Comparación del análisis del agua destilada con el agua potable de la red pública.

Parámetros del agua destilada			Parámetros del agua potable de la red pública		
Parámetros	USP 30	Ph Eur	Parámetros	Limites	Unidad
Conductividad eléctrica valor máximo a 25 °C	....	µS/cm	Conductividad eléctrica valor máximo a 25 °C	3.76	µS/cm
Carbono orgánico total (TOC)	....	MΩ	Resistividad a 25 °C	1.20	MΩ
Endotoxinas (LAL)	..	..	pH a 25 °C	6-9	..
Microbiología	....	mg/L	Carbono orgánico total (COT) valor máximo	0.85	mg/L
Nitratos	....	µg/L	Sodio valor máximo	2.1	µg/L
Aluminio	....	mg/L	Cloruros valor máximo	1	mg/L
Metales pesados	....	µg/L	Sílice valor máximo	....	µg/L
			Nitratos	0.048	mg/l
			Fósforo total	0,0078	mg/l
			Plomo	0.03	mg/l

	Cadmio	0.009	mg/l
	Coliformes Totales	<1,00	NMP/100 ml

Elaborado por: Allauca, W. & Armendaris, A. (2023).

Como podemos apreciar en el cuadro 10, el análisis de las propiedades físicas y químicas que presenta el agua potable de la red pública, donde contienen cantidades de sedimentos, metales pesados y no pesados, al igual que otros elementos químicos como el cloro y cadmio. Una característica del agua potable es que presenta un valor de conductividad eléctrica, que es debido a los elementos que contiene el agua, mientras que el agua destilada pierde esa característica al no contener estos elementos químicos. El agua destilada debe de tener un nivel alto de pureza que ronde entre los 92 a 99%, lo cual el agua destilada obtenida por el destilador es del 96% lo cual es apta para realizar todo tipo de trabajos en un laboratorio.

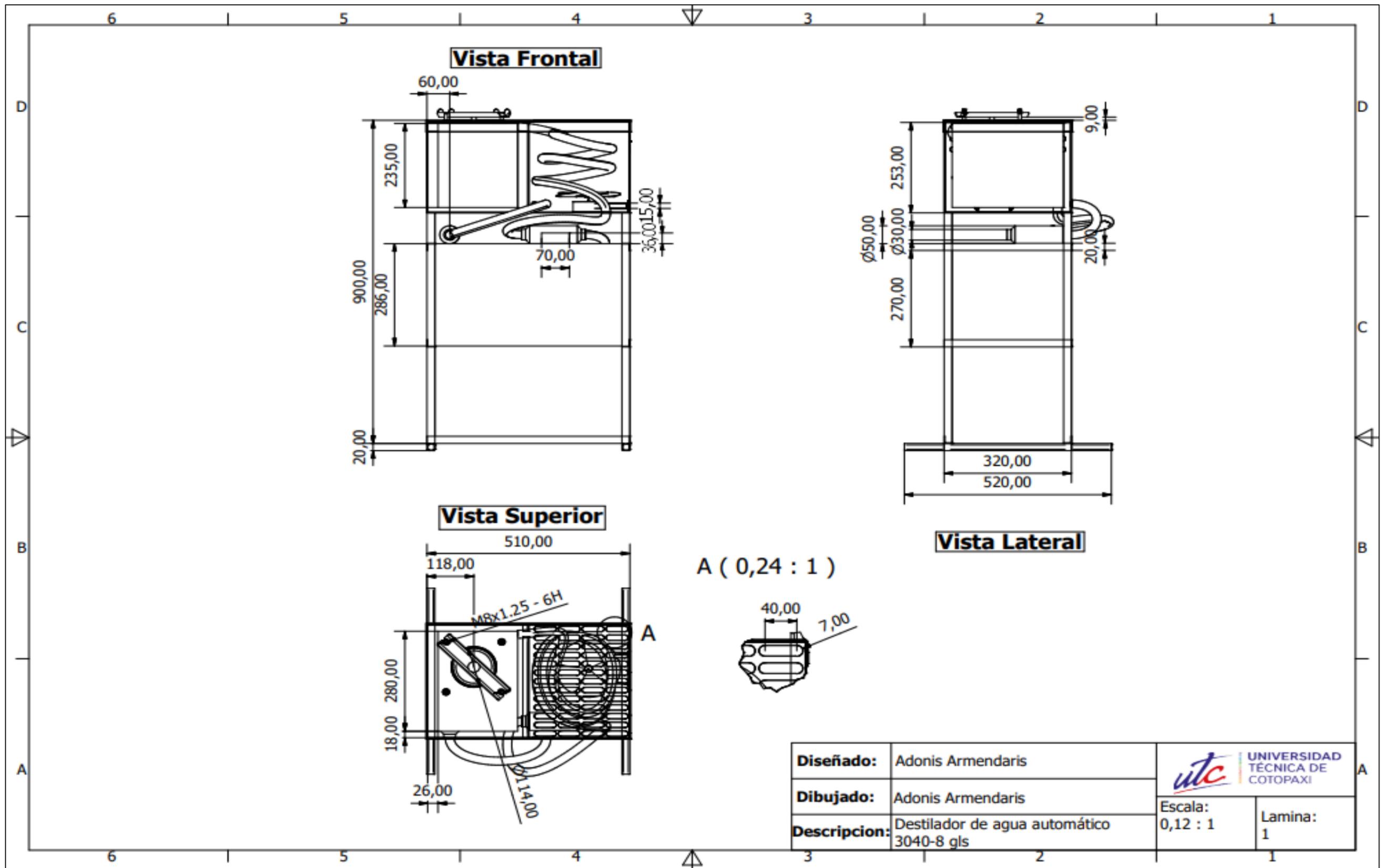
#### **11.10 Diseño del destilador de agua.**

Una vez obtenido los resultados como, el tipo de material y las dimensiones del destilador se procede hacer un diseño en el software AutoCAD, ya que es una herramienta muy útil y eficaz al realizar todo tipo de diseño. Allí podremos tener una idea más clara de cómo se vería el destilador ya acabado para posteriormente ensamblarlo, como se puede apreciar en la figura 14 una simulación del destilador con sus dimensiones ya establecidas apreciando las partes que lo componen.

##### **11.10.1 Planos del destilador de agua.**

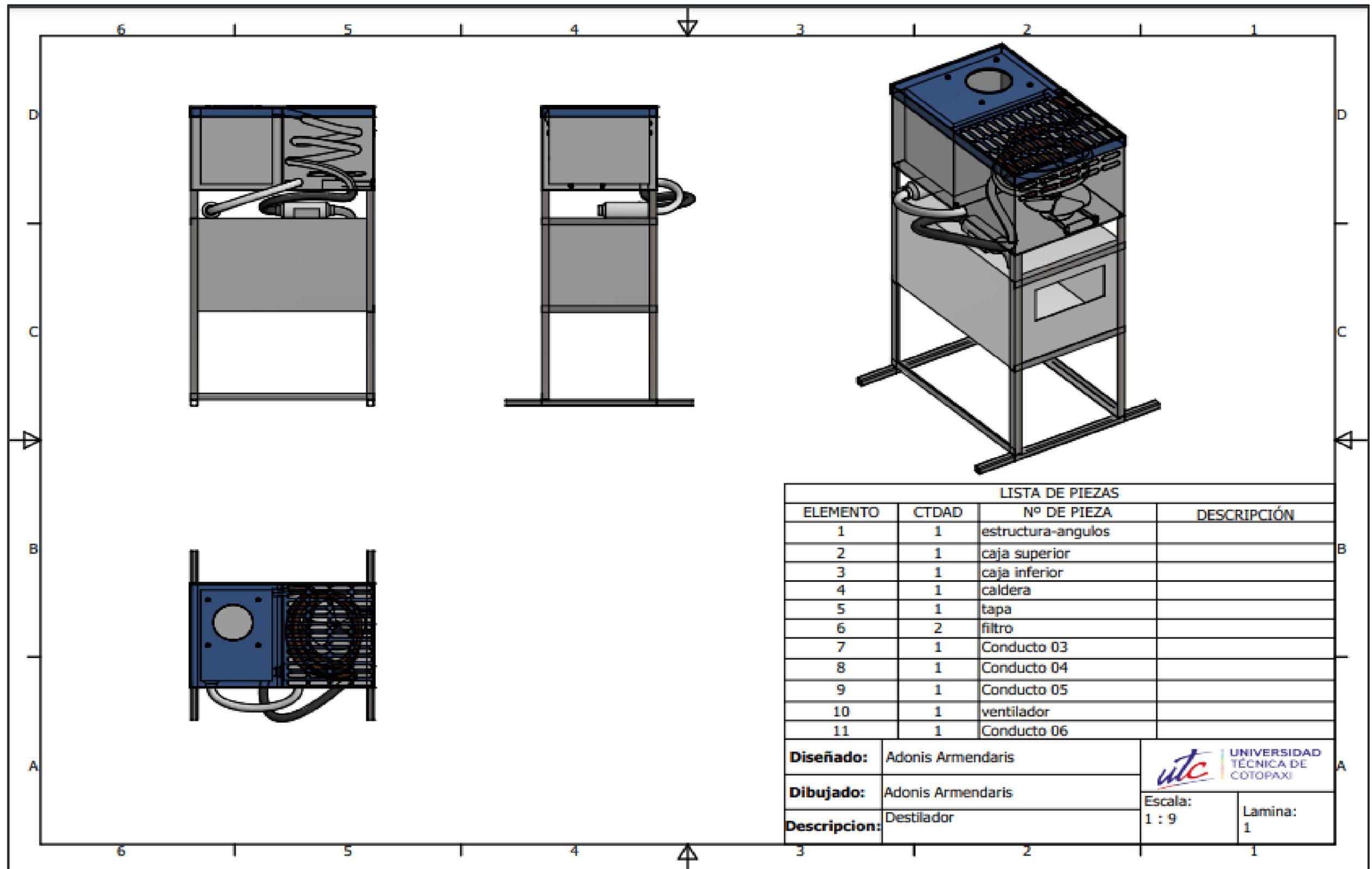
Con el mismo programa de AutoCAD se realiza el diseño tridimensional del destilador, mostrando finalmente las diferentes caras del destilador.

Figura 14. Simulación del destilador con el software AutoCAD.



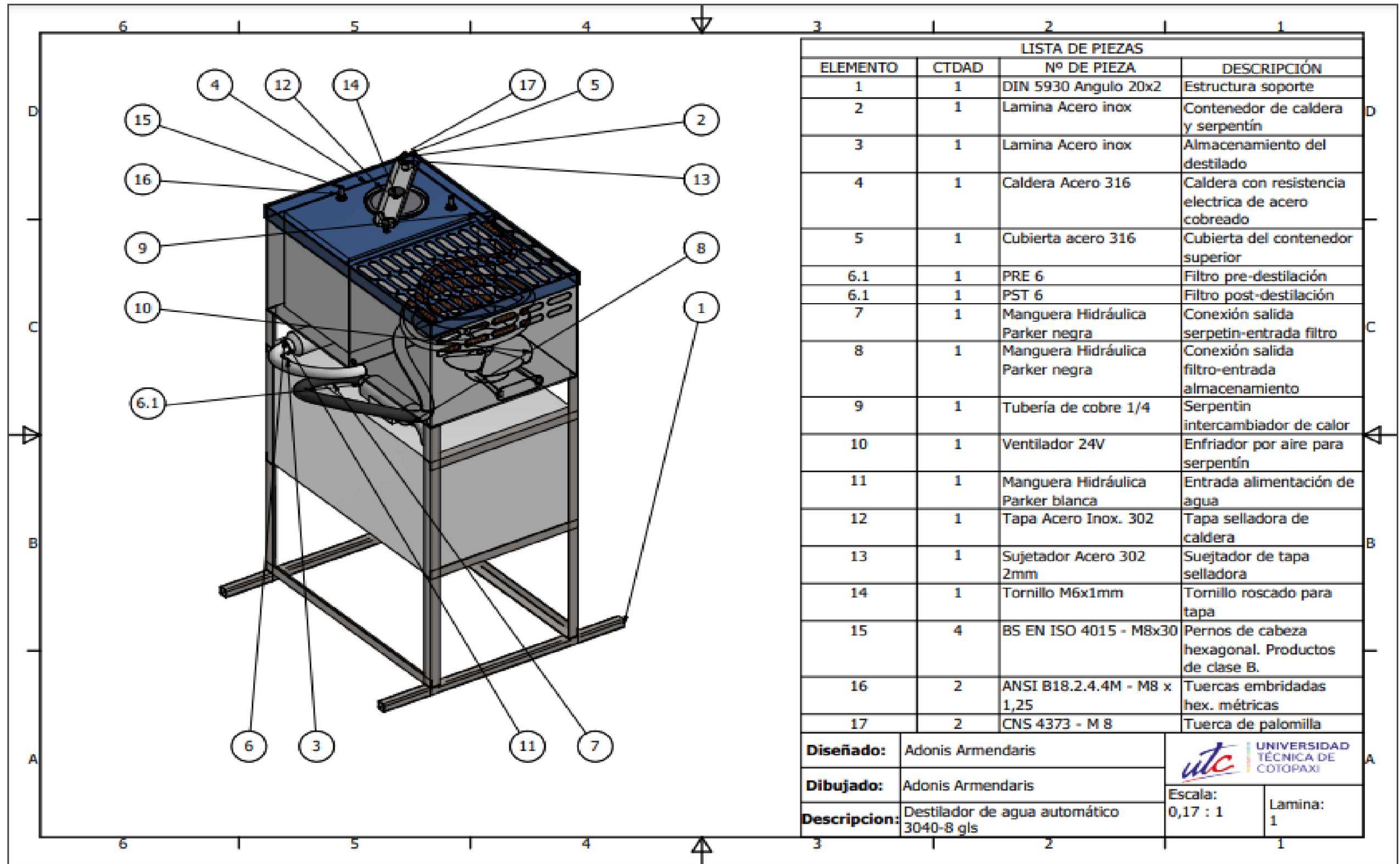
Fuente. Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

Figura 15. Simulación del destilador con el software AutoCAD en 3D.



### 11.10.2 Planos del destilador de agua y sus partes que lo componen.

Figura 16. Simulación del destilador con el software AutoCAD en 3D y sus partes.



**Fuente.** Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

## 12 PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

### 12.1 Costos directos

**Tabla 11.** Costos directos.

<b>Equipos y materiales</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
Plancha de tol	6 m <sup>2</sup>	\$86	\$86,00
Serpentín	1	\$115	\$115,00
Ángulos	5 m	\$2,85	\$14,25
Tubo cuadrado	2 m	\$20,67	\$41,20
Tornillos de acero inoxidable 304	22	\$1,28	\$28,16
Pernos de acero inoxidable 304 3/8"	6	\$1,52	\$9,12
Tuercas de acero inoxidable 304 3/8"	6	\$0,84	\$5,04
Interruptor on/off	2	\$0,85	\$1,70
Tubería de cobre tipo 1 1/2"	1	\$5,64	\$5,64
Pulsador mgssystem	2	\$1,45	\$2,90
Llave de agua	1	\$4,75	\$4,75
Llave plástica	1	\$0,80	\$0,80
Tubo de acero inoxidable 304	1	\$3,25	\$3,25
Toma corriente	1	\$3,68	\$3,68
Ventilador 9m854 1/100 hp	1	\$68,34	\$68,34
Ruedas de goma	4	\$26,86	\$107,44
Tuerca mariposa unc 3/8"	2	\$0,72	\$1,44
Filtro pre-distilition durastill	1	\$21,78	\$21,78
Filtro post-distilition durastill	1	\$21,78	\$21,78
Costos de ensamble y suelda "mano de obra".	1	\$250	\$250,00
<b>SUB TOTAL</b>			<b>\$792,27</b>

Elaborado por. Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

#### 12.1.1 Costos indirectos

Detalles de costos indirectos como transporte, costo por alimentación, etc.

**Tabla 12.** Detalle de costos indirectos.

<b>Costos Indirectos</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Transporte	\$250	\$350

Alimentación	\$86	\$86
Gasolina	\$130	\$130
Gastos varios	\$110	\$110
<b>Subtotal</b>		\$676

Elaborado por. Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

### 12.1.2 Inversión total de la investigación.

Detalle de los gastos totales para la implementación del destilador de agua destilada en el laboratorio de Agroindustria de la Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Maná.

**Tabla 13.** Inversión total de la investigación.

<b>Inversión Total</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor Total</b>
Equipos eléctricos y materiales	\$792,27
Costos indirectos	\$676
<b>Subtotal de inversión</b>	<b>\$1468,72</b>

Elaborado por. Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023)

## 13 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

### 13.1 Impacto social.

Al implementar el destilador en el laboratorio de agroindustria, ayuda de manera didáctica a los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná lo cual le permite conocer como es el proceso de destilación, además que el agua destilada beneficio en la elaboración de proyectos posteriores.

### 13.2 Impacto económico.

Al producir agua destilada internamente en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, ya no necesita comprar agua destilada a las industrias reduciendo de esta manera costos al año y si idean un plan estratégico de comercialización de agua destilada les brindaría obtener un ingreso extra para la Universidad.

## 14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1 Conclusiones

- En base a los objetivos podemos concluir que el proceso de destilación para obtener agua destilada es una práctica antigua, ya que se originó por la necesidad en los hospitales de querer un disolvente universal que sea estéril además para implementar lo en vacunas. Para el desarrollo de este proyecto de investigación dio en la tarea de investigar los diferentes métodos de obtención de agua destilada, así como los equipos que la destilen, de lo cual el método más eficiente en la actualidad es por el método de destilación por vacío rotativo alcanzo niveles de pureza de alrededor del 99.2% al 99.6%.
- La selección del equipo destilador adecuado para el laboratorio de la facultad de Agroindustria es del tipo vapor de agua y condensación, ya que cumple con las normas INEN ISO 3696 que se utilizó para el desarrollo de este proyecto siendo el tipo de grado 3 que es apropiada para la mayoría de los trabajos de química en laboratorio por vía húmeda y la preparación de soluciones de reactivos.
- Se instaló el equipo destilador en el laboratorio de la facultad de Agroindustria, cumpliendo con los parámetros establecido en el proyecto, además de acoplar el equipo destilador un sistema de filtro para la retención de pureza con carbón activado, esto brindara un óptimo funcionamiento del equipo a igual de eliminar olores que provengan del agua potable.
- Se analizó el agua potable que proviene de la red pública tomando una muestra, dando como resultado una serie de elementos físicos y químicos que contiene la muestra, además se destilo el agua potable obteniendo agua destilada la cual se toma una muestra para ser analizada y compararla con la muestra del agua potable, dando como resultado una efectividad de pureza del 96% cumpliendo con la norma INEN ISO 3696.

## 14.2 Recomendaciones

- Se recomienda, usar la vestimenta adecuada o los equipos de seguridad al manipular el destilador, ya que este equipo trabaja a elevada temperatura y presión causando graves daños a la integridad de las personas como las quemaduras.
- Se recomienda el uso adecuado del destilador y no usar líquidos inflamables como alcohol ya que este equipo no cuenta con las medidas requeridas para destilar otro líquido que no sea agua.
- Es recomendable realizar un mantenimiento de los reservorios frecuentemente, pues el proceso de destilación deja materiales físicos y químicos como el sedimento que reposa en el fondo del reservorio de la caldera cada vez que es utilizado.
- Se sugiere que el responsable de use el equipo esté capacitado para manipular el destilador, ya que su mal manejo puede causar daños graves a la máquina, además como perder la calidad de pureza del agua destilada.

## 15 BIBLIOGRAFIA

Asociación Nacional de Industrias. (Noviembre de 2014). Calderas y sistemas de vapor.

ANDI. <http://www.andi.hn/wp-content/uploads/2014/11/3-Calderas-y-Sistemas-de-vapor.pdf>

Carbajal, A., y Gonzalez, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. 33-45.

Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

<https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

Cordova, P., Barrios, T., y Cordova, I. (2021). MODELACIÓN DEL SISTEMA DE

DESTILACIÓN SOLAR Y LA DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR EN LA

BAHÍA DE PARACAS . *Destilación solar*. Ed. da UnC. [https://uni-contestado-](https://uni-contestado-site.s3.amazonaws.com/site/biblioteca/ebook/Pedro%20-%20MODELACION%20DEL%20SISTEMA%20DE%20DESTILACION%20SOLAR.pdf)

[site.s3.amazonaws.com/site/biblioteca/ebook/Pedro%20-](https://uni-contestado-site.s3.amazonaws.com/site/biblioteca/ebook/Pedro%20-%20MODELACION%20DEL%20SISTEMA%20DE%20DESTILACION%20SOLAR.pdf)

[%20MODELACION%20DEL%20SISTEMA%20DE%20DESTILACION%20SOLAR.pdf](https://uni-contestado-site.s3.amazonaws.com/site/biblioteca/ebook/Pedro%20-%20MODELACION%20DEL%20SISTEMA%20DE%20DESTILACION%20SOLAR.pdf)

Cubecino, J. J. (2019). Diseño e implementación de un sistema de destilación solar para la obtención de agua potable. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.

[https://repositoriosdigitales.mincyt.gov.ar/vufind/Record/RIAUTN\\_24e7fc44d184421a2e09ab53dcf6c47b](https://repositoriosdigitales.mincyt.gov.ar/vufind/Record/RIAUTN_24e7fc44d184421a2e09ab53dcf6c47b)

Díaz, G. S. (Abril de 2021). DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN DE AGUA APROVECHANDO LA HUMEDAD PRESENTE EN EL AIRE DEL MUNICIPIO DE URIBIA, LA GUAJIRA. Bogota, Colombia: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8441/16/4142858-2021-1-1M.pdf>

Escandón, C. M., y Fernández de Córdoba, V. D. (2021). DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO EN UNA FAMILIA. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21428/1/UPS-CT009417.pdf>

- Fernández, A. (octubre de 2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-17. Buenos Aires, Argentina: Redalyc. [redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf](https://redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf)
- Flores, V. M. (Marzo de 2021). Análisis numérico de un destilador solar tipo caseta. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. <https://thesiscommons.org/ne8gz/download>
- Herrera, C. M., y Palomino, D. G. (Enero-Junio de 2012). Resinas de intercambio iónico: Desarrollo tecnológico aplicado para la eliminación de olor del metanol puro. 27(1), 24-35. Moterrey, Mexico: Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C. <https://www.redalyc.org/pdf/482/48224413005.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion "INEN". (2013). AGUA PARA USO EN ANÁLISIS DE LABORATORIO - ESPECIFICACIÓN Y MÉTODOS DE ENSAYO. (ISO 3696:1987(E), IDT). Quito, Ecuador: INEN. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_3696\\_extracto.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_3696_extracto.pdf)
- Intriago, B. J., y Zambrano, S. D. (Junio de 2017). REPOTENCIACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR PARA AGUA SALINA POR MEDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA. Calseta, Manabi, Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ. <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/628/TMA146.pdf?sequence>
- Liñán, R. D. (2017). Modelamiento riguroso de la columna de destilación DVI/3000/S y validación experimental. Colombia: Universidad de Los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/40173>
- López, G. U. (febrero de 2005). Aplicación de la electrodiálisis a la eliminación de nitrato en agua. CIDETEQ. <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/157/1/Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20electrodi%C3%A1lisis%20en%20agua..pdf>
- López, M., Romano, E., y Triana, J. (junio de 2005). El agua. 19-35. Las Palmas, España: Universidad de las Palmas. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/253/1/495.pdf>

- Manchego, S. M. (s.f). Capítulo I Fundamentos de procesos de destilación. academia.edu.  
[https://www.academia.edu/5892345/Cap%C3%ADtulo\\_I\\_Fundamentos\\_de\\_procesos\\_de\\_destilaci%C3%B3n](https://www.academia.edu/5892345/Cap%C3%ADtulo_I_Fundamentos_de_procesos_de_destilaci%C3%B3n)
- Medrano, C. J. (Octubre de 2006). Mejoramiento de las propiedades de las juntas soldadas de aceros inoxidable austeníticos mediante los tratamientos térmicos. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjNo-bQkcZ8AhX3RDABHeABBNYQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F439%2F1%2FCD-0378.pdf&usg=AOvVaw0nmtPCDx4t7IFsR6O8Vn2l>
- Minas, M. d. (10 de Mayo de 2022). *recursosyenergia.gob.ec*.  
[https://www.recursosyenergia.gob.ec/las-tarifas-de-energia-electrica-no-se-incrementaran-en-el-2022/#:~:text=El%20Directorio%20de%20la%20Agencia,\(%C2%A2USD%2FkWh\)](https://www.recursosyenergia.gob.ec/las-tarifas-de-energia-electrica-no-se-incrementaran-en-el-2022/#:~:text=El%20Directorio%20de%20la%20Agencia,(%C2%A2USD%2FkWh))
- Minaya, P. M. (2008). Destilación: conceptos, equipos y aplicaciones. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10845/IAmipimm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montoya, M. A. (2012). DISEÑO DE UNA COLUMNA DE DESTILACIÓN PARA RECUPERACIÓN DE UNASUSTANCIA TERMOSENSIBLE. 2-3. Chile: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAISO.  
[http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-3000/UCF3374\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-3000/UCF3374_01.pdf)
- Moreno, B. J. (2011). Diseño de planta de tratamiento de aguas de osmosis inversa para la empresa Dober Osmotehc de Colombia LTDA. Cali, Colombia.  
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3077/TBM00990.pdf?sequence=1>
- Nevárez, R. M. (2009). Optimizacion del proceso de regeneracion de resinas de intercambio iónico para ser utilizadas en el desmineralizador de agua de refinería estatal Esmeralda. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .  
<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/253/1/96T00120.pdf>

- Ordóñez, G. J. (2011). Ciclo hidrológico. Lima, Perú: Sociedad geográfica de Lima.  
[https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/ciclo\\_hidrologico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf)
- Páez, C. D., y Condolo, G. H. (Septiembre de 2012). Construcción de un reservorio y calentador de agua en la planta alta de un domicilio, para el suministro de agua temperada hacia un conjunto de tres lavadoras de ropas semi-industriales, controlado automáticamente mediante PICS. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4960/1/CD-4499.pdf>
- Reyna, A. B. (junio de 2014). El intercambio iónico, su descripción y comportamiento químico. México: Escuela Superior de Ingeniería química e industrias extractivas.  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17311/25-1-16715.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, J. (julio de 2015). OBTENCIÓN DE LAS FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE LAS TEMPERATURAS DEL TOPE Y FONDO DE UNA DE DESTILACIÓN BINARIA . 5(2). (D. d. Química, Ed.) Venezuela: UNEXPO.  
[file:///C:/Users/HOGAR/Downloads/Dialnet-ObtencionDeLasFuncionesDeTransferenciaDeLasTempera-5282244%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HOGAR/Downloads/Dialnet-ObtencionDeLasFuncionesDeTransferenciaDeLasTempera-5282244%20(2).pdf)
- Ruiz, A., Vega, J., Martínez, J., y Erdmann, E. (2013). Disel del proceso de destilación al vacío. 2. Argentina: INIQUI.  
[https://www.aaiq.org.ar/SCongresos/docs/04\\_025/papers/01h/01h\\_1530\\_377.pdf](https://www.aaiq.org.ar/SCongresos/docs/04_025/papers/01h/01h_1530_377.pdf)
- Semarnat. (2018). Instalación y operación de planta de ósmosis inversa. México: Consultas públicas México.  
<http://consultaspublicas.semarnat.gob.mx/expediente//qroo/estudios/2018/23QR2018TD173.pdf>
- Sevilla. (Sf). Manual del carbono activado. Aguapedia.  
<http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>
- Sevmexico. (2008). *www.sevmexico.com*.  
[https://www.sevmexico.com/catalogos/DESTILADORES\\_140312.pdf](https://www.sevmexico.com/catalogos/DESTILADORES_140312.pdf)
- Susial, B. P. (2011). Fundamentos y método de la destilación. Determinación experimental del E.L. V. 1-9. España: UPLGC.  
[https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/8218/1/0231633\\_00003\\_0004.pdf](https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/8218/1/0231633_00003_0004.pdf)

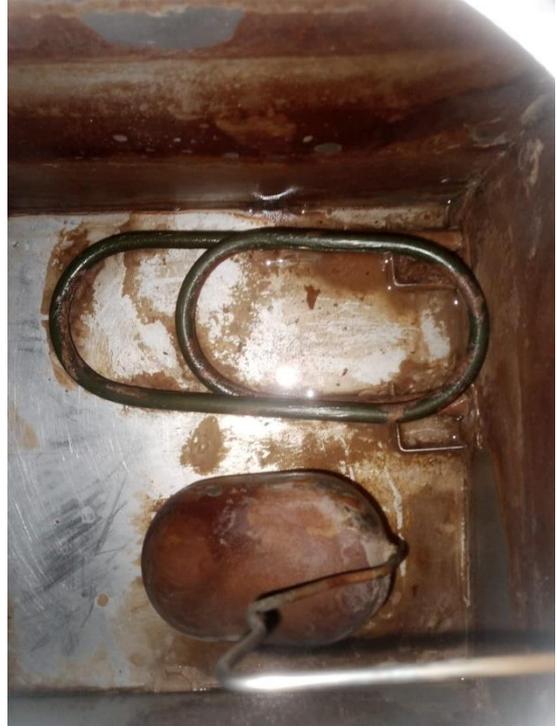
- Uceda, M. J. (2013). Calderas industriales eficientes. Madrid, España: Viessmann S.L.  
<https://www.ingenieros.es/files/proyectos/Guia-basica-calderas-industriales-eficientes-fenercom-2013.pdf>
- Valdivia, R., S, P., y M, L. (2010). AGUA PARA USO EN LABORATORIOS. (1), 3-10. La Habana, Cuba: Boletín Científico Técnico INIMET.  
<https://www.redalyc.org/pdf/2230/223017807002.pdf>
- Vera, C., y Camilloni, I. (2015). El ciclo del agua. Argentina: Ministerio de Educacion Ciencias y Tecnologias. <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002315.pdf>
- Yépez, R. Á., y Duarte, V. F. (23 de Julio de 2019). Calidad del agua para consumo humano en el proceso de captación, tratamiento, distribución y consumo en el cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi. Quevedo, Ecuador: UTEQ.  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3730/1/T-UTEQ-0081.pdf>

## 16 ANEXOS

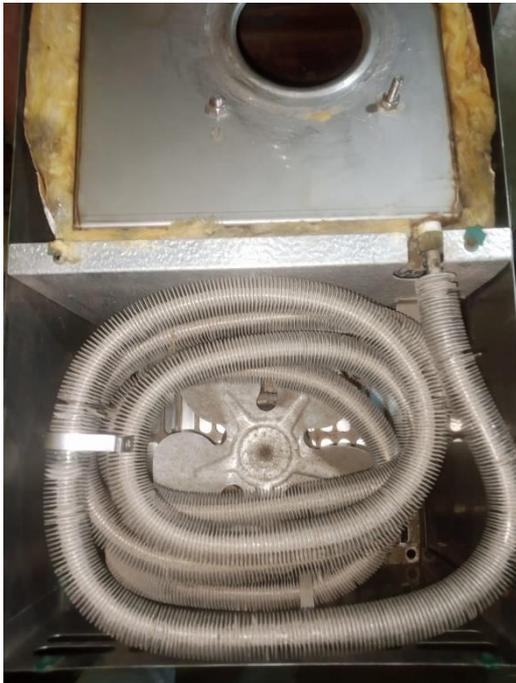
**Foto 1.** Selección del caldero.



**Foto 2.** Selección de la resistencia de calor eléctrica y boya de nivel



**Foto 3.** Selección del evaporador serpentin en aluminio.



**Foto 4.** Instalación del interruptor de encendido y apagado de la bomba de agua



**Foto 5.** Instalación de la bomba de agua.



**Foto 6.** Instalación del ventilador que refrigera el serpentín.



**Foto 7.** Selección del filtro de carbón activado.



**Foto 8.** Ensamble del equipo destilador.



**Foto 9.** Montaje del cuerpo de destilación sobre el recipiente contenedor de agua destilada.



**Foto 10.** Instalación del filtro.



**Foto 11.** Calibración del equipo destilador.



**Foto 12.** Ensamble final del equipo destilador.



Figura 17. Análisis del agua potable que distribuye el municipio del cantón de La Maná antes del proceso de la destilación de agua.

		<b>ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR</b> LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Durán Tambo Yaguachi - Ecuador Teléfono: 2717119 Fax: 2717260														
<b>REPORTES DE ANALISIS DE AGUA</b>																
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>																
Nombre:		ADONIS AMIN ARMENDARIZ AREVALO				Fecha: 10 de enero del 2023										
Dirección:		LA MANÁ				Rue: 050374989701										
Ciudad:		LA MANÁ														
Teléfono:		096 416 2988														
MUESTRA	Dosis		(%)							(ppm)						
	Identificación	Cantid	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
29373	Agua Potable	1L											D			

	Parámetros	Unidades	Método	Planta de Tratamiento Salida	Acuerdo Ministeri	CMS	EPA	NEN 1108:2014
	MICROBIOQUÍMICOS	Manganeso	mg/l	PEE/ANNCY/74	0,0078		0,1	0,0
Cloro residual		mg/l	PEE-GQMPQ-43	2,43			250	0,5
Coliformes To		NMP/100 ml	PEE-GOMMB-38	<1,00	20000	0		<1,1
Coliformes Fecales		NMP/100 ml	PEE-GQMMB-38	<1,0	2000	0		<1,1

PH	7.63
----	------

**INTERPRETACIÓN**

D = Deficiente

D = Adecuado

D = Excesivo

  
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

Fuente. Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023).

Figura 18. Análisis del agua destilada obtenida por el destilador implementado en el laboratorio de Agroindustrias.

		<b>ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR</b> LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Durán Tambo Yaguachi - Ecuador Teléfono: 2717119 Fax: 2717260																						
<b>REPORTES DE ANALISIS DE AGUA</b>																								
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>																								
Nombre:	ADONIS AMIN ARMENDARIZ AREVALO					Fecha:	10 de enero del 2023																	
Dirección:	LA MANÁ					Ruc:	050374989701																	
Ciudad:	LA MANÁ																							
Teléfono:	096 416 2988																							
MUESTRA	Dosis		(%)							(ppm)														
Laborant	Identificación	Cantid	N	P	K	Ca	Si	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na								
29373	Agua Destilada	1L.						D								D								
<b>PARAMETROS</b>					<b>Limites</b>		<b>Unidad</b>		<b>PH</b>		<b>7.08</b>													
Carbono orgánico total (COT) valor máximo					50		mg/L																	
Sodio valor máximo					1		µg/L																	
Cloruros valor máximo					1		mg/L																	
Sílice valor máximo					3		µg/L																	
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2"><b>INTERPRETACIÓN</b></td> </tr> <tr> <td style="color: red;">D</td> <td>- Deficiente</td> </tr> <tr> <td style="color: green;">D</td> <td>= Adecuado</td> </tr> <tr> <td style="color: blue;">D</td> <td>= Excesivo</td> </tr> </table>																	<b>INTERPRETACIÓN</b>		D	- Deficiente	D	= Adecuado	D	= Excesivo
<b>INTERPRETACIÓN</b>																								
D	- Deficiente																							
D	= Adecuado																							
D	= Excesivo																							
 RESPONSABLE DE LABORATORIO																								

Fuente. Allauca, W. & Armendáriz, A. (2023)

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESTILADOR DE AGUA DESTILADA PARA EL LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSIÓN LA MANÁ”**, presentado por **Allauca Vásquez William German** y **Armendáriz Arévalo Adonis Amin**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, febrero del 2023

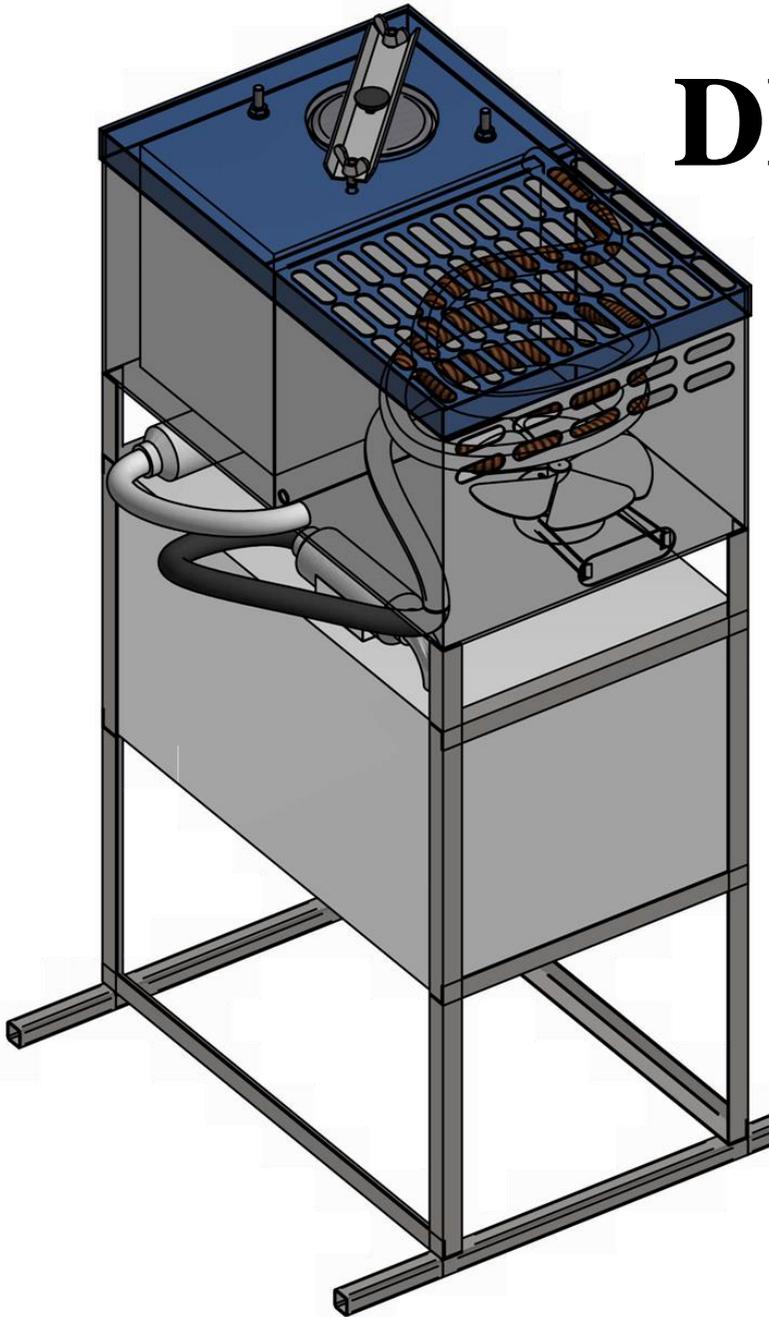
Atentamente,



Mg. Fernando Toaquiza  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
CI: 0502229677

# DESTILADOR

# DE AGUA



**MANUAL**

**DE**

**INSTRUCCIONES**

**AUTOR:**

**ARMENDARIZ AREVALO ADONIS A.**

**ALLAUCA VASQUEZ WILLIAM G.**

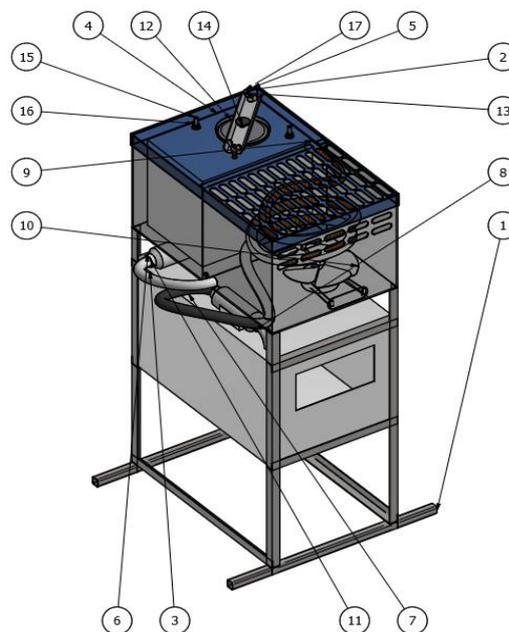
## **INDICE**

1 - Introducción.....	
2 - Contenido de la máquina.....	
3 - Instalación.....	
4 - Instrucciones de Uso.....	
5 - Mantenimiento y Limpieza.....	
6 - Especificaciones Técnicas.....	
8 - Simbolos.....	

# INTRODUCCIÓN

## CONTENIDO DE LA MÁQUINA

- 1) Estructura ángulos
- 2) Caja superior
- 3) Reservorio
- 4) Caldera
- 5) Tapa Superior
- 6) Filtro
- 7) Manguera Filtro-Caldera
- 8) Manguera Filtro-Serpentín
- 9) Serpentín
- 10) Ventilador
- 11) Conducto salida-serpentín
- 12) Tapa caldera
- 13) Sujetador Tapa-Caldera
- 14) Tornillos Tapa
- 15) Pernos Hexagonales M8x30
- 16) Tuercas embridadas M8x1,25
- 17) Tuerca de Palomilla



## INSTALACIÓN

Para su correcta instalación debemos seguir las siguientes instrucciones

- 1) Para la entrada de agua, necesitamos una toma de agua la cual permitirá el acceso del agua para nuestro destilador.
- 2) Conectar la manguera 7 a la toma de agua.
- 3) Conectar el enchufe a tomacorriente 110V
- 4) Permitir el flujo de agua para la máquina
- 5) Encender el destilador.

**Nota:** El equipo de destilación está diseñado solo para conexión 110V, en caso de ser conectado en fuentes inferiores o superiores el equipo sufrirá desperfectos.

## INSTRUCCIONES DE USO

Para el correcto uso del equipo destilador seguir los siguientes pasos:

- 1) Asegurarse el ingreso de agua al caldero.
- 2) Verificar que la toma de corriente sea 110v.
- 3) Encender el equipo destilador.

### Opcional

A los 20 minutos de funcionamiento encender el ventilador para un flujo mayor de destilación, caso contrario el flujo de destilación será lento.

### Nota importante

- El ciclo de llenado del caldero es constante por lo cual no suspender el flujo de agua.
- No dejar abierto la tapa del reservorio para así evitar que ingrese agentes contaminantes al agua destilada.

- No dejar más de 10 días almacenada el agua destilada en el reservorio, preferible cambiarlo a envase previamente desinfectados.
- Ninguna de las partes externas puede ser rociadas o sumergidas en agua.
- No aflojar los seguros de la tapa del caldero durante el ciclo de funcionamiento.

## **MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA**

- Asegurarse que la máquina se encuentre apagada totalmente para su correcto mantenimiento.
- Realizar limpieza de caldero para la eliminación de impurezas residuales tras el uso continuo.
- Revisar los sistemas eléctricos para así evitar fallas de cortocircuito que provoquen daños reparables o irreparables en la máquina.
- Verificar que la válvula de presión de la salida del caldero-serpentín no se encuentre obstruida para evitar el aumento de presión en el caldero.
- Para limpieza externa utilizar pañuelos húmedos para así evitar fallas por humedad.
- Reservorio totalmente limpio y desinfectado.

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

Tensión de alimentación.....	120V
Potencia de trabajo.....	1500W
Frecuencia.....	60hz
Dimensiones del destilador.....	900x320x510mm
Capacidad de volumen del caldero.....	6 litros
Capacidad de volumen de destilado.....	2 litros/h
Capacidad de volumen del reservorio.....	40 litros
Peso del Destilador.....	37.27 Kg