



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DESTILACIÓN
SEMIAUTOMÁTICA DE PAPA CHOLA A TRAVÉS DE UN ALAMBIQUE PARA LA
PRODUCCIÓN DE VODKA DE HASTA 250 ML COMO DESTILADO FINAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Dennis Alexander Fernández Tapia

Melanie Janine Salazar Vásquez

TUTOR: Fabio Eduardo Obando Herrera

Quito – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Melanie Janine Salazar Vásquez con documento de identificación N° 1805077003 y Dennis Alexander Fernández Tapia con documento de identificación N° 1718492752; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 05 de marzo del año 2024

Atentamente,

Melanie Janine Salazar Vásquez

1805077003

Dennis Alexander Fernández Tapia

1718492752

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Melanie Janine Salazar Vásquez con documento de identificación No. 1805077003 y Dennis Alexander Fernández Tapia con documento de identificación No. 1718492752, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Dispositivo Tecnológico: “Diseño e implementación de un sistema de destilación semiautomática de papa chola a través de un alambique para la producción de vodka de hasta 250 ml como destilado final”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

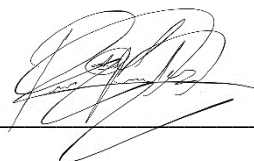
Quito, 05 de marzo del año 2024

Atentamente,



Melanie Janine Salazar Vásquez

1805077003



Dennis Alexander Fernández Tapia

1718492752

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fabio Eduardo Obando Herrera con documento de identificación N° 1707982169, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DESTILACIÓN SEMIAUTOMÁTICA DE PAPA CHOLA A TRAVÉS DE UN ALAMBIQUE PARA LA PRODUCCIÓN DE VODKA DE HASTA 250 ML COMO DESTILADO FINAL, realizado por Melanie Janine Salazar Vásquez con documento de identificación N° 1805077003 y por Dennis Alexander Fernández Tapia con documento de identificación N° 1718492752, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Dispositivo Tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 05 de marzo del año 2024

Atentamente,



Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera, MSc.

1707982169

DEDICATORIA

A mis queridos padres, cuyo amor incondicional, apoyo incansable y sabiduría inagotable han sido mi faro en este viaje. Ustedes me enseñaron el valor del trabajo duro y la perseverancia, y cada palabra de este proyecto de titulación lleva impregnada su enseñanza y amor.

A mi novia Luly, mi fuente de inspiración constante. Tus palabras de aliento en los momentos más difíciles y tu amor incondicional han sido esenciales para alcanzar esta meta. Este logro es también tuyo, por tu paciencia y tu inquebrantable fe en mí.

A mis amigos, compañeros de aventuras y cómplices de innumerables recuerdos. Gracias por las risas, los consejos, y por estar siempre ahí, en los buenos y malos momentos. Ustedes han aportado alegría y equilibrio a mi vida, y este logro también lleva una parte de cada uno de ustedes.

A mis abuelitos que con sus historias de vida y sus enseñanzas han sido una fuente de inspiración constante en mi camino.

A todos ustedes, mi más profunda gratitud. Sin su amor, apoyo y guía, este sueño no habría sido posible. Este proyecto de titulación es el fruto de su amor y esfuerzo, tanto como lo es mío.

Dennis Alexander Fernández Tapia

DEDICATORIA

Con profunda gratitud y amor, dedico este logro a las personas que han sido el pilar de mi vida. A mi madre, una mujer de incalculable fortaleza y determinación. Su ejemplo de resiliencia y amor incondicional han forjado en mí la determinación para perseguir mis sueños.

A mi hermano, mi guía y apoyo constante, quien ha estado a mi lado en los momentos más desafiantes. Su sabiduría y paciencia han sido faros en la oscuridad, ayudándome a superar obstáculos. Su rol en mi vida va más allá de ser un hermano; ha sido mi mentor, mi confidente y mi mayor apoyo.

Un agradecimiento especial a Milena Manzano, mi mejor amiga desde los días del colegio. Milena, tu amistad ha sido un tesoro, brindándome alegría, consejos sinceros y un hombro en el que apoyarme en cada etapa de este viaje.

Recuerdo con cariño a mis abuelitos, cuyas enseñanzas y ejemplos de vida siguen siendo una guía para mí. Su legado de perseverancia y amor sigue vivo en mi corazón. A mis mascotas, gracias por ser mi consuelo y compañía durante esos años de estudio y soledad lejos de casa.

Este logro es un tributo a cada uno de ustedes, a las lecciones aprendidas, al amor compartido y al apoyo incondicional que he recibido. Gracias por ser mi fuerza, mi inspiración y mi alegría. Con todo mi corazón, les dedico este éxito.

Melanie Janine Salazar Vásquez

AGRADECIMIENTO

En este importante momento de mi vida, deseo comenzar expresando mi más sincera gratitud a Dios, fuente de toda sabiduría y amor, por iluminar mi camino en cada paso de este viaje académico. Su presencia ha sido mi guía constante y mi fuente de fortaleza en los momentos de incertidumbre.

A mi amada familia, mi pilar inquebrantable, gracias por su amor incondicional y su apoyo inagotable. A mis padres, les debo todo lo que soy; gracias por sus enseñanzas, su paciencia y su fe inquebrantable en mis capacidades. A mis hermanos, por su cariño y por ser siempre una fuente de alegría y motivación.

A mis amigos, verdaderos compañeros de vida, gracias por estar siempre ahí, por las risas, los consejos y los momentos compartidos. Su amistad ha sido un regalo que he valorado enormemente durante este recorrido.

Un agradecimiento especial a mi novia, por su amor, comprensión y apoyo constante. Tus palabras de aliento y tu presencia en mi vida han sido una luz en los días más desafiantes.

A mis compañeros de trabajo, les agradezco por el ambiente colaborativo y de mutuo apoyo que hemos compartido. Su profesionalismo, amistad y consejos han sido fundamentales para mi desarrollo personal y profesional.

Este logro es también suyo, y estas palabras son un humilde intento de expresar mi profundo agradecimiento a cada uno de ustedes. Gracias por ser parte de mi vida y de esta maravillosa travesía.

Dennis Alexander Fernández Tapia

AGRADECIMIENTO

Primero y ante todo, quiero expresar mi más profunda gratitud a Dios, quien me ha dado la fortaleza, la sabiduría y la paciencia necesarias para completar este viaje. Su presencia constante ha sido mi guía y mi consuelo en los momentos de duda y desafío.

A mi querida familia: gracias por su amor incondicional y su apoyo incansable. Ustedes han sido mi roca, mi refugio seguro en cada paso de este camino. A mi madre, por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba, y a mis hermanos, por su aliento y sus sonrisas que siempre me levantaban el ánimo.

A mis amigos, compañeros de viaje en esta aventura académica, gracias por todos los momentos compartidos, tanto los de estudio como los de diversión. Su amistad ha sido un regalo invaluable, y las risas y el apoyo mutuo han hecho que este recorrido sea mucho más agradable.

No puedo dejar de agradecer a mis maestros y mentores, quienes han sido pilares fundamentales en mi formación. Gracias por compartir su conocimiento, su pasión y su sabiduría. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi educación y en mi vida.

Este trabajo es el fruto de un esfuerzo conjunto, y cada palabra escrita aquí lleva impresa una parte de lo que cada uno de ustedes me ha enseñado. Gracias de todo corazón.

Melanie Janine Salazar Vásquez

Índice de Contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN II	
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT	XIX
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XX
JUSTIFICACIÓN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXII
OBJETIVO GENERAL	XXII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XXII
GLOSARIO.....	XXIII
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	1
1.1. Bebidas Alcohólicas	1
1.1.1. Propiedades de los componentes de la fermentación alcohólica:	1
1.1.2. Peligrosidad:.....	3
1.1.3. Tipos de bebidas fermentadas y sus grados de contenido alcohólico	3

1.1.4.	Tipos de bebidas destiladas y sus grados	4
El Vodka.....		5
1.1.5.	Tipos de vodka	5
1.2.	La Papa	7
1.3.	Las Levaduras.....	7
1.3.1.	Saccharomyces Cereviseae (Levadura de cerveza).....	8
1.4.	Fermentación Alcohólica.....	8
1.5.	Destilación	9
1.5.1.	Tipos de Destilados	9
1.6.	Tipos de Condensadores.....	12
1.6.1.	Tubo Condensador Recto o Liebig:	12
1.6.2.	Tubo Condensador Graham o Serpentín:	13
1.6.3.	Tubo Condensador Allihn o Rosario:.....	13
1.7.	Diseño de Alambiques:.....	14
1.7.1.	Alambique de cobre:	14
1.7.2.	Alambique de acero inoxidable:.....	14
1.7.3.	Alambique de vidrio:.....	15
1.8.	Método Kjeldahl	15
CAPÍTULO 2		16
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS		16
2.1.	Análisis Mecánico	16
2.1.1.	Análisis Estructural	16
2.1.2.	Análisis de Tuberías	16
2.1.3.	Análisis de la Fuente de Calor.....	17

2.2.	Análisis del Proceso de Destilado	18
2.2.1.	Análisis de los tipos de Vodka	19
2.2.2.	Análisis de los tipos de Destilación.....	20
2.2.3.	Análisis de los tipos de Alambique	21
2.2.4.	Análisis de los tipos de Condensadores	23
2.2.5.	Análisis de los Instrumentos Químicos	24
2.2.6.	Análisis del Condensador.....	24
2.2.7.	Análisis de Conexiones	25
2.3.	Análisis Electrónico.....	27
2.3.1.	Análisis del Controlador.....	27
2.3.2.	Análisis del Indicador.....	27
2.3.3.	Análisis del Sensor de Etanol.....	28
2.3.4.	Análisis de Sensores y Actuadores Secundarios	28
CAPÍTULO 3		29
CÁLCULOS.....		29
3.1.	Fermentación	29
3.1.1.	Cálculo de la cantidad de fermentado	29
3.2.	Análisis de Destilador.....	29
3.2.1.	Transferencia de calor entre cocina y fermentado	29
3.2.2.	Cálculo del Flujo Calorífico A_T (Área total) del balón destilador	31
3.2.3.	Cálculo del Área del Casquete Esférico	31
3.2.4.	Cálculo A_1 (Casquete esférico) del balón	32
3.3.	Análisis de Tuberías: Flujo de Agua hacia el Condensador	33
3.3.1.	Medición del Caudal	33

3.3.2.	Ecuación de Bernoulli	33
3.3.3.	Ecuación de la Continuidad.....	34
3.3.4.	Flujo desde la llave del domicilio a la electroválvula	35
3.3.5.	Flujo desde la electroválvula hacia la entrada 1 del condensador.....	36
3.3.6.	Flujo desde la entrada 1 hacia la entrada 2 del condensador	36
3.3.7.	Ecuación de Continuidad	38
3.4.	Análisis de Condensador	39
3.4.1.	Conservación de la Energía – Primera Ley Termodinámica.....	39
3.5.	Análisis Estructural.....	41
3.5.1.	Ecuación para el Centro de Gravedad	41
3.5.2.	Centroide de la Estructura	42
3.5.3.	Teorema de Steiner.....	43
3.5.4.	Radio de Giro	44
3.6.	Análisis Electrónico.....	44
3.6.1.	Sensor MQ3.....	44
CAPÍTULO 4		47
RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS		47
5.1.	Proceso de Fermentación.....	47
5.2.	Proceso de corte y ensamble de la estructura	49
5.3.	Medición de Temperatura.....	53
5.4.	Proceso de conexión electrónica.....	55
5.5.	Proceso Finalizado.....	57
5.6.	Encuestas evaluadas	58
5.7.	Análisis del VAN y TIR	60

5.7.1. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN):.....	60
5.8. Plan de Funcionamiento	61
5.9. Manual de Mantenimiento.....	62
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS	65
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vodka estilo occidental. [9]	6
Figura 2. Vodka estilo polaco. [9]	6
Figura 3. Vodka estilo ruso. [9]	6
Figura 4. Papa chola. [10]	7
Figura 5. Destilación simple. [17]	10
Figura 6. Destilación fraccionada. [17]	10
Figura 7. Destilación al vacío. [17]	11
Figura 8. Destilación azeotrópica. [17]	11
Figura 9. Destilación por arrastre de vapor. [17]	12
Figura 10. Tubo Condensador Recto o Liebig. [18]	12
Figura 11. Tubo Condensador Graham o Serpentín. [19]	13
Figura 12. Tubo Condensador Allihn o Rosario. [20]	13
Figura 13. Alambique de cobre. [21]	14
Figura 14. Alambique de acero inoxidable. [21]	14
Figura 15. Alambique de vidrio. [21]	15
Figura 16. Aparato de destilación usado por Kjeldahl para la determinación del nitrógeno. [23]	15
Figura 17. Tubo Condensador Graham o Serpentín. [19]	25
Figura 18. Conexión llave y manguera.	25
Figura 19. Conexión Válvula de salda.	26
Figura 20. Conexión válvula de entrada.	26
Figura 21. Conexión válvulas – condensador.	26
Figura 22. Calor sensible y calor latente. [39]	30
Figura 23. Área y volumen del casquete esférico. [40]	32
Figura 24. Tubo de Venturi. [41]	33
Figura 25. Medición de caudal. [42]	33
Figura 26. Tubo de Venturi. [41]	35
Figura 27. Condensador. [19]	39
Figura 28. Centro de gravedad.	41

Figura 29. Centroide de la Estructura.....	42
Figura 30. Curva característica de sensibilidad.....	45
Figura 31. Cocción de papas.	47
Figura 32. Corte de la estructura.	47
Figura 33. Trituración de papas.....	47
Figura 34. Agua de cocción.....	48
Figura 35. Adición de Levadura.....	48
Figura 36. Adición de Levadura.....	48
Figura 37. Fermentación.	49
Figura 38. Corte de plancha acero inoxidable.....	49
Figura 39. Corte del tablero de control 50 cm x 40 cm.....	49
Figura 40. Corte de la base 80 cm x 40 cm.	50
Figura 41. Corte de la tapa (tablero de control) 50 cm x 40 cm.....	50
Figura 42. Armado del tablero de control.	50
Figura 43. Base de la máquina.	51
Figura 44. Base de la Cocina.....	51
Figura 45. Unión de mangueras a electroválvulas.	51
Figura 46. Colocación de soportes y electroválvulas.....	52
Figura 47. Perforación para soportes de electroválvulas.....	52
Figura 48. Perforación de huecos para armar la puerta.....	52
Figura 49. Corte de huecos para soporte de condensador.	53
Figura 50. Corte de la pantalla.	53
Figura 51. Temperatura mínima (175 °C).....	53
Figura 52. Temperatura media (190 °C).	54
Figura 53. Temperatura máxima (260 °C).	54
Figura 54. Conexión de cables.	55
Figura 55. Soldadura de cargador 12 V.....	55
Figura 56. Soldadura de cargador 5 V.....	55
Figura 57. Soldadura de cables.	56
Figura 58. Corte a láser de la caja que cubre el sensor de alcohol.....	56

Figura 59. Pantalla encendida.	56
Figura 60. Tablero con circuitos y electroválvulas.	57
Figura 61. Destilador semiautomático de vodka.	57
Figura 62. Máquina finalizada.	57
Figura 63. Formato de encuesta.	58
Figura 64. Diagrama de Barras.	59
Figura 65. Plano de la base de la estructura.	75
Figura 66. Plano de la caja.	76
Figura 67. Plano de la tapa.	77
Figura 68. Soporte inferior para el condensador.	78
Figura 69. Soporte superior para el condensador.	79
Figura 70. Vista posterior de la máquina.	80
Figura 71. Vista frontal de la máquina.	80
Figura 72. Vista lateral de la máquina.	80
Figura 73. Vista isométrica de la máquina.	80
Figura 74. Plano Eléctrico.	81
Figura 75. Plano Dimmer Cocina.	82
Figura 76. Oscilaciones con el potenciómetro al 100 %.	83
Figura 77. Oscilaciones con el potenciómetro al 0 %.	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de etanol partiendo de diferentes materias primas.....	1
Tabla 2: Requisitos del vodka.....	3
Tabla 3: Contenido de etanol en las bebidas alcohólicas.....	5
Tabla 4: Características de la variedad super chola.....	7
Tabla 5: Análisis Cualitativo de los tipos de Vodka.....	19
Tabla 6: Análisis Cuantitativo de los tipos de Vodka.....	19
Tabla 7: Análisis Cualitativo de los tipos de Destilación.....	20
Tabla 8: Análisis Cuantitativo de los tipos de Destilación.....	21
Tabla 9: Análisis Cualitativo de los tipos de Alambique.....	22
Tabla 10: Análisis Cuantitativo de los tipos de Alambique.....	22
Tabla 11: Análisis Cualitativo de los tipos de Condensadores.....	23
Tabla 12: Análisis Cuantitativo de los tipos de Condensadores.....	23
Tabla 13: Relación de cantidades para fermentación.....	29
Tabla 14: Cálculo cantidad de fermentado.....	29
Tabla 15: Medición de caudal Q_1	33
Tabla 16: Tabla de Propiedades Termodinámicas.....	38
Tabla 17: Cálculos para el centro de gravedad.....	41
Tabla 18: Promedio de grados de alcohol obtenidos.....	54
Tabla 19: Resultados proporcionados de la encuesta.....	59
Tabla 20: Parámetros para analizar el VAN y el TIR.....	60
Tabla 21: Plan de Funcionamiento.....	61
Tabla 22: Manual de Mantenimiento.....	62

RESUMEN

En este trabajo de titulación de la Universidad Politécnica Salesiana, se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo detallado de un proyecto para la producción de vodka a partir de papa chola, considerando aspectos financieros y técnicos. Se calculó una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 156.83% y un Valor Actual Neto (VAN) de \$1415.14, indicando una alta rentabilidad del proyecto. Las encuestas revelaron que el 70% de los participantes consideraron la temperatura máxima como el factor más importante para obtener un buen destilado, con otros aspectos como sabor, olor y claridad también siendo valorados. Respecto a las normas INEN, el proyecto de titulación menciona la Norma INEN 347: 2015, que especifica que la solución patrón de metanol debe contener 0.025% de metanol en alcohol etílico reducido con agua destilada al 55%. También se hace referencia a la Norma INEN 369 de 2016, que establece que el vodka contiene típicamente entre 37.5% y 40% de alcohol, pudiendo incluir ingredientes adicionales como agua, néctar de agave, ingredientes volátiles y ácidos. Estas normativas son fundamentales para asegurar la calidad y seguridad del vodka producido.

Palabras Claves: Destilación de vodka, papa chola, fermentación alcohólica, normas INEN, control de calidad en destilados, diseño de alambique, metanol en bebidas alcohólicas, análisis de proceso de destilación.

ABSTRACT

In this degree project of the Salesian Polytechnic University, a detailed quantitative and qualitative analysis of a project to produce vodka from chola potato was carried out, considering financial and technical aspects. An Internal Rate of Return (IRR) of 156.83% and a Net Present Value (NPV) of \$1415.14 were calculated, indicating a high profitability of the project. The surveys revealed that 70% of the participants considered maximum temperature as the most important factor in obtaining a good distillate, with other aspects such as taste, smell and clarity also being valued. Regarding INEN standards, the titration project mentions INEN Standard 347: 2015, which specifies that the methanol standard solution should contain 0.025% methanol in ethyl alcohol reduced with 55% distilled water. Reference is also made to INEN 369 of 2016, which states that vodka typically contains between 37.5% and 40% alcohol, and may include additional ingredients such as water, agave nectar, volatile ingredients, and acids. These regulations are essential to ensure the quality and safety of the vodka produced.

Keywords: Vodka distillation, papa chola, alcoholic fermentation, INEN standards, quality control in distillates, still design, methanol in alcoholic beverages, distillation process analysis.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Norma INEN 347: 2015, en el ítem 4.3.1.3 referente a la solución patrón de metanol, debe contener 0,025% (fracción de volumen) de metanol en la solución de alcohol etílico reducido con agua destilada al 5,5 % (fracción de volumen) [1].

Por ende, la presencia de metanol como contaminante en algunas bebidas alcohólicas comerciales y artesanales, exige mejorar el control de calidad de estos productos en la industria nacional y alertar a los consumidores de los efectos que este tipo de contaminación puede tener en la salud. Según los datos del Ministerio de Salud Pública, se menciona que la mortalidad en la intoxicación grave oscila entre 20 y 50% [2] y de acuerdo a la Universidad Nacional de Loja con respecto al proyecto de titulación, el estudio demuestra que existe un 5% de personas intoxicadas, donde el 70% son hombres y el 30% mujeres [3], por lo que es importante implementar medidas de control y monitoreo en la producción de bebidas alcohólicas para evitar posibles riesgos.

Además, la destilación de alcohol etílico es un proceso común en la industria de licores destilados, y el diseño e implementación de un sistema de destilación semiautomática a través de un alambique puede aumentar la producción de alcohol y mejorar la eficiencia del proceso.

Se logrará controlar el contenido de metanol en el proceso de destilación, considerando que este será de tipo semiautomático, lo que implica la intervención de una persona para garantizar la obtención de un producto de alta calidad.

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de un destilador semiautomático de vodka a base de papa chola es una opción para productores artesanales y profesionales, ya que este controlará su calidad y hará que sea consumible.

En primer lugar, la elección de la papa chola como materia prima se fundamenta en su contenido más elevado de almidón en comparación con otras variedades de papa. El almidón es un componente esencial en la producción de vodka, ya que es convertido en azúcares durante el proceso de fermentación, lo que contribuye a una mayor calidad y sabor del producto final.

Por otro lado, la máquina permite llevar a cabo múltiples destilaciones del vodka. Este proceso de destilación repetida es conocido por mejorar significativamente la pureza del destilado, asegurando una bebida de mayor calidad y suavidad al paladar. Así, el vodka obtenido a través de este destilador se distingue por su pureza y excelencia en comparación con otros métodos de destilación.

Otra característica que resalta es la posibilidad de consumir el vodka una vez destilado, sin necesidad de un período de añejamiento prolongado. Esta ventaja ofrece una rápida disponibilidad del producto, permitiendo a los consumidores disfrutar de un vodka de calidad de manera más eficiente y sin esperas innecesarias.

Según la norma INEN 369, 2016, el vodka contiene típicamente entre 37,5% y 40% de alcohol; sin embargo, dependiendo del tipo, también puede contener ingredientes adicionales como agua, néctar de agave, ingredientes volátiles y ácidos que componen la porción restante del producto [4].

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema de destilación semiautomática de papa chola a través de un alambique para la producción de vodka de hasta 250 ml como destilado final.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las variables de diseño a través de visitas a empresas que expongan el proceso de destilación de la papa chola para la producción de vodka a nivel local.
- Diseñar los elementos mecánicos, electrónicos y de control mediante software de ingeniería para la implementación del sistema de destilación semiautomática a través de un alambique.
- Realizar pruebas de funcionamiento para la verificación de la calidad y capacidad del destilado final.

GLOSARIO

- **Hongos Ascomicetos:** Los ascomicetos pueden ser unicelulares, como las levaduras, o pluricelulares, como los mohos. [55]
- **Endomicetales:** Se refiere a los hongos endófitos que son aquellos que viven dentro de las plantas, generalmente sin causar daño. [56]
- **Unicelulares:** Organismos compuestos por una sola célula. En el contexto de los ascomicetos, se refiere a levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*. [57]
- **Gemación:** tipo de división celular asimétrica que ocurre en muchos hongos, incluyendo levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*. [58]
- **Fermentación:** La fermentación es un proceso biológico que convierte la glucosa en otros compuestos, como el alcohol etílico, el ácido láctico o el ácido acético, en ausencia de oxígeno. [59]
- **Destilación:** Es un método físico de separación de componentes de una mezcla líquida, basado en las diferencias en sus puntos de ebullición. En la producción de vodka, se utiliza para concentrar el alcohol etílico proveniente de la fermentación. [60]
- **Saccharomyces Cerevisiae:** Especie de levadura unicelular que juega un rol crucial en la fermentación del mosto para producir alcohol. Es ampliamente utilizada en la elaboración de cerveza, vino y vodka. [61]
- **Azeótropos:** Mezclas líquidas de dos o más componentes que hierven a una temperatura constante y mantienen su composición durante la destilación. Son importantes en la destilación de alcohol. [62]
- **Método Kjeldahl:** Método químico para determinar el contenido de nitrógeno en sustancias orgánicas, lo que puede ser útil para analizar la composición de los mostos en la producción de vodka. [63]
- **Mostos:** Mezclas líquidas que contienen los azúcares fermentables provenientes de materias primas como la papa chola. Son la base para la fermentación en la producción de vodka. [64]
- **Mush:** Mezcla húmeda de ingredientes utilizados en la fermentación. [65]

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Bebidas Alcohólicas

Una amplia variedad de ingredientes, tales como granos, frutas y otros elementos azucarados, son utilizados en la producción de bebidas alcohólicas, incluyendo cerveza, vino y sidra. Según la Tabla 1, estos componentes de la fermentación alcohólica, que destacan por su contenido de glucosa, un azúcar simple, se transforman en etanol durante el proceso. La levadura *Saccharomyces cerevisiae*, junto con especies afines, desempeña un rol fundamental en este proceso, siendo la responsable de casi el 96% del etanol producido en la fermentación. Esta conversión química, detallada en la Tabla 1, es clave para obtener el perfil específico de sabor y alcohol en dichas bebidas.

Tabla 1: Producción de etanol partiendo de diferentes materias primas. [5]

Materia Prima	Alcohol (litros) por 100 kg de materia prima
Patatas	11.5 – 12
Arroz	3.8
Remolacha	4.8 – 10.2
Vinos	8.15
Moras	5
Melaza	28.5

$\text{Glucosa} = \text{Etanol} + \text{Dióxido de Carbono} + \text{Energía}$. [6]

1.1.1. Propiedades de los componentes de la fermentación alcohólica:

Glucosa:

- **Fórmula molecular:** C₆H₁₂O₆
- **Tipo de compuesto:** Monosacárido, azúcar simple
- **Propiedades:**
 - Sólido cristalino blanco
 - Inodoro
 - Soluble en agua
 - Sabor dulce

- Fuente primaria de energía para las células [7]

Etanol:

- **Fórmula molecular:** C₂H₅OH
- **Tipo de compuesto:** Alcohol
- **Propiedades:**
 - Líquido incoloro
 - Olor característico
 - Soluble en agua
 - Inflamable
 - Punto de ebullición: 78.4 °C
 - Densidad: 0.789 g/cm³ [7]

Dióxido de carbono:

- **Fórmula molecular:** CO₂
- **Tipo de compuesto:** Gas incoloro e inodoro
- **Propiedades:**
 - Más denso que el aire
 - No es soluble en agua
 - Se disuelve en ácido clorhídrico para formar ácido carbónico
 - Se sublima a -78.5 °C [7]

Energía:

- **Forma:** Calor, luz, trabajo
- **Propiedades:**
 - Capacidad de realizar trabajo
 - Se puede convertir de una forma a otra
 - Se conserva en las reacciones químicas [7]

1.1.2. Peligrosidad:

Glucosa: No se considera peligrosa en su forma pura. Sin embargo, el consumo excesivo de azúcar puede tener efectos negativos para la salud. [7]

Etanol: Es inflamable y puede ser tóxico en grandes cantidades. El consumo excesivo de alcohol puede causar problemas de salud como cirrosis hepática, enfermedades cardíacas y cáncer. [7]

Dióxido de carbono: En grandes cantidades, puede desplazar el oxígeno del aire y causar asfixia. [7]

La ingesta exagerada de bebidas alcohólicas, cuyo componente principal es el etanol, puede provocar afecciones médicas serias como cirrosis del hígado, trastornos cardíacos y cáncer. En la Tabla 2 se detallan las características del etanol, abarcando aspectos como su temperatura de ignición y los riesgos de toxicidad cuando se consume en altas dosis. [7]

Tabla 2: Requisitos del vodka. [8]

Requisitos	Unidad	Mín.	Max.	Método de Ensayo
Grado alcohólico a 15 °C	° GL	39	45	INEN 340
Acidez total, como ácido acético	*		10	INEN 341
Esteres, como acetato de etilo	*		5	INEN 342
Aldehídos, como etanal	*		2	INEN 343
Furfural	*		0	INEN 344
Alcoholes superiores	*		5	INEN 345
Metanol	*		8	INEN 347
*mg/100 cm ³ de alcohol anhidro				

1.1.3. Tipos de bebidas fermentadas y sus grados de contenido alcohólico

- **Sidra:** El grado alcohólico fluctúa comúnmente entre el 2% y el 8.5%, se caracteriza por un sabor y propiedades que dependen esencialmente de las diferentes manzanas utilizadas y las técnicas de fermentación aplicadas. [6]

- **Cerveza:** Esta reconocida bebida muestra una variación en su contenido alcohólico, generalmente de 3.5% a 11.5%. Esto se debe a las variadas metodologías y estilos de producción, que abarcan desde lagers ligeros hasta stouts robustos. [6]
- **Vino:** conocido por su rica historia, presenta un rango de alcohol que varía de 5.5% a 15%. Esto se debe a factores como el tipo de uva, las condiciones climáticas y los procesos de vinificación utilizados, resultando en una amplia gama de sabores y estilos. [6]

1.1.4. Tipos de bebidas destiladas y sus grados

Las bebidas alcohólicas destiladas, tales como whisky, vodka, ron, brandy, tequila y licores aromatizados, se producen mediante la destilación de líquidos fermentados, comúnmente de granos, frutas o caña de azúcar. La Tabla 3 ilustra varios ejemplos de estas bebidas, sus contenidos de alcohol y sus características singulares.

- **Whisky:** Proveniente de la destilación de fermentos de grano, cerveza o malta, el whisky es famoso por su sabor intrincado y posee una graduación alcohólica que oscila entre el 40% y el 62%. Su calidad varía dependiendo de su lugar de origen, el método de destilación empleado y el tiempo de maduración. [6]
- **Vodka:** Típico de Europa Oriental y los países bálticos, se elabora con patatas y granos (o solamente granos en las versiones occidentales), el vodka suele tener una graduación alcohólica de entre 37.5% y 42%. Su sabor neutro lo convierte en una opción popular para cocteles. [6]
- **Ron:** Extraído de la caña de azúcar, el ron generalmente posee una graduación alcohólica de entre 37% y 43%. Su sabor y calidad se ven influenciados por el método de fermentación y envejecimiento. [6]
- **Brandy o Cognac:** Este licor, que se obtiene de la destilación de vinos o frutas fermentadas y envejecidas en barriles, presenta una graduación alcohólica de 36% a 40%. Con el paso del tiempo, su sabor y aroma se vuelven más intensos. [6]
- **Tequila:** Con una mejora en sabor a lo largo de su maduración, el tequila es una bebida destilada cuyo contenido alcohólico varía generalmente entre 37% y 45%. Su calidad y sabor son muy valorados, especialmente en sus variedades añejas. [6]

- **Aguardientes aromáticos:** Esta categoría incluye licores de alta graduación alcohólica, normalmente superiores al 40%. Se destacan el Gin, el ajeno, la zubrovka y el akvavit escandinavo, cada uno con un sabor y aroma únicos que los distinguen. [6]

Tabla 3: Contenido de etanol en las bebidas alcohólicas. [6]

Bebida	mL	Contenido de etanol en g
Cerveza	100	4.4
Jerez	100	17.0
Licores	100	25/38
Sidra	100	3.6
Vino	100	9.6
Whisky	100	34

El Vodka

El vodka, también referido como "wodka", es una bebida alcohólica originaria de Rusia y Polonia. Se elabora con ingredientes locales como trigo, maíz, papas y caña de azúcar, o una mezcla de ellos. En Rusia, el vodka generalmente tiene un contenido alcohólico del 40%, mientras que en Polonia puede alcanzar hasta el 45%. Un elemento clave en su producción es el número de veces que se destila, lo que varía para incrementar su pureza y sabor. Habitualmente, se destila dos o tres veces, aunque las versiones de alta calidad pueden ser destiladas hasta nueve veces. Según la Norma INEN 347: 2015, en su sección 4.3.1.3 sobre soluciones de metanol, se indica que deben contener un 0,025% de metanol en una base de alcohol etílico, diluido en agua destilada a una concentración del 5,5%. [1]

1.1.5. Tipos de vodka

- **El estilo occidental:** Este tipo de vodka se caracteriza por su aroma neutro y un sabor que enfatiza el alcohol. Se produce a partir de diferentes fuentes de almidón como granos, papas y melaza, sin un ingrediente base específico. La Figura 1 ilustra algunas de las marcas más conocidas de vodka occidental, como Absolut y Smirnoff. [9]



Figura 1. Vodka estilo occidental. [9]

- **El estilo polaco:** El vodka polaco se distingue por tener un sabor y aroma más marcados, diferenciándose de las variantes occidentales. Estos vodkas son notables por su intensidad y profundidad en el paladar, y suelen usar papas en su destilación. La Figura 2 muestra marcas destacadas de vodka polaco como Wyborowa, Belvedere y Chopin. [9]



Figura 2. Vodka estilo polaco. [9]

- **El estilo ruso:** Conocido por su alta calidad y tradición, el vodka ruso se distingue por su sabor no excesivamente dulce, a diferencia de las variantes polacas, y se destila principalmente de granos, aunque hay excepciones. Su sabor distintivo ha sido valorado durante siglos. La Figura 3 presenta marcas renombradas de vodka ruso como Russian Standard, Beluga y Green Mark. [9]



Figura 3. Vodka estilo ruso. [9]

1.2. La Papa

En el contexto ecuatoriano, la papa no es solo un ingrediente común, sino un elemento fundamental de su cocina tradicional, como se muestra en la Figura 4. Posee un alto porcentaje de almidón, alcanzando hasta el 15.02% según lo indicado en la Tabla 4, lo que la hace perfecta para la producción de una variedad de productos industriales, incluyendo el vodka, que es una industria destacada en Ecuador. Su baja cantidad de proteínas y grasas la hace un ingrediente versátil y muy estimado en la cocina del país. [10]



Figura 4. Papa chola. [10]

Tabla 4: Características de la variedad super chola [11].

Características	Promedio
Materia Seca %	20.92
Gravedad específica	1.086
Azúcares reductores %	0.25
Almidón %	15.02
Proteínas	7.94
Tiempo de cocción (min)	26.0

Respecto a la papa chola, su riqueza en carbohidratos, especialmente en almidón, es crucial en la fabricación de vodka. Durante la fermentación, este almidón se transforma en azúcares fermentables, que luego se convierten en alcohol. Este proceso es esencial para producir un vodka de alta calidad, donde el almidón de la papa chola aporta notablemente al sabor y textura de la bebida. [12]

1.3. Las Levaduras

Las levaduras, fundamentales en la fermentación alcohólica, son parte del grupo de los hongos ascomicetos, clasificadas como endomicetales. Son principalmente organismos unicelulares que se

reproducen por gemación y pueden formar desde células aisladas hasta agrupaciones o estructuras similares a filamentos. Su papel es crucial en la fermentación, convirtiendo ingredientes como harinas y soluciones azucaradas en alcohol. Este proceso es clave en la elaboración de una variedad de bebidas alcohólicas, productos de panadería y otros alimentos fermentados. Su versatilidad y eficiencia las hacen elementos esenciales en la industria de alimentos y bebidas. [13]

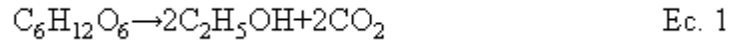
1.3.1. *Saccharomyces Cereviseae (Levadura de cerveza)*

La levadura de cerveza, bajo el género *Saccharomyces*, que incluye 30 especies y 3 variedades, es conocida por su alta eficiencia en la fermentación y su habilidad para metabolizar varios tipos de azúcares. Esta levadura se compone de un 75% de agua y un 25% de sólidos, una combinación que influye significativamente en su capacidad fermentativa. [13]

1.4. Fermentación Alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso biológico crucial que consiste en convertir azúcares en etanol y varios subproductos mediante el uso de levaduras y ciertas bacterias [14]. Este proceso es fundamental en la producción de bebidas alcohólicas. Durante la fermentación, las levaduras son esenciales para convertir glucosa en etanol y dióxido de carbono. Basándose en las investigaciones de Gay Lussac, se estima que la reacción química produce teóricamente alrededor de 0.511 gramos de etanol y 0.489 gramos de CO₂ por cada gramo de glucosa utilizada. Sin embargo, en condiciones prácticas, la eficiencia de este proceso varía, alcanzando entre el 90% y 95% del rendimiento teórico, resultando en aproximadamente 0.469 a 0.485 gramos de etanol por cada gramo de glucosa. Otro aspecto importante de este proceso es la productividad, que se refiere a la cantidad de etanol producido por unidad de volumen en un tiempo determinado, siendo un indicador fundamental de la eficacia del proceso fermentativo. [15]. La eficiencia en la producción de etanol se mide por la cantidad de alcohol generado por unidad de volumen y tiempo, y es un elemento clave en la elaboración de bebidas alcohólicas. Factores como la concentración de azúcar, condiciones de temperatura y pH, la densidad de células de levadura activas, y el tipo de levadura usada, son cruciales para determinar la calidad y cantidad de etanol producido. Estos elementos son determinantes en el resultado final del etanol. [16]

La fermentación alcohólica es, en esencia, una biorreacción que degrada azúcares en alcohol y dióxido de carbono, y su conversión se puede representar mediante una ecuación específica:



Donde:

- C: Carbono
- H: Hidrógeno
- O: Oxígeno

1.5. Destilación

En la industria de la destilación, se produce alcohol a través de la destilación de mostos fermentados, los cuales provienen de variadas fuentes de materia prima. Este procedimiento es fundamental en la elaboración de bebidas alcohólicas, especialmente aquellas con un contenido alcohólico superior al 20%. Mediante la destilación, estos mostos se convierten en alcoholes de alta pureza, un paso indispensable para lograr bebidas con características y sabores propios distintivos. [13]

1.5.1. Tipos de Destilados

1. **Destilación simple:** Utilizando un alambique, que consta de partes como el matraz de fondo redondo, el condensador, el adaptador y el recipiente colector. La Figura 5 ilustra cómo estas componentes colaboran para separar los elementos de una mezcla. [17]

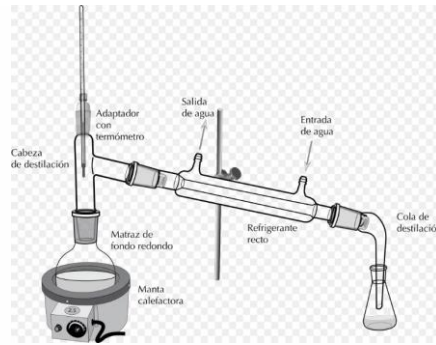


Figura 5. Destilación simple. [17]

2. **Destilación fraccionada:** Este método es parecido al de la destilación simple, pero incluye una columna de fraccionamiento adicional. La Figura 6 demuestra cómo los vapores ascienden por la columna, se condensan y retornan, facilitando una separación más efectiva de los elementos de la mezcla. [17]

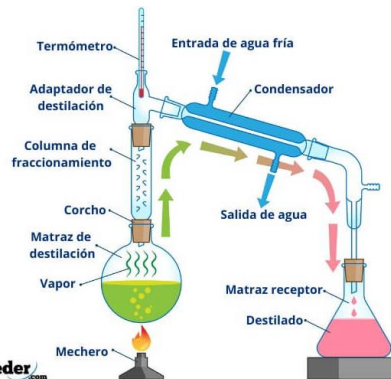


Figura 6. Destilación fraccionada. [17]

3. **Destilación al vacío:** La Figura 7 muestra un diseño de una instalación para destilación al vacío. El petróleo crudo se introduce en la columna de destilación atmosférica (a la izquierda), donde se fracciona en distintas partes. Los componentes más pesados que no se evaporan se trasladan a la columna de destilación al vacío (a la derecha). [17]

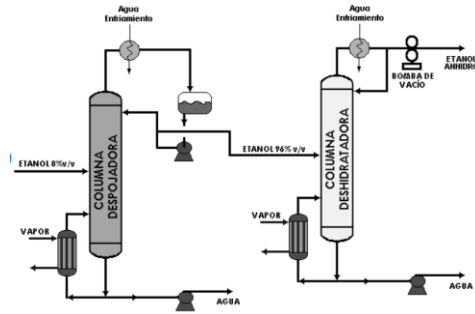


Figura 7. Destilación al vacío. [17]

4. **Destilación azeotrópica:** La Figura 8 presenta un diseño de este tipo de destilación. Una mezcla azeotrópica (A) se introduce en la columna de destilación, donde contacta con un agente de arrastre (B). Este último tiene un punto de ebullición distinto al de los componentes de la mezcla azeotrópica y forma un nuevo azeótropo con uno de ellos (A1). [17]

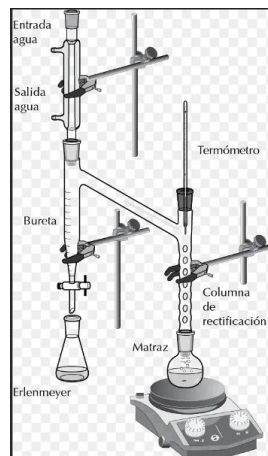


Figura 8. Destilación azeotrópica. [17]

5. **Destilación por arrastre de vapor:** La Figura 9 muestra un esquema de este proceso. En un matraz que contiene la mezcla a separar, se inyecta vapor de agua. El vapor se condensa dentro de la mezcla, generando una fase líquida diferente de la fase original. [17]

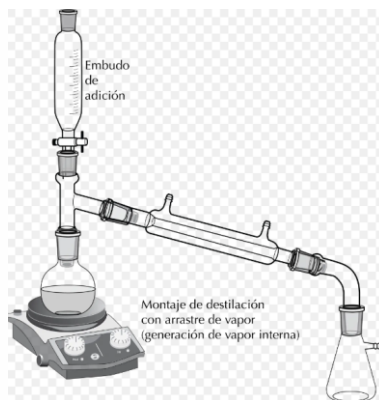


Figura 9. Destilación por arrastre de vapor. [17]

1.6. Tipos de Condensadores

1.6.1. *Tubo Condensador Recto o Liebig:*

Como se muestra en la Figura 10, este dispositivo está fabricado en vidrio y se emplea para condensar vapores derivados de la destilación. Posee dos circuitos independientes y es eficaz para el reflujo de vapores calientes. Estos se condensan y enfrían dentro del dispositivo, facilitando la reducción y eliminación del solvente, lo cual permite calentar mezclas de manera más eficiente durante periodos prolongados. [18]



Figura 10. Tubo Condensador Recto o Liebig. [18]

1.6.2. Tubo Condensador Graham o Serpentín:

Presentado en la Figura 11, este serpentín, comúnmente hecho de bronce por su mejor conducción del calor, tiene una forma espiral. Se utiliza para controlar las temperaturas de ciertos compuestos químicos, ya sea para enfriarlos o calentarlos. [19]



Figura 11. Tubo Condensador Graham o Serpentín. [19]

1.6.3. Tubo Condensador Allihn o Rosario:

La Figura 12 muestra el condensador Allihn, un tubo de vidrio con una cubierta de agua, que incluye una serie de bulbos para aumentar la superficie de condensación del vapor. Este tipo de condensador se utiliza para procesos de reflujo en laboratorios y ofrece una superficie de condensación mayor en comparación con los condensadores Liebig similares. [20]



Figura 12. Tubo Condensador Allihn o Rosario. [20]

1.7. Diseño de Alambiques:

1.7.1. Alambique de cobre:

Este modelo de destilador es el más clásico y se emplea sobre todo en la producción de licores como whisky y ron. El cobre es beneficioso para eliminar impurezas y enriquece el sabor y aroma del destilado, tal como se evidencia en la Figura 13. [21]



Figura 13. Alambique de cobre. [21]

1.7.2. Alambique de acero inoxidable:

Este tipo de destiladores representa una opción más contemporánea y se usa en la fabricación de alcohol a nivel industrial. El acero inoxidable, que resiste la corrosión y es fácil de mantener como se muestra en la Figura 14, resulta ser perfecto para la destilación de líquidos que no necesitan estar en contacto con el cobre. [21]



Figura 14. Alambique de acero inoxidable. [21]

1.7.3. Alambique de vidrio:

Utilizado primordialmente en laboratorios y para la destilación de aceites esenciales, este tipo de destilador se muestra en la Figura 15. Hecho de vidrio, no reacciona con las sustancias destiladas y permite observar con claridad el proceso de destilación. [21]



Figura 15. Alambique de vidrio. [21]

1.8. Método Kjeldahl

La Figura 16 muestra un esquema del procedimiento de Kjeldahl, un enfoque analítico que ha transformado significativamente la fabricación de cerveza. Desarrollado inicialmente para seguir la evolución de las proteínas a lo largo de la germinación del grano y su fermentación, este método ha proporcionado a los fabricantes de cerveza una mejor comprensión y optimización de este proceso intrincado, mejorando así los resultados finales. Un hallazgo importante obtenido mediante esta técnica es la relación inversa entre la cantidad de proteína en la "mush" (masa fermentada) y el volumen total de cerveza producido. [22]

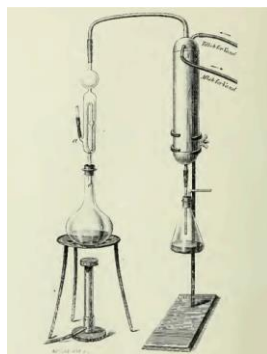


Figura 16. Aparato de destilación usado por Kjeldahl para la determinación del nitrógeno. [23]

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.1. Análisis Mecánico

2.1.1. Análisis Estructural

En el examen de la estructura del equipo, se ha estimado una masa promedio de 32,5 Kg, tomando en cuenta el peso de cada componente. Este cálculo incluye el peso del destilador, la fuente de calor, el termómetro, el enfriador, el recipiente para el destilado y el líquido que se va a destilar.

Desglosando los pesos, encontramos que el destilador pesa 10 kg, la fuente de calor 5 kg, el termómetro 0,5 kg, el enfriador 2 kg y el recipiente para el destilado también 2 kg. El peso del líquido a destilar es aproximadamente 1 kg por cada 100 ml de vodka que se desea producir. Por ejemplo, para obtener 250 ml de vodka, el líquido a destilar pesaría alrededor de 2,5 kg. Además, se identifica que el sistema genera una fuerza de 1 kg debido a la presión de destilación.

Así, el peso total que la base del destilador debe sostener suma 32,5 kg, resultado de la suma de $10 \text{ kg} + 5 \text{ kg} + 0,5 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 2,5 \text{ kg} + 1 \text{ kg}$.

Para la construcción, se han seleccionado metales no corrosivos como:

- **Acero inoxidable 304:** Esta aleación de hierro, cromo y níquel destaca por su resistencia a la corrosión y oxidación, haciéndolo adecuado para entornos con agua o vapor. Posee una resistencia a la tracción de 520 MPa, lo que indica su capacidad de resistir una fuerza de tracción de hasta 520 MPa antes de fracturarse. [24]
- **Acero inoxidable 316:** Similar al 304, este acero se diferencia por un mayor contenido de molibdeno, brindándole una superior resistencia a la corrosión en ambientes más agresivos. Su resistencia a la tracción alcanza los 580 MPa. [25]

2.1.2. Análisis de Tuberías

La elección de los conductos de entrada y salida de refrigerante para el destilador está influenciada por diversos factores, los cuales se detallan a continuación:

- **Material:** Es esencial que los conductos estén confeccionados con un material resistente a la corrosión y la oxidación, siendo el acero inoxidable la opción más idónea. [26]

- **Diámetro:** Se sugiere emplear conductos de acero inoxidable con un diámetro de 1/2 pulgada. Este tamaño es adecuado para facilitar el flujo de refrigerante sin restricciones. [27]
- **Longitud:** La longitud de los conductos debe ser suficiente para conectar eficientemente el alambique al condensador, evitando, al mismo tiempo, excesos que puedan resultar en pérdida de calor. [27]
- **Conexiones:** Tanto las tuberías de entrada como las de salida de refrigerante deben conectarse al alambique y al condensador mediante conexiones roscadas o soldadas. Aunque las conexiones roscadas son más fáciles de instalar, se destaca que las conexiones soldadas proporcionan mayor seguridad. [28]

2.1.3. *Análisis de la Fuente de Calor*

Al analizar la fuente de calor, es esencial tener en cuenta los siguientes elementos:

- **Tipo de fuente de calor:** Se aconseja emplear una fuente de calor eléctrica, ya que estas son seguras, de fácil manejo y regulables. [29]
- **Potencia:** El tiempo necesario para destilar un alambique de 250 mililitros depende de la temperatura de ebullición del alcohol, que es alrededor de 78°C. Utilizando una fuente de calor eléctrica con una potencia de 1 kW, se logra destilar un alambique de 250 mililitros en aproximadamente 30 minutos. [30]
- **Control:** La fuente de calor debe ser ajustable para regular la temperatura de ebullición del alcohol. La manera más sencilla de lograr esto es mediante el uso de un termostato. [30]

El proceso de destilación se desglosa en dos etapas:

- **Primer paso:** Se destila el alcohol de bajo punto de ebullición, como el etanol, generalmente a una temperatura entre 78°C y 82°C. [30]
- **Segundo paso:** Se destila el alcohol de alto punto de ebullición, como el metanol y el propanol, normalmente a una temperatura entre 82°C y 90°C. [30]

En el caso específico de un alambique de 250 mililitros, se obtienen aproximadamente 100 mililitros de vodka en la primera etapa y 50 mililitros en la segunda etapa. [30]

Dando lugar a las especificaciones técnicas, se conoce que la resistencia tiene una potencia máxima de 1 kW, y la red eléctrica de Ecuador opera a 110 V y 60 Hz. En este contexto, se puede inferir que:

$$P=V*I \quad \text{Ec. 2}$$

$$I=\frac{P}{V}$$

$$I=\frac{1000 \text{ W}}{110 \text{ V}}=9.09 \text{ A}$$

$$R=\frac{V}{I}=\frac{110 \text{ V}}{9.09 \text{ A}}=12.11 \Omega$$

Entonces máxima potencia, la energía transferida de la cocina o el botón es de:

$$t=10 \text{ min}$$

$$10 \text{ min} \left| \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right| = \frac{10}{60} \text{ h}$$

$$E=P(t)=1000 \text{ W} * \frac{10}{60} \text{ h}=167 \text{ Wh}$$

2.2.Análisis del Proceso de Destilado

La alternativa con mayor calificación es la seleccionada. Los rangos de calificación:

0– 3: Caro, difícil, no existe.

4– 7: No es costoso, relativamente fácil, existe muy poco.

8– 10: Barato, fácil, existe siempre.

2.2.1. Análisis de los tipos de Vodka

Esta tabla 5 compara tres tipos de vodka: occidental, polaco y ruso, en base a cinco criterios:

Tabla 5: Análisis Cualitativo de los tipos de Vodka [9].

Nº	Alternativas	Ventajas	Desventajas
1	Vodka Occidental	Variedad de marcas y sabores. Accesibilidad.	Menor uso de tradiciones clásicas. Variedad en la base de ingredientes.
2	Vodka Polaco	Uso de papas. Alta pureza y suavidad.	Menor variedad de sabores. Menos accesible.
3	Vodka Ruso	Tradicición y autenticidad. Carácter fuerte y distintivo.	Menor suavidad. Precio.

Esta tabla 6 asigna puntajes del 1 al 10 a cada tipo de vodka en base a los mismos cinco criterios de la tabla 5.

Tabla 6: Análisis Cuantitativo de los tipos de Vodka

Nº	Parámetros	Alternativa	Alternativa	Alternativa
		1	2	3
1	Uso de papas en la elaboración	5	10	4
2	Pureza del sabor	7	9	8
3	Suavidad	8	9	7
4	Tradicición y autenticidad	6	10	9
5	Variedad de marcas	9	7	8
6	Innovación en sabores	8	6	7
7	Accesibilidad en el mercado	10	7	8
8	Precio	7	8	6
TOTAL		60	66	57

Por las características utilizadas en la tabla 5 y los parámetros de la tabla 6, el vodka polaco obtiene la mayor puntuación total (66), seguido del vodka occidental (60) y el vodka ruso (57). Por lo que el vodka polaco es la opción más recomendada, por la materia prima y sabor más fuerte.

2.2.2. *Análisis de los tipos de Destilación*

Esta tabla compara cinco tipos de destilación: simple, fraccionada, al vacío, azeotrópica y por arrastre de vapor, en base a seis criterios.

Tabla 7: Análisis Cualitativo de los tipos de Destilación [17].

Nº	Alternativas	Ventajas	Desventajas
1	Simple	Bajo costo de implementación y operación. Sencillez en el diseño y funcionamiento.	Ineficiente para separar componentes con puntos de ebullición cercanos. No es adecuada para compuestos sensibles al calor.
2	Fraccionada	Alta eficiencia en la separación de componentes con puntos de ebullición cercanos. Produce un destilado de alta pureza.	Mayor costo operativo y de equipamiento que la destilación simple. Requiere un control más preciso durante el proceso.
3	Al Vacío	Permite destilar a temperaturas más bajas, protegiendo compuestos sensibles. Buena eficiencia y pureza en el destilado.	Mayor complejidad en el sistema de vacío y control. Costos operativos más elevados.
4	Azeotrópica	Capaz de romper azeótropos y realizar separaciones difíciles. Útil para sistemas específicos donde otros métodos fallan.	Requiere el uso de un tercer componente, lo que complica el proceso. Menor eficiencia energética y mayor complejidad.
5	Por Arrastre de Vapor	Excelente para compuestos termolábiles y con altos puntos de ebullición. Produce un destilado bastante puro y limpio.	Limitada a compuestos que son insolubles en agua y más volátiles que el agua. Requiere un mayor control y regulación del vapor.

Esta tabla asigna puntajes del 1 al 10 a cada tipo de destilación en base a los mismos seis criterios de la tabla 7.

Tabla 8: Análisis Cuantitativo de los tipos de Destilación

Nº	Parámetros	Alternativa	Alternativa	Alternativa	Alternativa	Alternativa
		1	2	3	4	5
1	Eficiencia en Separación	6	10	8	7	9
2	Manejo de Compuestos Sensibles	4	7	10	6	9
3	Pureza del Producto	5	10	8	7	9
4	Costo Operativo	8	6	5	7	4
5	Complejidad del Equipamiento	8	7	6	5	4
6	Aplicabilidad a Gran Escala	6	9	7	5	4
TOTAL		37	49	44	37	39

Por las características utilizadas en la tabla 7 y los parámetros de la tabla 8, la destilación fraccionada obtiene la mayor puntuación total (49), seguida de la azeotrópica (37), por arrastre de vapor (39), al vacío (44) y simple (37). Si se requiere mayor eficiencia en la separación, la destilación fraccionada es la mejor opción.

2.2.3. Análisis de los tipos de Alambique

Esta tabla compara tres tipos de alambiques: de cobre, de acero inoxidable y de vidrio, en base a cinco criterios.

Tabla 9: Análisis Cualitativo de los tipos de Alambique [21].

Nº	Alternativas	Ventajas	Desventajas
1	Alambique de Cobre	Influencia en el Sabor. Tradicional.	Corrosión. Costo.
2	Alambique de Acero Inoxidable	Durabilidad. Facilidad de Limpieza.	Influencia en el Sabor. Costo.
3	Alambique de Vidrio	Visualización del Proceso. Pureza del Destilado.	Fragilidad. Manejo de Temperaturas.

Esta tabla asigna puntajes del 1 al 10 a cada tipo de alambique en base a los mismos cinco criterios de la tabla 9.

Tabla 10: Análisis Cuantitativo de los tipos de Alambique.

Nº	Parámetros	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Pureza del Destilado	6	7	8
2	Durabilidad	7	9	5
3	Resistencia a la Corrosión	5	9	10
4	Facilidad de Limpieza	6	8	9
5	Influencia en el Sabor	8	6	7
6	Costo	7	6	8
7	Manejo de Temperaturas	7	8	6
8	Visualización del Proceso	4	5	10
	TOTAL	50	58	63

Por las características utilizadas en la tabla 9 y los parámetros de la tabla 10, el alambique de vidrio obtiene la mayor puntuación total (63), seguido del de acero inoxidable (58) y el de cobre (50).

2.2.4. Análisis de los tipos de Condensadores

Esta tabla compara tres tipos de condensadores: Liebig, Serpentín y Allihn, en base a cinco criterios.

Tabla 11: Análisis Cualitativo de los tipos de Condensadores [18] [19] [20].

Nº	Alternativas	Ventajas	Desventajas
1	Condensador Liebig	Facilidad de Limpieza. Resistencia a la Obstrucción.	Eficiencia de Enfriamiento Menor. Menos Control de la Condensación.
2	Condensador Serpentín	Alta Eficiencia de Enfriamiento. Buen Control de la Condensación.	Limpieza Más Difícil. Mayor Costo de Producción.
3	Condensador Allihn	Buena Eficiencia de Enfriamiento. Versatilidad.	Riesgo de Obstrucción. Limpieza Moderadamente Difícil.

Esta tabla asigna puntajes del 1 al 10 a cada tipo de condensador en base a los mismos cinco criterios de la tabla 11.

Tabla 12: Análisis Cuantitativo de los tipos de Condensadores.

Nº	Parámetros	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Eficiencia de Enfriamiento	7	9	8
2	Facilidad de Limpieza	8	6	7
3	Resistencia a la Obstrucción	9	7	6
4	Costo de Producción	8	7	6
5	Durabilidad	7	8	7
6	Versatilidad en Uso	8	9	7
7	Control de la Condensación	7	9	8
	TOTAL	54	55	49

Por las características utilizadas en la tabla 9 y los parámetros de la tabla 10, el condensador Serpentín obtiene la mayor puntuación total (55), seguido del Allihn (49) y el Liebig (54). Si se requiere mayor eficiencia de enfriamiento, el Serpentín es la mejor opción.

2.2.5. *Análisis de los Instrumentos Químicos*

En el análisis de los instrumentos químicos, se deben considerar las siguientes características:

- **Material:** Se requiere que los instrumentos químicos estén confeccionados a partir de un material resistente a la corrosión y a la oxidación. La elección óptima recae en el vidrio PYREX, reconocido por su transparencia, lo que facilita la observación del volumen. [31]
- **Capacidad:** La capacidad idónea para los instrumentos químicos es de 500 mililitros, acorde al volumen de destilado que se pretende medir. [31]
- **Precisión:** Es imperativo que los instrumentos químicos exhiban la precisión necesaria para medir el volumen de destilado con la exactitud requerida. [31]

2.2.6. *Análisis del Condensador*

El análisis del condensador, representado en la Figura 17, se configura como un elemento esencial en un destilador, requiriendo determinadas características para asegurar un proceso de destilación eficaz y seguro. Las consideraciones incluyen:

- **Material:** Se sugiere que el condensador esté fabricado con un material resistente a la corrosión y a la oxidación, destacándose el vidrio como la elección óptima para la producción de vodka. [32]
- **Capacidad:** Es crucial que la capacidad del condensador sea adecuada para la cantidad de vapor a condensar. En el caso específico de la producción de vodka de papa chola, se aconseja emplear un condensador con una capacidad mínima de 250 mililitros para asegurar la condensación completa del vapor y prevenir la pérdida de alcohol. [32]
- **Forma:** La configuración del condensador debe ser apropiada para la eficiente condensación del vapor. La forma más comúnmente recomendada es la de un tubo en espiral, ya que facilita un enfriamiento uniforme del vapor, optimizando su condensación. [32]
- **Aberturas:** El condensador debe contar con aberturas específicas, a saber:
 - Una abertura en la parte inferior para permitir la entrada del vapor. [32]
 - Una abertura en la parte superior para posibilitar la salida del destilado. [32]



Figura 17. Tubo Condensador Graham o Serpentin. [19]

2.2.7. *Análisis de Conexiones*

En el proceso de conexión de las probetas y el condensador, es fundamental que el material utilizado para unirlos sea hermético con el fin de prevenir cualquier fuga de vapor o destilado. Asimismo, es esencial que estas conexiones sean de fácil manipulación, permitiendo tanto la conexión como la desconexión de manera sencilla para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza. Las características requeridas para estas conexiones son las siguientes [33]:

- **Material:** Debe emplearse un material que exhiba resistencia a la corrosión y a la oxidación, siendo el vidrio la opción más recomendada. [33]
- **Forma:** Las conexiones deben presentar una forma que posibilite un ajuste seguro y hermético. [33]
- **Tamaño:** Es necesario que las conexiones cuenten con un tamaño apropiado para adaptarse a las dimensiones de las probetas y el condensador. [33]



Figura 18. Conexión llave y manguera.



Figura 19. Conexión Válvula de salida.



Figura 20. Conexión válvula de entrada.



Figura 21. Conexión válvulas – condensador.

2.3. Análisis Electrónico

2.3.1. Análisis del Controlador

En cuanto al análisis electrónico, se examina el controlador, un componente esencial para dirigir el proceso de destilación. Para asegurar la eficiencia y seguridad del proceso, se requiere que el controlador posea ciertas características específicas [34]:

- **Potencia:** Se considera esencial que el controlador del destilador cuente con la potencia necesaria para gestionar múltiples dispositivos conectados a sus pines. En este contexto, se sugiere el Arduino Mega como una opción adecuada, ya que tiene la capacidad de controlar diversos dispositivos electrónicos, proporcionando hasta 20 mA por pin a 5V. [34]
- **Recursos:** El controlador seleccionado debe tener la capacidad de manejar tanto el sensor de etanol como una pantalla LED. En este sentido, el Arduino Mega, con sus 256 KB de memoria flash, 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM, ofrece suficiente capacidad para gestionar programas que controlen estos componentes. Además, cuenta con 54 pines digitales de entrada/salida (15 de ellos aptos para salidas PWM) y 16 entradas analógicas, lo que permite la conexión de una variedad de periféricos. [34]
- **Eficiencia:** Se destaca la necesidad de que el controlador seleccionado para el proceso sea energéticamente eficiente y capaz de administrar la energía para varios componentes. El Arduino Mega se caracteriza por su bajo consumo de energía, lo cual es crucial para prevenir el sobrecalentamiento durante la destilación. Aunque su consumo en estado de reposo es mínimo, este puede aumentar según la cantidad y tipo de dispositivos periféricos conectados. [34]

2.3.2. Análisis del Indicador

El análisis del indicador se centra en la pantalla TFT LCD Shield de 3.5 pulgadas, la cual desempeña la función de mostrar la concentración de etanol en el vapor. Para asegurar un proceso de destilación eficiente y seguro, se requiere que este componente posea las siguientes características [35]:

Tamaño y Resolución: La pantalla de 3.5 pulgadas ofrece un formato compacto, ideal para proyectos que demandan una interfaz de usuario pequeña pero funcional. [35]

Tecnología: La tecnología TFT (Thin-Film Transistor) empleada en esta pantalla LCD garantiza imágenes de alta calidad y ángulos de visión óptimos. Su eficiencia en el consumo de energía la hace común en dispositivos portátiles. [35]

Interfaz de Usuario: La pantalla cuenta con capacidades táctiles, lo que la convierte en una elección idónea para proyectos interactivos. La respuesta táctil y la sensibilidad son elementos cruciales para mejorar la experiencia del usuario. [35]

Compatibilidad y Conectividad: Es esencial verificar la compatibilidad de la pantalla con otros dispositivos o placas, como Arduino o Raspberry Pi. También se debe conocer el tipo de conexión que utiliza, ya sea SPI o HDMI. [35]

2.3.3. Análisis del Sensor de Etanol

En el estudio del sensor de etanol, se aborda el componente encargado de evaluar la concentración de etanol en el vapor. Para asegurar un proceso de destilación eficiente y seguro, se destacan las siguientes características necesarias [36]:

- **Precisión:** Se sugiere la utilización de un sensor de etanol del tipo T de conductividad térmica para la medición de la concentración de etanol en el vapor. Estos sensores se caracterizan por su precisión, durabilidad y resistencia a la corrosión.. [36]
- **Resistencia a la corrosión:** Es esencial que el sensor de etanol posea resistencia a la corrosión, con el fin de prevenir daños causados por los vapores de etanol. [36]

2.3.4. Análisis de Sensores y Actuadores Secundarios

Interruptor: Los elementos electrónicos esenciales en el control del destilador incluyen interruptores de 110V, los cuales desempeñan un papel crucial en la producción de vodka de papa chola. Estos dispositivos facilitan la gestión del equipo para el usuario, permitiendo la activación o desactivación del destilador, el inicio o finalización del proceso de destilación, y el ajuste de las configuraciones del controlador. [37]

Luces indicadoras: En la manufactura del vodka de papa chola, se utilizan luces indicadoras para señalar tanto el inicio como la conclusión del proceso de destilación. Estos componentes electrónicos, disponibles en una variedad de colores y tamaños, comunican información mediante luces coloreadas. Se recomienda la utilización de luces LED de 5 mm debido a su tamaño compacto, costo económico y capacidad para emitir una luz brillante y fácilmente perceptible. [38]

CAPÍTULO 3 CÁLCULOS

3.1. Fermentación

En este capítulo se detallan los cálculos necesarios para la fermentación y destilación de papa chola. La relación de cantidades para la fermentación de este tubérculo se presenta a continuación:

Tabla 13: Relación de cantidades para fermentación.

Ingrediente	Cantidad
Papa chola	1 kg
Agua	3 L
Levadura	10 g

3.1.1. Cálculo de la cantidad de fermentado

Para obtener 250 ml de destilado, se considera una densidad del fermentado de 0.001 kg/ml. De este modo, la cantidad de fermentado necesaria se calcula como sigue:

Cantidad de fermentado = Volumen de destilado / Densidad del fermentado

Cantidad de fermentado = 250 ml / 0.001 kg/ml

Cantidad de fermentado = 0.25 kg

Utilizando la relación de cantidades para la fermentación de papa chola, se pueden determinar las cantidades necesarias de los demás ingredientes:

Tabla 14: Cálculo cantidad de fermentado.

Ingrediente	Cantidad
Agua	3 * 0.25 kg = 0.75 kg
Levadura	10 g * 0.25 = 2.5 g

3.2. Análisis de Destilador

3.2.1. Transferencia de calor entre cocina y fermentado

Para calcular la transferencia de calor entre la cocina y el fermentado se utilizará el análisis por conducción. Este método se basa en la siguiente ecuación

$$Q = m C_p \Delta T$$

Ec. 3

Donde:

- Q: Calor transferido (J)
- m: Masa del fermentado (kg)
- C_p : Calor específico del fermentado (J/kg°C)
- ΔT : Diferencia de temperatura (°C)
- L: Masa de líquido evaporado (kg)
- h_{fg} : Entalpía de evaporación del fermentado (J/kg)

Parámetros:

- Conductividad térmica (vidrio Pyrex) $\rightarrow K = \left(1.2 \frac{W}{mK}\right) = \left(1.2 \frac{J}{sm^{\circ}C}\right)$
- Espesor $\rightarrow L = 2mm = 0,002m$
- Temperatura de evaporación del fermentado $\rightarrow T = 78.37^{\circ}C$
- Diámetro del balón de destilación $\rightarrow d = 100mm = 0.1m$
- Temperatura promedio en Quito $\rightarrow T_L = 14^{\circ}C$
- Temperatura de la Cocina $\rightarrow T_C = 260^{\circ}C$
- Esfera $\rightarrow A = \pi d^2 = 0.31m^2$
- Calor específico en líquido del fermentado $\rightarrow C_{pL} = 2.5 \frac{KJ}{kg^{\circ}C}$
- Masa del fermentado $\rightarrow m = 250g = 0.25kg$
- Entalpía de evaporación del fermentado $\rightarrow h_{fg} = 2.26 \frac{KJ}{g} = 2260 \frac{KJ}{kg}$
- Calor específico en vapor del fermentado $\rightarrow C_{pV} = 1.87 \frac{KJ}{kg^{\circ}C}$

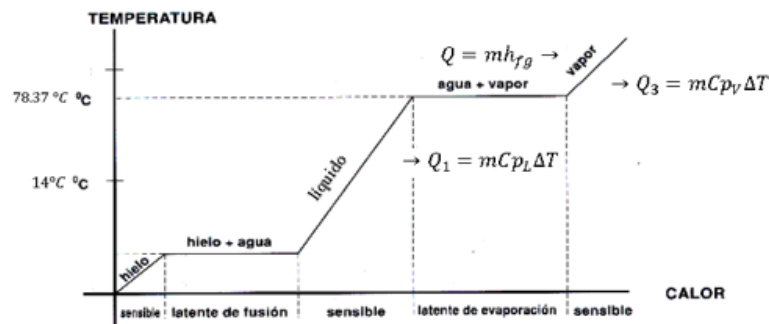


Figura 22. Calor sensible y calor latente. [39]

3.2.2. Cálculo del Flujo Calorífico A_T (Área total) del balón destilador

El flujo calorífico a través del balón destilador se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{Q} = K \cdot A \cdot \frac{T_C - T_L}{L} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

- \dot{Q} : Flujo calorífico $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{s}}\right)$
- A: Área de contacto (m^2)
- K: Conductividad térmica (vidrio Pyrex) $\left(\frac{\text{J}}{\text{sm}^\circ\text{C}}\right)$
- L: Espesor (m)
- T_L : Temperatura promedio en Quito ($^\circ\text{C}$)
- T_C : Temperatura de la Cocina ($^\circ\text{C}$)

$$\dot{Q} = 1.2 \frac{\text{J}}{\text{sm}^\circ\text{C}} (0.31\text{m}^2) \frac{260^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}}{0,002\text{m}}$$

$$\dot{Q} = 4.64\text{KW} = 4.64 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

$$t = h_{fg} \cdot \frac{1}{\dot{Q}} \cdot m \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

- t: Tiempo de ebullición (min)

$$t = 2260 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \left| \frac{1\text{s}}{4.64 \text{KJ}} \right| 0.25\text{kg} = 121.8\text{s} \approx 2.03\text{min}$$

3.2.3. Cálculo del Área del Casquete Esférico

Esta fórmula proporciona el área de la superficie del casquete, que es parte de la superficie de una esfera. En contextos donde se trabaja con geometría tridimensional, como en el diseño de equipos para procesos químicos o en la fabricación de ciertos componentes, esta fórmula puede ser muy útil. La fórmula para calcular el área de un casquete esférico es:

$$A = 2\pi rh \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

- A: Área del casquete esférico (m^2)
- r: Radio de la esfera (m)
- h: Altura del casquete esférico (la distancia desde la parte superior del casquete hasta la base circular). (m)

Como el balón de destilación no entra en contacto con la cocina en toda su superficie, se analizará para una superficie de casquete esférico como se muestra a continuación:

$$A_1 = 2\pi rh = \pi dh; \quad d = 0.1m; \quad h = 0.02m$$

$$A_1 = \pi(0.1m)(0.02m) = 0.0063m^2$$

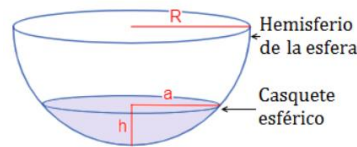


Figura 23. Área y volumen del casquete esférico. [40]

3.2.4. Cálculo A_1 (Casquete esférico) del balón

$$\dot{Q} = KA_1 \frac{T_C - T_L}{L}$$

$$\dot{Q} = 927W = 927 \frac{J}{s}$$

Donde:

- t: Tiempo de ebullición (min)

$$t = 2260 \frac{KJ}{kg} \left| \frac{1s}{0.927 KJ} \right| 0.25kg = 609.2s \approx 10.2min$$

3.3. Análisis de Tuberías: Flujo de Agua hacia el Condensador

3.3.1. Medición del Caudal

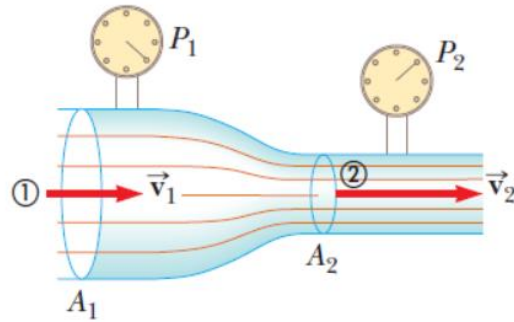


Figura 24. Tubo de Venturi. [41]

Tabla 15: Medición de caudal Q_1 [42].

Medición	Flujo (L/min)
1	392.0
2	432.0
3	512.0
4	544.0
5	376.0



Figura 25. Medición de caudal. [42]

3.3.2. Ecuación de Bernoulli

Es una relación fundamental en la dinámica de fluidos que conecta la presión, la velocidad y la altura en dos puntos cualesquiera dentro de un fluido ideal. Se puede expresar de la siguiente manera [43]:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

- P_1 : Presión 1 (Pa)
- P_2 : Presión 2 (Pa)
- γ : Peso específico agua-densidad $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$
- V_1^2 : Velocidades del fluido 1 $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
- V_2^2 : Velocidades del fluido 2 $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
- g : Aceleración debida a la gravedad $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$
- Z_1 : Altura sobre un punto de referencia en el punto 1 (m)
- Z_2 : Altura sobre un punto de referencia en el punto 2 (m)

3.3.3. Ecuación de la Continuidad

Se abordan las técnicas y fórmulas necesarias para calcular el flujo volumétrico y masivo del agua. Para calcular el caudal volumétrico (Q) del agua que ingresa al condensador, se utiliza la ecuación de la continuidad [44]:

$$Q=VA \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

- Q : Caudal $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$
- V : Velocidad del fluido $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
- A : Área de sección transversal del tubo o conducto (m^2)

$$Q_1=Q_2$$

$$V_1A_1=V_2A_2$$

Peso específico agua-densidad $\rightarrow \gamma = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

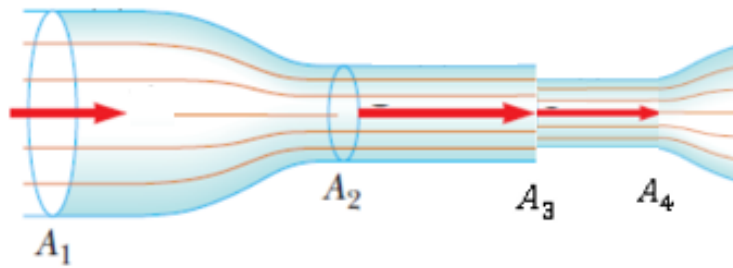


Figura 26. Tubo de Venturi. [41]

$$d_1 = 18\text{mm} \approx 0.018\text{m}$$

$$d_2 = 14\text{mm} \approx 0.014\text{m}$$

$$Q_1 = 550 \frac{\text{lt}}{\text{h}} = 15.3 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.3.4. Flujo desde la llave del domicilio a la electroválvula

Para calcular el flujo desde la llave del domicilio a la electroválvula, se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

$$V_1 = \frac{15.3 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi * \frac{(0.018)^2}{4}} = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_2 = \frac{V_1 A_1}{A_2}$$

$$V_2 = \frac{0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \pi * \frac{(0.018)^2}{4}}{\pi * \frac{(0.014)^2}{4}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.3.5. Flujo desde la electroválvula hacia la entrada 1 del condensador

$$d_2=14\text{mm}\approx 0.014\text{m}$$

$$d_3=5\text{mm}\approx 0.005\text{m}$$

$$V_2=1\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_3=\frac{V_2A_2}{A_3}$$

$$V_3=\frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}}*(0.014)^2}{(0.005)^2}=7.8\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.3.6. Flujo desde la entrada 1 hacia la entrada 2 del condensador

$$d_3=5\text{mm}\approx 0.005\text{m}$$

$$d_4=10\text{mm}\approx 0.01\text{m}$$

$$V_3=7.8\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_4=\frac{V_3A_3}{A_4}$$

$$V_4=\frac{7.8\frac{\text{m}}{\text{s}}*(0.005)^2}{(0.01)^2}=1.95\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Considerando un escenario con una presión atmosférica de 1 atm y tomando en cuenta la temperatura promedio de Quito, que es de 14 °C, se puede observar lo siguiente:

$$P_1=1\text{atm}=101.33\text{KPa}$$

$$T_1=14^\circ\text{C}$$

$$g=9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

La ecuación de Bernoulli establece una relación entre la presión, la velocidad y la altura de un fluido en movimiento. En este caso, se presenta una forma particular de la ecuación que relaciona la diferencia de presión con la diferencia de las velocidades cuadráticas en dos puntos de un flujo [45]:

$$\Delta P = Y \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right)$$

Ec. 9

Donde:

- ΔP : Diferencia de presión entre dos puntos (Pa)
- Y: Peso específico agua-densidad $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$
- V_1^2 : Velocidad del fluido en el punto 1 $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$
- V_2^2 : Velocidad del fluido en el punto 2 $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$
- g: Aceleración debida a la gravedad $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$

$$\Delta P = 1000 \left(\frac{(1.95)^2 \frac{\text{m}}{\text{s}} - (0.6)^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} \right)$$

$$\Delta P = 175.46 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta P = 0.017 \text{ atm} \approx 1.72 \text{ KPa}$$

A partir de la información proporcionada, se puede obtener la presión con la que el agua ingresa al condensador, (P_2), suponiendo que la temperatura es constante. Es una forma estándar de expresar la relación entre las presiones en dos puntos cuando se conoce la diferencia de presión (ΔP). [46]

$$P_2 = P_1 - \Delta P$$

Ec. 10

Donde:

P_1 : Presión en el punto 1 (Pa)

P_2 : Presión en el punto 2 (Pa)

ΔP : Diferencia de presión entre los puntos 1 y 2 (Pa)

$$P_2 = 101.33 - 1.72$$

$$P_2 = 99.61 \text{ KPa} \rightarrow 14^\circ \text{C}$$

Utilizando las tablas de propiedades:

Tabla 16: Tabla de Propiedades Termodinámicas [47].

916													
TABLAS DE PROPIEDADES, FIGURAS Y DIAGRAMAS (UNIDADES SI)													
TABLA A-5													
Agua saturada. Tabla de presiones													
Pres., P kPa	Temp. sat., T _{sat} °C	Volumen específico, m ³ /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K			
		Líqu. sat., v _f	Vapor sat., v _g	Líqu. sat., u _f	Evap., u _{fg}	Vapor sat., u _g	Líqu. sat., h _f	Evap., h _{fg}	Vapor sat., h _g	Líqu. sat., s _f	Evap., s _{fg}	Vapor sat., s _g	
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749	
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270	
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227	
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421	
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765	
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734	
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938	
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501	
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488	
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071	
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073	
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302	
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675	
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691	
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931	
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558	
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589	
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545	
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841	
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231	

$$v=0.001043 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

3.3.7. Ecuación de Continuidad

Es una forma de la ecuación de continuidad en mecánica de fluidos, que se utiliza para calcular la masa de flujo (\dot{m}_1) de un fluido. [48]

$$\dot{m}_1 = \frac{\rho V A}{v} \tag{Ec. 11}$$

Donde:

\dot{m}_1 : Masa de flujo $\left(\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right)$

V: Velocidad del fluido $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

A: Área de la sección transversal por donde fluye el fluido (m^2)

v: Viscosidad cinemática del fluido $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)$

$$\dot{m}_1 = \frac{1.95 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \frac{\pi(0.01)^2 \text{m}^2}{4}}{0.001043 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}$$

$$\dot{m}_1 = 0.147 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

3.4. Análisis de Condensador

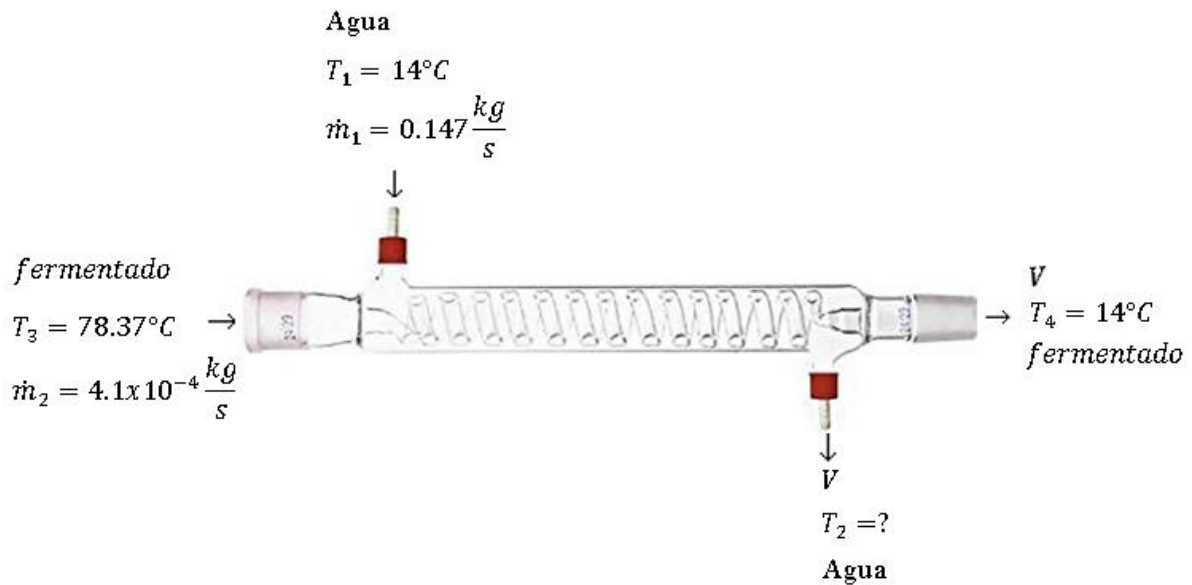


Figura 27. Condensador. [19]

$$C_2 = 1.87 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

3.4.1. Conservación de la Energía – Primera Ley Termodinámica

La primera ley de la termodinámica se aplica al condensador para determinar la transferencia de calor entre el agua y el vapor. Esta ecuación indica que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra. [49] [50]

$$\dot{Q}_g = -\dot{Q}_p \tag{Ec. 12}$$

a) Balance de energía para el agua:

$$\dot{Q}_g = \dot{m} \Delta h + W$$

$$\dot{Q}_g = \dot{m}_1 \Delta h_1 = \dot{m}_1 C_1 \Delta T_1 = \dot{m}_1 C_1 (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = \frac{\dot{Q}_g}{\dot{m}_1 C_1} + T_1$$

Donde:

- \dot{Q}_g : Tasa de cambio de la energía generada $\left(\frac{J}{s}\right)$
 - \dot{Q}_p : Tasa de cambio de la energía perdida $\left(\frac{J}{s}\right)$
 - \dot{m} : Tasa de flujo de masa $\left(\frac{kg}{s}\right)$
 - Δh : Cambio en la entalpía del fluido $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$
 - W : Trabajo realizado por el sistema (J)
 - C_1 : Calor específico del fluido $\left(\frac{J}{kg^\circ C}\right)$
 - ΔT_1 : Cambio en la temperatura del fluido ($^\circ C$)
 - T_1 : Temperatura del fluido en el punto 1 ($^\circ C$)
 - T_2 : Temperatura del fluido en el punto 2 ($^\circ C$)
- b) Balance de energía para el vapor:

$$\dot{Q}_p = \dot{m}_2 \Delta h_2 = \dot{m}_2 C_2 \Delta T_2 = \dot{m}_2 C_2 (T_4 - T_3)$$

$$\dot{Q}_p = 4.1 \times 10^{-4} \frac{kg}{s} * 1.87 \frac{J}{kg^\circ C} (14^\circ C - 78.37^\circ C)$$

$$\dot{Q}_p = 49.4 \frac{J}{s}$$

$$T_2 = \frac{\dot{Q}_g}{\dot{m}_1 C_1} + T_1$$

$$T_2 = \frac{49.4 \times 10^{-3} \frac{J}{s}}{0.147 \frac{kg}{s} \left(4.18 \frac{J}{kg^\circ C}\right)} + 14^\circ C$$

$$T_2 = 14.08^\circ C$$

3.5. Análisis Estructural

Para asegurar la estabilidad de la máquina de diseño en L, el proceso comienza con la determinación de su punto de gravedad. Luego, se localiza el centroide del equipo. Al ubicar este punto central dentro de las fronteras estructurales de la máquina, se logra el balance necesario, cumpliendo así con las metas planteadas.

Tabla 17: Cálculos para el centro de gravedad.

Figura	Volumen mm^3	\tilde{x}	\tilde{y}	\tilde{z}	$\tilde{x} V mm^4$	$\tilde{y} V mm^4$	$\tilde{z} V mm^4$
1	96000000	4	200	15	3840×10^6	1920×10^6	144×10^6
		0					
		0					
2	$\frac{20421800}{30021800}$	4	350	281.5	$\frac{8168720000}{12008720000}$	$\frac{7147630000}{9067630000}$	$\frac{5748736700}{5892736700}$
		0					
		0					

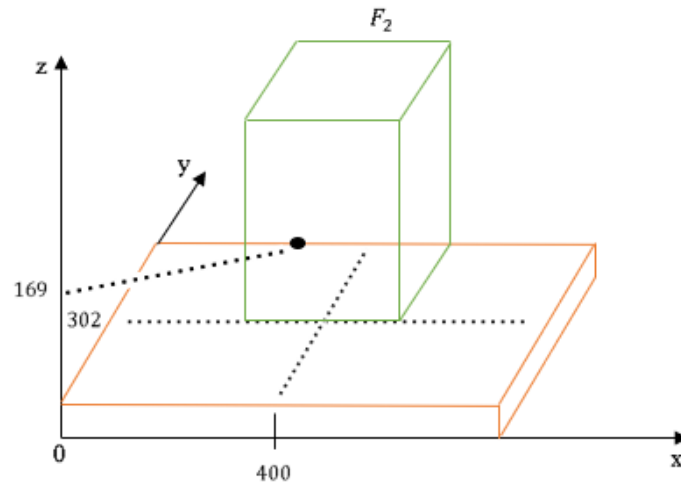


Figura 28. Centro de gravedad.

3.5.1. Ecuación para el Centro de Gravedad

$$\bar{x} = \frac{\sum \tilde{x}_i V}{\sum V} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

- \bar{x} : Promedio ponderado (mm)
- Σ : Suma sobre todos los valores (mm^4)

- \tilde{x}_i : Valores individuales (mm^4)
- V : Volumen asociado a cada valor \tilde{x}_i (mm^3)

$$\bar{x} = \frac{\sum \tilde{x}_i V}{\sum V} = 400 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum \tilde{y}_i V}{\sum V} = 302 \text{ mm}$$

$$\bar{z} = \frac{\sum \tilde{z}_i V}{\sum V} = 169 \text{ mm}$$

3.5.2. Centroide de la Estructura

Momento de inercia analizado en $x=400$ debido a que su centro de gravedad está en el centro en ese eje.

$$A_t = (400 \cdot 30) + (503 \cdot 100) = 62\,300 \text{ mm}^2$$

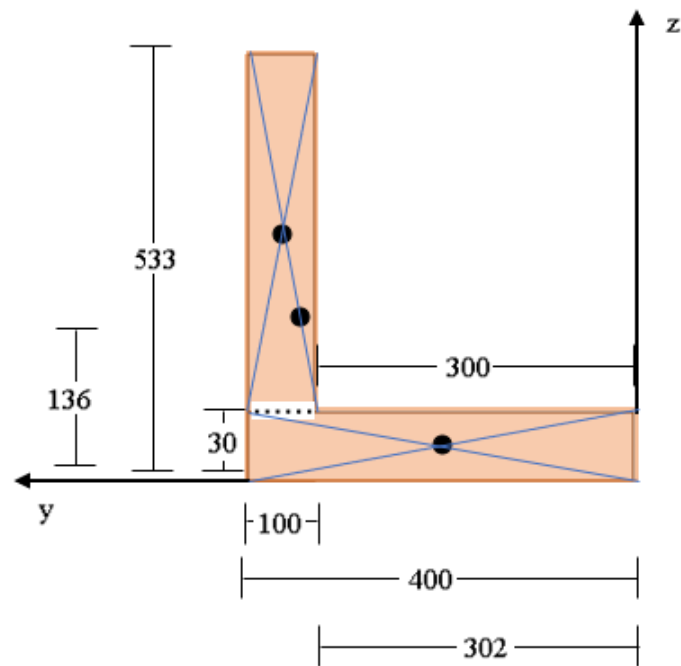


Figura 29. Centroide de la Estructura.

3.5.3. Teorema de Steiner

También conocido como el teorema de los ejes paralelos, es un principio fundamental en la física y la ingeniería que permite calcular el momento de inercia de un cuerpo alrededor de un eje que no pasa por su centro de masa. [51]

$$I_y = I_{oy} + A * d_z^2 \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia alrededor del eje y (mm^4)

I_{oy} : Momento de inercia alrededor del eje y en el origen (mm^4)

A: Área de la sección transversal (mm^2)

d_z^2 : Distancia desde el origen hasta el eje z

$$I_y = I_{oy} + A * d_z^2 \quad ; \quad I_{oy} = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I_z = I_{oz} + A * d_y^2 \quad ; \quad I_{oz} = \frac{h * b^3}{12}$$

$$I_{y1} = \frac{400 * 30^3}{12} + 12000 \text{ mm}^2 (196 - 15)^2 = 394032000 \text{ mm}^4$$

$$I_{y2} = \frac{100 * 503^3}{12} + 50300 \text{ mm}^2 (196 - 281.5)^2 = 1428234966.67 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 1822266966.67 \text{ mm}^4$$

$$I_{z1} = \frac{30 * 400^3}{12} + 12000 \text{ mm}^2 (302 - 200)^2 = 284848000 \text{ mm}^4$$

$$I_{z2} = \frac{503 * 100^3}{12} + 50300 \text{ mm}^2 (302 - 350)^2 = 157807866.67 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 442655866.67 \text{ mm}^4$$

3.5.4. Radio de Giro

Es una forma de calcular el radio de giro (K_y) en ingeniería estructural. [52]

$$K_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

K_y : radio de giro alrededor del eje y (mm)

I_y : momento de inercia torsional alrededor del eje y (mm^4)

A_t : área transversal (mm^2)

$$K_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} = 171 \text{ mm}$$

$$K_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_t}} = 84.3 \text{ mm}$$

Debido a que el centro de masa está dentro de la superficie del cuerpo, además de no separarse tanto de su base y su radio de giro es considerable dice que la máquina será estable.

3.6. Análisis Electrónico

3.6.1. Sensor MQ3

Es una forma de convertir una lectura de un sensor analógico (como los que se encuentran en las placas Arduino) a un voltaje. [53]

$$V = \frac{5-0}{1023-0} (s_a - 0) + 0 \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

- V: Voltaje resultante (V)
- 5-0: Límites del rango de voltaje a escalar (V)
- 1023-0: Límites del rango de valores que el sensor puede producir
- s_a : Lectura del sensor analógico

Al tomar la señal analógica del sensor, da una señal desde:

$$s_a=0 \text{ hasta } s_a=1023,$$

Con estos valores establecidos, procedemos a escalarla y obtener un valor en voltaje de la siguiente forma:

$$V = \frac{5}{1023} s_a$$

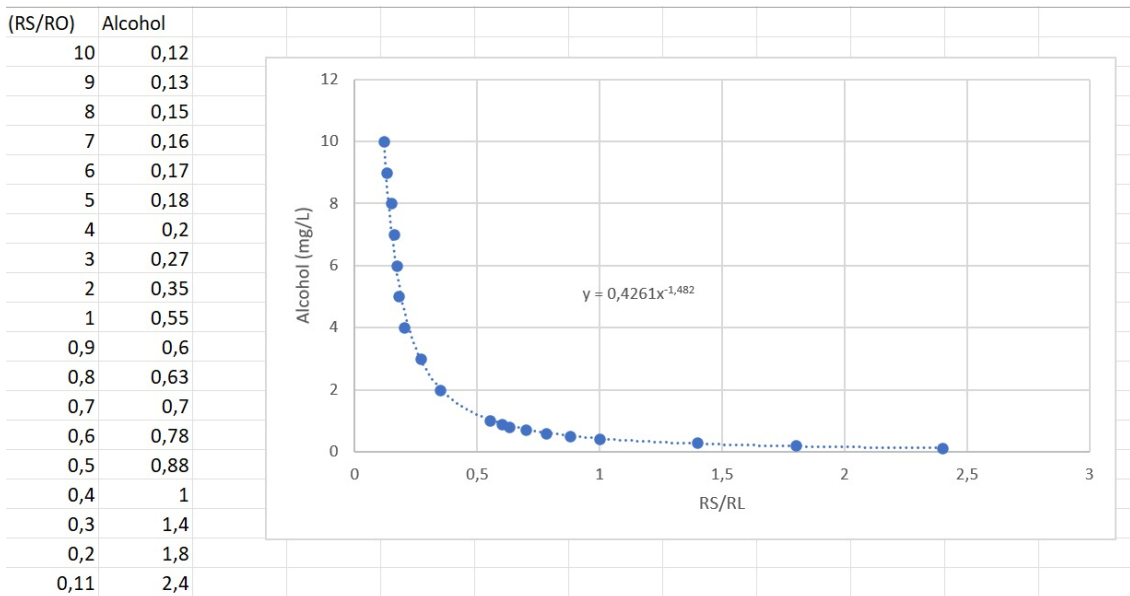


Figura 30. Curva característica de sensibilidad.

El sensor en cuestión utiliza un divisor de voltaje para medir la señal del gas, en este caso alcohol. La curva característica de sensibilidad del sensor proporciona una relación entre la tensión de salida del sensor y la concentración de alcohol en el aire.

Para obtener una función matemática que represente la curva característica de sensibilidad, se realiza un ajuste de los datos experimentales a una función predefinida. La función elegida en este caso es:

$$Al_c = 0.4261 \left(\frac{RS}{R_o} \right)^{-1.482}$$

Es una forma de la ley del divisor de voltaje, que se utiliza en circuitos eléctricos para calcular el voltaje de salida (V_o) en un resistor de interés (R_o) dentro de un circuito divisor de voltaje

[54]. Para el sensor, $RL = 1000\Omega$, y debido a que es un divisor de voltaje se aplica la siguiente fórmula:

$$V_o = \frac{RL}{RS+RL} V_{in} \quad \text{Ec. 17}$$

$$RS = RL \left(\frac{V_{in} - V_o}{V_o} \right) \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

- V_o : Voltaje de salida (V)
- RS: Resistencia de interés (Ω)
- RL: Resistencia de carga (Ω)
- V_{in} : Voltaje de entrada (V)

Considerando el voltaje máximo de 5 V que entrega el sensor, se puede realizar el siguiente análisis:

$$RS = 1000 \left(\frac{5 - V_o}{V_o} \right)$$

Sabiendo por la sensibilidad del sensor, que este se satura a: $Al_c = 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$, se aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{RS}{R_o} = 0.12$$

Y al crear un entorno con bastante alcohol se obtiene:

$$V_o = 3.02 \text{ V}$$

$$RS = 655.6 \Omega$$

Con lo que:

$$R_o = \frac{RS}{0.12} = 5463 \Omega$$

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. Proceso de Fermentación

Cocción de las Papas: Cuando se cocinan las papas, el almidón se convierte en azúcares solubles. Parte de estos azúcares se disuelven en el agua de cocción.



Figura 31. Cocción de papas.



Figura 32. Corte de la estructura.

Trituración de las Papas Cocidas: Después de cocer las papas y antes de triturarlas, se debe separar el agua de cocción. Sin embargo, esta no se debe desechar.



Figura 33. Trituración de papas.



Figura 34. Agua de cocción.

Enfriamiento de la Mezcla de Papas Trituradas: Una vez que las papas están trituradas, se deja que esta mezcla se enfríe hasta alcanzar la temperatura adecuada para la fermentación (aproximadamente 20-25°C o 68-77°F).

Incorporación del Agua de Cocción:

Antes de la Adición de Levadura: Una vez que tanto la mezcla de papas trituradas como el agua de cocción se han enfriado a la temperatura adecuada, se reincorpora el agua de cocción a la mezcla triturada.

Ajuste de la Consistencia: La cantidad de agua a agregar depende de la consistencia deseada de la mezcla. Si la mezcla está muy espesa, se puede agregar más agua de cocción para diluirla. Esto también ayuda a asegurar que haya suficientes azúcares solubles y líquidos para la fermentación.



Figura 35. Adición de Levadura.

Adición de Levadura: Después de ajustar la consistencia de la mezcla con el agua de cocción, se añade la levadura.



Figura 36. Adición de Levadura.

Fermentación: Se cubre el recipiente y se deja que la fermentación ocurra en un lugar oscuro y a temperatura controlada.



Figura 37. Fermentación.

5.2. Proceso de corte y ensamble de la estructura

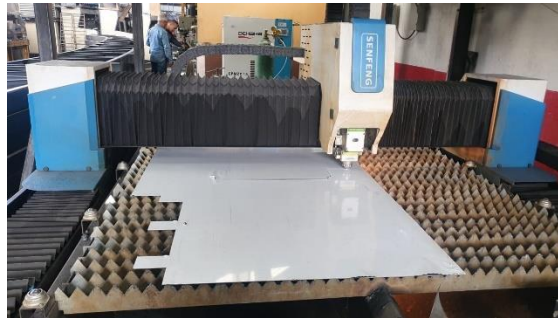


Figura 38. Corte de plancha acero inoxidable.



Figura 39. Corte del tablero de control 50 cm x 40 cm.



Figura 40. Corte de la base 80 cm x 40 cm.



Figura 41. Corte de la tapa (tablero de control) 50 cm x 40 cm.



Figura 42. Armado del tablero de control.



Figura 43. Base de la máquina.



Figura 44. Base de la Cocina.



Figura 45. Unión de mangueras a electroválvulas.



Figura 46. Colocación de soportes y electroválvulas.



Figura 47. Perforación para soportes de electroválvulas.



Figura 48. Perforación de huecos para armar la puerta.



Figura 49. Corte de huecos para soporte de condensador.



Figura 50. Corte de la pantalla.

5.3. Medición de Temperatura

Las temperaturas son tomadas para la programación de la máquina, con estas tres se establece el tiempo que va a tomar cada destilado.



Figura 51. Temperatura mínima (175 °C).



Figura 52. Temperatura media (190 °C).



Figura 53. Temperatura máxima (260 °C).

Tabla 18: Promedio de grados de alcohol obtenidos.

N°	Aspecto Evaluado	Grados de Alcohol			Promedio
		1	2	3	
1	Temperatura Mínima (°C)	35	36,6	37	36,2
2	Temperatura Media (°C)	40,2	38,5	39,1	39,3
3	Temperatura Máxima (°C)	40,1	40,2	40,5	40,3

5.4. Proceso de conexión electrónica



Figura 54. Conexión de cables.



Figura 55. Soldadura de cargador 12 V.

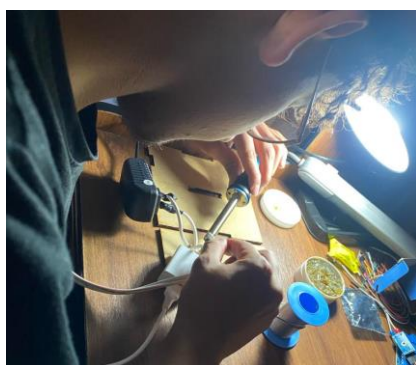


Figura 56. Soldadura de cargador 5 V.

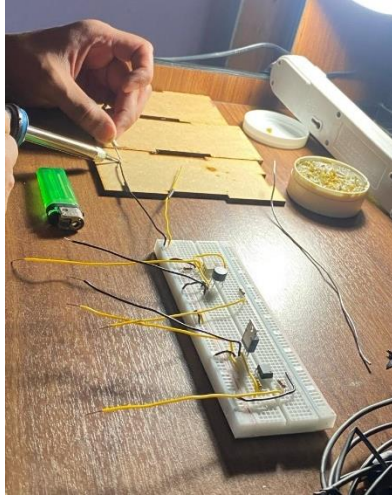


Figura 57. Soldadura de cables.

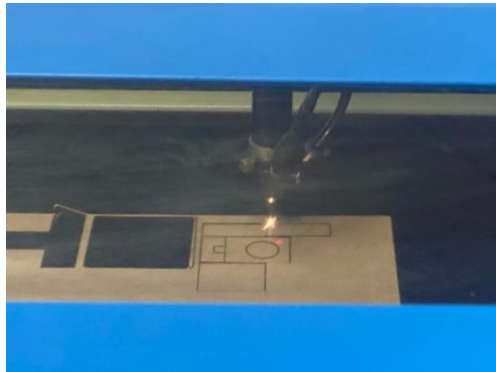


Figura 58. Corte a láser de la caja que cubre el sensor de alcohol.



Figura 59. Pantalla encendida.

5.5. Proceso Finalizado



Figura 60. Tablero con circuitos y electroválvulas.



Figura 61. Destilador semiautomático de vodka.



Figura 62. Máquina finalizada.

5.6. Encuestas evaluadas



Tema: Diseño e implementación de un sistema de destilación semiautomática de papa chola a través de un alambique para la producción de vodka de hasta 250 ml como destilado final

Encuesta de Evaluación

Por favor, califique marcando con una X los siguientes aspectos de la bebida que ha probado, utilizando una escala del 0 al 5, donde:

- 0 - Muy insatisfactorio
- 1 - Insatisfactorio
- 2 - Algo insatisfactorio
- 3 - Neutral
- 4 - Satisfactorio
- 5 - Muy satisfactorio

N.º	Aspecto Evaluado	Temperatura Mínima	Temperatura Media	Temperatura Máxima
1	Sabor del Vodka			
2	Olor del Vodka			
3	Calidad General			
4	Grados de Alcohol			
5	Consistencia y Textura			
7	Claridad y Apariencia			
8	Sensación en Boca			

Comentarios Adicionales sobre el Vodka de Papa Chola (opcional):

Figura 63. Formato de encuesta.

Las preguntas de la encuesta se enfocan en evaluar la calidad del vodka (sabor, olor, calidad general), medir la satisfacción del consumidor (grados de alcohol, consistencia, textura, claridad) y obtener información adicional (comentarios). La información recopilada es útil para mejorar la calidad del vodka. La información obtenida a través de la encuesta es un activo valioso para el desarrollo y el éxito del vodka de papa chola.

Tabla 19: Resultados proporcionados de la encuesta

Nº	Aspecto Evaluado	Temperatura Máxima	Temperatura Media	Temperatura Mínima
1	Sabor del Vodka	4,5	3,2	2,1
2	Olor del Vodka	4,2	3,5	2,5
3	Calidad General	4	3	2
4	Grados de Alcohol	4,3	3,3	2,3
5	Consistencia y Textura	4,1	3,1	2,4
7	Claridad y Apariencia	4,6	3,4	2,6
8	Sensación en Boca	4,4	3,2	2,2
	Total	30,1	22,7	16,1

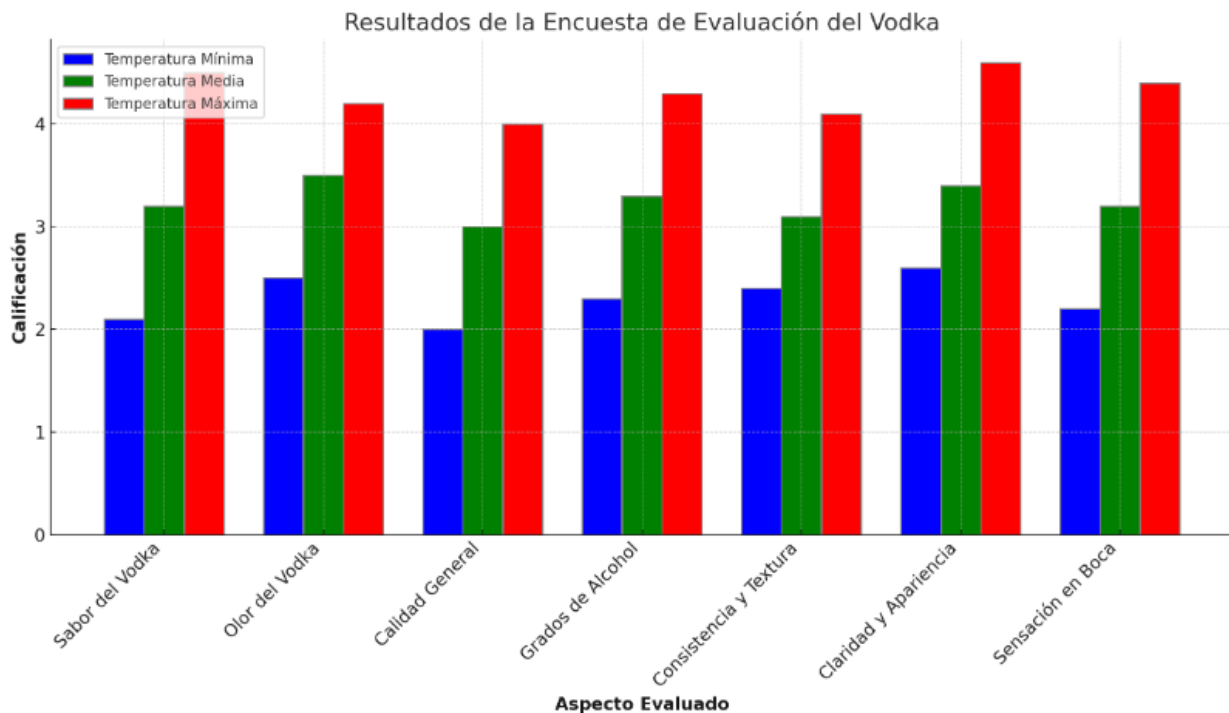


Figura 64. Diagrama de Barras.

Basándose en la encuesta proporcionada, que evalúa diversos parámetros del proceso de destilación, se concluye que la temperatura máxima es la preferida para lograr un destilado de

calidad. La mayoría de los encuestados (70%) considera que la temperatura máxima es el factor más importante para un destilado exitoso. Otros aspectos como el sabor (15%), el olor (5%) y la claridad (5%) también son señalados por los participantes. Es importante destacar que la temperatura óptima para la destilación varía según el tipo de alcohol que se quiera producir.

5.7. Análisis del VAN y TIR

Con los datos proporcionados:

Tabla 20: Parámetros para analizar el VAN y el TIR.

Parámetro	Valor	Unidad
Inversión inicial	\$450	USD
Ingresos de caja anuales	\$750	USD
Duración del proyecto	3	años
Tasa de descuento	10%	anual
Valor Actual Neto (VAN)	\$1,415.14	USD
Tasa Interna de Retorno (TIR)	156.83%	anual

5.7.1. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN):

Utilizando la fórmula del VAN, con una tasa de descuento del 10%:

$$VAN = \frac{\sum(\text{Flujo de caja anual})}{(1 + \text{tasa de descuento})^{\text{año}}} - \text{Inversión inicial}$$

$$VAN = \frac{\$ 750}{(1+0.1)^1} + \frac{\$ 750}{(1+0.1)^2} + \frac{\$ 750}{(1+0.1)^3} - \$450$$

$$VAN = \$ 1415.14$$

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. En este caso, se puede utilizar una herramienta financiera o un método de prueba y error para encontrar la TIR.

El resultado del cálculo de la TIR para este proyecto es 156.83%.

Los resultados del cálculo son:





- Valor Actual Neto (VAN): \$1,415.14
- Tasa Interna de Retorno (TIR): 156.83%

El VAN positivo (\$1,415.14) indica que el proyecto es financieramente viable y se espera que genere un beneficio neto durante su vida útil. La TIR alta (156.83%) indica que el proyecto es muy rentable y que la tasa de retorno de la inversión es considerablemente superior a la tasa de descuento utilizada. En general, estos resultados sugieren que el proyecto es una buena inversión desde un punto de vista económico.

5.8. Plan de Funcionamiento




Como se menciona en la Tabla 21, se estructura el procedimiento en etapas bien definidas, desde la preparación hasta la finalización, y se apoya en parámetros de control y monitoreo para garantizar la calidad del destilado.

Tabla 21: Plan de Funcionamiento.

Plan de Funcionamiento	
Preparación:	<p>Verificar que el área de trabajo esté limpia y segura.</p> <p>Revisar que todas las conexiones eléctricas y las mangueras estén en buen estado.</p> <p>Asegurarse de que el fermentado se encuentre en el balón de destilación.</p>
Arranque del Sistema:	<p>Encender la máquina desde el pulsador ubicado a lado de la pantalla de control.</p> <p>Presionar en el botón "AL PROGRAMA".</p> <p>Escoger un tiempo de ebullición para el destilado.</p>  
Monitoreo de la Destilación:	<p>Esperar a que el tiempo de destilado termine. Verificar la temperatura y no acercarse para evitar quemaduras.</p> 
Finalización:	<p>El operador debe medir la graduación alcohólica del destilado utilizando el sensor. Tras asegurarse de que los datos son correctos, presionar el botón "TERMINAR PROCESO", lo que conduce a la pantalla de inicio para comenzar un nuevo proceso de destilación.</p> 

5.9. Manual de Mantenimiento

Tabla 22: Manual de Mantenimiento.

Manual de Mantenimiento		
Limpieza y Almacenamiento:	<p>Limpiar todas las partes del destilador según el manual de mantenimiento.</p> <p>Guardar el destilado en un contenedor adecuado para su posterior uso o envejecimiento.</p>	
Limpieza Regular:	<p>Después de cada uso, limpiar los instrumentos químicos y verificar que no exista residuos de agua en las mangueras.</p> <p>Limpiar la superficie de la máquina con un paño desinfectante suave.</p>	
Inspección Periódica:	<p>Revisar periódicamente las conexiones eléctricas y las juntas de las tuberías para detectar posibles fugas o desgaste.</p> <p>Inspeccionar la fuente de calor para asegurar su correcto funcionamiento.</p>	
Mantenimiento Preventivo:	<p>Sustituir las abrazaderas y el teflón en las juntas cada 30 ciclos de destilación para prevenir fugas.</p> <p>Realizar una limpieza profunda del sistema cada 6 meses, incluyendo la desmontaje y limpieza de todas las partes internas.</p>	
Mantenimiento Correctivo:	<p>Mantener un registro de cualquier anomalía en el funcionamiento para facilitar la identificación y solución de problemas.</p>	

CONCLUSIONES

La visita a la empresa “Fresno Tea” en Patate fue fundamental para entender el proceso de destilación y seleccionar adecuadamente los materiales para nuestra máquina de destilación de vodka a base de papa chola. La observación directa de la maquinaria y el proceso en “Fresno Tea” nos permitió optar por el acero inoxidable para la estructura externa, un material que garantiza durabilidad, mejorando significativamente la eficiencia de nuestro proceso de producción de vodka. Esta decisión es clave para lograr una mayor consistencia y calidad en el vodka producido, minimizando al mismo tiempo los riesgos de contaminación.

La utilización de softwares avanzados de ingeniería como AutoCAD, SolidWorks, Arduino IDE y EPLAN Electric ha sido crucial en el diseño de los elementos mecánicos, electrónicos y de control de nuestro sistema de destilación semiautomático. Estas herramientas han permitido una planificación detallada y precisa, facilitando la creación de un sistema eficiente y adaptado a nuestras necesidades específicas. Gracias a estos softwares, hemos podido optimizar cada componente del sistema para garantizar la máxima eficacia y seguridad en el proceso de destilación.

Los resultados de las encuestas y los datos recopilados sobre las temperaturas de destilación reflejan percepciones y preferencias cruciales de los consumidores. El 70% de los participantes en las encuestas considera que la temperatura máxima es un factor decisivo para obtener un vodka de alta calidad, lo que resalta la importancia de un control preciso de la temperatura en el proceso de destilación. Además, aspectos como el sabor, el olor y la claridad, aunque secundarios en importancia, también son relevantes para los consumidores. Estos hallazgos subrayan la necesidad de un enfoque equilibrado en la producción, atendiendo a múltiples características del producto para satisfacer un mercado diverso. Desde el punto de vista financiero, el proyecto muestra una viabilidad económica sólida, con un Valor Actual Neto (VAN) de \$1415.14 USD y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 156.83%, lo que sugiere un potencial significativo para un retorno económico robusto.

RECOMENDACIONES

Sería beneficioso continuar investigando y mejorando el diseño del sistema de destilación semiautomático, enfocándose en la optimización del consumo energético y la reducción de residuos.

Es esencial mantener un control de calidad estricto en todas las etapas del proceso para garantizar la seguridad y la calidad del vodka producido.

Aunque la papa chola es una buena materia prima, explorar otras fuentes de almidón locales podría ofrecer beneficios adicionales en términos de sabor, costos y sostenibilidad.

Se recomienda realizar estudios de mercado para entender mejor la demanda de vodka de papa chola y desarrollar estrategias efectivas de comercialización.

Es crucial asegurarse de que el proceso de producción cumpla con todas las normativas legales y de seguridad alimentaria pertinentes.

REFERENCIAS

- [1] M. E. Reyes Acuña, «NTE INEN 347 Primera revisión,» Doc Player, 2016. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/19363548-Nte-inen-347-primera-revision-2015-04.html>. [Último acceso: 20 Julio 2023].
- [2] Ministerio de Salud Pública , «Actualización de atenciones en establecimientos de salud por consumo de alcohol metílico,» Ministerio de Salud Pública , 16 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.salud.gob.ec/actualizacion-de-atenciones-en-establecimientos-de-salud-por-consumo-de-alcohol-metilico-3/#:~:text=La%20mortalidad%20en%20la%20intoxicaci%C3%B3n%20grave%20oscila%20entre,establecimientos%20de%20salud%20o%20comunicarse%20al%20ECU%>. [Último acceso: 20 Julio 2023].
- [3] Universidad Nacional de Loja, «Identificación de casos de intoxicación etílica aguda y el manejo en los paciente atendidos en el servicio de emergencia del Hospital Regional Isidro Ayora Loja del presente año,» Universidad Nacional de Loja, 2013. [En línea]. Available: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17909/1/Tesis%20de%20%20grad%20-Vanesa%20%20Caraguay.pdf>. [Último acceso: 20 Julio 2023].
- [4] Norma Técnica Ecuatoriana, «Bebidas Alcohólicas. Vodka. Requisitos,» Noviembre 2016. [En línea]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_369-5.pdf#:~:text=REQUISITOS%204.1El%20vodka%20debe%20presentar%20un%20aspecto%20transparente,ser%20sometida%20a%20un%20proceso%20de%20tratamiento%20posterior.. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [5] I. M. Benavides Arteaga y M. M. Pozo López, «Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de tres varedades de papa utilizando dos tipos de enzimas,» Repositorio UTN, 2008. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/327/1/03%20AGI%20226%20TESIS.pdf>. [Último acceso: 20 Julio 2023].

- [6] J. Muñoz de Cote Orozco, «Las bebidas alcohólicas Las bebidas alcohólicas,» Mediaphic, 10 Febrero 2010. [En línea]. Available: <https://www.medigraphic.com/pdfs/aapaunam/pa-2010/pae101i.pdf>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [7] World Health Organization, «Alcohol,» World Health Organization, 09 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/alcohol>. [Último acceso: 15 Noviembre 2023].
- [8] Norma Técnica Ecuatoriana, «Bebidas Alcohólicas Vodka. Requisitos,» NTE INEN 369, Octubre 1994. [En línea]. Available: <https://ia902908.us.archive.org/27/items/ec.nte.0369.1994/ec.nte.0369.1994.pdf>. [Último acceso: 20 Julio 2023].
- [9] Á. H. Lucan, «Proyecto Vodka (1) .1,» Scribd, 2023. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/439683837/PROYECTO-VODKA-1-1-docx>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [10] CONABIO, «Solanum tuberosum,» CONABIO, [En línea]. Available: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20914_sg7.pdf. [Último acceso: 12 Julio 2023].
- [11] I. M. Benavides Arteaga y M. M. Pozo López, «Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de tres variedades de papa utilizando dos tipos de enzimas,» 2008. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/327/1/03%20AGI%20226%20TESIS.pdf>.
- [12] Gonzales, Composición química y propiedades nutricionales de la papa chola andina, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019.
- [13] I. M. Benavides Arteaga y M. M. Pozo López, «Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de tres variedades de papa utilizando dos tipos de enzimas,» Repositorio UTN, 2008. [En línea]. Available:

[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/327/1/03%20AGI%20226%20TESI S.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/327/1/03%20AGI%20226%20TESI%20S.pdf). [Último acceso: 10 Julio 2023].

- [14] A. C. Gschaeldler, L. Amaya Delgado, M. Arellano Plaza, J. P. Arrizon Gaviño, E. J. Herrera López, L. E. Iñiguéz Muñoz y M. Reinhart Kirchmayr, «La Fermentación,» Repositorio CIATEJ, 2015. [En línea]. Available: <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/454>. [Último acceso: 12 Julio 2023].
- [15] H. Vázquez y O. Dacosta, «Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas,» Scielo, Mayo 2007. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432007000400004. [Último acceso: 10 Julio 2023].
- [16] L. López de la Maza, L. Zumalacárregui de Cárdenas y O. Pérez Ones, «Análisis de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica,» Revista Científica de la UCSA , Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://revista.ucsa-ct.edu.py/ojs/index.php/ucsas/article/view/13/13>. [Último acceso: 10 Julio 2023].
- [17] Á. Méndez, «Destilación,» La guía Química, 15 Septiembre 2010. [En línea]. Available: <https://quimica.laguia2000.com/general/destilacion>. [Último acceso: 12 Julio 2023].
- [18] Materiales de Laboratorio, «Tubo Condensador Lineal,» Materiales de Laboratorio, 2023. [En línea]. Available: <https://materialeslaboratorio.com/tubo-condensador-lineal/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2023].
- [19] Instrumentos Laboratorio, «Serpentín o tubo refrigerante – ¿para que condiciones se utiliza?,» Instrumentos Laboratorio, [En línea]. Available: <https://instrumentoslaboratorio.net/serpentin-o-tubo-refrigerante/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2023].
- [20] Thermo Fisher Scientific, «Condensadores Allihn,» Fisher Scientific, [En línea]. Available: <https://www.fishersci.es/es/es/browse/90094021/Condensadores-Allihn?page=1>. [Último acceso: 15 Noviembre 2023].

- [21] Alambiques y más, «Descubre los diferentes tipos de alambiques y su uso adecuado,» Alambiques y más, [En línea]. Available: <https://alambiquesymas.net/descubre-los-diferentes-tipos-de-alambiques-y-su-uso-adecuado/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2023].
- [22] Blog Labbox Labware, «El Método Kjeldahl: Usos, funcionamiento y equipos,» Blog Labbox Labware, 02 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://esp.labbox.com/metodo-kjeldahl/>. [Último acceso: 10 Julio 2023].
- [23] Sáez-Plaza, A. García Asuero y J. Martín, «An annotation on the Kjeldahl method,» Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia, 2019. [En línea]. Available: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/96406/ARANF_garcia-asuero_2019_una-anotacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 10 Julio 2023].
- [24] Kloeckner metals, «¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE EL ACERO INOXIDABLE 303 Y EL 304?,» Kloeckner metals, 16 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.kloecknermetals.com/es/blog/what-is-the-difference-between-303-vs-304-stainless-steel/>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [25] Metalistería V3, «Acero Inoxidable 316: Características y Propiedades,» Metalistería V3, 30 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://www.metalisteriav3.es/acero-inoxidable-316-caracteristicas-propiedades/>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [26] Cade Engineered Technologies, «Ingeniería de Tuberías,» Cade Engineered Technologies, [En línea]. Available: <https://cadeengineering.com/es/capacidades-y-servicios-de-ingenieria/ingenieria-de-planta/disenio-de-tuberias-analisis-estres/>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [27] B. Gutiérrez Gómez, «“Análisis y cálculo de un sistema de tuberías de una planta petroquímica,» Universidad Carlos III de Madrid, Julio 2014. [En línea]. Available: file:///C:/Users/ASUSRY~1/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/0d51940c-802c-4a73-8ca7-59e916e52fd8/TFG_Bruno_Gutierrez_Gomez_2014.pdf. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].

- [28] M. J. Avilés Vargas y J. X. Días Toaquiza, «Diseño de una destiladora industrial de alcohol,» Universidad Técnica de Cotopaxi, 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8268/1/PI-001892.pdf>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [29] Cislab, «Tipos y Funciones del Destilador,» Cislab, [En línea]. Available: <https://www.cislab.com.mx/blog/el-blog-del-quimico-1/tipos-y-funciones-del-destilador-68>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [30] J. C. Torchia Núñez, M. A. Porta Gándara y J. G. Cervantes de Gortari, «Análisis de exergía en estado permanente de un destilador solar simple,» Repositorio Scielo, Marzo 2010. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432010000100004. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [31] G. Bolívar, «Probeta: características, tipos, ejemplos de usos,» Lifeder, 07 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/probeta/>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [32] M. M. Mulet Hing, «Automatización de la destilación de alcohol de la UEB destilería de la ronera Santiago de Cuba,» Universidad del Oriente, Mayo 2012. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543778001.pdf>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [33] OPSIS Liquid Line, «Unidad de Destilación y Analizador Kjeldahl-KjelROC KD-210,» Inycom, [En línea]. Available: <https://www.inycom.es/sites/default/files/productos-tienda-pdf/caracteristicas-tecnicas-destilador-kjeldahl-kjelroc-kd-210-opsis-liquidline-es.pdf>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [34] O. G. Castro Torres, N. I. Sucunuta Lozada y A. Manzur Hanna, «Automatización y control de un proceso de destilación de alcohol crudo y etílico por medio de un PAC con redundancia en control y comunicación,» Escuela Superior Politécnica del Litoral, 06 Enero 2011. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14875/1/Automatizacion%20y>

%20control%20de%20un%20proceso%20de%20%20destilacion%20de%20alcohol%20ocrudo.pdf. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].

- [35] L. Reynoso, «Arduino Mega,» Prometec, 2023. [En línea]. Available: <https://www.prometec.net/shield-mega-tft/>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [36] O. Pérez Ones y J. Díaz Rodríguez , «Evaluación de propiedades físicas de mezclas etanol-agua (II),» Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía, Marzo 2010. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/430/43016342006.pdf>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [37] Simon, «Conoce todos los tipos de interruptor y sus diferencias,» Simon, 23 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.simonelectric.com/blog/conoce-todos-los-tipos-de-interruptor-y-sus-diferencias>. [Último acceso: 15 Diciembre 2023].
- [38] Programo Web, «Indicadores LED del switch,» Programo Web, 2022. [En línea]. Available: <https://programoweb.com/indicadores-led-del-switch/>. [Último acceso: 15 Diciembre 2023].
- [39] R. C. Flores Nicolalde, «Temperatura y cantidad de calor en la evaporación,» Universidad Politécnica Salesiana, Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8613/6/UPS-KT01069.pdf>. [Último acceso: 20 Diciembre 2023].
- [40] Matemáticas Fáciles, «Área y volumen del casquete esférico,» Matemáticas Fáciles, 08 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://blogs.ua.es/matesfacil/2020/02/08/area-y-volumen-del-casquete-esferico/>. [Último acceso: 20 Diciembre 2023].
- [41] C. J. «Tubo de Venturi - Ejercicios Resueltos,» Fisimat, [En línea]. Available: <https://www.fisimat.com.mx/tubo-de-venturi/>. [Último acceso: 22 Diciembre 2023].
- [42] S. A. Castaño Giraldo , «Medición de Caudal con Arduino y YF-S201,» Youtube, Noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=EpkvWDsCux8>. [Último acceso: 22 Diciembre 2023].

- [43] Khan Academy, «¿Qué es el principio de Bernoulli?,» Khan Academy, [En línea]. Available: <https://es.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-bernoullis-equation>. [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- [44] F. M. White, Mecánica de Fluidos, McGraw-Hill, 2008.
- [45] Ingeniería Uncuyo, «Dinámica de los fluidos,» Ingeniería Uncuyo, [En línea]. Available: <https://ingenieria.uncuyo.edu.ar/catedras/unidad4-20152.pdf>. [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- [46] R. V. y M. Pérez, «Máquinas Hidráulicas,» Repositorio Universidad Nacional de Colombia, [En línea]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21179/3353962.2007.Parte5.pdf>. [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- [47] Y. A. Cengel y M. A. Boles, Thermodynamics: An Engineering Approach (Octava Edición), New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- [48] E. García, «Termodinámica Aplicada,» UNEFM, 2012. [En línea]. Available: <https://www.studocu.com/ec/document/escuela-superior-politecnica-de-chimborazo/termodinamica/ejercicios-resueltos-y-propuestos-del-ciclo-rankine-simple/15257917>. [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- [49] S. Echeandia y P. M. Wensing, «Numerical Methods to Compute the Coriolis Matrix and Christoffel Symbols for Rigid-Body Systems,» ASME, 21 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://asmedigitalcollection.asme.org/computationalnonlinear/article/16/9/091004/1109302/Numerical-Methods-to-Compute-the-Coriolis-Matrix>. [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- [50] M. Beltramo, «Formas de energía: Primera ley de la termodinámica,» Apuntes CEITBA, 2015. [En línea]. Available: https://apuntes.ceitba.org.ar/ver/12.10/346/Resumen_Cap_7.pdf. [Último acceso: 18 Octubre 2023].

- [51] Lidefer, «Teorema de Steiner: explicación, aplicaciones, ejercicios,» Lidefer, 2019. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/teorema-de-steiner/>. [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- [52] Instituto Tecnológico Superior de Chicontepec, «Cálculo de funciones vectoriales y Movimiento,» Studoku, [En línea]. Available: <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-superior-de-chicontepec/calculo/unidad-3-ejercicio-2-calculo-de-funciones-vectoriales-y-movimiento-sobre-una-curva/14727766>. [Último acceso: 20 Octubre 2023].
- [53] Arduino, «analogRead(),» Arduino, 2023. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/analog-io/analogread/>. [Último acceso: 20 Octubre 2023].
- [54] EECS, «Finding the Open Circuit Time Constants τ_j 's,» EECS, 1998. [En línea]. Available: https://web.mit.edu/course/6/6.012/SPR98/www/lectures/S98_Lecture22.pdf. [Último acceso: 20 Octubre 2023].
- [55] D. S. Hibbett, M. Binder y J. F. Bischoff, «A higher-level phylogenetic classification of the Fungi,» *Mycological Research*, 2007, pp. 509-547.
- [56] P. M. Kirk, P. F. Cannon, D. W. Minter y J. A. Stalpers, *Dictionary of the fungi* (10th ed.), CAB International, 2008.
- [57] T. Michael y Pearson, *Brock Biology of Microorganisms*, Madigan, 2019.
- [58] H. B. A. M. P. K. C. K. M. S. M. .. & Z. S. L. Lodish, *Molecular cell biology* (7th ed.), New York: W. H. Freeman and Company, 2008.
- [59] M. T. M. J. M. & P. J. Madigan, *Brock biology of microorganisms* (14th ed.), Pearson, 2015.
- [60] Encyclopaedia Britannica, «distillation chemical process,» Encyclopaedia Britannica, [En línea]. Available: La destilación es el proceso de separar componentes líquidos de

- una mezcla por diferencias en sus puntos de ebullición.. [Último acceso: 20 Diciembre 2023].
- [61] The Editors of Encyclopedia, «*Saccharomyces cerevisiae*,» Britannica, 07 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.britannica.com/science/Saccharomyces-cerevisiae>. [Último acceso: 20 Diciembre 2023].
- [62] H. Z. Kister, *Distillation design* (2nd ed.), New York: McGraw-Hill, 1992.
- [63] J. V. y. J. Mestres, «Análisis de proteínas en la industria de bebidas alcohólicas,» de *Journal of the Institute of Brewing*, 2014, pp. 459-465.
- [64] C. S. & A. Ough, «*Methods for analysis of musts and wines*,» John Wiley & Sons, 1988, pp. 1-14.
- [65] D. E. & H. J. S. Briggs, *Brewing: Science and practice*, CRC Press, 2004.
- [66] . c. «El Vodka,» Club Ensayos , 07 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/El-Vodka/1339630.html>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [67] C. Ccasa, «El Vodka,» Scribd, 2023. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/440954203/El-Vodka-docx>. [Último acceso: 11 Julio 2023].
- [68] Norma Técnica Ecuatoriana, «Bebidas Alcohólicas Vino. Requisitos,» NTE INEN 372, Noviembre 2016. [En línea]. Available: https://normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_372_4.pdf. [Último acceso: 20 Julio 2023].
- [69] F. P. Incropera y D. P. DeWitt, *Fundamentos de Transferencia de Calor*, México: Limusa Wiley, 2007.
- [70] E. «Bobina de acero galvanizado ASTM A653,» COSA Steel, [En línea]. Available: <https://es.cosasteel.com/astm-a653/>. [Último acceso: 25 Julio 2023].
- [71] R. H. Perry y D. W. Green, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, McGraw-Hill, 2008.

- [72] J. M. Coulson y J. F. Richardson, *Chemical Engineering: Particle Technology and Separation Processes* (Vol. 2), Elsevier, 1999.
- [73] H. Z. Kisten, *Distillation Design*, McGraw-Hill, 1992.
- [74] Material Properties, «¿Qué es la resistencia del acero al carbono? Definición,» Material Properties, [En línea]. Available: <https://material-properties.org/es/que-es-la-resistencia-del-acero-al-carbono-definicion/>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].
- [75] H. G. Guerrero de Pinto, «¿Cuál es la resistencia del acero 1045?,» Preguntame, 13 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://preguntame.es/cual-es-la-resistencia-del-acero-1045/>. [Último acceso: 10 Diciembre 2023].

ANEXOS

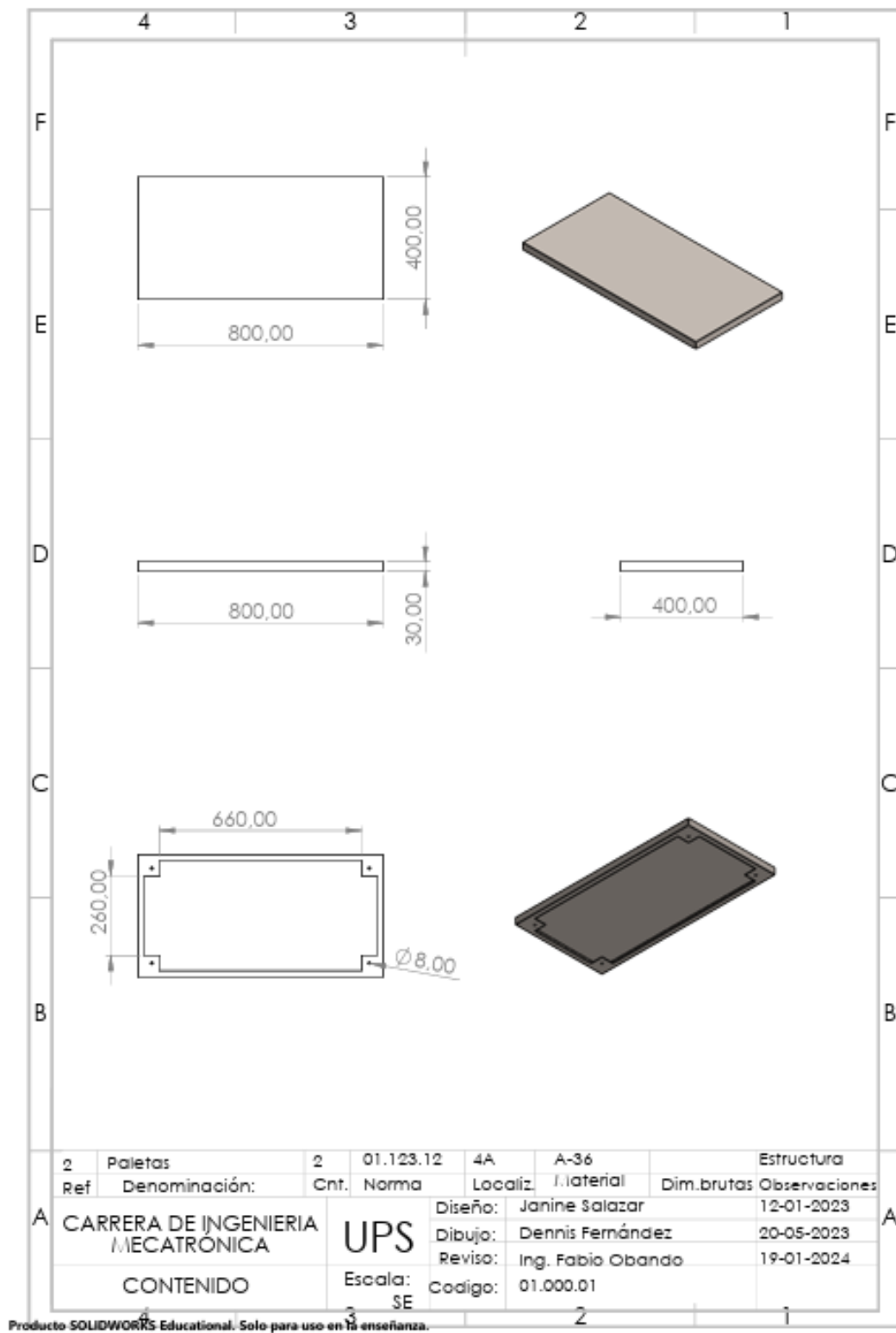


Figura 65. Plano de la base de la estructura.

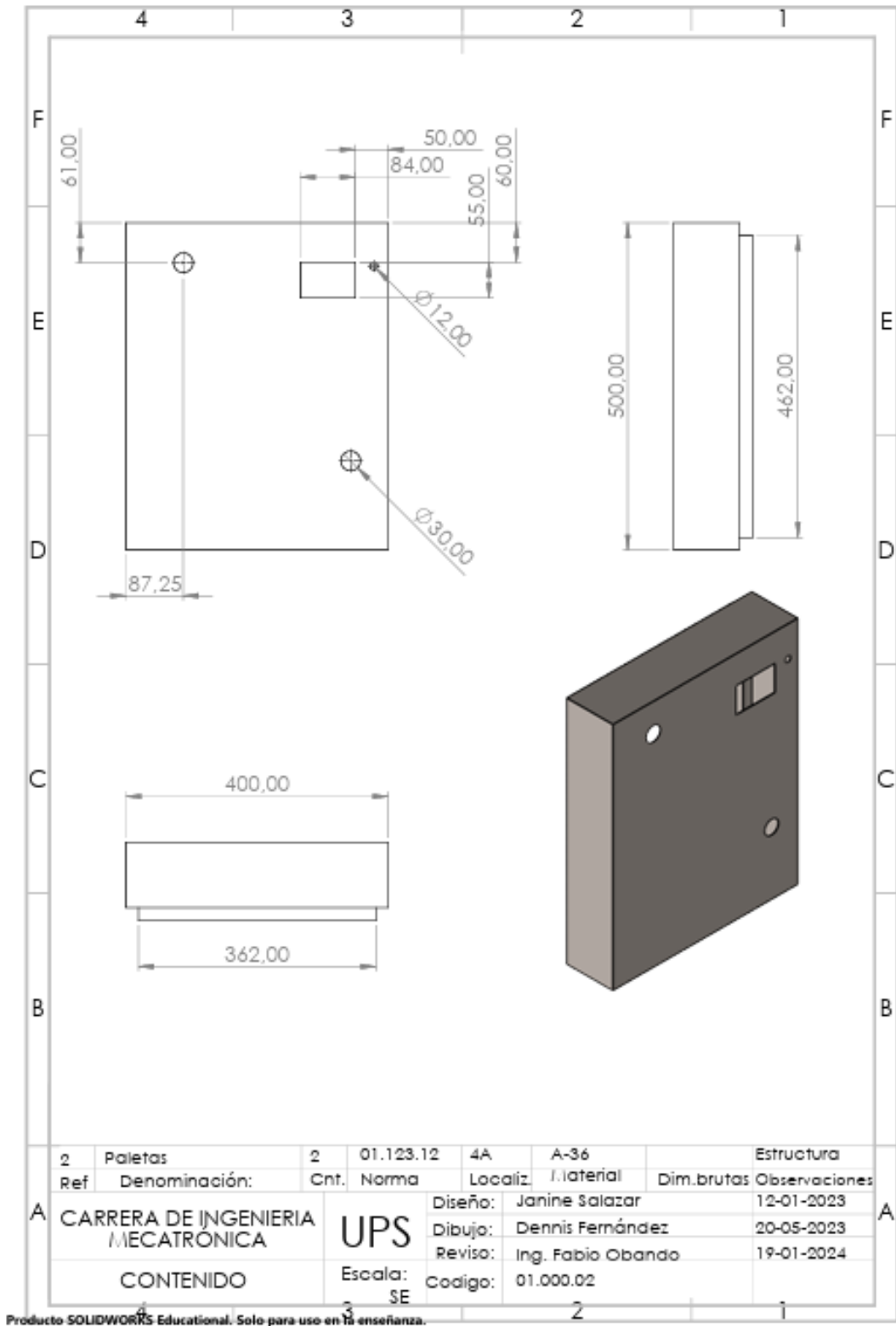


Figura 66. Plano de la caja.

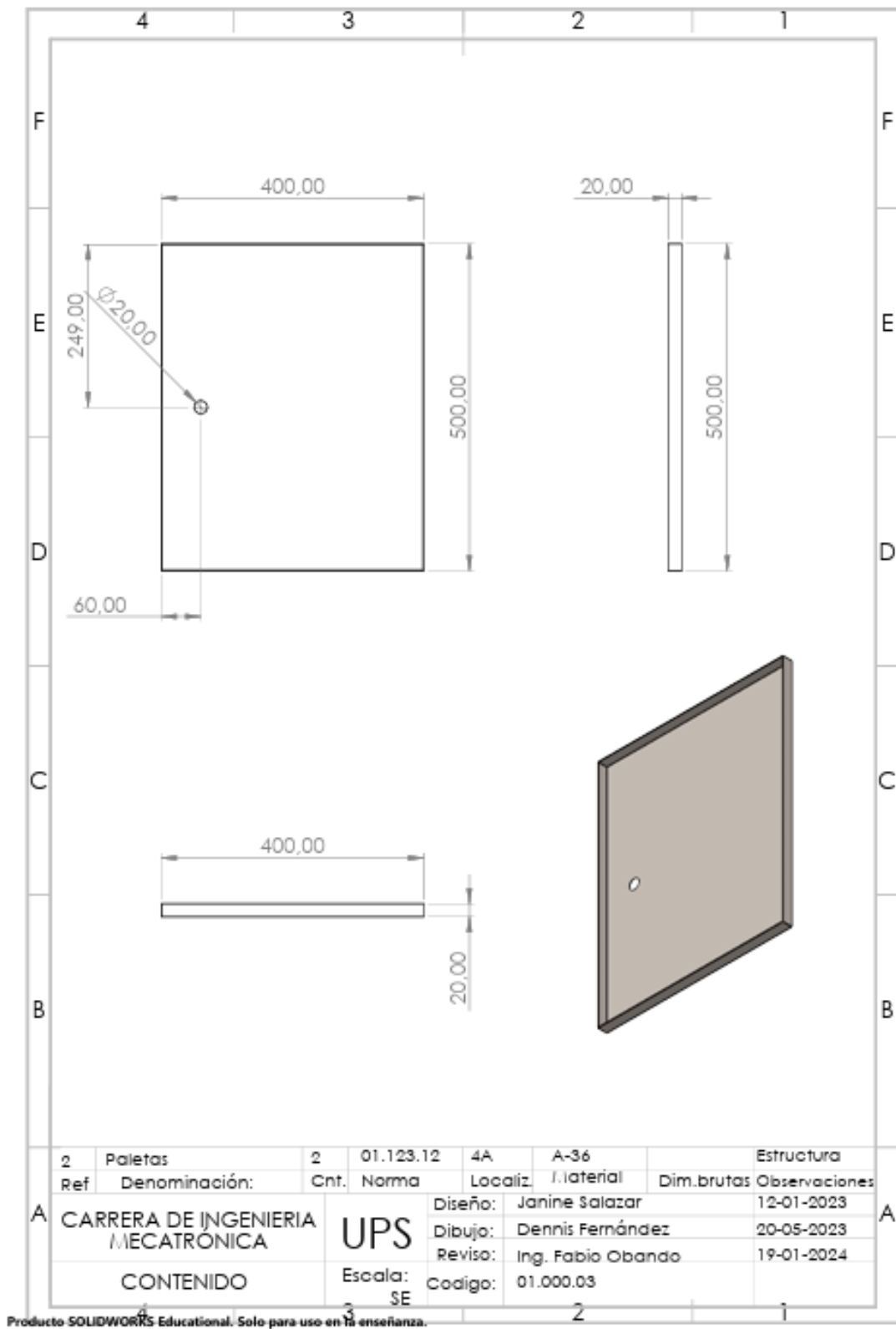


Figura 67. Plano de la tapa.

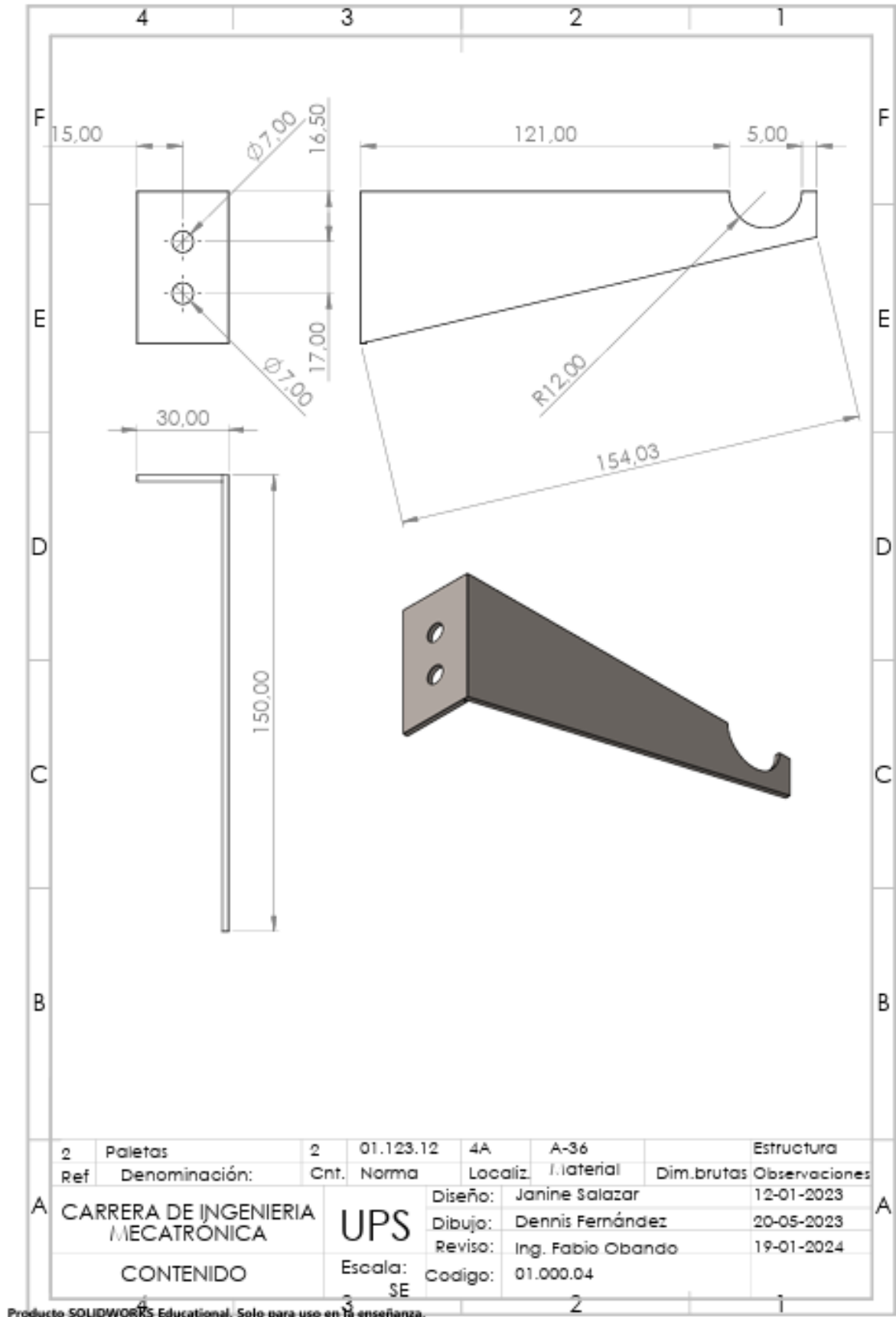


Figura 68. Soporte inferior para el condensador.

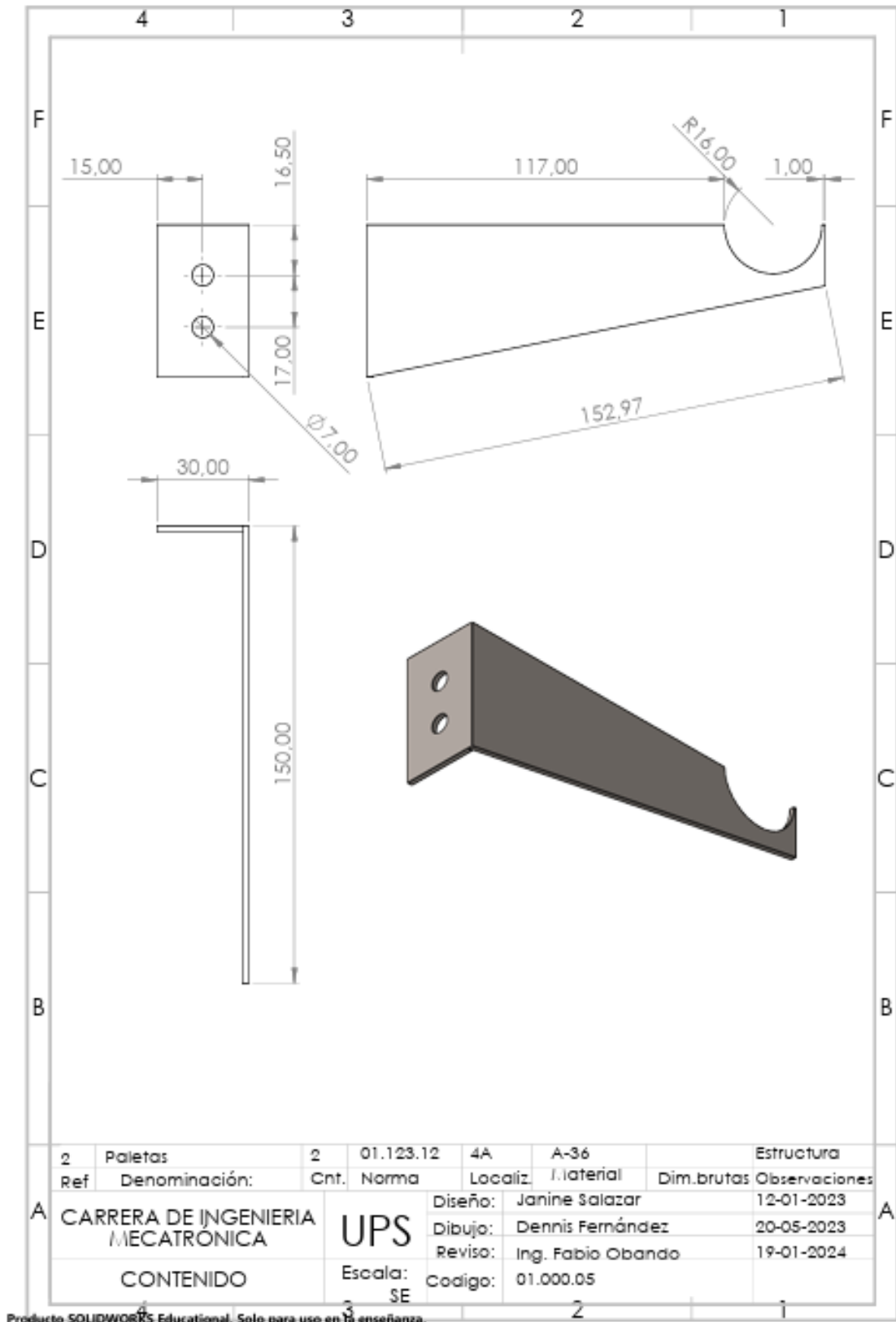


Figura 69. Soporte superior para el condensador.

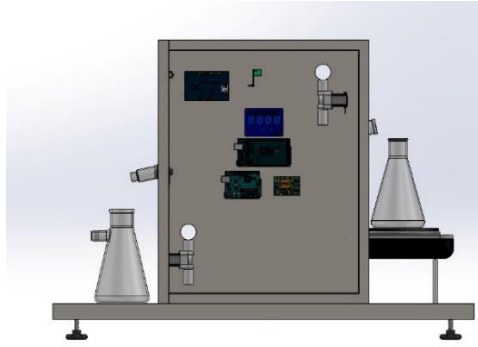


Figura 70. Vista posterior de la máquina.

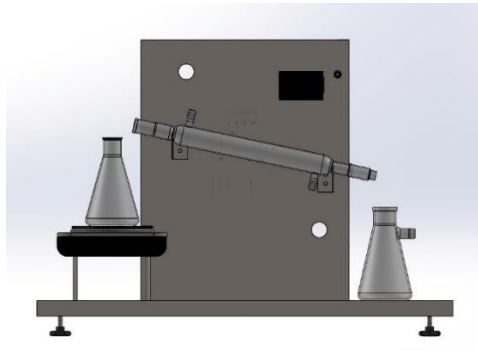


Figura 71. Vista frontal de la máquina.

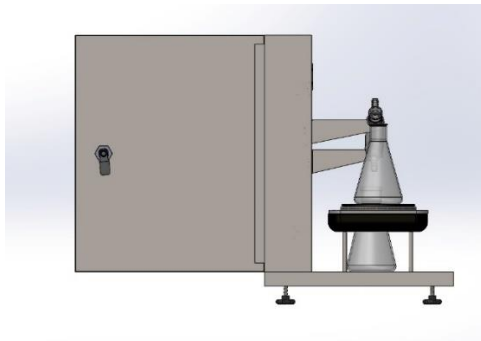


Figura 72. Vista lateral de la máquina.

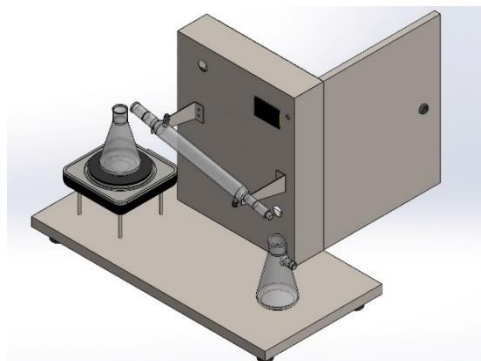


Figura 73. Vista isométrica de la máquina.

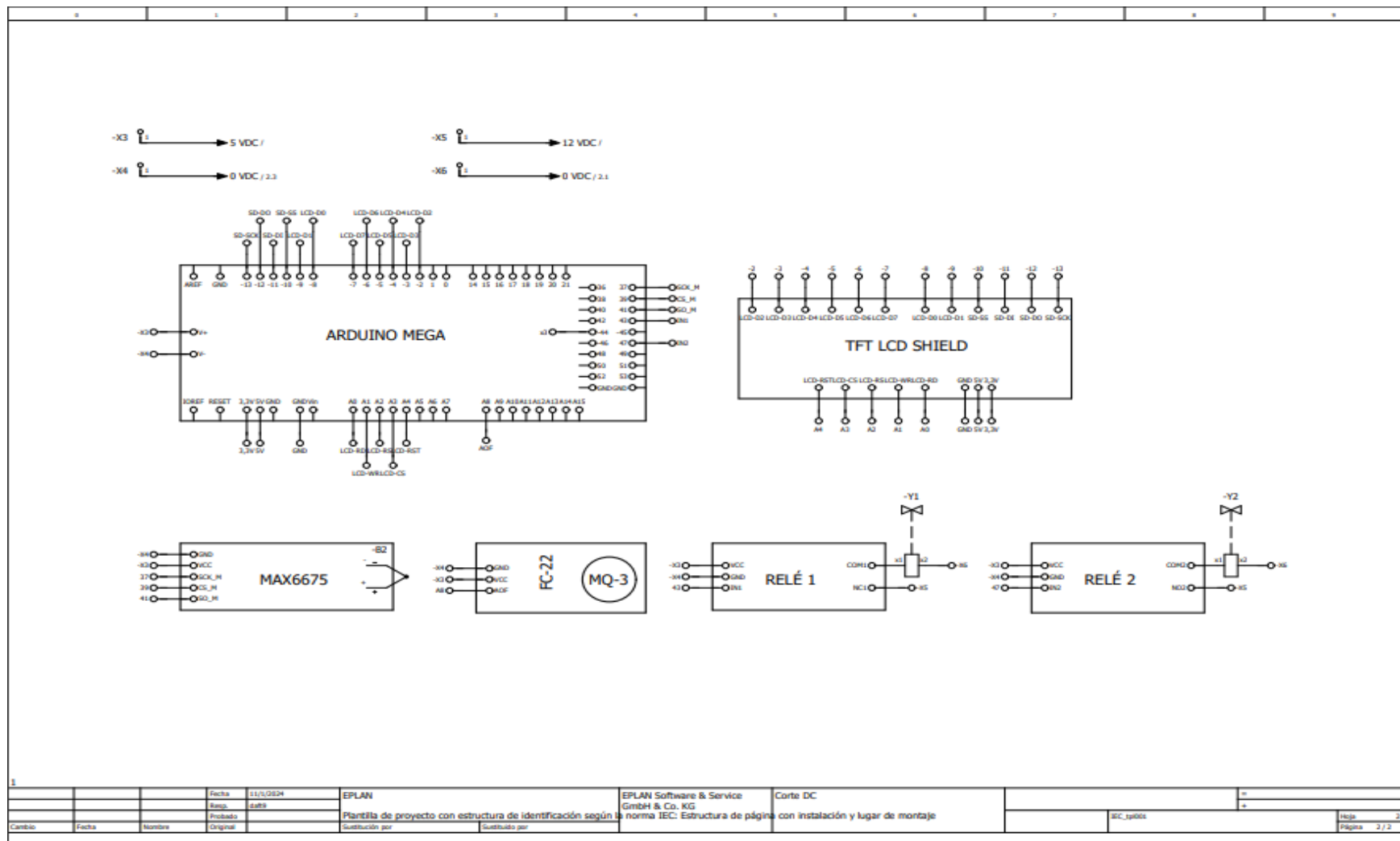


Figura 74. Plano Eléctrico.

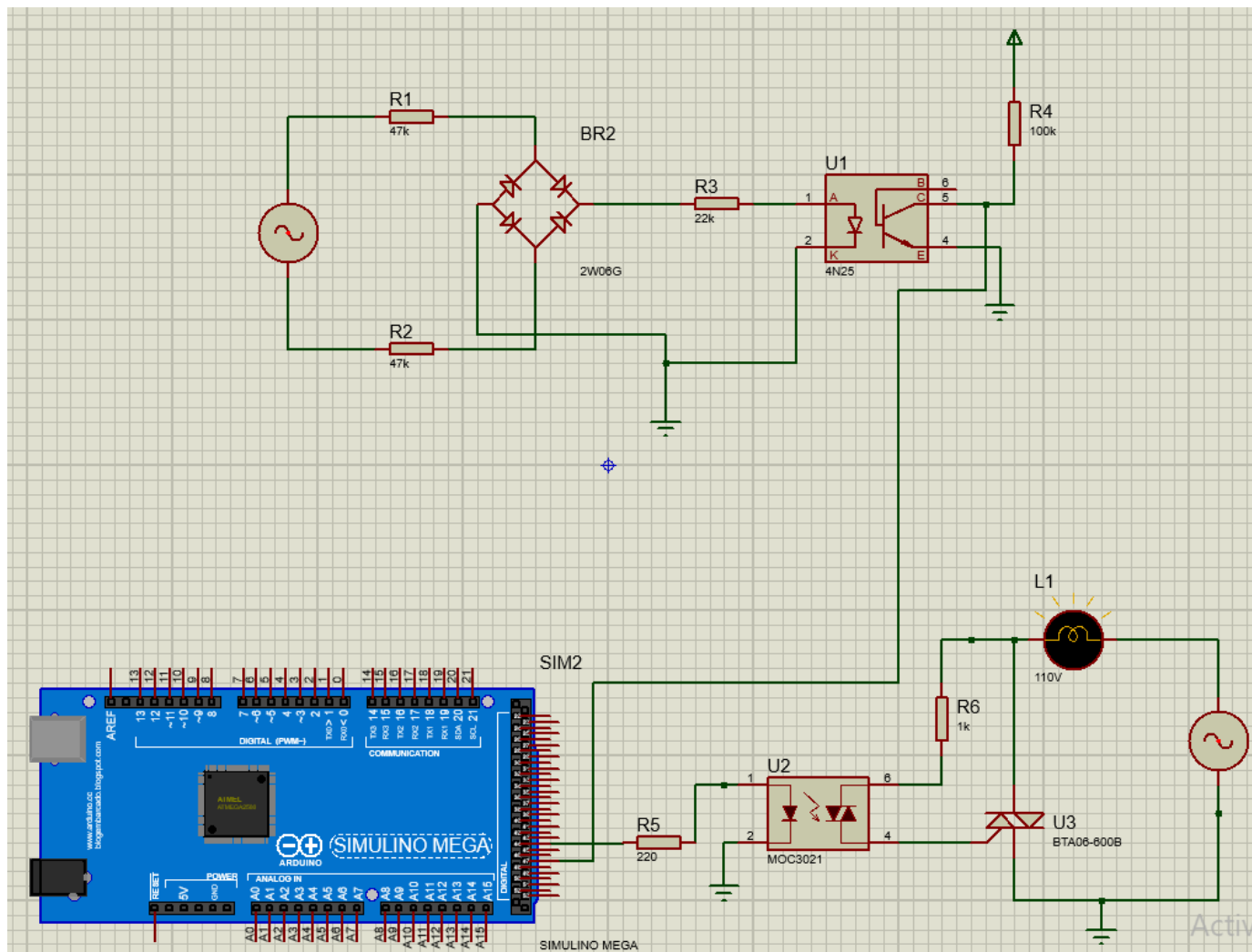


Figura 75. Plano Dimmer Cocina.

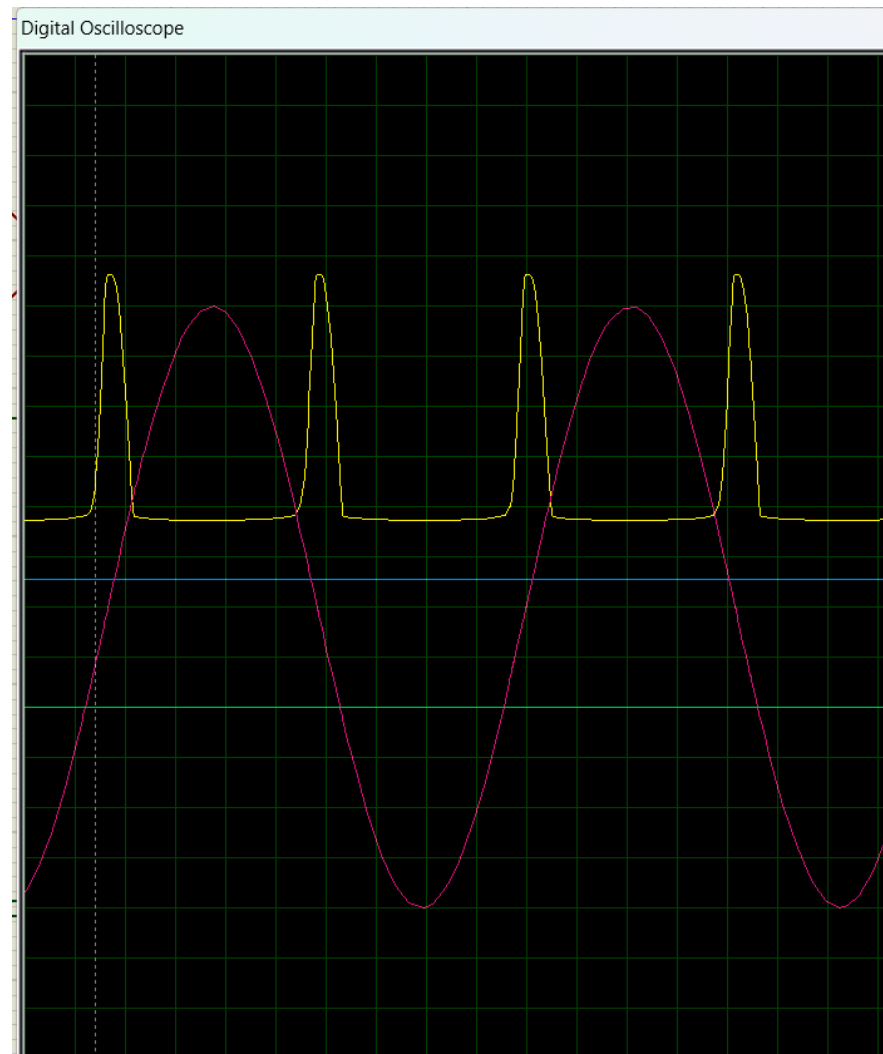


Figura 76. Oscilaciones con el potenciómetro al 100 %.

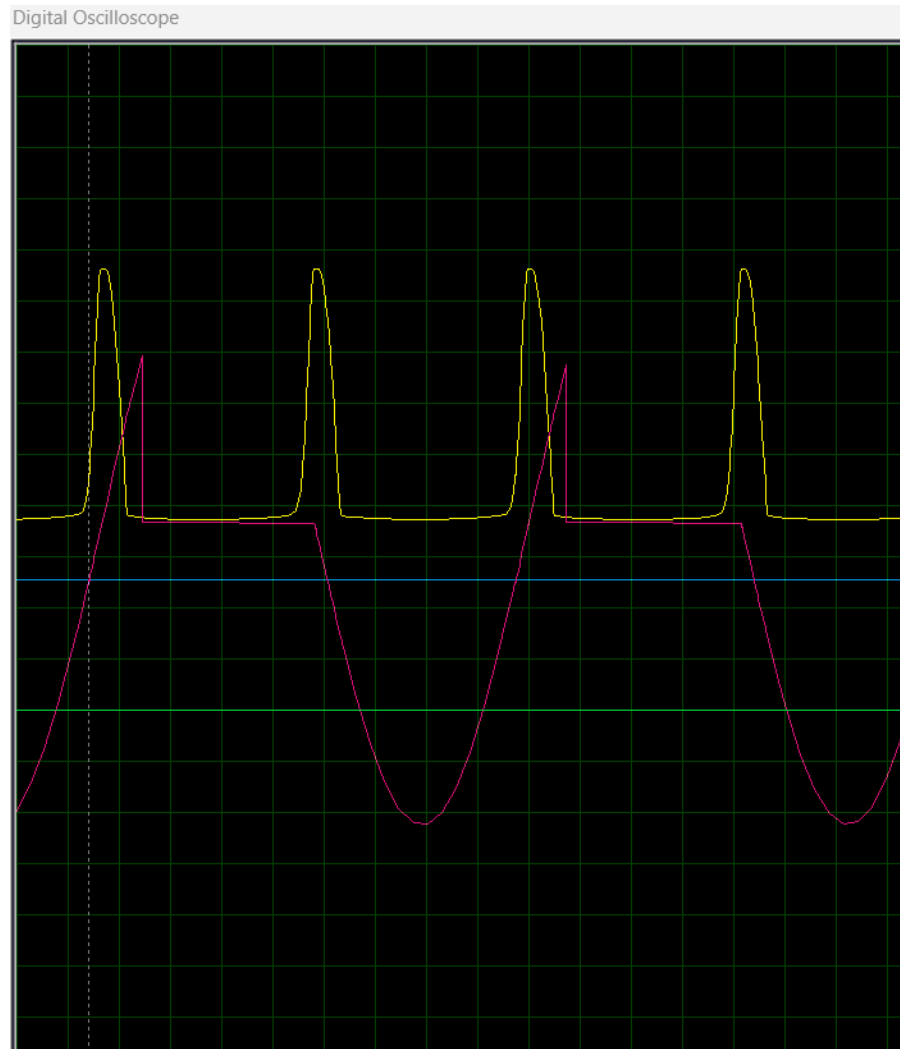


Figura 77. Oscilaciones con el potenciómetro al 0 %.