



**UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**DISEÑO DE UN PROCESO ARTESANAL SEMI-INDUSTRIAL  
PARA LA PREPARACIÓN DE UN JARABE DE USO  
TERAPÉUTICO, A PARTIR DE PLANTAS MEDICINALES  
TRADICIONALES DEL CANTÓN ARAJUNO.**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA**

**AUTOR:** JAIRO JAIR BARRIONUEVO SIMBAÑA

**TUTORES:** PhD. ZULAY NIÑO Y PhD. CARLOS NAVAS

**Napo-Ecuador**  
**2022**

### **DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo, Jairo Jair Barrionuevo Simbaña con documento de identidad N° 160052976-0, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Tena, 16 de junio de 2022



Jairo Jair Barrionuevo Simbaña

1600529760

## **AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Yo, Jairo Jair Barrionuevo Simbaña, con documento de identidad N° 1600529760, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: DISEÑO DE UN PROCESO ARTESANAL SEMI-INDUSTRIAL PARA LA PREPARACIÓN DE UN JARABE DE USO TERAPÉUTICO, A PARTIR DE LAS PLANTAS MEDICINALES TRADICIONALES DEL CANTÓN ARAJUNO de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación superior.

Tena, 16 de junio de 2022



Jairo Jair Barrionuevo Simbaña  
1600529760

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Certifico que el Trabajo de Integración Curricular Titulado: DISEÑO DE UN PROCESO ARTESANAL SEMI-INDUSTRIAL PARA LA PREPARACIÓN DE UN JARABE DE USO TERAPÉUTICO, A PARTIR DE LAS PLANTAS MEDICINALES TRADICIONALES DEL CANTÓN ARAJUNO, en la modalidad: tesis, fue realizado por: Jairo Jair Barrionuevo Simbaña, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación desimilitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 16 de junio de 2022

Firma



Firmado electrónicamente por:

**ZULAY MARINA**

PhD. Zulay Niño Ruiz

Firma



Firmado electrónicamente por:  
**CARLOS ANDRES NAVAS  
CARDENAS**

PhD. Carlos Navas Cárdenas

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al proyecto Pachamama por permitirme realizar mi proyecto de titulación.

A mi tutora de tesis Ph.D Zulay Niño Ruiz y mi co-tutor Ph.D Carlos Navas Cárdenas por guiarme en el desarrollo del proceso de este trabajo. Gracias por enseñarme y ayudarme a crecer en el ámbito académico.

## **DEDICATORIA**

A mi madre y mis hermanos, quienes siempre me han apoyado en cada momento. Estoy enormemente agradecido por haberme ayudado en todo este trayecto académico y personal.

A mi segunda familia, mis amigos que sirvieron para darme ánimos y apoyo en lo que fue mi formación académica.

A mi Sobrino Aarón, quien quiero y fue parte de mi inspiración.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                                                                                  |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD                                                  | i    |
| AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL                                                      | ii   |
| CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR                                                    | iii  |
| AGRADECIMIENTOS                                                                                                  | iv   |
| DEDICATORIA                                                                                                      | v    |
| ÍNDICE GENERAL                                                                                                   | vi   |
| ÍNDICE DE FIGURAS                                                                                                | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS                                                                                                 | ix   |
| ÍNDICE DE ANEXOS                                                                                                 | xi   |
| RESUMEN                                                                                                          | xii  |
| ABSTRACT                                                                                                         | xiii |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN                                                          | 1    |
| 1.1 Antecedentes                                                                                                 | 1    |
| 1.1.1 El uso de plantas medicinales en la actualidad                                                             | 1    |
| 1.1.2 Plantas con potencial uso terapéutico                                                                      | 2    |
| 1.1.3 Las chakras                                                                                                | 3    |
| 1.2 Planteamiento del problema                                                                                   | 5    |
| 1.3 Justificación de la investigación                                                                            | 5    |
| 1.4 Objetivos de la investigación                                                                                | 6    |
| 1.5 Objetivo General                                                                                             | 6    |
| 1.6 Objetivos Específicos                                                                                        | 6    |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA                                                                                         | 7    |
| 2.1 Trabajo de campo                                                                                             | 7    |
| 2.2 Investigación bibliográfica sobre plantas medicinales y sus compuestos químicos                              | 13   |
| 2.3 Estandarización del jarabe terapéutico artesanal                                                             | 13   |
| 2.4 Balance de masa del proceso para la elaboración del jarabe terapéutico                                       | 14   |
| 2.5 Balance de energía del proceso para la elaboración del jarabe terapéutico                                    | 14   |
| 2.6 Diagrama de bloques, layout y diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID)                                  | 15   |
| 2.7 Fichas técnicas de los instrumentos y equipos de la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico | 15   |
| CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS                                                                 | 16   |

|                                                  |                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1                                              | Elaboración artesanal del jarabe terapéutico en las 3 comunidades visitadas del cantón Arajuno. .... | 18 |
| 3.2                                              | Estandarización de la receta del jarabe terapéutico .....                                            | 26 |
| 3.3                                              | Fitoquímica de las plantas medicinales usadas en la estandarización del jarabe terapéutico. ....     | 26 |
| 3.4                                              | Diagrama de bloques .....                                                                            | 28 |
| 3.5                                              | Balance de masa del proceso de elaboración artesanal del jarabe terapéutico .....                    | 31 |
| 3.6                                              | Balance de energía .....                                                                             | 36 |
| 3.7                                              | Distribución de la planta .....                                                                      | 37 |
| 3.8                                              | Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) .....                                                  | 38 |
| 3.9                                              | Dimensiones y especificaciones de los instrumentos para la elaboración del jarabe terapéutico .....  | 39 |
| 3.10                                             | Inversión .....                                                                                      | 55 |
| CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN .....    |                                                                                                      | 57 |
| 4.1                                              | Fitoquímica de las plantas medicinales seleccionadas .....                                           | 57 |
| 4.2                                              | Propiedades antiinflamatorias de la especie <i>Monteverdia macrocarpa</i> (Ruiz & Pav.) Biral .....  | 58 |
| 4.3                                              | Propiedades antiinflamatorias de la especie <i>Mansoa alliacea</i> (Lam) .....                       | 58 |
| 4.4                                              | Propiedades antiinflamatorias de la especie <i>Piper sp.</i> ....                                    | 59 |
| 4.5                                              | Descripción de proceso de elaboración artesanal del jarabe terapéutico .....                         | 60 |
| 4.6                                              | El balance de energía .....                                                                          | 61 |
| 4.7                                              | Automatización en el proceso de calentamiento del jarabe terapéutico .....                           | 62 |
| 4.8                                              | Inversión .....                                                                                      | 62 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... |                                                                                                      | 63 |
| Referencias .....                                |                                                                                                      | 65 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Diagrama de bloques del proceso para la elaboración de jarabe terapéutico diseñado para el cantón Arajuno..... | 30 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Descripción de las actividades realizadas en las salidas de campo en las 3 comunidades del cantón Arajuno (anexo 1). .....                                                                    | 8  |
| <b>Tabla 2.</b> Plantas medicinales usadas por los sabios de las diferentes comunidades del cantón Arajuno, que podría tratar enfermedades y síntomas relacionados al Covid-19. ....                          | 16 |
| <b>Tabla 3.</b> Metodología y cantidades de las plantas medicinales en la elaboración artesanal del jarabe terapéutico en la comunidad de Shiwa Kucha, Chuya Yaku y Nushino Ishpingo, del cantón Arajuno..... | 19 |
| <b>Tabla 4.</b> Estandarización del jarabe terapéutico artesanal. ....                                                                                                                                        | 26 |
| <b>Tabla 5.</b> Fitoquímica de las 3 plantas medicinales .....                                                                                                                                                | 27 |
| <b>Tabla 6.</b> Balance de masa para la elaboración artesanal del jarabe terapéutico en la etapa de recepción e inspección. ....                                                                              | 31 |
| <b>Tabla 7.</b> Balance de masa del proceso para la elaboración artesanal del jarabe terapéutico en la etapa de lavado. ....                                                                                  | 33 |
| <b>Tabla 8.</b> Balance de masa del proceso para la elaboración artesanal del jarabe terapéutico en la etapa de extracción, filtración y almacenamiento.....                                                  | 34 |
| <b>Tabla 9.</b> Concentración del jarabe terapéutico artesanal.....                                                                                                                                           | 35 |
| <b>Tabla 10.</b> Valores del calor específico de cada materia prima y material. ....                                                                                                                          | 36 |
| <b>Tabla 11.</b> Energía requerida para calentar 220 L de mezcla en el tanque de procesamiento en una cocina industrial. ....                                                                                 | 36 |
| <b>Tabla 12.</b> Calor de combustión total del GLP .....                                                                                                                                                      | 37 |
| <b>Tabla 13.</b> Tags de los instrumentos y tuberías de la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico .....                                                                                     | 38 |
| <b>Tabla 14.</b> Ficha técnica del tanque de extracción .....                                                                                                                                                 | 40 |
| <b>Tabla 15.</b> Ficha técnica del tanque de almacenamiento.....                                                                                                                                              | 41 |
| <b>Tabla 16.</b> Ficha técnica de tamiz de acero inoxidable .....                                                                                                                                             | 42 |
| <b>Tabla 17.</b> Ficha técnica de cocina industrial.....                                                                                                                                                      | 43 |
| <b>Tabla 18.</b> Ficha técnica de mesa de trabajo.....                                                                                                                                                        | 44 |
| <b>Tabla 19.</b> Ficha técnica de balanza digital .....                                                                                                                                                       | 45 |
| <b>Tabla 20.</b> Ficha técnica de cilindro GLP.....                                                                                                                                                           | 46 |
| <b>Tabla 21.</b> Ficha técnica de tapador de botellas eléctrica.....                                                                                                                                          | 47 |
| <b>Tabla 22.</b> Ficha técnica de repisa metálica .....                                                                                                                                                       | 48 |
| <b>Tabla 23.</b> Ficha técnica de válvulas de control GLP.....                                                                                                                                                | 49 |
| <b>Tabla 24.</b> Ficha técnica de válvula con actuador eléctrico.....                                                                                                                                         | 50 |
| <b>Tabla 25.</b> Ficha técnica de termocupla.....                                                                                                                                                             | 51 |
| <b>Tabla 26.</b> Ficha técnica de dosificador de alimentación directa de doble boquilla .....                                                                                                                 | 52 |

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 27.</b> Ficha técnica de sensor de nivel de agua.....                                      | 53 |
| <b>Tabla 28.</b> Ficha técnica de cámara de desinfección UV ozono .....                             | 54 |
| <b>Tabla 29.</b> Ficha técnica de etiquetadora de botellas .....                                    | 55 |
| <b>Tabla 30.</b> Equipos e instrumentos necesarios para la producción de jarabe<br>terapéutico..... | 56 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1.</b> Visita a las comunidades de Shiwa Kucha, Chuya Yaku y Nushino<br>Ishpingo.....                              | 71 |
| <b>Anexo 2.</b> Banco de preguntas de la encuesta realizada a los sabios de las tres<br>comunidades del cantón Arajuno..... | 72 |
| <b>Anexo 3.</b> Cálculo de balance de masa en el proceso de elaboración de jarabe<br>terapéutico.....                       | 73 |
| <b>Anexo 4.</b> Cálculo de balance de energía .....                                                                         | 76 |
| <b>Anexo 5.</b> Cálculo de calor por combustión de GLP.....                                                                 | 82 |
| <b>Anexo 6.</b> Vista superior de la planta semi-industrial procesadora de jarabe<br>terapéutico.....                       | 84 |
| <b>Anexo 7.</b> P&ID.de la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico .....                                   | 85 |
| <b>Anexo 8.</b> Proformas de los equipos e instrumentos. ....                                                               | 86 |

## RESUMEN

En Ecuador, el Cantón Arajuno, provincia de Pastaza, las comunidades indígenas han utilizado un sistema agropastoril *chakra* para reactivar la economía del cantón a partir de la elaboración de jarabe terapéutico a base de 9 plantas medicinales como chuchuhuaso, bálsamo, amini, lispungo, challua kaspi, ajo de monte, matico, hierba luisa y ishpingo. Sin embargo, su uso no ha sido validado por estudios científicos, ni se ha estandarizado el proceso de elaboración de un jarabe con posible uso terapéutico contra enfermedades respiratorias. Con el objetivo de diseñar un proceso semi-industrial para la elaboración de jarabe terapéutico en el cantón Arajuno, se visitó las comunidades de Shiwa Kucha, Chulla Yaku y Nushino ishpingo para conocer la metodología de elaboración artesanal del jarabe. En la estandarización del proceso de obtención de jarabe se utilizaron las nueve plantas medicinales mencionadas, de las cuales tres plantas presentaron compuestos con propiedades bioactivas de interés. Se ejecutó una revisión bibliográfica de la fitoquímica de dichas plantas (ajo de monte, chuchuhuaso y matico). Además, se realizó el balance de masa y energía tomando como base los 100 L de jarabe terapéutico producido. Dicha cantidad de jarabe corresponde a 200 botellas de 500 mL con un costo de inversión aproximado de \$ 9667,21. El estudio permitió la obtención de un producto a base de métodos estandarizados y respaldo científico que corrobora la fitoquímica de las plantas empleadas y su efectividad.

**Palabras claves:** Proceso semi-industrial, jarabe terapéutico, Amazonía ecuatoriana, fitoquímica

## ABSTRACT

In Ecuador, the Arajuno Canton, Pastaza province, the indigenous communities have used a chakra agropastoral system to reactivate the economy of the canton from the elaboration of therapeutic syrup based on 9 medicinal plants such as chuchuhuaso, balsam, amini, lispungo, challua kaspi, wild garlic, matico, lemon verbena and ishpingo. However, its use has not been validated by scientific studies, nor has the process for making a syrup with possible therapeutic use against respiratory diseases been standardized. With the objective of designing a semi-industrial process for the elaboration of therapeutic syrup in the Arajuno canton, the communities of Shiwa Kucha, Chulla Yaku and Nushino ishpingo were visited to learn about the methodology for the artisan elaboration of the syrup. In the standardization of the process for obtaining syrup, the nine medicinal plants mentioned were used, of which three plants presented compounds with bioactive properties of interest. A bibliographic review of the phytochemistry of these plants (garlic, chuchuhuaso and matico) was carried out. In addition, the mass and energy balance was carried out based on the 100 L of therapeutic syrup produced. This amount of syrup corresponds to 200 bottles of 500 mL with an approximate investment cost of \$ 9667,21. The study allowed obtaining a product based on standardized methods and scientific support that corroborates the phytochemistry of the plants used and their effectiveness.

**Keywords:** Semi-industrial process, therapeutic syrup, Ecuadorian Amazon, hytochemistry

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

La enfermedad Covid-19 es provocada por el virus SARS-CoV-2 que induce un síndrome respiratorio agudo grave en las personas. La sintomatología más común presente en personas infectadas han sido: tos, inflamación a las vías respiratorias, fiebre, dolor muscular, dolor de garganta, dolor de cabeza, pérdida del gusto u olfato [1,2]. Además, se ha registrado que las personas infectadas por Covid-19 sufren daños en el sistema nervioso, digestivo, renal y cardiovascular [1]. La OMS indica que esta enfermedad debido a ser altamente contagiosa, provocó la pandemia de coronavirus, que inició en diciembre de 2019 y que hasta febrero de 2022 ha registrado 5.978.096 muertes a nivel global [2,3]. En Ecuador, se registró la cantidad de decesos entre el año 2020 y 2021, obteniendo 13.994 y 19.692, respectivamente; cifra que ha aumentado según el reporte de marzo 2022 hasta 35.316 decesos [4]. Las pérdidas humanas causadas por la pandemia de coronavirus han producido perturbaciones socioeconómicas mundiales que han afectado al mercado interno y externo de los países a nivel mundial. Ecuador ha sufrido un golpe económico drástico, empezando con un decrecimiento del PIB (Producto Interno Bruto) del - 6,5 % y el gran endeudamiento del país con el FMI (Fondo Monetario Internacional) [5]. De igual manera, las pérdidas totales en los sectores productivos públicos y privados son de USD 16.381,7 millones en el 2020. De este modo, las pérdidas de empleo llegaron a 532.359 de personas sin trabajo y las industrias más afectadas fueron de alojamiento y servicios de comida, enseñanza y servicios de salud, el servicio de transporte y almacenamiento, turismo, comercio y construcción [6].

#### **1.1.1 El uso de plantas medicinales en la actualidad**

Desde tiempos remotos, las plantas han sido fundamentalmente empleadas para fines medicinales y pueden ser utilizadas como medicamentos naturales para tratamiento en diferentes enfermedades por virus, bacterias, hongos, parásitos o como fuente potenciadora del sistema inmunológico de los seres humanos [7]. Los compuestos bioactivos de las plantas pueden ser una fuente de desarrollo de medicamentos para atención primaria de salud, siendo una alternativa contra enfermedades patógenas y pueden ser extraídos en su totalidad de plantas silvestres [8]. Varias plantas han sido

usadas para tratar la sintomatología de las enfermedades provocadas por pandemias pasadas, lo cual, ha desarrollado una dependencia de ellas. Por ejemplo, las plantas *Zingiber officinale* (jengibre), *Ocimum sanctum* (albahaca), *Tinospora cordifolia* (guduchi), *Glycyrrhiza glabra* (regaliz), *Moringa oleifera* (moringa) y otras, tienen compuestos bioactivos para combatir enfermedades respiratorias y transmitidas por vectores artrópodos como por ejemplo el dengue[9–11]. Dentro de estos compuestos se encuentran las saponinas, flavonoides, alcaloides, quercetina y polisulfatos, que inhiben la entrada del virus y replicación [9,12]. La aplicación de medicina ancestral y el uso de plantas medicinales ha aumentado a raíz de la pandemia de coronavirus, siendo los recursos naturales una alternativa medicinal que podría prevenir o tratar esta enfermedad [13,14].

Las plantas usan los metabolitos secundarios como mecanismo de defensa ante el ataque de fitopatógenos, los mismos que pueden inhibir el estrés ambiental y la acción de agentes patógenos. El estudio y utilización de metabolitos secundarios, junto con el estado de conservación, la Ecología y Etnobotánica, son importantes para el desarrollo de fármacos [15–17]. Las investigaciones dirigidas a la aplicación y uso de recursos naturales como alternativa medicinal, se enfocan en identificar plantas de las que se pueden extraer sus metabolitos secundarios, ya que estos actúan contra virus respiratorios, incluso cuando se emplean como extracto crudo [18]. El sauco negro (*Sambucus nigra* L) es una de las plantas que ha sido utilizada para el tratamiento del resfriado común, VIH, VHS-1, influenza, infecciones al tracto urinario y enfermedades reumáticas [18]. Los metabolitos secundarios de esta planta pueden aumentar la inmunidad, logrando inhibir la actividad del ARN, como es el caso de enterovirus en Nigeria y se ha demostrado que posee un gran potencial para impedir la acción del virus de la influenza H1N1, evitando que este entre y actúe en las células huésped del ser humano. Por otra parte, se han reportado otras plantas que tienen una alta capacidad antiviral para contrarrestar la replicación del virus en las células humanas y las especies reportadas son *Radix bupleuri*, *Lycoris radiata*, *Pyrrosia lingua*, *Isatis indigotica*, *Torreya nucifera* y *Lindera aggregate* (Sims). [19]. Del mismo modo, existen plantas que son utilizadas para el tratamiento de enfermedades inflamatorias como: la fiebre del dengue y diabetes, mismas que se analizarán a continuación mediante su revisión correspondiente.

### **1.1.2 Plantas con potencial uso terapéutico**



En la actualidad, han sido estudiadas gran cantidad de plantas gracias a su potencial uso terapéutico contra diversas infecciones. Por ejemplo, se ha demostrado que la planta medicinal *Ocimum basilicum* L., que se encuentra en África y Asia y pertenece a la familia de las *Lamiaceae* (su nombre común es albahaca dulce), aparte de ser usada en las industrias de alimentos y perfumería, tiene actividad antiviral, antiinflamatoria, antioxidante y antibacteriana [20,21]. Por el momento, se ha usado como tratamiento contra el VIH debido a que puede inhibir la replicación del virus y bloquear la replicación viral [21]. Otra planta perteneciente a la misma familia es la *Salvia miltiorrhiza* Bunge, conocida como salvia roja y es usada en la medicina tradicional china como componentes bioactivos de esta planta que se extraen de la raíz, tenemos diterpenoides lipofílicos, flavonoides, triterpenoides y compuestos fenólicos [22]. Los estudios terapéuticos señalan que tiene actividad antiviral con el VIH y enterovirus porque inhibe la actividad de la enzima RpRp (la ARN polimerasa dependiente de ARN) [19,23]. En enfermedades respiratorias, la planta *Pelargonium sidoides* DC (kaloba) logró contrarrestar la actividad de replicación del dos serotipos de la influenza como H1N1 y H3N2, la parainfluenza y el HRSV [24,25]. La planta *Acacia arábica* (goma arábica) en experimentos *in vivo* ha mostrado efectos antibióticos, disminuyendo la glucosa sérica y aumentando los niveles de CT (colesterol total), HDL (lipoproteína de alta densidad) y LDL (lipoproteína de baja densidad) [26]. Las plantas medicinales como *Carica papaya* y *Euphorbia hirta* en experimentos *in vivo* e *in vitro* fueron capaces de contrarrestar los efectos por la infección del virus del dengue, teniendo como resultado el aumento de glóbulos blancos y plaquetas en la sangre [27]. Finalmente, las especies *Flacourtia indica*, *Barathranthus nodiflorus* y *Diospyros ebenum*, fueron usados para evaluar la actividad antiinflamatoria y mostraron actividades inhibitorias de lipopolisacáridos (LPS) y macrófagos [28].

### **1.1.3 Las chakras**

De acuerdo a la última proyección poblacional realizada por el INEC del 2020 en la Amazonia ecuatoriana existen alrededor de 956.699 habitantes[29]. En la provincia de Pastaza, existen alrededor de 114.202 habitantes, entre mestizos e indígenas [29]. Por otra parte, en el cantón Arajuno, provincia de Pastaza, la población es de 6.491 habitantes, con una predominancia de gente indígena en un 90% y el 10% restante corresponde a mestizos, blancos y afroecuatorianos [30]. En dicho cantón, el 93 % de las comunidades viven en extrema pobreza, debido a la limitada actividad económica, la poca oferta laboral e ingresos salariales bajos que no cubren las necesidades básicas

de las familias de la comunidad [30]. Las comunidades del cantón Arajuno han utilizado el sistema agropastoril, denominado como *chakra*, desde tiempos ancestrales, este sistema estaba dejándose de lado; pero, la pandemia ha incentivado su reactivación entre las familias de las comunidades [31]. La *chakra* es una zona productiva ubicado dentro de la finca, donde la familia maneja adecuadamente ese espacio con un enfoque orgánico y biodiverso, respetando el conocimiento ancestral para una producción equilibrada y sostenible de especies maderables, frutales, comestibles, medicinales, ornamentales e incluso fauna silvestre y doméstica [31]. La *chakra* es gestionada principalmente por la *chagramamas* o mujeres de la *chakra*, ellas son las responsables del empleo de los recursos naturales, ciclos productivos en el cultivo y la distribución de las cosechas, sobre todo de las plantas medicinales [8,31]. El conocimiento ancestral de las *chagramamas* ha fomentado la elaboración de varias recetas de productos de uso terapéutico, con varias plantas que se encuentran en sus *chakras* como la challua caspi, curi, llushtunda, musuwaska, ayahuasca, chuchuhuaso, amini, mático, bálsamo, runa caspi y sachá ajo, que han sido utilizadas para tratar enfermedades cardiovasculares, como la generada por el Covid-19 [32]. La *chagramamas* han transmitido este conocimiento ancestral de generación a generación respecto a productos terapéuticos y han educado sobre estos conocimientos a las generaciones venideras del cantón Arajuno.

Las formulaciones y preparación de la medicina tradicional en las comunidades consisten en la utilización de varias partes del tejido de la planta, dependiendo de la dolencia o problema que aqueja la persona. De acuerdo a la información proporcionada por la gente que vive en las comunidades se puede comer fruto o tomar el tejido de la planta (hoja, raíces o corteza) para hacer un emplasto y colocar sobre la zona afectada [33]. Los jarabes terapéuticos se pueden hacer de dos formas, mediante decocción o maceración en alcohol etílico [34]. En la decocción, las partes seleccionadas de tejido de las plantas son puestas a hervir en un recipiente con agua, el tiempo de reposo dependerá del sabio que lo prepara [33,34]. Por otra parte, en la maceración se toma parte del tejido que se requiera y se lo coloca en un recipiente, se agrega alcohol etílico y se deja reposar durante 10 días. Por lo general, el tratamiento es tomar un vaso pequeño del producto en ayunas [34]. Sin embargo, estos métodos de preparación artesanal no se han logrado estandarizar y dar un valor comercial. La intención de esta tesis es realizar la propuesta del diseño de un proceso artesanal semi-industrial para la preparación de un jarabe con potencial uso terapéutico, a partir de las plantas

medicinales tradicionales como chuchuhuaso, bálsamo, amini, lispungo, challua kaspi, ajo de monte, matico, hierba luisa e ishpingo del cantón Arajuno. Por lo tanto, se necesita de la recopilación de información acerca de las 9 plantas usadas en la Región Amazónica contra varias enfermedades y la estandarización del procedimiento de elaboración artesanal de un producto terapéutico.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La actual crisis económica del país ha obligado a las comunidades del cantón Arajuno a buscar alternativas que permitan mantener los procesos socioeconómicos y aumentar los ingresos de las familias. En este sentido, el uso de la *chakra* surge en la práctica, como una de las alternativas más eficaces para impulsar la reactivación económica en Arajuno, además, la aculturación de las comunidades indígenas ha ocasionado que exista la pérdida de conocimientos tradicionales que han sido transmitidos de generación en generación a lo largo del tiempo. La modernización ha provocado que dentro de las comunidades exista una pérdida de la identidad cultural. Actualmente la mayoría de las mujeres jóvenes han mostrado una falta de interés en transmitir los conocimientos tradicionales y costumbres que se practican en la *chakra*. Los hábitos culturales y rituales son conocimientos impartidos por las mujeres ancianas de la comunidad que intentan asegurar que las generaciones jóvenes los mantengan, sin embargo, esto se ha convertido en un reto. Los habitantes, al estar rodeados de bosques, han realizado un manejo y uso de plantas con fines terapéuticos contra enfermedades. Sin embargo, este uso no ha sido validado mediante estudios científicos, ni se ha estandarizado el proceso de elaboración de un producto de uso terapéutico que permitan el fortalecimiento del sistema inmunológico contra diferentes virus que generan enfermedades respiratorias. Por estos motivos, es necesario recopilar y generar información bibliográfica que permita confirmar algunos de los componentes bioactivos de metabolitos secundarios de las plantas medicinales y puedan ser la base para la producción de un producto con potencial terapéutico. Además, a través del uso de las plantas de la *chakra* para la aplicación medicinal, se podría generar un crecimiento económico en las comunidades del cantón Arajuno.

## **1.3 Justificación de la investigación**

La abundancia de especies de plantas de la Amazonía ecuatoriana y los conocimientos ancestrales de los habitantes de la comunidad indígena, han comenzado a elaborar un

jarabe de uso terapéutico, producido a base de plantas medicinales [35]. En este sentido, las comunidades del cantón Arajuno, a raíz de su alto nivel de pobreza y la escasa inversión en infraestructura y servicios, están buscando alternativas para que sus productos medicinales, elaborados mediante conocimientos ancestrales, puedan llegar al mercado, con el fin de favorecer a su economía. Por otra parte, existen muy pocas investigaciones en lo correspondiente al proceso de elaboración del producto de uso terapéutico que se producen en dichas comunidades, lo cual genera una falta de aprovechamiento de los conocimientos ancestrales de las mismas. Por esta razón, este trabajo permitirá llevar a cabo un estudio que abarque desde una recopilación de información relacionada con las plantas medicinales del lugar y la estandarización de su proceso de producción del jarabe. Además, este trabajo contempla actividades que permitirán llevar a cabo el diseño de un proceso a escala semi-industrial para la elaboración de jarabes con un potencial uso terapéutico. La revisión de bibliografía en diferentes bases de datos, permitirán conocer los metabolitos secundarios de las plantas que conforman dicho producto de uso terapéutico, conocer su estructura y determinar los beneficios que generan en el ser humano. En este sentido, este estudio tiene como objetivo diseñar un proceso artesanal-semi-industrial en el cantón Arajuno para la elaboración de un producto con potencial uso terapéutico, permitiendo también el rescate, el fortalecimiento y el desarrollo de conocimientos ancestrales a partir del uso apropiado de la *chakra*.

#### **1.4 Objetivos de la investigación**

#### **1.5 Objetivo General**

Diseñar un proceso artesanal-semi-industrial para la preparación de jarabe con potencial uso terapéutico, a partir de las plantas medicinales tradicionales más representativas del cantón Arajuno, provincia de Pastaza.

#### **1.6 Objetivos Específicos**

- Recopilar información acerca de las plantas medicinales usadas por los sabios de cada comunidad visitada, del cantón Arajuno, provincia de Pastaza para tratar enfermedades, además, sus composiciones químicas y el proceso de elaboración artesanal del producto de uso terapéutico en el cantón Arajuno.

- Proponer el diseño de una planta semi-industrial para la elaboración de un jarabe terapéutico de 9 plantas medicinales con potencial uso terapéutico en el cantón Arajuno.
- Establecer la inversión inicial para la adquisición de los equipos e instrumentos que pondrán en marcha la planta semi-industrial antes mencionada.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1 Trabajo de campo**

Como parte inicial de la investigación se realizó el trabajo de campo que consistió en una visita a tres comunidades del cantón Arajuno, seleccionadas según su ubicación geográfica en tres zonas y alejadas entre sí. Las comunidades estudiadas fueron: Shiwa Kucha, Chuya Yaku y Nushino Ishpingo, en el Cantón Arajuno. En el Anexo 1 se

muestran fotografías del trabajo en las *chakras*, socialización y elaboración artesanal del jarabe terapéutico durante la visita cada comunidad. En las comunidades se aplicó una encuesta estructurada (Anexo 2) respecto al uso medicinal de las plantas de la *chakra*. Además, se realizaron entrevistas con los sabios de cada comunidad sobre las plantas medicinales para tratar varias enfermedades. Finalmente, se hicieron prácticas sobre la forma de preparación artesanal del jarabe terapéutico. La visita fue acompañada por un grupo de botánicos quienes identificaron las plantas medicinales. En la Tabla 1 se describe las actividades realizadas en cada una de las comunidades mencionadas.

**Tabla 1.** Descripción de las actividades realizadas en las salidas de campo en las 3 comunidades del cantón Arajuno (anexo 1).

| Comunidad   | Número de visitas | Fecha de visita     | Número de sabios | Actividades/observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Shiwa Kucha | 3                 | Viernes<br>05/03/21 | 2                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se realizó una visita a la <i>chakra</i> de una pareja de sabios y se socializó sobre el uso de plantas medicinales.</li> <li>Se recolectó información de las plantas medicinales de la <i>chakra</i> de los sabios para el tratamiento de enfermedades respiratorias.</li> <li>No se logró elaborar el jarabe terapéutico artesanal por falta de algunos tejidos de la planta como bálsamo y challua kaspi.</li> </ul> |
|             |                   | Sábado<br>06/03/21  | 1                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se visitó la <i>chakra</i> de una sabia y se socializó sobre el uso de las plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades como cáncer, inflamatorias y respiratorias.</li> <li>No se logró elaborar el jarabe terapéutico artesanal porque las</li> </ul>                                                                                                                                                      |

|            |   |                       |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------|---|-----------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |   |                       |   | plantas medicinales se encontraban lejos de su hogar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|            |   | Miércoles<br>22/09/21 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se visitó el centro comunitario, se socializó y recolectó información de las plantas medicinales mediante una encuesta estructurada (Anexo 2) hechas para la gente local.</li> <li>Se elaboró de forma artesanal el jarabe terapéutico con 3 sabios.</li> <li>Se recolectó las cortezas y hojas de diferentes <i>chakras</i> de las plantas medicinales usadas en la elaboración del jarabe terapéutico artesanal.</li> </ul> |
| Chuya Yaku | 6 | Miércoles<br>09/06/21 | 2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se visitó la <i>chakra de una madre e hija</i> que se encuentra ubicada a 3 km de distancia de la comunidad y se recolectó información sobre el uso medicinal de las plantas que tienen en su <i>chakra</i>. No se realizó el jarabe terapéutico artesanal en la <i>chakra</i> por falta de 3 tejidos de plantas medicinales (cortezas u hojas).</li> </ul>                                                                   |
|            |   | Jueves<br>10/06/21    | 1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se logró socializar y visitar la <i>chakra</i> de un sabio de muchos años de experiencia en medicina ancestral.</li> <li>Se recolectó información de las plantas medicinales de su <i>chakra</i> para el tratamiento de</li> </ul>                                                                                                                                                                                            |

|  |  |                     |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|--|---------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |                     |   | <p>varias enfermedades como cáncer, diabetes, inflamatorias y respiratorias.</p> <p>– No se realizó el jarabe terapéutico artesanal por el tiempo limitado que tuvo el sabio en recolectar las cortezas de 2 plantas medicinales.</p>                                                                                                               |
|  |  | Viernes<br>09/06/21 | 1 | <p>– Se socializó con la gente de la comunidad sobre sus conocimientos en medicina ancestral.</p> <p>– No se logró elaborar el jarabe terapéutico artesanal por falta de algunos tejidos de la planta (cortezas u hojas).</p>                                                                                                                       |
|  |  | Sábado<br>10/07/21  | 1 | <p>– Se visitó la <i>chakra</i> de un sabio para elaborar el jarabe terapéutico artesanal pero no se logró hacer por que faltó algunas cortezas de las plantas medicinales, sobre todo el bálsamo.</p>                                                                                                                                              |
|  |  | Sábado<br>17/07/21  | 1 | <p>– Se visitó la <i>chakra</i> del sabio para elaborar el jarabe terapéutico artesanal.</p> <p>– Se realizó una encuesta estructurada (Anexo 2) al sabio antes de la elaboración del jarabe terapéutico artesanal.</p> <p>– Se anotó la temperatura, cantidad de agua, cantidad de cortezas y hojas, tiempo que dura el proceso de elaboración</p> |



|                     |   |                       |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|---|-----------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |   |                       |   | del jarabe terapéutico, además, se fotografió dicho proceso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                     |   | Martes<br>21/09/21    | 1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Con el sabio visitado el 17 de julio del 2021, se realizó el jarabe terapéutico en el centro comunitario del sector.</li> <li>Se aumentaron 2 plantas medicinales en la elaboración del jarabe terapéutico. Se anotó la temperatura, cantidad de agua, cantidad de cortezas y hojas, tiempo que dura el proceso de elaboración del jarabe terapéutico, además, se fotografió dicho proceso.</li> </ul>                                                                                                        |
| Nushino<br>Ishpingo | 4 | Miércoles<br>14/07/21 | 1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se visitó la <i>chakra</i> de una sabia cerca del centro comunitario</li> <li>Se recolectó información de las plantas medicinales usadas para tratar varias enfermedades como cáncer, respiratorias e inflamatorias.</li> <li>No se recolectó las cortezas y hojas de las plantas medicinales porque se encontraba lejos de la <i>chakra</i>.</li> <li>No se realizó la elaboración del jarabe terapéutico porque no había las cantidades suficientes de plantas medicinales para hacer el jarabe.</li> </ul> |
|                     |   | Jueves<br>15/07/21    | 2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se visitó la <i>chakra</i> de una pareja de sabios.</li> <li>Se recolectó información de las plantas medicinales usadas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|  |  |                             |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|--|-----------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |                             |   | <p>para tratar varias enfermedades.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se conoció sobre el manejo de cultivo de la <i>chakra</i>.</li> <li>No se recolectó las cortezas y hojas de las plantas medicinales.</li> <li>No se realizó la elaboración del jarabe terapéutico porque no había las cantidades suficientes de plantas medicinales para hacer el jarabe.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|  |  | <p>Viernes<br/>16/07/21</p> | 2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se visitó el centro comunitario y se conoció a una pareja de sabios.</li> <li>Se recolectó información mediante una encuesta estructurada (anexo 2) de ambos sabios sobre las plantas medicinales usadas para elaborar el jarabe terapéutico artesanal.</li> <li>Los sabios fueron los que trajeron las cortezas y hojas de varias <i>chakras</i>.</li> <li>Se elaboró el jarabe terapéutico artesanal junto con la comunidad.</li> <li>Se anotó la temperatura, cantidad de agua, cantidad de cortezas y hojas, tiempo que dura el proceso de elaboración del jarabe terapéutico, además, se fotografió dicho proceso. Se recolectó las cortezas y hojas</li> </ul> |

|  |  |                       |   |                                                                                   |
|--|--|-----------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |                       |   | de las plantas medicinales usadas en la elaboración jarabe terapéutico artesanal. |
|  |  | Miércoles<br>22/09/21 | 2 | No se elaboró el jarabe terapéutico artesanal por falta de tiempo.                |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

## **2.2 Investigación bibliográfica sobre plantas medicinales y sus compuestos químicos**

En esta investigación etnofarmacológica se prestó especial atención a las prácticas de elaboración de remedios a base de plantas usadas dentro de la comunidad que de acuerdo a lo mencionado por los sabios de la comunidad tienen la propiedad de combatir el Covid-19. Se usaron varias bases de datos como National Center for Biotechnology Information (NCBI), incluyendo artículos de Hindawi, PubMed, PudMed-Central, Google scholar, ScienceDirect y SciELO Citation Index. Las palabras claves que se utilizaron y facilitaron la búsqueda son: amazonia, antiviral, anti-inflammatory, disaese, secondary metabolites y medicinal plants. Finalmente, se seleccionaron las referencias que el artículo principal cita para identificar estudios relevantes relacionados a este trabajo. En la verificación de los nombres y familia de plantas se usó la base de datos Tropicos (<https://www.tropicos.org/home>).

## **2.3 Estandarización del jarabe terapéutico artesanal**

Para la obtención y el tratamiento de datos, se realizaron encuestas a los miembros de las comunidades de Shiwa Kucha, Chuya Yaku y Nushino Ishpingo, sobre las plantas medicinales que se usaron en la elaboración del jarabe terapéutico artesanal. Los criterios que se consideraron en esta investigación, fue la frecuencia de las plantas que se repetían en la elaboración del jarabe terapéutico en las 3 comunidades, la

disponibilidad de la planta medicinal cerca de la *chakra* y si la información sobre los metabolitos secundarios de las plantas medicinales está disponible en la literatura científica. Finalmente, se procedió a realizar una “receta” estándar con las plantas seleccionadas para elaborar el jarabe terapéutico artesanal en base a los criterios mencionados.

#### **2.4 Balance de masa del proceso para la elaboración del jarabe terapéutico**

Para la realización del balance de masa se seleccionó una base de cálculo de 100 L de jarabe terapéutico. La cantidad de agua potable y materia prima (cortezas y hojas) se obtuvo mediante el coeficiente de proporcionalidad directa tal como el mostrado en la Ecuación 1.

$$Y_1 = \frac{X_1 \cdot 100}{5} \quad \text{Ec 1}$$

Donde  $X_1$  es la cantidad de materia prima usada para hacer 5L de jarabe terapéutico y  $Y_1$  es la variable de cantidad de materia con base de cálculo de 100L de jarabe terapéutico. Se aplicó la ley de conservación de la materia para contabilizar los flujos de entrada y salida del proceso y se consideró un sistema abierto y estacionario, sin acumulación. Las ecuaciones utilizadas y cálculos realizados se muestran en el Anexo 3.

#### **2.5 Balance de energía del proceso para la elaboración del jarabe terapéutico**

Para el análisis de balance de energía del proceso se aplicó la Primera Ley de la Termodinámica, donde el cambio de energía total en un proceso es igual a la diferencia entre la energía total de entrada y la energía total de salida, se expresa de la siguiente manera (Ecuación 2) [36]:

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema} \quad \text{Ec 2}$$

Por otro lado, el procedimiento de calentamiento del agua más la materia prima (cortezas y hojas) fue de flujo estacionario, es decir, que sus características y propiedades no cambian con el tiempo. Entonces, debe mantener la misma cantidad de energía de calor, trabajo y transferencia de masa que entra y sale en el proceso [36,37]. Para el cálculo de la energía que se requiere en el tanque de procesamiento de acero inoxidable, se despejó de la Ecuación 2 obteniendo la Ecuación 3.

$$E_{entra} = \Delta E_{sistema} + E_{sale}$$

**Ec 3**

Se utilizaron las ecuaciones que describen los Fenómenos de Transporte de calor que ocurre en el tanque de procesamiento de acero inoxidable (Anexo 4). La transferencia de calor permite predecir el intercambio de energía y la velocidad de reacción de los materiales al contacto con el tanque de procesamiento de acero inoxidable, datos obtenidos por la diferencia de temperaturas [36]. La transferencia de calor que interfirió en este proceso es por convección natural que es provocado por el movimiento del fluido de la superficie del tanque de procesamiento por la diferencia de presiones. Por otro lado, la transferencia de calor por radiación ocurre en sustancias sólidas, líquidas y gaseosas por que pueden emitir, absorber y transmitir radiación térmica en forma de ondas electromagnéticas [36,38]. Las ecuaciones de transferencia de energía analizadas fueron la variación de energía interna del sistema, energía de convección, radiación y vaporización. En el caso de la energía de convección se calculó el coeficiente  $h_c$  de convección natural (Anexo 3). Para el cálculo de calor de combustión del GLP (gas licuado de petróleo) se buscó los valores de la composición del GLP en bibliografía como libros de Termodinámica. Además, las ecuaciones de las reacciones químicas de combustión completa de cada gas y las entalpías de formación en la reacción. Las ecuaciones que se usaron para el cálculo se muestran en el Anexo 5.

## **2.6 Diagrama de bloques, layout y diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID).**

Para el diseño del diagrama de bloques y el diseño de la distribución de la planta (*Layout*) se utilizó un software especializado para gráficos en 2D, además, se consideró el espacio disponible de acuerdo con el plano entregado por el arquitecto perteneciente a la fundación Pachamama. Para realizar el diagrama de instrumentos y tuberías (P&ID) se utilizó un software especializado de diseño 3D de plantas de procesos industriales.

## **2.7 Fichas técnicas de los instrumentos y equipos de la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico.**

Se visitaron varios centros ferreteros y talleres mecánicos de la ciudad de Puyo, provincia de Pastaza para solicitar fichas técnicas y proformas con su respectiva cotización de los equipos e instrumentos para conocer el valor y las características necesarias en el diseño de la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico (Anexo 8).

### CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

Del análisis de la información que se obtuvo de la encuesta realizada (Anexo 2) a los sabios de las 3 comunidades, se consiguieron como resultados, los datos presentes en la Tabla 2. Aquí se muestra una lista de las plantas medicinales que posiblemente sirven para tratar el Covid-19 y otras enfermedades que aquejan a los habitantes de las 3 comunidades de cantón Arajuno.

**Tabla 2.** Plantas medicinales usadas por los sabios de las diferentes comunidades del cantón Arajuno, que podría tratar enfermedades y síntomas del Covid-19.

| Comuni<br>dad  | Nombre<br>común         | Nombre<br>científico                                            | Familia       | Usos de la planta para tratar<br>enfermedades *                                                                                   |
|----------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Shiwa<br>Kucha | Animi                   | <i>Protium<br/>sagotianum</i><br>Marchand                       | Burseraceae   | Dolor abdominal y cuerpo.                                                                                                         |
|                | Challua<br>Kaspi        | <i>Aspidosper<br/>ma</i> sp.                                    | Apocynaceae   | Diarrea, diabetes, gastritis y<br>paludismo.                                                                                      |
|                | Chuchuhua<br>o          | (Monteverdi<br>a<br><i>macrocarpa</i><br>(Ruiz &<br>Pav.) Biral | Celastraceae  | Purificación de la sangre,<br>cólicos, diarrea, dolor de<br>estómago, de cuerpo y<br>cicatrizante de heridas.<br>Antiinflamatorio |
|                | Ishpingo                | <i>Ocotea<br/>quixos</i><br>Kosterm. ex<br>O.C.Schmidt          | Lauraceae     | Relajante muscular.                                                                                                               |
|                | Lispungo o<br>Llustunda | <i>Couropita<br/>guianensis</i><br>Aubl.                        | Lecythidaceae | Cicatrización de heridas.<br>Hipertensión, dolores de<br>cabeza, cuerpo y huesos.                                                 |
|                | Musuwaska               | <i>Tynanthus<br/>panurensis</i><br>(Bureau)<br>Sandwith         | Bignoniaceae  | Dolor corporal y tumores<br>(cáncer de mama).                                                                                     |
|                | Matico                  | <i>Piper</i> sp.                                                | Piperaceae    | Descongestión nasal, dolor de<br>garganta, fiebre y escalofríos.                                                                  |
| Chuya<br>Yaku  | Bálsamo                 | <i>Myroxylon<br/>balsamum</i><br>Harms                          | Fabaceae      | Fiebre, mareo, dolor de cuerpo,<br>tos y gripe.                                                                                   |
|                | Challua<br>Caspi        | <i>Aspidosper<br/>ma</i> sp.                                    | Apocynaceae   | Dolor de cuerpo y energizante.                                                                                                    |

|                  |                      |                                             |                  |                                                                                   |
|------------------|----------------------|---------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Hierba luisa         | <i>Cymbopogon citratus</i> Stapf            | Poaceae          | Dolor de estómago, calmante natural y antiinflamatorio.                           |
|                  | Intiangu             | No identificada por los botánicos           | -                | -                                                                                 |
|                  | Lispungo o Llustunda | <i>Couropita guianensis</i> Aubl.           | Lecythidaceae    | Cáncer                                                                            |
|                  | Matico               | <i>Piper sp.</i>                            | Piperaceae       | Descongestión nasal, dolor de garganta, fiebre y escalofríos.                     |
|                  | Runa Caspi           | <i>Sloanea synandra</i> Spruce ex Benth.    | Elaeocarpaceae   | Cansancio                                                                         |
|                  | Yutzu                | No identificada por los botánicos           | -                | -                                                                                 |
|                  | Zaragosa             | <i>Aristolochia sp</i>                      | Aristolochiaceae | Dolor abdominal y fiebre.                                                         |
| Nushino Ishpingo | Animi                | <i>Protium sagotianum</i> Marchand          | Burseraceae      | Dolor de cuerpo                                                                   |
|                  | Anís de monte        | No identificada por los botánicos           | -                | -                                                                                 |
|                  | Ajo de monte         | <i>Mansoa alliacea</i> (Lam)                | Bignoniaceae     | Cáncer de próstata e inflamaciones.                                               |
|                  | Bálsamo              | <i>Myroxylon balsamum</i> Harms             | Fabaceae         | Fiebre, mareo, dolor de cuerpo, tos y gripe. Enfermedades respiratorias en bebés. |
|                  | Chuchuhuas o         | (Monteverdia macrocarpa (Ruiz & Pav.) Biral | Celastraceae     | Infección de garganta, dolor de cuerpo y analgésico.                              |

\*Datos obtenidos en la encuesta realizada por los señores Jefferson Pastuña y Jair Barrionuevo a los sabios de las 3 comunidades visitadas.

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

### **3.1 Elaboración artesanal del jarabe terapéutico en las 3 comunidades visitadas del cantón Arajuno.**

Para la elaboración del jarabe terapéutico se establecieron las cantidades necesarias de materia prima (cortezas y hojas) para obtener 5 L de producto terapéutico. Los materiales usados fueron una balanza comercial, termómetro, jarra plástica medidora de 1 L y un cronómetro digital. Salvo en la comunidad de Shiwa Kucha donde varió la obtención del jarabe terapéutico artesanal, ya que se trabajó para tener 1,5 L. las cantidades de materia prima, de agua y tiempo de cocción descritas en la Tabla 3 dependen de la metodología de elaboración del jarabe terapéutico usada por cada sabio visitado en su comunidad. La descripción de la elaboración del jarabe terapéutico se muestra en la Tabla 3.



**Tabla 3.** Metodología y cantidades de las plantas medicinales en la elaboración artesanal del jarabe terapéutico en la comunidad de Shiwa Kucha, Chuya Yaku y Nushino Ishpingo, del cantón Arajuno.

| Comunidad   | Nombre común         | Nombre científico                                 | Tejido usado | Cantidad (g) | Cantidad preparada de jarabe (L) | Ilustración de los tejidos de la planta medicinal                                     | Elaboración artesanal del jarabe terapéutico,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------|----------------------|---------------------------------------------------|--------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Shiwa Kucha | Chuchuhuaso          | <i>Monteverdia macrocarpa</i> (Ruiz & Pav.) Biral | Corteza      | 113          | 1,5                              |    | La preparación fue realizada para obtener 1,5 L de jarabe terapéutico. El proceso empezó con encender la leña para tener el fuego listo al momento de iniciar la cocción. Después se pesó las cortezas y hojas en una balanza comercial en unidades g, luego se lavó con agua mientras se raspó con un cuchillo la suciedad de la superficie de las cortezas durante 3 a 5 min. En una olla metálica con capacidad de 5 L se agregaron 3 L de agua, se midió la temperatura con un termómetro y se puso |
|             | Challua Caspi        | <i>Aspidosperma</i> sp.                           | Corteza      | 92           |                                  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|             | Llustunda o Lispungo | <i>Couropita guianensis</i> Aubl.                 | Corteza      | 163          |                                  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|  |            |                                                     |         |     |  |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|------------|-----------------------------------------------------|---------|-----|--|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Musuwuaska | <i>Tynanthus panurensis</i><br>(Bureau)<br>Sandwith | Corteza | 25  |  |   | <p>hervir durante 10 min. Las cortezas se dejaron hervir durante 45 min a una temperatura de 92 °C. Luego de este tiempo se agregaron las hojas de mático e ishpingo y se dejó hervir durante 15 min. La cocción de las cortezas y hojas medicinales duró 60 min, parámetro propuesto por el sabio. Finalmente, se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 30 min, se procedió a filtrar y con una jarra medidora de un 1 L se verificó la cantidad de 1,5 L de jarabe terapéutico. El almacenamiento se lo hizo en una botella plástica a temperatura ambiente y según el sabio se debe consumir dentro de un mes.</p> |
|  | Animi      | <i>Protium sagotianum</i><br>Marchand               | Corteza | 110 |  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|  | Ishpingo   | <i>Ocotea quixos</i><br>Kosterm. ex<br>O.C.Schmidt  | Hoja    | 10  |  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|  | Matico     | <i>Piper sp</i>                                     | Hoja    | 6   |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|            |                      |                                   |         |     |   |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------|----------------------|-----------------------------------|---------|-----|---|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chuya Yaku | Bálsamo              | <i>Myroxylon balsamum</i> Harms   | Corteza | 221 | 5 |   | <p>La preparación fue realizada para obtener 5 L de jarabe terapéutico. La cantidad en g de cada tejido de las plantas utilizadas fueron medidas en una balanza comercial (Tabla 2). Después, se procedió a lavar las cortezas y con un cuchillo se raspó la suciedad de la superficie de cada una. En una olla metálica con capacidad de 20 L se agregaron 10 L de agua con ayuda de una jarra medidora de 1 L. Se midió la temperatura inicial del agua con el termómetro, que fue 23 °C. Luego, se prendió la leña y se puso la olla a hervir junto con las partes del tejido de las</p> |
|            | Hierba luisa         | <i>Cymbopogon citratus</i> Stapf  | Hoja    | 78  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|            | Llustunda o Lispungo | <i>Couropita guianensis</i> Aubl. | Corteza | 882 |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|            | Matico               | <i>Piper sp</i>                   | Hoja    | 13  |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|  |               |                                          |         |     |  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|---------------|------------------------------------------|---------|-----|--|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Challua Caspi | <i>Aspidosperma</i> sp.                  | Corteza | 280 |  |  | plantas durante 16 min hasta que disminuya el agua por evaporización, con la jarra medidora nuevamente se agregaron 4 L de agua y se dejó hervir durante 141 min a 90 °C, según el parámetro propuesto por el sabio. Finalmente, se filtró y con una jarra medidora de un 1 L se verificó la cantidad de 5 L de jarabe terapéutico. El almacenamiento se lo hizo en una botella de vidrio a temperatura ambiente y según el sabio se debe consumir dentro de un mes. |
|  | Runa Caspi    | <i>Sloanea synandra</i> Spruce ex Benth. | Corteza | 52  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                  |             |                                                         |         |     |   |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------|-------------|---------------------------------------------------------|---------|-----|---|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nushino Ishpingo | Chuchuhuaso | <i>Monteverdia macrocarpa</i><br>(Ruiz & Pav.)<br>Biral | Corteza | 170 | 5 |   | <p>La elaboración artesanal fue realizada para obtener 5 L de jarabe. Las plantas utilizadas están descritas en la tabla 3. La cantidad en g de cada tejido de las plantas utilizadas fueron medidas en una balanza comercial. Luego, se procedió a lavar con un cepillo de cerdas plásticas a cada corteza y hojas por 5 min. En una olla metálica con capacidad de 20 L, se agregó 9 L de agua con ayuda de una jarra medidora de 1 L y se midió la temperatura inicial del agua con el termómetro. Después, se prendió la leña y se puso la olla a hervir</p> |
|                  | Bálsamo     | <i>Myroxylon balsamum</i><br>Harms                      | Corteza | 293 |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|  |               |                                       |         |     |  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|---------------|---------------------------------------|---------|-----|--|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Animi         | <i>Protium sagotianum</i><br>Marchand | Corteza | 109 |  |  | junto con las partes del tejido de las plantas durante 71 min a una temperatura de 88 °C, el parámetro de tiempo de duración fue propuesto por el sabio. Finalmente, se dejó enfriar el jarabe terapéutico en la olla a temperatura ambiente y se filtró el jarabe terapéutico, con ayuda |
|  | Anís de monte | No identificada                       | Corteza | 52  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|  |              |                              |       |    |  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                           |
|--|--------------|------------------------------|-------|----|--|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Ajo de monte | <i>Mansoa alliacea</i> (Lam) | Hojas | 23 |  |  | de la jarra medidora de 1 L se verificó los 5 L de jarabe terapéutico. El almacenamiento se lo hizo en una botella de plástico a temperatura ambiente y según el sabio se debe consumir dentro de un mes. |
|--|--------------|------------------------------|-------|----|--|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

### 3.2 Estandarización de la receta del jarabe terapéutico

La estandarización de la receta del jarabe terapéutico artesanal partió de los resultados que se muestran en la Tabla 3, considerando cual fue la frecuencia de las plantas que se repetían en la elaboración del jarabe terapéutico en las 3 comunidades, la disponibilidad de la planta medicinal cerca de la *chakra* y la información de metabolitos secundarios de las plantas medicinales encontrados en la literatura científica. Los valores porcentuales obtenidos a partir de las consideraciones mencionadas fueron un 56 % de cortezas como chuchuhuaso, bálsamo, animi, llustunda o lispungo y challua caspi y un 44 % de las hojas como el ajo de monte, mático, hierba luisa e ishpingo. En la Tabla 4 se muestran los componentes considerados para la elaboración del jarabe terapéutico artesanal.

**Tabla 4.** Estandarización del jarabe terapéutico artesanal

| Plantas medicinales     | Nombre científico                                   |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|
| *Chuchuhuaso            | ( <i>Monteverdia macrocarpa</i> (Ruiz & Pav.) Biral |
| Bálsamo                 | <i>Myroxylon balsamum</i> Harms.                    |
| Animi                   | <i>Protium sagotianum</i> Marchand                  |
| Llustunda o<br>Lispungo | <i>Couroupita guianensis</i> Aubl.                  |
| Challua Caspi           | <i>Aspidosperma</i> sp.                             |
| *Ajo de monte           | <i>Mansoa alliacea</i> (Lam)                        |
| *Matico                 | <i>Piper</i> sp                                     |
| Hierba luisa            | <i>Cymbopogon citratus</i> Stapf                    |
| Ishpingo                | <i>Ocotea quixos</i> Kosterm. ex<br>O.C.Schmidt     |

\*Las plantas con más información bibliográfica donde destaca las propiedades bioactivas de los metabolitos secundarios fueron el chuchuhuaso, ajo de monte y matico.

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

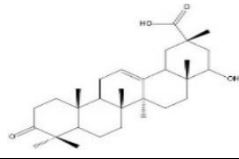
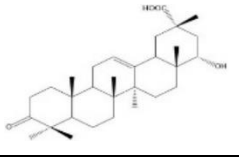
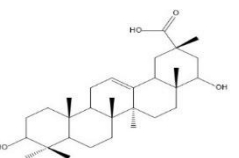
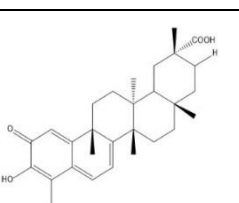
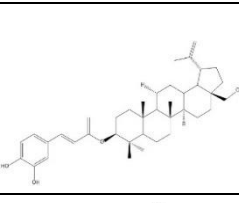
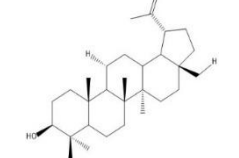
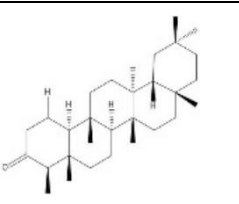
### 3.3 Fitoquímica de las plantas medicinales usadas en la estandarización del jarabe terapéutico.

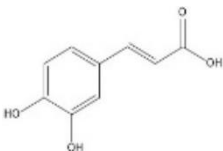
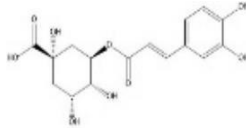
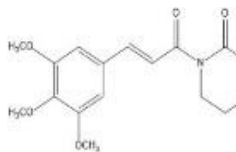
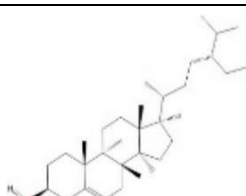
Las plantas medicinales seleccionadas para la búsqueda bibliográfica fueron el chuchuhuaso (*Monteverdia macrocarpa* (Ruiz & Pav.) Biral), ajo de monte (*Mansoa alliacea* (Lam)) y matico (*Piper* sp.), debido a la información y estudios previos de los



metabolitos secundarios que se encontraron en la base de datos, mientras que los 6 restantes no hay estudios que describan a detalle la fitoquímica de la planta. La búsqueda bibliográfica de las 3 plantas seleccionadas se enfocó en estudios sobre la Fitoquímica de los compuestos presentes en cada planta medicinal. Los compuestos seleccionados para este análisis fueron 11 y su información se detalla en la tabla 5.

**Tabla 5.** Fitoquímica de las 3 plantas medicinales

| Nombre científico                                 | Nombre del Compuesto                           | Estructura química                                                                  | Tejido          | Uso              | Referencia |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|------------|
| <i>Monteverdia macrocarpa</i> (Ruiz & Pav.) Biral | 22- <i>epi</i> - Ácido triptotriterpenó nico A |    | Corteza         | Antiviral        | [34,39]    |
|                                                   | Ácido triptotriterpenó nico A                  |    | Corteza         | Antiviral        | [34,39]    |
|                                                   | 22- <i>epi</i> - Ácido maytenfólico            |   | Corteza         | Antiviral        | [34,39]    |
|                                                   | Celastrol                                      |  | Corteza         | Antiinflamatorio | [34,40]    |
|                                                   | 3-( <i>E</i> )- cafeoil betulina               |  | Corteza         | Antiinflamatorio | [34,39]    |
|                                                   | Lupeol                                         |  | Corteza         | Antiinflamatorio | [34,41]    |
|                                                   | Friedelin                                      |  | Corteza y hojas | Antiinflamatorio | [34,42]    |

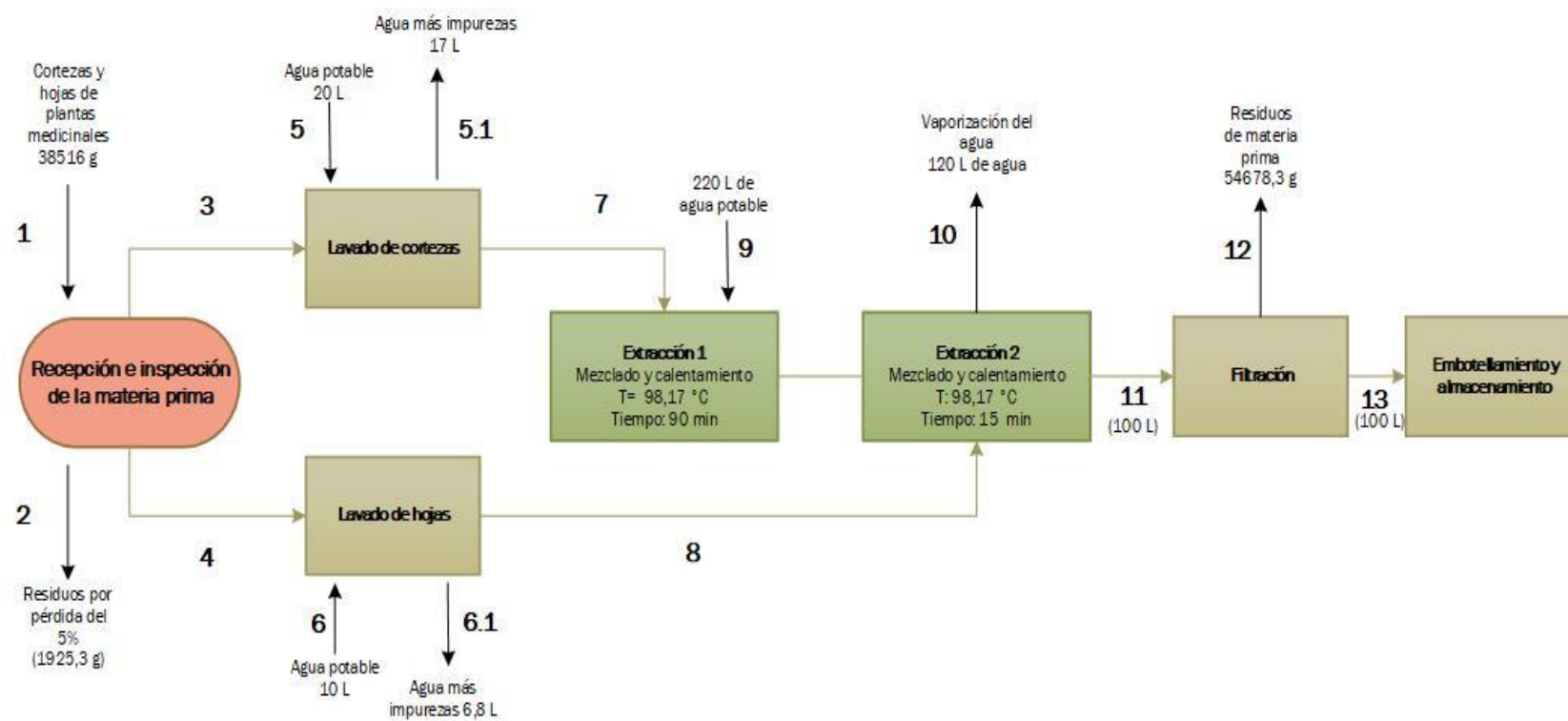
|                              |                      |                                                                                    |                  |                  |         |
|------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|---------|
| <i>Mansoa alliacea</i> (Lam) | Ácido cafeico        |   | Hojas            | Antiinflamatorio | [43,44] |
|                              | Ácido clorogénico    |   | Hojas            | Antiinflamatorio | [44,45] |
| <i>Piper sp.</i>             | Piperlongumina       |   | Hojas y semillas | Antiinflamatorio | [46,47] |
|                              | $\beta$ – sitosterol |  | Hojas y semillas | Antiinflamatorio | [48,49] |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

### 3.4 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques es una manera gráfica básica de representar un proceso y su función en cada bloque [50]. La realización del diagrama de bloques es el punto de partida para diseñar la planta semi-industrial para la obtención del jarabe terapéutico (Figura 1). El bloque de recepción e inspección la materia prima (cortezas y hojas) que provienen de las *chakras* de los habitantes de las 3 comunidades del cantón Arajuno. Las plantas medicinales fueron trasladadas a la zona de inspección para examinar que las cortezas y hojas no tengan plagas o algún agente extraño para ser utilizada en el proceso, después se pesan las cortezas y hojas en buen estado. En el lavado, se utiliza una mezcla de agua potable con cloro a 1%, es decir, 10 gr de cloro por cada litro de agua para limpiar las cortezas y hojas. Cabe resaltar que, debido a las propiedades higroscópicas de las cortezas y hojas, hay una variación de la masa inicial antes del lavado y después del filtrado. En la extracción consiste en un proceso de decocción con agua potable y los tejidos de las plantas medicinales, luego a una temperatura de 98,17°C se deja hervir en el tanque de acero inoxidable durante 90 min. En la filtración se procede a separar los residuos de las plantas del jarabe terapéutico para tener los principios activos de las plantas y finalmente, se obtiene 100 L de jarabe terapéutico y

se llenan 200 botellas de vidrio de 500 mL con el jarabe terapéutico con el dosificador de alimentación directa semiautomática y se almacena en repisas metálicas. En la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques para la elaboración del jarabe terapéutico.



**Figura 1.** Diagrama de bloques del proceso para la elaboración de jarabe terapéutico diseñado para el cantón Arajuno.  
**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022

### 3.5 Balance de masa del proceso de elaboración artesanal del jarabe terapéutico

Para el proceso de elaboración de jarabe terapéutico se debe dejar en claro que en la parte de extracción se necesita de 2 tanques de procesamiento cilíndricos de acero inoxidable 304 de calibre 14 ( $1,98 \text{ mm} \cong 2 \text{ mm}$  espesor) con capacidad de 150 L por que para el operador (trabajador) es más fácil su manejo y mantenimiento, a diferencia que si usamos un tanque de procesamiento de 250 L es pesado y difícil su manejo. Por otro lado, en la tabla 8 se muestra los valores de la suma que se agrega materia prima y agua en cada tanque de procesamiento mencionado. El proceso se inició con la recepción de la materia prima (cortezas y hojas). En esta etapa, fue necesario revisar y seleccionar la materia prima, de la cual, se desechó el 5% del total que corresponde a pérdidas por defecto o daño. En el Anexo 3 se detalla el cálculo de balance de masa y en la Tabla 6 se resume los valores obtenidos.

**Tabla 6.** Balance de masa para la elaboración artesanal del jarabe terapéutico en la etapa de recepción e inspección.

| <b>Materia prima</b> | <b>Masa considerada en la Recepción e inspección (g)</b> | <b>Residuos del 5% (g)</b> |
|----------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|
| Chuchuhuaso          | 5468,0                                                   | 273,4                      |
| Bálsamo              | 5140,0                                                   | 257,0                      |
| Animi                | 4760,0                                                   | 238,0                      |
| Lispungo             | 14260,0                                                  | 713,0                      |
| Challua Caspi        | 5868,0                                                   | 293,4                      |
| Ajo de monte         | 460,0                                                    | 23,0                       |
| Matico               | 340,0                                                    | 17,0                       |
| Hierba luisa         | 1560,0                                                   | 78,0                       |
| Ishpingo             | 660,0                                                    | 33,0                       |

El proceso de lavado se divide en dos etapas. En la primera etapa, se lleva a cabo el lavado de las cortezas; y, posteriormente, se lava las hojas con agua potable más cloro 1 %, la descripción del lavado se encuentra en la discusión de resultados. Los valores se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Balance de masa del proceso para la elaboración artesanal del jarabe terapéutico en la etapa de lavado.

| <b>Corriente</b><br><b>Componentes</b> | <i>Masa (g)</i> |        |         |        |         |        |         |        |
|----------------------------------------|-----------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|                                        | 3               | 4      | 5       | 6      | 5.1     | 6.1    | 7       | 8      |
| Chuchuhuasoo                           | 5194,6          | -      | -       | -      | -       | -      | 8185,6  | -      |
| Bálsamo                                | 4883,0          | -      | -       | -      | -       | -      | 7874,0  | -      |
| Animi                                  | 4522,0          | -      | -       | -      | -       | -      | 7513,0  | -      |
| Lispungo                               | 13547,0         | -      | -       | -      | -       | -      | 16538,0 | -      |
| Challua Kaspi                          | 5574,6          | -      | -       | -      | -       | -      | 8565,6  | -      |
| Ajo de monte                           | -               | 437,0  | -       | -      | -       | -      | -       | 1334,4 |
| Matico                                 | -               | 323,0  | -       | -      | -       | -      | -       | 1139,5 |
| Hierba luisa                           | -               | 1482,0 | -       | -      | -       | -      | -       | 2225,0 |
| Ishpingo                               | -               | 627,0  | -       | -      | -       | -      | -       | 1303,2 |
| Propil                                 | -               | -      | -       | -      | -       | -      | -       | 80,0   |
| Metil                                  | -               | -      | -       | -      | -       | -      | -       | 50,0   |
| Agua potable                           | -               | -      | 19940,0 | 9970,0 | -       | -      | -       | -      |
| Agua más impurezas                     | -               | -      | -       | -      | 16949,0 | 6836,9 | -       | -      |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

La etapa de extracción se divide en dos subprocesos: el primer subproceso corresponde al calentamiento de las cortezas con agua potable en el tanque de procesamiento de acero inoxidable, durante 75 min a una temperatura de 98,17 °C, estas condiciones se seleccionaron porque se hizo un promedio de temperaturas y tiempo de duración del proceso del jarabe terapéutico artesanal de las 3 comunidades. El segundo subproceso corresponde al calentamiento de las hojas durante 15 min en el mismo tanque donde se calienta las cortezas. La elaboración del jarabe terapéutico artesanal duró 90 min. Finalmente, el jarabe terapéutico se filtró con un tamiz de acero inoxidable y se dejó almacenar en un recipiente. La Tabla 8 muestra los valores correspondientes de cada corriente de masa y en la Figura 1 se muestra el procedimiento de elaboración de jarabe terapéutico.

**Tabla 8.** Balance de masa del proceso para la elaboración artesanal del jarabe terapéutico en la etapa de extracción, filtración y almacenamiento.

| Corriente<br>Componentes  | Volumen (L) |       |       | Masa (g) | Volumen (L) |
|---------------------------|-------------|-------|-------|----------|-------------|
|                           | 9           | 10    | 11    | 12       | 13          |
| Chuchuhuaso               | -           | -     | -     | 8185,6   | -           |
| Bálsamo                   | -           | -     | -     | 7874,0   | -           |
| Animi                     | -           | -     | -     | 7513,0   | -           |
| Lispungo                  | -           | -     | -     | 16538,0  | -           |
| Challua Kaspi             | -           | -     | -     | 8565,6   | -           |
| Ajo de monte              | -           | -     | -     | 1334,4   | -           |
| Matico                    | -           | -     | -     | 1139,5   | -           |
| Hierba luisa              | -           | -     | -     | 2225,0   | -           |
| Ishpingo                  | -           | -     | -     | 1303,2   | -           |
| Agua potable              | 220,0       | -     | -     | -        | -           |
| Agua vaporizada           | -           | 120,0 | -     | -        | -           |
| Jarabe terapéutico        | -           | -     | 100,0 | -        | 100,0       |
| Residuos de materia prima | -           | -     | -     | 54678,3  | -           |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

La concentración total del jarabe terapéutico artesanal se estableció a partir de la división de la masa de cada corteza u hoja para la base cálculo de 100 L. La Tabla 9 muestra los valores de concentración de cada corteza y hoja.



**Tabla 9.**Concentración del jarabe terapéutico artesanal

| <b>Componentes</b> | <b>Concentración</b> |
|--------------------|----------------------|
|                    | (g/L)                |
| Chuchuhuaso        | 81,86                |
| Bálsamo            | 78,74                |
| Animi              | 75,13                |
| Lispungo           | 165,4                |
| Challua Kaspi      | 85,66                |
| Ajo de monte       | 13,34                |
| Matico             | 11,40                |
| Hierba luisa       | 22,25                |
| Ishpingo           | 13,03                |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

En la concentración del jarabe terapéutico las cortezas de las plantas medicinales tuvieron una predominancia porcentual de un 98 % a diferencia de las hojas que fue un 8 %. Esto se debe por la gran cantidad de corteza que usan los sabios para sus preparaciones de jarabes terapéuticos. Además, con esta información se conoce las cantidades de cada materia prima usada en 100 L de jarabe terapéutico. Por lo tanto, los valores descritos en la Tabla 9 permite estandarizar y conocer las cantidades que se debe usar para la preparación del jarabe terapéutico.

### 3.6 Balance de energía

El balance de energía de un proceso permite conocer los requerimientos energéticos de un sistema [50]. En este caso, fueron evaluados para el tanque de procesamiento cilíndrico de acero inoxidable 304 de calibre 14 (1,98 mm  $\cong$  2mm espesor) con capacidad de 150 L donde se da la extracción. Para determinar la energía requerida del sistema se necesitan los valores del calor específico (Cp) de cada componente involucrado en el proceso de calentamiento. El Cp de un material o sustancia se define como la energía requerida para elevar un grado la temperatura de una unidad de masa, se expresa como la razón de la capacidad calorífica  $\left(\frac{Q}{\Delta T}\right)$  por unidad de masa [37]. En la Tabla 10 podemos observar los valores del Cp para el cálculo de calor de calentamiento tomados de artículos científicos y textos de termodinámica.

**Tabla 10.** Valores del calor específico de cada materia prima y material.

| Componente                                | Calor específico<br>(Cp)<br>$\frac{kJ}{kgK}$ | Referencia |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|------------|
| Agua                                      | 4,18                                         | [36]       |
| Hojas                                     | 3,35                                         | [51]       |
| Madera                                    | 1,76                                         | [52]       |
| Tanque de acero inoxidable 304 calibre 14 | 0,50                                         | [36]       |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

Con las ecuaciones del Anexo 4, se determinó el calor de calentamiento, calor por convección, radiación y vaporización del tanque cilíndrico de acero inoxidable 304 de calibre 14 (1,98 mm  $\cong$  2mm espesor) con capacidad de 150 L (Anexo 4). En la Tabla 11 se muestra los valores obtenidos de cada parámetro en el proceso de calentamiento.

**Tabla 11.** Energía requerida para calentar 220 L de mezcla en el tanque de procesamiento en una cocina industrial.

| Parámetro | Valor | Unidades |
|-----------|-------|----------|
|-----------|-------|----------|

|                                         |         |        |
|-----------------------------------------|---------|--------|
| $Q_{calentamiento}$                     | 22,12   | kW – h |
| $\dot{Q}_{con}$                         | 1038,96 | W      |
| $\dot{Q}_{rad}$                         | 825,2   | W      |
| $\dot{Q}_{vap}$                         | 28,4    | W      |
| Perdidas de calor total ( $\dot{Q}_t$ ) | 2,84    | kW – h |
| Energía requerida ( $E_{entrada}$ )     | 24,96   | kW – h |

El gas licuado de petróleo (GLP) es obtenido por la refinación del crudo de petróleo y proviene de la mezcla de gas propano y butano, con una composición de 60 % y 40 % respectivamente, estos valores son necesarios para el cálculo de calor de combustión del GLP [53]. Se utilizó GLP para generar la energía suficiente para hervir el agua que se requiere en el tanque de procesamiento que se visualiza más detallado en la Anexo 7. En la Tabla 12 se resume los valores obtenidos a partir de los cálculos realizados en la combustión de GLP, que se detallan en el Anexo 5.

**Tabla 12.** Calor de combustión total del GLP

| Gas     | Masa (kg) | Calor de combustión de cada gas                  |            | Calor de combustión del GLP (kW-h) |
|---------|-----------|--------------------------------------------------|------------|------------------------------------|
|         |           | $\Delta H_c^\circ \left( \frac{kJ}{mol} \right)$ | $kJ$       |                                    |
| Propano | 16,5      | -2220,03                                         | -830623,47 | -382,84                            |
| Butano  | 10,99     | -2877,08                                         | -544031,47 |                                    |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

### 3.7 Distribución de la planta

Se procedió a definir el espacio donde se llevará a cabo la construcción de la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico. La distribución de la planta fue por producto o también denominada producción en cadena o serie, donde los equipos e instrumentos son agrupados en un misma área y ordenando el proceso de producción de jarabe terapéutico [54]. Con la ayuda del plano arquitectónico se efectuó un estudio del diseño del lugar donde se realizará la distribución los equipos e instrumentación requerida para el proceso, con sus dimensiones y usos para la producción del jarabe terapéutico. Las zonas que conforman la planta semi-industrial son:

- Área de recepción, baños, lockers y vestidores
- Bodega de planta

- Área de lavado y clasificación de cortezas y hojas
- Área de acopio de la materia prima
- Área de producción
- Área de empaquetamiento
- Área de almacenamiento y producto final

La planta semi-industrial es de un solo piso y contó con un espacio apropiado en el área de producción para ubicar de manera continua cada uno de los equipos y tener mayor espacio y reducir riesgos en caso del uso de GLP. Las distancias de cada área y equipo fue realizado por el arquitecto de la fundación Pachamama, quien se encargó de enviarnos los planos del lugar donde se armará la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico, en el Anexo 6 se observa la distribución (Layout).

### 3.8 Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID)

En el anexo 7, se muestra el P&ID de la producción de jarabe terapéutico, donde se observa que la planta está equipada con un tanque de procesamiento de acero inoxidable, tanque de GLP, válvulas manuales y de control, tuberías de acuerdo con el tipo de fluido, actuadores, transmisores y sensores de nivel. Se necesitó de válvulas de control y manuales para regular el caudal del fluido. Existen dos tipos de válvulas: las válvulas de obturador de movimiento lineal y rotatorio [55]. En este caso, se usó una válvula de control de bola tipo rotatorio acoplado con un actuador eléctrico y otra sin actuador. Las tuberías se usaron para transportar agua y gas para el llenado en los tanques de acero inoxidable y la combustión. Cabe mencionar, que el diámetro y material de las tuberías, varía dependiendo del fluido que se utilice. Para el caso del GLP se usó una tubería de cobre y para el agua una tubería de acero por su durabilidad. En la Tabla 13 se muestran las etiquetas o “tags” que contienen una numeración de letras y número para identificar el instrumento y su función [56].

**Tabla 13.** Tags de los instrumentos y tuberías de la planta semi-industrial.

| <b>TAG</b> | <b>Equipo</b>                      | <b>Especificaciones</b>                 |
|------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| TK 001     | Tanque de procesamiento            | V=150 L; D=0,58 m;<br>h=0,57m           |
| TK 002     | Tanque de procesamiento            | V=150 L; D=0,58 m;<br>h=0,57m           |
| TK 003     | Tanque GLP                         | V=27 L; D=0,30 m;<br>h=0,72 m           |
| CI-001     | Cocina industrial con 2 quemadores | Ancho= 0,90 m; largo: 2 m; alto: 0,80 m |
| HA 101     | Válvula manual                     | -                                       |

|                                              |                          |                  |
|----------------------------------------------|--------------------------|------------------|
| HA 102                                       |                          |                  |
| 100-CV-01<br>100-CV-02<br>100-CV-03          | Válvula de control       | -                |
| 5/16"-100COBRE01-GLP-05                      | Alimentación de gas-LP   | Tubería de cobre |
| 1/2"-100HS01-Agua-01<br>1/2"-100HS01-Agua-02 | Alimentación de agua     | Tubería de acero |
| LC-01<br>LC-02<br>LC-03                      | Control de nivel         | -                |
| TI-01<br>TI-02                               | Indicador de temperatura | -                |
| LI-01<br>LI-02                               | Indicador de nivel       | -                |

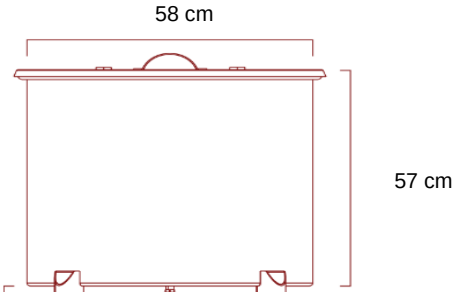
**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

Las válvulas de control, controladores e indicadores de nivel para temperatura y agua son necesarias para no exceder la temperatura de trabajo de 98.17 °C , mediante el uso de PID en el proceso del calentamiento y el nivel de agua requerida para el proceso de elaboración de jarabe terapéutico.

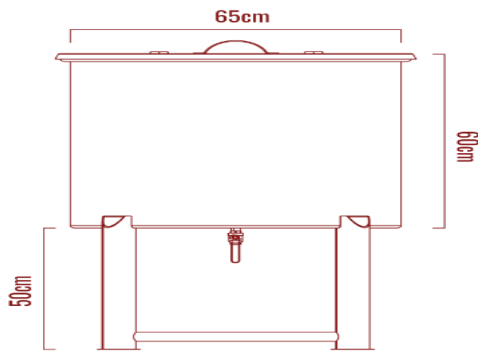
### **3.9 Dimensiones y especificaciones de los instrumentos para la elaboración del jarabe terapéutico**

Las fichas técnicas fueron necesarias para conocer las especificaciones de cada instrumento para llevar a cabo el proceso de producción de jarabe terapéutico. Además, se necesitó de proveedores dentro y fuera de la ciudad para cotizar cada instrumento y equipo, que se ajusten de la mejor manera para obtener la salida requerida de jarabes terapéuticos. A continuación, se muestra las fichas técnicas de los equipos e instrumentos para la elaboración del jarabe terapéutico.

**Tabla 14.**Ficha técnica del tanque de extracción

| <b>Ficha técnica-Tanque de extracción</b>                                                                                                                                                    |                                                              |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                                                                    | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                    |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                                                                | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                                                            | Inox Metalex                                                 |                                                                                                     |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                                                                 | TK-001 y TK-002                                              |                                                                                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                                                           | Altura: 57 cm<br>Diámetro: 58 cm                             |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Material: Acero inoxidable 304 2B mate calibre 14 (2 mm)<br>Soldadura TIG<br>Cobertura: 150 L<br>Temperatura máxima de trabajo: 925 °C<br>Peso: 39,26 kg |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite hervir los componentes como la corteza y hojas para extraer sus propiedades medicinales.                                                                           |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un operador de la planta                                                                                                 |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Realizado por:</b> Barrionuevo, Jair, 2022.                                                                                                                                               |                                                              |                                                                                                     |

**Tabla 15.**Ficha técnica del tanque de almacenamiento

| <b>Ficha técnica-Tanque de almacenamiento</b>                                                                                                                                                                                               |                                                              |                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                                                                                                                   | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                    |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                                                                                                               | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                                                                                                           | Inox Metalex                                                 |                                                                                                     |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                                                                                                                | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                                                                                                          | Altura: 60 cm<br>Diámetro: 65 cm<br>Base: 50 cm              |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Material: Acero inoxidable 304 2B mate calibre 14 (2 mm)<br>Soldadura TIG<br>Cobertura: 200 L<br>Temperatura máxima de trabajo: 925 °C<br>Peso: 39,26 kg<br>Posee una válvula manual al costado de 1/2" |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite almacenar y enfriar el líquido después de acabar la cocción de las cortezas y hojas.                                                                                                                              |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un operador de la planta                                                                                                                                                |                                                              |                                                                                                     |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 16.**Ficha técnica de tamiz de acero inoxidable

| <b>Ficha técnica-Tamiz de acero inoxidable</b>                                                                             |                                                              |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                  | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                    |
| <b>Modelo</b>                                                                                                              | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                          | Acero-INOX                                                   |                                                                                                     |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                               | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                         | Altura: 10 cm<br>Diámetro: 65 cm                             |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Material: Acero inoxidable 304 y malla con<br>abertura de 1x2.5 mm.<br>Color: Plateado |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Separar los compuestos sólidos de un líquido                                                             |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un operador de la planta                               |                                                              |                                                                                                     |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.



**Tabla 17.** Ficha técnica de cocina industrial

| <b>Ficha técnica-Cocina industrial</b>                                                                                                                  |                                                              |                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                               | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                     |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                           | No registra                                                  |                                                                                                      |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                       | Almacenes Su Economía                                        |                                                                                                      |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                            | CQ-001                                                       |                                                                                                      |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                      | Altura: 70 cm<br>Ancho: 60 cm<br>Largo: 130 cm               |                                                                                                      |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Material: Acero inoxidable 304 calibre 14 (2 mm)<br>Quemadores industriales<br>Perillas de acero<br>Color: Plateado |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Es el instrumento que permite la combustión del GLP con el aire provocando una llama y que la mezcla pueda calentar.                  |                                                              |                                                                                                      |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un operador de la planta                                                            |                                                              |                                                                                                      |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 18.**Ficha técnica de mesa de trabajo

| <b>Ficha técnica-Mesa de trabajo</b>                                                                                                                                  |                                                              |                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                                             | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                    |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                                         | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                                     | Almacenes Su Economía                                        |                                                                                                     |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                                          | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                                    | Altura: 80 cm<br>Ancho: 90 cm<br>Largo: 200 cm               |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Material: Acero inoxidable 304 calibre 14 (2 mm)<br>Soldadura TIG<br>Posee un lavadero de 20 cm de profundidad<br>Color: Plateado |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite una superficie de trabajo para las funciones de lavar la materia prima                                                                      |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un operador de la planta                                                                          |                                                              |                                                                                                     |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 19.**Ficha técnica de balanza digital

| <b>Ficha técnica-Balanza digital</b>                                                                                                                                                                   |                                                              |                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                                                                              | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                    |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                                                                          | ACS-30 kg/lb-JC21                                            |                                                                                                     |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                                                                      | CAMRY                                                        |                                                                                                     |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                                                                           | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                                                                     | Altura: 11 cm<br>Ancho: 30 cm<br>Largo: 34 cm                |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Alimentación de 12 V<br>Temperatura de trabajo:0 a 40 °C<br>Peso máximo es de 30 kg/66lb<br>Peso mínimo es de 0,4 lb<br>Batería interna recargable<br>Pantalla LCD |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Mide con precisión la masa de un objeto.                                                                                                                                             |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un operador de la planta                                                                                                           |                                                              |                                                                                                     |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 20.** Ficha técnica de cilindro GLP

| <b>Ficha técnica-Cilindro GLP</b>                                                                                                                                               |                                                              |                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                                                       | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                     |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                                                   | No registra                                                  |                                                                                                      |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                                               | AgipGas                                                      |                                                                                                      |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                                                    | No registra                                                  |                                                                                                      |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                                              | Altura: 72 cm<br>Ancho: 30 cm<br>Base: 5 cm                  |                                                                                                      |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Material: acero<br>Ideal para cocina o calefón<br>Válvula QUICK-ON 800 (Tipo Agip italiana)<br>No contiene manguera y válvulas reguladoras. |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Almacena el GLP de manera segura.                                                                                                                             |                                                              |                                                                                                      |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará anualmente por un operador de la planta                                                                                        |                                                              |                                                                                                      |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 21.** Ficha técnica de tapador de botellas eléctrica

| Ficha técnica-Tapador de botellas eléctrica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                       |                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparado por:<br>Jair Barrionuevo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Aprobado por:<br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | Fecha de elaboración:<br>23 de marzo 2022                                                            |
| Modelo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ercole                                                |                                                                                                      |
| Fabricante                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Ferrari Group                                         |                                                                                                      |
| Etiqueta en la planta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | No registra                                           |                                                                                                      |
| Dimensiones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Altura: 62 cm<br>Ancho: 23 cm<br>Largo: 19 cm         |                                                                                                      |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Altura máxima de las botellas deben ser de 15 "(38 cm) y diámetro máximo de 5.7" (14.5 cm).<br>Incluye campanas mandril, una para tapas estándar de 26 mm y otra para tapas europeas de 29-31 mm.<br>La campana mandril de 29mm también se puede utilizar con tapones de plástico suave o con aletas.<br>Pesa 14kg.<br>Alimentación eléctrica es de 110V-220V 50-60Hz<br>Color: Rojo |                                                       | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Ayuda a tapar las botellas sea de plástico o vidrio de manera semiautomática.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                       |                                                                                                      |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un trabajador de la fábrica que se adquirió como garantía del producto.                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                       |                                                                                                      |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 22.**Ficha técnica de repisa metálica

| <b>Ficha técnica-Repisa metálica</b>                                                                      |                                                              |                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                 | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                     |
| <b>Modelo</b>                                                                                             | No registra                                                  |                                                                                                      |
| <b>Fabricante</b>                                                                                         | Almacén Su Economía                                          |                                                                                                      |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                              | No registra                                                  |                                                                                                      |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                        | Altura: 200 cm<br>Ancho: 40 cm<br>Largo: 115 cm              |                                                                                                      |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Peso máximo que puede abarcar: 100 kg<br>Material de aluminio hierro. |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite almacenar el jarabe terapéutico.                                                |                                                              |                                                                                                      |
| <b>Mantenimiento</b><br>No registra                                                                       |                                                              |                                                                                                      |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 23.**Ficha técnica de válvulas de control GLP

| <b>Ficha técnica-Válvulas de control para GLP</b>                                                                                                        |                                                              |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                                | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                    |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                            | 8E050                                                        |                                                                                                     |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                        | Valbia                                                       |                                                                                                     |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                             | 100-CV-01                                                    |                                                                                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                       | Altura: 26,8 cm<br>Ancho: 15,7 cm                            |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Válvula de bola de acero inoxidable.<br>Rosca H/H.<br>Idónea para aceite mineral y gas.<br>Voltaje de 100-240V.<br>. |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite regular el flujo de GLP.                                                                                                       |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un trabajador de la fábrica que se adquirió como garantía del producto               |                                                              |                                                                                                     |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 24.**Ficha técnica de válvula con actuador eléctrico

| <b>Ficha técnica-Válvula con actuador eléctrico</b>                                                                                                      |                                                              |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                                | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                    |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                            | 8E003                                                        |                                                                                                     |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                        | Valbia                                                       |                                                                                                     |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                             | 100-CV-02 y 100-CV-03                                        |                                                                                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                       | Altura: 19,2 cm<br>Ancho: 12,3 cm                            |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Válvula de bola de acero inoxidable.<br>Rosca H/H.<br>Idónea para aceite mineral y gas.<br>Voltaje de 100-240V.<br>. |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite regular el flujo de GLP.                                                                                                       |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un trabajador de la fábrica que se adquirió como garantía del producto               |                                                              |                                                                                                     |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.



**Tabla 25.**Ficha técnica de termocupla

| <b>Ficha técnica-Termocupla</b>                                                                                                                               |                                                              |                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                                     | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                    |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                                 | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                             | Maxwell                                                      |                                                                                                     |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                                  | TI-01 y TI-02                                                |                                                                                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                            | No especifica                                                |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Termocupla tipo K<br>Puede medir temperaturas aproximadas a 1700 °C<br>Voltaje de 85-265V AC<br>Resistente a la corrosión |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite regular la temperatura de un proceso.                                                                                               |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un trabajador de la fábrica que se adquirió como garantía del producto                    |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Realizado por:</b> Barrionuevo, Jair, 2022.                                                                                                                |                                                              |                                                                                                     |

**Tabla 26.** Ficha técnica de dosificador de alimentación directa de doble boquilla

| Ficha técnica-Dosificador de alimentación directa de doble boquilla                                                                                                                                                                                                           |                                                       |                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparado por:<br>Jair Barrionuevo                                                                                                                                                                                                                                            | Aprobado por:<br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | Fecha de elaboración:<br>23 de marzo 2022                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                       |                                                                                                     |
| Modelo                                                                                                                                                                                                                                                                        | Y2WTD-100 mL                                          |                                                                                                     |
| Fabricante                                                                                                                                                                                                                                                                    | Rino maquinaria                                       |                                                                                                     |
| Etiqueta en la planta                                                                                                                                                                                                                                                         | No registra                                           |                                                                                                     |
| Dimensiones                                                                                                                                                                                                                                                                   | Altura: 35 cm<br>Ancho: 32 cm<br>Largo: 123 cm        |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>El voltaje es de 110V y potencia de 20W.<br>El rango que dosifica va entre 100 a 1000 mL con precisión de $\pm 1$ %.<br>El peso es 25 kg.<br>Material de acero inoxidable.<br>La capacidad de trabajo es de 40 dosificaciones por minuto. |                                                       | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite llenar las botellas de líquido a precisión y semiautomático.                                                                                                                                                                                        |                                                       |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un trabajador de la fábrica que se adquirió como garantía del producto                                                                                                                                    |                                                       |                                                                                                     |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 27.**Ficha técnica de sensor de nivel de agua

| <div>Ficha técnica-Sensor de nivel de agua</div>                                                                                                                                                     |                                                                                  |                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <div>Preparado por:</div> <div>Jair Barrionuevo</div>                                                                                                                                                | <div>Aprobado por:</div> <div>PhD. Carlos Navas</div> <div>PhD. Zulay Niño</div> | <div>Fecha de elaboración:</div> <div>23 de marzo 2022</div> |
| <div>Modelo</div>                                                                                                                                                                                    | <div>M5600</div>                                                                 |                                                              |
| <div>Fabricante</div>                                                                                                                                                                                | <div>Madison</div>                                                               |                                                              |
| <div>Etiqueta en la planta</div>                                                                                                                                                                     | <div>LI-01 y LI-02</div>                                                         |                                                              |
| <div>Dimensiones</div>                                                                                                                                                                               | <div>Diámetro: 2,9 cm</div>                                                      |                                                              |
| <div> <div>Especificaciones técnicas</div> <div> <div>Flotador magnético de acero inoxidable</div> <div>Alambres de plomo</div> <div>Resistente a la corrosión y presiones altas</div> </div> </div> |                                                                                  | <div> <div>Equipo</div> </div>                               |
| <div> <div>Función</div> <div>Permite indicar el nivel de agua.</div> </div>                                                                                                                         |                                                                                  |                                                              |
| <div> <div>Mantenimiento</div> <div>El mantenimiento se hará trimestralmente por un operador.</div> </div>                                                                                           |                                                                                  |                                                              |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 28.** Ficha técnica de cámara de desinfección UV ozono

| <b>Ficha técnica-Cámara de desinfección UV ozono</b>                                                                                                                                            |                                                              |                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                                                                                                       | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                     |
| <b>Modelo</b>                                                                                                                                                                                   | M5600                                                        |                                                                                                      |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                                                                                               | JC Technology                                                |                                                                                                      |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                                                                                                    | No registra                                                  |                                                                                                      |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                                                                                              | Altura: 60 cm<br>Ancho: 45 cm<br>Largo: 40 cm                |                                                                                                      |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Esterilizador con emisiones de rayos UV<br>Temperatura del procesamiento es de 70 °C<br>Cámara interna de aluminio<br>Capacidad de 40 L<br>Voltaje de 110 V |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite desinfección y eliminación de patógenos externos                                                                                                                      |                                                              |                                                                                                      |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un operador.                                                                                                                |                                                              |                                                                                                      |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

**Tabla 29.** Ficha técnica de etiquetadora de botellas

| <b>Ficha técnica-Máquina etiquetadora manual de botellas</b>                                                         |                                                              |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparado por:</b><br>Jair Barrionuevo                                                                            | <b>Aprobado por:</b><br>PhD. Carlos Navas<br>PhD. Zulay Niño | <b>Fecha de elaboración:</b><br>23 de marzo 2022                                                    |
| <b>Modelo</b>                                                                                                        | MT-30                                                        |                                                                                                     |
| <b>Fabricante</b>                                                                                                    | MGR                                                          |                                                                                                     |
| <b>Etiqueta en la planta</b>                                                                                         | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                                                                                   | No registra                                                  |                                                                                                     |
| <b>Especificaciones técnicas</b><br>Material: Acero<br>Estructura compacta y fácil de transportar<br>Color: Plateado |                                                              | <b>Equipo</b><br> |
| <b>Función</b><br>Permite la etiquetación de botellas sin arrugas ni burbujas.                                       |                                                              |                                                                                                     |
| <b>Mantenimiento</b><br>El mantenimiento se hará semestralmente por un operador.                                     |                                                              |                                                                                                     |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

### 3.10 Inversión

Para poner en iniciar con el proyecto, se analizaron los costos de cada equipo e instrumento que se necesitaron para poner en marcha la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico. Los equipos e instrumentos cumplieron con la capacidad de producción, seguridad y tecnología, mencionados en las fichas técnicas y descripción de cada uno. En la Tabla 30 se muestra los costos de los equipos e instrumentos.

**Tabla 30.** Equipos e instrumentos necesarios para la producción de jarabe

| <b>Equipos e instrumentos</b>                           | <b>Cantidad</b> | <b>Costo Unitario</b> | <b>Valor (\$)</b> |
|---------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Tanque de procesamiento                                 | 2               | 1100,00               | 2200,00           |
| Tanque de almacenamiento                                | 1               | 1100,00               | 1100,00           |
| Tanque de GLP                                           | 2               | 39,00                 | 78,00             |
| Tubería de cobre para GLP                               | 5               | 3,58                  | 17,90             |
| Tamiz de acero inoxidable                               | 1               | 1072,00               | 7,98              |
| Cocina industrial de acero inoxidable de dos quemadores | 1               | 290,00                | 290,00            |
| Máquina etiquetadora manual de botellas                 | 1               | 280,00                | 280,00            |
| Balanza digital                                         | 1               | 51,60                 | 51,60             |
| Mesa de acero inoxidable                                | 2               | 750,00                | 1500,00           |
| Repisas metálicas                                       | 3               | 70,00                 | 210,00            |
| Dosificador de líquido                                  | 1               | 1464,25               | 1464,25           |
| Tapador de botellas                                     | 1               | 630,00                | 630,00            |
| Válvulas de control                                     | 2               | 647,32                | 1294,64           |
| Sensor de nivel de agua                                 | 2               | 100,00                | 200,00            |
| Termocupla tipo K                                       | 2               | 52,60                 | 105,20            |
| Cámara de desinfección UV                               | 1               | 223,00                | 223               |
| Conexión de bronce para tubería de agua                 | 1               | 1,79                  | 1,79              |
| Llave de agua                                           | 1               | 10,71                 | 10,71             |
| Sifón corrugado                                         | 1               | 2,14                  | 2,14              |
| <b>Total</b>                                            |                 |                       | 9667,21           |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

En la cotización de los equipos e instrumentos se necesitó consultar de 3 proveedores en la ciudad de Puyo y 2 proveedores que ofrecían los equipos e instrumentos en sitios web, y así, comparar precios. El proceso de calentamiento se necesitó en su mayoría de equipos e instrumentos de acero inoxidable, el metal es usado mayormente en la industria alimentaria por las propiedades anticorrosivas e higiénicas.

## CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

### 4.1 Fitoquímica de las plantas medicinales seleccionadas

Las plantas medicinales con más información sobre los metabolitos secundarios y sus efectos en la salud humana son: el chuchuhuaso, ajo de monte y matico. La corteza de la planta chuchuhuaso (*Monteverdia macrocarpa* (Ruiz & Pav.) Biral) es muy utilizada por los habitantes de las comunidades de Shiwa Kucha y Nushino Ishpingo, cantón Arajuno. El chuchuhuaso pertenece a la familia de las Celastráceas y puede llegar a medir alrededor de 30 m de alto [34,57]. Las partes de la planta usadas por las comunidades son las raíces, cortezas y tallos, según la literatura tiene efecto antiinflamatorio, analgésico, antialérgico y antitumoral; además, puede tratar varias dolencias como úlceras gástricas [34,58]. El chuchuhuaso se ha empleado como un antiviral, pues varios estudios avalan que el potencial de triterpenos pentacíclicos y sus derivados han producido actividad antirretroviral del VIH-1 [34,59]. Los triterpenoides son una variedad de estructuras de aproximadamente 200 esqueletos diferentes, extraídas de productos naturales. Los triterpenos pentacíclicos inhiben la actividad de fusión y la transcriptasa inversa de virus, en este caso del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) [34]. La actividad de este compuesto es inhibir anticipadamente la infección del virus y bloquear la formación de sincitios [39].

Los resultados en la investigación de Piacente y et al., (2006) mostraron la eficacia del ácido 22- ácido *epi*- triptotriterpenónico A, que inhibe la infección del VIH-1 por que bloquea la interacción de la glicoproteína de la envoltura del virus con los receptores celulares. Otros compuestos derivados que demostraron actividad inhibidora fue el ácido triptotriterpenónico A y 22-*epi*- Ácido maytenfólico con las células evaluadas [39]. En los ensayos *in vitro* fue efectivo e inhibió la fusión en varios aislados de VIH-1. Estos mismos efectos pueden influir en la fusión del SARS-CoV-2, porque tienen similitudes en estructura y mecanismo de entrada para la infección[60]. Ambos son virus con envoltura lipídica y material genético de ARN. Estos virus tienen proteínas superficiales de unión al receptor glicosiladas, que permiten la entrada en la célula huésped [60]. Por esta razón, se podría considerar la planta chuchuhuaso como tratamiento de los síntomas bajo una infección del SARS-CoV-2, sin embargo, se debe desarrollar más ensayos e investigaciones de la planta y sus compuestos para garantizar la eficacia fitoquímica contra este virus.

#### **4.2 Propiedades antiinflamatorias de la especie *Monteverdia macrocarpa* (Ruiz & Pav.) Biral**

Los sabios de la comunidad mencionaron el uso del chuchuhuaso para tratar dolores e inflamaciones en varias zonas del cuerpo. Las investigaciones mencionan el uso del celastro como un antiinflamatorio aislado de la planta *Monteverdia macrocarpa* (Ruiz & Pav.) Biral. La molécula es un triterpeno pentacíclico utilizado para la inflamación, artritis reumatoide y espondilitis. Ensayos *in vitro* en líneas celulares humanas demostraron que inhibía la liberación de interleucina (IL) -1 $\alpha$  e IL-1 $\beta$ , activación del factor nuclear kappa B (NF- $\kappa$ B) y disminuyó el IL-1 $\beta$  y TNF-  $\alpha$ , moléculas involucradas en la inflamación. En pruebas *in vivo* en ratas tratadas con el celastro se observó un bloque eficaz de IL-1 $\beta$  y TNF-  $\alpha$  relacionadas a la enfermedad de la artritis reumatoide [34,61,62]. Otro compuesto del *M. macrocarpa* es la (E) – cafeoil betulina en ensayos *in vitro* demostró la inhibición de óxido nítrico (NO) y la prostaglandina E2 (PGE2) [34,63,64]. Otros dos compuestos que mostraron actividad inflamatoria son el Lupeol y Friedelin. La primera mostró actividad anti-neuroinflamatoria y neuroprotectora cuando fue experimentado en células cerebelosas. Friedelin en algunos ensayos en ratas logró ligeramente las ciclooxigenasas en la inflamación [34,64]. Sin embargo, se debe desarrollar más ensayos e investigaciones de estos compuestos para garantizar la eficacia fitoquímica en enfermedades inflamatorias.

#### **4.3 Propiedades antiinflamatorias de la especie *Mansoa alliacea* (Lam)**

En las comunidades visitadas del cantón Arajuno, las hojas de ajo de monte (*Mansoa alliacea* (Lam)) o también llamado sacha ajo, ha sido ampliamente utilizado como un recurso medicinal y gastronómico. La especie es *Mansoa alliacea* (Lam), que es una planta perteneciente a la familia de las Bignoniaceae [65]. Su uso como recurso medicinal, en tratamientos de fiebre, convulsiones, dolores de cabeza, cuello, dolor a las articulaciones y enfermedades de tipo respiratorio [66–68]. Los estudios fitoquímicos demostraron que en las hojas de *M. alliacea* hay presencia de polifenoles y flavonoides, en sus flores se identificaron flavonoides como la luteolina y apigenina [68,69]. Otro compuesto encontrado en un extracto butanólico de muestras de ajo de monte, es el ácido cafeico. Dicho compuesto tiene propiedades antiinflamatorias porque inhibe la actividad de COX-2, molécula involucrada en la inflamación de manera específica. Además, se encarga de suprimir la producción de LPS (macrófagos tratados con



lipopolisacáridos) [43,70]. Otro compuesto es el ácido clorogénico que se forma por la condensación del ácido cafeico con ácido quínico[71]. El ácido clorogénico se puede encontrar en plantas, frutas y verduras, pero pocas son las investigaciones donde se ha explorado la fitoquímica de la planta medicinal con el compuesto [45]. Se ha registrado que el ácido clorogénico posee actividad antinoceptiva, en esta evaluación se pudo encontrar que los compuestos fenólicos derivados del ácido clorogénico como ácido p-cumárico, luteolina, apigenina y ácido ferúlico, que inhiben la actividad antinociceptiva en modelos de CFA [45]. Sin embargo, se necesita más estudios *in vitro* e *in vivo* para una gama más amplia de líneas celulares, el numero animales relevantes *in vivo* es limitado y no hay evidencia concreta para conocer los beneficios en los humanos [70].

#### **4.4 Propiedades antiinflamatorias de la especie *Piper* sp.**

Hasta el momento, no se ha logrado identificar a la planta comúnmente denominada “matico”, que ha sido recolectada por los botánicos. Se decidió revisar del género *Piper* (familia Piperaceae) [72]. Las especies del género *Piper* son conocidas por su característico aroma. Dichas especies son empleadas en los alimentos, por lo que actualmente se ha estudiado sus efectos biológicos en humanos [36]. El género *Piper* contiene compuestos bioactivos en sus tejidos y órganos como frutos, semillas, hojas, ramas, raíces y tallos [73]. El compuesto aislado que se ha encontrado en varias especies de este género es la *piperlongumina*, llamada también *piplartina* [47]. Este compuesto es un alcaloide amida y ha resultado ser un antiinflamatorio que actúa en el sistema nervioso central (SNC) [47]. Otro compuesto que se halló en plantas *Piper umbellatum* es el  $\beta$ -sitosterol. En un experimento *in vivo* en ratas inyectadas con carragenina, molécula que produce inflamaciones abdominales se evidenció que  $\beta$ -sitosterol inhibía y regulaba la inflamación en las primeras horas [47][48]. Estos compuestos químicos podrían ser responsables de la inhibición de la inflamación y migración de neutrófilos, esto en dosis alta de *Piper umbellatum* [74]. Cabe mencionar que, el efecto antiinflamatorio de este compuesto es aprovechado por los habitantes de las comunidades mencionadas. Ellos afirman que estas plantas forman parte de su “receta” para tratar el Covid-19, debido a que con esto reducen la sintomatología que produce esta enfermedad. No obstante, no existen estudios que respalden, ni corroboren la efectividad de esta planta medicinal.

#### 4.5 Descripción de proceso de elaboración artesanal del jarabe terapéutico

El proceso de elaboración de jarabe terapéutico inicia con la recepción de la materia prima (cortezas y hojas) e inspección de esta. La inspección de la materia prima permite identificar si existe algún daño como infección fitopatológica que afecte directamente en el sabor del jarabe. La etapa de lavado se dividió en 2 secciones y son el lavado de cortezas y hojas. En la primera sección se lavaron las cortezas con agua potable más cloro al 1 % y en la segunda solo las hojas, esto por la gran cantidad de corteza que se obtuvo de cada especie. La distribución en secciones durante el lavado permitió que exista un lavado correcto del total de materia prima. Además, el lavado de la primera sección se hizo especie por especie de corteza con 20 L de agua potable con cloro. Mientras, que en la segunda sección se realizó la limpieza de 2776g de hojas en un mismo recipiente con 10 L. El aumento de masa de la materia prima obedece a las propiedades higroscópicas. La higroscopia es la capacidad de una sustancia de absorber la humedad o líquido del medio que lo rodea [75]. Para la elaboración del jarabe terapéutico no se midió la higroscopia de cada especie de planta medicinal. Para tener los valores de higroscopia fue necesario recurrir a la literatura científica y arrojó datos únicamente de la higroscopia de las cortezas de manera general. El valor hallado oscila entre el 10% al 30% en condiciones de lluvias no tan prolongadas al día y llegando hasta un 65% en condiciones de climas muy lluviosos [75].

El valor usado para el cálculo de balance de masa fue de 15%, porque las cortezas permanecieron de 3 a 5 min en contacto con el agua en la etapa del lavado. En el caso de las hojas, para este estudio el valor de hidrosopia fue de 9%, ya que se tomó de referencia el valor de la hoja de laurel (*Laurus nobilis* L.). La hoja de laurel e ishpingo pertenecen a la misma familia Lauraceae, debido a la falta de información se utilizó este valor para todas las hojas [76]. En la etapa de extracción, las cortezas se dejaron hervir durante 90 min a una temperatura de 98,1 °C en el tanque de procesamiento, mientras sigue hirviendo las cortezas, faltando 15 min para finalizar el proceso, se agregaron las hojas en cada tanque. En total transcurrieron 90 min hirviendo las cortezas conjuntamente con las hojas. Luego, se filtró el jarabe terapéutico con ayuda de un tamiz de acero inoxidable acoplado al tanque de almacenamiento y se dejó reposar en otros recipientes metálicos previamente esterilizados. Las cortezas y hojas se desecharon para aprovechar solo el líquido, luego fueron embotelladas en botellas color ambar para evitar alteraciones de descomposición del producto por estar al contacto de la luz. Cabe recalcar que los valores de todas las tablas 6,7 y 8 correspondieron a la suma total de

las cortezas y hojas, porque en la etapa de extracción se dividió en dos subprocesos. Del mismo modo, el agua potable que ingresó y el agua que se evaporó en cada tanque de procesamiento de acero inoxidable en la etapa de extracción.

#### **4.6 El balance de energía**

En el balance de energía se tuvo que conocer los valores de  $C_p$  de las hojas y cortezas. En el caso de las plantas medicinales usadas en la elaboración del jarabe terapéutico, no se obtuvieron los valores del  $C_p$ , por la escasa información en la literatura. Por tanto, se usó el  $C_p$  de la madera y hojas de una planta leñosa, descrita en libros y revistas científicas. Otro punto que se consideró fue el cambio del valor de la temperatura cuando el agua empezó a ebullicir. Debido a un error de medición del observador, el valor de la temperatura de ebullición del agua no coincidió con el valor calculado (Anexo 3). La ecuación de transferencia de calor usada permite predecir la rapidez e intercambio de energía que tienen los materiales mediante la diferencia de temperaturas [36,38]. En el proceso de elaboración del jarabe terapéutico, se consideró no tapar el tanque de procesamiento para replicar el proceso artesanal. La transferencia de calor que interfirió en este proceso fue convección natural y la complejidad que tuvo la resolución del cálculo fue el análisis de la constante de proporcionalidad  $h_c$ , donde la densidad del fluido baja al incrementar la temperatura.

El parámetro inicial por calcular fue el coeficiente volumétrico de expansión termal  $\beta$ , donde mide la expansión de las partículas y la variación de su volumen. Con este valor se pudo calcular el número de Rayleigh y por consecuencia, el número promedio de Nusselt. Para el cálculo de número de Nusselt se analizó convección natural para un cilíndrico vertical. La superficie puede ser considerada como una placa vertical, debido al valor de su diámetro que fue de 58 cm del tanque de procesamiento de acero inoxidable y los efectos depreciables de la curvatura [38]. Mediante la ecuación mostrada en el Anexo 3 se obtuvo el número de Nusselt y se despejó  $h_c$  para conocer la velocidad de transferencia de calor por convección natural [36,38]. Por otro lado, la cantidad de GLP que se gastó en cada elaboración del jarabe terapéutico se calculó con la energía requerida del sistema (tanque de procesamiento) y la composición del GLP. El valor de calor de combustión del propano [77] y butano [77] fueron corroborados en la literatura científica. El calor de combustión del GLP es la suma del calor de combustión del propano y butano en kilowatts-hora (kW-h). El signo negativo delante del valor nos indica una reacción exotérmica, es decir, que desprende energía al ambiente [36]. Con

los cálculos obtenidos en el Anexo 4, el consumo de GLP es la décima parte de un cilindro comercial de 15 kg. Este valor permitió conocer la cantidad de producción de jarabe terapéutico por consumo total de un cilindro de GLP.

#### **4.7 Automatización en el proceso de calentamiento del jarabe terapéutico**

En el proceso de calentamiento se requirió de instrumentos y equipos para automatizar el proceso de elaboración del jarabe terapéutico. Para ejecutar el proceso de calentamiento, se necesita de instrumentos como: actuadores eléctricos, sensores y controladores PID, que se etiquetara como se muestra en la Tabla 13. En primer lugar, se acoplará las válvulas de control tipo bola a un actuador eléctrico y a su vez conectadas con las tuberías de acero del agua, y del GLP. El indicador de nivel permitió medir la altura del agua a partir de un punto de referencia y se procuró que el nivel de agua no sobrepase el volumen de llenado [55]. Además, en el proceso se empleó un indicador de nivel magnético tipo flotador. La función del flotador es alinearse con un tubo magnético, mandar una señal al PID y este a la válvula de control [55]. Esta válvula automáticamente cierra el paso del flujo y evita que se siga llenando de agua el tanque. El mismo proceso se realiza con los indicadores de temperatura, pero con flujo de GLP. De este modo, se controla que la T se mantenga en los 98,17 °C que se necesitan durante el calentamiento y extracción.

#### **4.8 Inversión**

La cantidad de dinero estimado es de \$ 9667,21. El valor no se encuentra dentro del presupuesto destinado para poner marcha la construcción de la planta semi-industrial elaboradora de jarabe terapéutico. Se debe tomar en cuenta que los precios pueden variar con el pasar de los días debido a que las proformas tienen vigencias de 8 días.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se recopiló información acerca del uso de 15 plantas medicinales suministradas por sabios que practican medicina ancestral en las tres comunidades, donde la aplicación empírica de las plantas está dirigida al tratamiento de enfermedades inflamatorias, respiratorias, cancerígenas e incluso la nueva enfermedad Covid – 19.
- De las plantas identificadas se seleccionó 9 plantas entre 5 especies diferentes de cortezas y 4 de hojas, buscando extraer sus componentes para la elaboración de jarabe terapéutico artesanal.
- Las plantas medicinales utilizadas fueron chuchuhuaso, bálsamo, animi, lispungo, challua caspi, ajo de monte, matico, hierba luisa e ishpingo, este último fue elegido para dar un aroma agradable al jarabe terapéutico. Las plantas medicinales que presentaron componentes fitoquímicos en la literatura científica fueron el chuchuhuasi, ajo de monte y matico.
- Los 11 metabolitos secundarios presentan propiedades antivirales y antiinflamatorias en experimentos *in vitro* e *in vivo*, según lo descrito en la bibliografía científica encontrada, se menciona que pueden inhibir la replicación viral y mecanismos de señalización que provoca la inflamación.
- Se espera una proyección de producción de 100 L de jarabe terapéutico por cada corrida, lo que corresponde a 200 botellas con capacidad de 500 mL c/u.
- El análisis de costos de producción de los equipos e instrumentos mínimos necesarios realizado para la producción del jarabe terapéutico, muestra una estimación de inversión aproximada de \$ 10451,23 para la apertura de la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico.

## **Recomendaciones**

- Realizar visitas a otras comunidades indígenas del sector y recolectar más información de las plantas medicinales, a fin de obtener un mayor detalle del uso de las plantas medicinales utilizadas en el cantón Arajuno.
- Establecer un presupuesto que permita cubrir en su totalidad, la inversión para construir la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico en el cantón Arajuno para mejorar la economía del cantón.
- Analizar las propiedades organolépticas y compuestos fitoquímicos del jarabe terapéutico.

## Referencias

1. Machhi J, Herskovitz J, Senan AM, Dutta D, Nath B, Oleynikov MD, et al. The Natural History, Pathobiology, and Clinical Manifestations of SARS-CoV-2 Infections. *J Neuroimmune Pharmacol*. 2020;15: 359–386. doi:10.1007/s11481-020-09944-5
2. Kopiczko N, Kwiatek-Średzińska K, Uścińowicz M, Kowalczyk-Krystoń M, Lebensztejn DM. SARS-CoV-2 Infection as a Cause of Acute Pancreatitis in a Child—A Case Report. *Pediatr Rep*. 2021;13: 552–557. doi:10.3390/pediatric13040065
3. WHO. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard. 2021.
4. European Centre for Disease Prevention and Control. Número semanal de casos confirmados y muertes causadas por el coronavirus (COVID-19) en Ecuador entre enero de 2020 y marzo de 2022. In: ECDC. 2022.
5. Veintimilla-Almeida MLT-RDG, Reyes-Herrera MA. LA CRISIS ECONÓMICA DEL COVID-19 EN EL ECUADOR: IMPLICACIONES Y PROYECTIVAS PARA LA SALUD MENTAL Y LA SEGURIDAD. *Rev Investig Y Desarro I+D*. 2021;12: 88–102.
6. Banco Central del Ecuador. LA PANDEMIA POR EL COVID-19 GENERÓ UNA CAÍDA EN EL PIB DE 6,4% DE MARZO A DICIEMBRE DE 2020. 2021.
7. Sofowora A, Ogunbodede E, Onayade A. The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention. *African J Tradit Complement Altern Med*. 2013;10. doi:10.4314/ajtcam.v10i5.2
8. Khan H, Pervaiz A, Intagliata S, Das N, Nagulapalli Venkata KC, Atanasov AG, et al. The analgesic potential of glycosides derived from medicinal plants. *DARU J Pharm Sci*. 2020;28: 387–401. doi:10.1007/s40199-019-00319-7
9. Anand AV, Balamuralikrishnan B, Kaviya M, Bharathi K, Parithathvi A, Arun M, et al. Medicinal Plants, Phytochemicals, and Herbs to Combat Viral Pathogens Including SARS-CoV-2. *Molecules*. 2021;26: 1775. doi:10.3390/molecules26061775
10. Dhama K, Karthik K, Khandia R, Munjal A, Tiwari R, Rana R, et al. Medicinal and Therapeutic Potential of Herbs and Plant Metabolites / Extracts Countering Viral Pathogens - Current Knowledge and Future Prospects. *Curr Drug Metab*. 2018;19: 236–263. doi:10.2174/1389200219666180129145252
11. Ganjhu RK, Mudgal PP, Maity H, Dowarha D, Devadiga S, Nag S, et al. Herbal plants and plant preparations as remedial approach for viral diseases. *VirusDisease*. 2015;26: 225–236. doi:10.1007/s13337-015-0276-6
12. Tiwari R, Latheef SK, Ahmed I, Iqbal HMN, Bule MH, Dhama K, et al. Herbal Immunomodulators - A Remedial Panacea for Designing and Developing Effective Drugs and Medicines: Current Scenario and Future Prospects. *Curr Drug Metab*. 2018;19: 264–301. doi:10.2174/1389200219666180129125436
13. Luo H, Tang Q, Shang Y, Liang S, Yang M, Robinson N, et al. Can Chinese Medicine Be Used for Prevention of Corona Virus Disease 2019 (COVID-19)? A Review of Historical Classics, Research Evidence and Current Prevention Programs. *Chin J Integr Med*. 2020;26: 243–250. doi:10.1007/s11655-020-3192-6

14. Khadka D, Dhamala MK, Li F, Aryal PC, Magar PR, Bhatta S, et al. The use of medicinal plants to prevent COVID-19 in Nepal. *J Ethnobiol Ethnomed*. 2021;17: 26. doi:10.1186/s13002-021-00449-w
15. Jiménez S, Porto G, Sosa H. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista mexicana de fitopatología. Rev Mex Fitopatol*. 2003;21: 355–363.
16. Sierra M, Barros R, Gómez D, Mejía A, Suarez D. Productos naturales: metabolitos secundarios y aceites esenciales. 2018.
17. Khan T, Khan MA, Karam K, Ullah N, Mashwani Z-R, Nadhman A. Plant in vitro Culture Technologies; A Promise Into Factories of Secondary Metabolites Against COVID-19. *Front Plant Sci*. 2021;12. doi:10.3389/fpls.2021.610194
18. Mahboubi M. *Sambucus nigra* (black elder) as alternative treatment for cold and flu. *Adv Tradit Med*. 2020. doi:10.1007/s13596-020-00469-z
19. Siddiqui AJ, Danciu C, Ashraf SA, Moin A, Singh R, Alreshidi M, et al. Plants-Derived Biomolecules as Potent Antiviral Phytomedicines: New Insights on Ethnobotanical Evidences against Coronaviruses. *Plants*. 2020;9: 1244. doi:10.3390/plants9091244
20. Bekut M, Brkić S, Kladar N, Dragović G, Gavarić N, Božin B. Potential of selected Lamiaceae plants in anti(retro)viral therapy. *Pharmacol Res*. 2018;133: 301–314. doi:10.1016/j.phrs.2017.12.016
21. Pandey AK, Singh P, Tripathi NN. Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2014;4: 682–694. doi:10.12980/APJTB.4.2014C77
22. Lowe H, Steele B, Bryant J, Fouad E, Toyang N, Ngwa W. Antiviral Activity of Jamaican Medicinal Plants and Isolated Bioactive Compounds. *Molecules*. 2021;26: 607. doi:10.3390/molecules26030607
23. Tattsbridge J, Wiskin C, de Wildt G, Clavé Llavall A, Ramal-Asayag C. HIV understanding, experiences and perceptions of HIV-positive men who have sex with men in Amazonian Peru: a qualitative study. *BMC Public Health*. 2020;20: 728. doi:10.1186/s12889-020-08745-y
24. Cock IE, Van Vuuren SF. The traditional use of southern African medicinal plants in the treatment of viral respiratory diseases: A review of the ethnobotany and scientific evaluations. *J Ethnopharmacol*. 2020;262: 113194. doi:10.1016/j.jep.2020.113194
25. Michaelis M, Doerr HW, Cinatl J. Investigation of the influence of EPs® 7630, a herbal drug preparation from *Pelargonium sidoides*, on replication of a broad panel of respiratory viruses. *Phytomedicine*. 2011;18: 384–386. doi:10.1016/j.phymed.2010.09.008
26. Salehi, Ata, V. Anil Kumar, Sharopov, Ramírez-Alarcón, Ruiz-Ortega, et al. Antidiabetic Potential of Medicinal Plants and Their Active Components. *Biomolecules*. 2019;9: 551. doi:10.3390/biom9100551
27. Saleh MSM, Kamisah Y. Potential Medicinal Plants for the Treatment of Dengue Fever and Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus. *Biomolecules*. 2020;11: 42. doi:10.3390/biom11010042
28. Perera HDSM, Samarasekera JKRR, Handunnetti SM, Weerasena OVDSJ, Weeratunga HD, Jabeen A, et al. In vitro pro-inflammatory enzyme inhibition and anti-oxidant potential of selected Sri Lankan medicinal plants. *BMC Complement Altern Med*. 2018;18: 271. doi:10.1186/s12906-018-2335-1



29. Villacís B, Carrillo D. País atrevido: la nueva cara sociodemográfica del Ecuador. 2012.
30. Peñafiel M. DETERMINACIÓN DE INDICADORES SOCIALES Y ECONÓMICOS DEL CANTÓN ARAJUNO DE LA PROVINCIA DE PASTAZA Y ESTRATEGIA DE FOMENTO PRODUCTIVO AGROPECUARIO. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR – PUCE. 2016.
31. Chapalbay R, Ramírez P, Murgueytio A. La Chakra Kichwa Amazónica: Gobernanza local y resiliencia climática en la provincia de Napo. Quito; 2020.
32. EFE. Indígenas de Ecuador buscan combatir el coronavirus con saberes ancestrales. Primicias. Jul 2020.
33. Gómez-Verjan J, Gonzalez-Sanchez I, Estrella-Parra E, Reyes-Chilpa R. Trends in the chemical and pharmacological research on the tropical trees *Calophyllum brasiliense* and *Calophyllum inophyllum*, a global context. *Scientometrics*. 2015;105: 1019–1030. doi:10.1007/s11192-015-1715-2
34. Malaník M, Trembl J, Rjašková V, Tížková K, Kaucká P, Kokoška L, et al. Maytenus macrocarpa (Ruiz & Pav.) Briq.: Phytochemistry and Pharmacological Activity. *Molecules*. 2019;24: 2288. doi:10.3390/molecules24122288
35. Erazo, C., González, M., & Yaguana L. Plantas medicinales, situación actual y perspectivas de desarrollo. CEDAMAZ. 2010;1. doi:http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/299
36. Yunus C, Afshin G. Transferencia de calor y masa. Cuarta. The McGraw-Hill, editor. 2021.
37. Çengel Y. A., & Boles MA. TERMODINÁMICA. Séptima. MCGRAW-HILL., editor. México; 2012.
38. Amay Salinas PL, Riofrio Ordoñez CA. Analisis del rendimiento termico de una cocina de induccion 3500 W de potencia. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO. 2015.
39. Piacente S, Santos LC Dos, Mahmood N, Pizza C. Triterpenes from Maytenus macrocarpa and Evaluation of Their Anti-HIV Activity. *Nat Prod Commun*. 2006;1: 1934578X0600101. doi:10.1177/1934578X0600101201
40. Chávez H, Estévez-Braun A, Ravelo ÁG, González AG. First examples of dammarane triterpenes isolated from Celastraceae. *Tetrahedron*. 1997;53: 6465–6472. doi:10.1016/S0040-4020(97)00303-7
41. Niero R, Faloni de Andrade S, Cechinel Filho V. A Review of the Ethnopharmacology, Phytochemistry and Pharmacology of Plants of the Maytenus Genus. *Curr Pharm Des*. 2011;17: 1851–1871. doi:10.2174/138161211796391029
42. Chávez H, Estévez-Braun A, Ravelo AG, González AG. Friedelane Triterpenoids from Maytenus macrocarpa. *J Nat Prod*. 1998;61: 82–85. doi:10.1021/np970232k
43. Liang G, Shi B, Luo W, Yang J. The protective effect of caffeic acid on global cerebral ischemia-reperfusion injury in rats. *Behav Brain Funct*. 2015;11: 18. doi:10.1186/s12993-015-0064-x
44. Liu S-P, An J-T, Wang R, Li Q. Simultaneous Quantification of Five Bioactive Components of Acanthopanax senticosus and Its Extract by Ultra Performance Liquid Chromatography with Electrospray Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Molecules*. 2012;17: 7903–7913. doi:10.3390/molecules17077903
45. Bagdas D, Gul Z, Meade JA, Cam B, Cinkilic N, Gurun MS. Pharmacologic Overview of Chlorogenic

- Acid and its Metabolites in Chronic Pain and Inflammation. *Curr Neuropharmacol*. 2020;18: 216–228. doi:10.2174/1570159X17666191021111809
46. Muñoz Cendales DR, Cuca Suárez LE. Compuestos citotóxicos de origen vegetal y su relación con proteínas inhibidoras de apoptosis (IAP). *Rev Colomb Cancerol*. 2016;20: 124–134. doi:10.1016/j.rccan.2015.10.002
  47. Salehi B, Zakaria ZA, Gyawali R, Ibrahim SA, Rajkovic J, Shinwari ZK, et al. Piper Species: A Comprehensive Review on Their Phytochemistry, Biological Activities and Applications. *Molecules*. 2019;24: 1364. doi:10.3390/molecules24071364
  48. NAVARRO A, DE LAS HERAS B, VILLAR A. Anti-Inflammatory and Immunomodulating Properties of a Sterol Fraction from *Sideritis foetens* Clem. *Biol Pharm Bull*. 2001;24: 470–473. doi:10.1248/bpb.24.470
  49. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 222284, beta-Sitosterol. 2022.
  50. Fito Suñer, P. J., Castelló Gómez, M. L., Tarrazo Morell, J., & Castro Giráldez M. Balances de materia y energía en ingeniería de bioprocesos. 2020.
  51. Leaf Temperature and Energy Fluxes. *Climate Change and Terrestrial Ecosystem Modeling*. Cambridge University Press; 2019. pp. 152–166. doi:10.1017/9781107339217.011
  52. Balmer R. *Modern engineering thermodynamics*. 2011.
  53. WLPGA Asociación. What is LGP?
  54. Avilés E. Proyecto técnico diseño y distribución en planta para la empresa REENCAVI COMPAÑIA ANÓNIMA. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. 2019.
  55. Creus Solé A. *Instrumentación industrial*. 8a ed. Barcelona; 2011.
  56. Carballo J, Romero D. TUTORIAL NORMA ISA S5.1 Y DIAGRAMAS P&ID. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR. 2011.
  57. Salazar-Granara A, Jiménez-Grados L, Kolevic-Saraza N, Jara-Huancaya U, Jiménez-Cabezudo C. Referencia de los usos medicinales del chuchuhuasi (*Maytenus macrocarpa*) por curanderos del distrito de Santa María de Huachipa, Lurigancho, Lima - Perú: un estudio cualitativo. *Horiz Médico*. 2020;20: e1245. doi:10.24265/horizmed.2020.v20n3.08
  58. Veloso CC, Soares GL, Perez AC, Rodrigues VG, Silva FC. Pharmacological potential of *Maytenus* species and isolated constituents, especially tingenone, for treatment of painful inflammatory diseases. *Rev Bras Farmacogn*. 2017;27: 533–540. doi:10.1016/j.bjp.2017.02.006
  59. AIKEN C, CHEN C. Betulinic acid derivatives as HIV-1 antivirals. *Trends Mol Med*. 2005;11: 31–36. doi:10.1016/j.molmed.2004.11.001
  60. Fischer W, Giorgi EE, Chakraborty S, Nguyen K, Bhattacharya T, Theiler J, et al. HIV-1 and SARS-CoV-2: Patterns in the evolution of two pandemic pathogens. *Cell Host Microbe*. 2021;29: 1093–1110. doi:10.1016/j.chom.2021.05.012
  61. Takaishi Y, Wariishi N, Tateishi H, Kawazoe K, Nakano K, Ono Y, et al. Triterpenoid inhibitors of interleukin-1 secretion and tumour-promotion from *Tripterygium wilfordii* var. *regelii*. *Phytochemistry*. 1997;45: 969–974. doi:10.1016/S0031-9422(96)00859-X

62. Cascão R, Vidal B, Raquel H, Neves-Costa A, Figueiredo N, Gupta V, et al. Effective treatment of rat adjuvant-induced arthritis by celastrol. *Autoimmun Rev.* 2012;11: 856–862. doi:10.1016/j.autrev.2012.02.022
63. Huang S-S, Jian K-L, Li R-J, Kong L-Y, Yang M-H. Phytosteroids and triterpenoids with potent cytotoxicities from the leaves of *Chisocheton cumingianus*. *RSC Adv.* 2016;6: 6320–6328. doi:10.1039/C5RA23626F
64. Tewtrakul S, Tansakul P, Daengrot C, Ponglimanont C, Karalai C. Anti-inflammatory principles from *Heritiera littoralis* bark. *Phytomedicine.* 2010;17: 851–855. doi:10.1016/j.phymed.2010.02.011
65. Abril R, Ruiz T, Alonso J, Cabrera G. Crecimiento inicial de *Mansoa alliacea* (Bignoniaceae), especie de interés en la región amazónica del Ecuador. 2016;50.
66. Hamann FR, Brusco I, de Campos Severo G, de Carvalho LM, Faccin H, Gobo L, et al. *Mansoa alliacea* extract presents antinociceptive effect in a chronic inflammatory pain model in mice through opioid mechanisms. *Neurochem Int.* 2019;122: 157–169. doi:10.1016/j.neuint.2018.11.017
67. Pagani E, Santos J de FL, Rodrigues E. Culture-Bound Syndromes of a Brazilian Amazon Riverine population: Tentative correspondence between traditional and conventional medicine terms and possible ethnopharmacological implications. *J Ethnopharmacol.* 2017;203: 80–89. doi:10.1016/j.jep.2017.03.024
68. Ribeiro C, Vieira JM dos S, Oliveira D de J. Avaliação da atividade antimicrobiana de plantas utilizadas na medicina popular da Amazônia. 2008.
69. Pires FB, Dolwitsch CB, Dal Prá V, Faccin H, Monego DL, Carvalho LM de, et al. Qualitative and quantitative analysis of the phenolic content of *Connarus* var. *angustifolius*, *Cecropia obtusa*, *Cecropia palmata* and *Mansoa alliacea* based on HPLC-DAD and UHPLC-ESI-MS/MS. *Rev Bras Farmacogn.* 2017;27: 426–433. doi:10.1016/j.bjp.2017.03.004
70. Zielińska D, Zieliński H, Laparra-Llopis JM, Szawara-Nowak D, Honke J, Giménez-Bastida JA. Caffeic Acid Modulates Processes Associated with Intestinal Inflammation. *Nutrients.* 2021;13: 554. doi:10.3390/nu13020554
71. El-Seedi HR, El-Said AMA, Khalifa SAM, Göransson U, Bohlin L, Borg-Karlson A-K, et al. Biosynthesis, Natural Sources, Dietary Intake, Pharmacokinetic Properties, and Biological Activities of Hydroxycinnamic Acids. *J Agric Food Chem.* 2012;60: 10877–10895. doi:10.1021/jf301807g
72. Roersch CMFB. *Piper umbellatum* L.: A comparative cross-cultural analysis of its medicinal uses and an ethnopharmacological evaluation. *J Ethnopharmacol.* 2010;131: 522–537. doi:10.1016/j.jep.2010.07.045
73. Mgbeahuruike EE, Yrjönen T, Vuorela H, Holm Y. Bioactive compounds from medicinal plants: Focus on *Piper* species. *South African J Bot.* 2017;112: 54–69. doi:10.1016/j.sajb.2017.05.007
74. Núñez V, Castro V, Murillo R, Ponce-Soto LA, Merfort I, Lomonte B. Inhibitory effects of *Piper umbellatum* and *Piper peltatum* extracts towards myotoxic phospholipases A2 from *Bothrops* snake venoms: Isolation of 4-nerolidylcatechol as active principle. *Phytochemistry.* 2005;66: 1017–1025. doi:10.1016/j.phytochem.2005.03.026
75. Ilek A, Siegert CM, Wade A. Hygroscopic contributions to bark water storage and controls exerted by internal bark structure over water vapor absorption. *Trees.* 2021;35: 831–843.

doi:10.1007/s00468-021-02084-0

76. Banchero L, Carballo S, Telesca J. MANUAL DE SECADO SOLAR DE ESPECIES MEDICINALES Y AROMÁTICAS PARA PREDIOS FAMILIARES. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA, editor. 2008.
77. National Institute of Standards and Technology. NIST Chemistry Web Book. 2022.

## Anexos

### Anexo 1. Visita a las comunidades de Shiwa Kucha, Chuya Yaku y Nushino Ishpingo



**Ilustración 1.** Visita al sabio Héctor López en la comunidad de Nushino Ishpingo.

**Realizado por:** Jair Barrionuevo, 2022



**Ilustración 2.** Visita a la *chakra* de la señora Estela en la comunidad de Nushino Ishpingo.

**Realizado por:** Jair Barrionuevo, 2022



**Ilustración 3.** Elaboración del jarabe terapéutico en la comunidad de Shiwa Kucha

**Realizado por:** Jair Barrionuevo, 2022.



**Ilustración 4.** Elaboración del jarabe terapéutico con el sabio de la comunidad de Chuya Yaku.

**Realizado por:** Jair Barrionuevo, 2022

**Anexo 2.** Banco de preguntas de la encuesta realizada a los sabios.

|                                              |                                                                                           |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Datos del informante</b>                  |                                                                                           |
| <b>Nombre</b>                                |                                                                                           |
| <b>Edad</b>                                  |                                                                                           |
| <b>Comunidad</b>                             |                                                                                           |
| <b>Fecha</b>                                 |                                                                                           |
| <b>Pregunta 1</b>                            | ¿Quién le enseñó a preparar la medicina para el Covid-19?                                 |
|                                              |                                                                                           |
| <b>Pregunta 2</b>                            | ¿Cuándo aprendió sobre la medicina tradicional?                                           |
|                                              |                                                                                           |
| <b>Pregunta 3</b>                            | ¿Cuáles son las plantas que utiliza en la preparación del jarabe para tratar el Covid-19? |
|                                              |                                                                                           |
| <b>Información sobre la planta medicinal</b> |                                                                                           |
| <b>Pregunta 4</b>                            | ¿Con qué nombres se le conoce a la planta?                                                |
| <b>Pregunta 5</b>                            | ¿Cómo reconocer a la planta (características de la planta)?                               |
| <b>Pregunta 6</b>                            | ¿La planta fue sembrada o creció de forma natural en el bosque?                           |
| <b>Pregunta 7</b>                            | ¿A qué hora cosechó a la planta?                                                          |
| <b>Pregunta 8</b>                            | ¿Se puede cosechar la planta a cualquier hora del día o la noche?                         |
| <b>Pregunta 9</b>                            | ¿Cómo estaba la planta cuando fue cosechada, de pie, caída, seca...?                      |
| <b>Pregunta 10</b>                           | ¿La planta estaba en flor, frutos o con semillas?                                         |
| <b>Pregunta 11</b>                           | ¿Qué parte de la planta cosechó (hoja, raíz, tallo, corteza...)?                          |
| <b>Pregunta 12</b>                           | ¿Cómo cosechó la planta?                                                                  |

|                      |                                                                               |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pregunta 13</b>   | ¿La planta puede continuar viva luego de su cosecha?                          |
| <b>Pregunta 13</b>   | ¿La cosecha se usa fresca (recién cosechada) o se deja secar antes de usar?   |
| <b>Pregunta 14</b>   | Si la respuesta anterior es seca ¿por cuánto tiempo se debe secar la planta?  |
| <b>Pregunta 15</b>   | ¿Antes de preparar los jarabes se lavan las partes de las plantas cosechadas? |
| <b>Pregunta 16</b>   | ¿Cuáles son los usos medicinales que tiene la planta?                         |
| <b>Observaciones</b> |                                                                               |

**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

### **Anexo 3.** Cálculo de balance de masa en el proceso de elaboración de jarabe terapéutico

Para evitar confusión en todos los cálculos el punto (.) representa al símbolo de multiplicación. En esta sección solo se muestra el cálculo para tener la cantidad de una corteza y hoja, en este caso, el chuchuhuaso y ajo de monte.

Datos:

**A:** Materia prima (cortezas y hojas) (g)

**B:** Desperdicio del 5 % (g)

**C:** Masa de cortezas (g)

**D:** Masa de hojas (g)

**E:** Masa de agua (g)

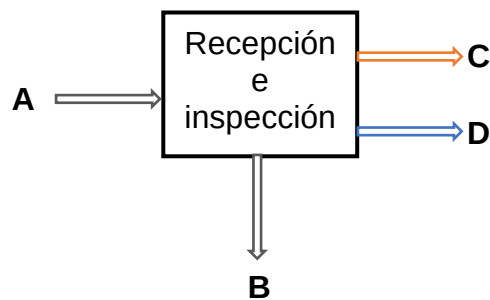
**F:** Agua residual (g)

**H:** Volumen de agua (L)

**I:** Volumen de agua vaporada (L)

**J:** Volumen del jarabe terapéutico

#### **Etapas de recepción e inspección**



Corteza de chuchuhuaso

Cálculo para obtener el valor de desperdicio del 5 % de corteza de chuchuhuaso.

$$B = A \cdot 0,05$$

$$B = (5468,0 \text{ g}) \cdot (0,05)$$

$$B = 273,4 \text{ g}$$

Cálculo de C

$$C = A - B$$

$$C = A - A \cdot 0,05$$

$$C = 0,95 \cdot A$$

$$C = (0,95) \cdot (5468,0 \text{ g}) = 5194,6 \text{ g}$$

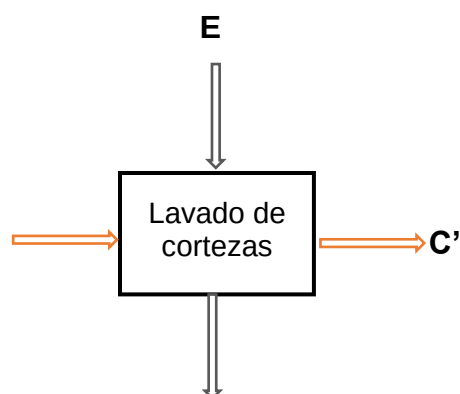
De la misma forma se aplica para obtener la cantidad de hoja

$$D = 0,95 \cdot (460,0 \text{ g})$$

$$D = 437,0 \text{ g}$$

#### **Etapas de lavado**

Para el cálculo de lavado de corteza se considera 20 L (19940 g) de agua.





**C**

**F**

Cálculo de agua residual

$$F = E - E \cdot 0,15$$

$$F = 19940 \text{ g} - (19940,0 \text{ g}) \cdot (0,15)$$

$$F = 16949,0 \text{ g}$$

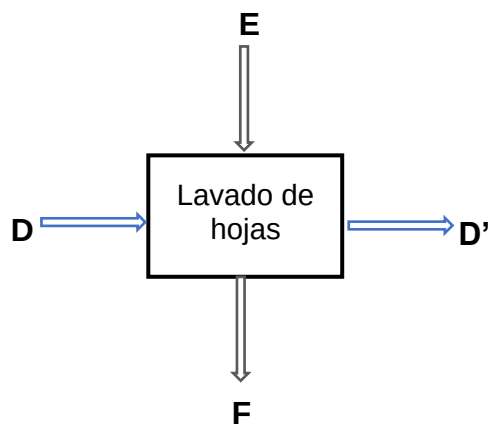
Cálculo de la masa de la corteza

$$C' = C + E \cdot 0,15$$

$$C' = 5194,6 \text{ g} + (19940,0 \text{ g}) \cdot (0,15)$$

$$C': 8185,6 \text{ g}$$

Para el cálculo de lavado de hojas se considera 10 L (9970 g) de agua



Cálculo de agua residual

$$F = E - E \cdot 0,09$$

$$F = 9970,0 \text{ g} - (9970,0 \text{ g}) \cdot (0,09)$$

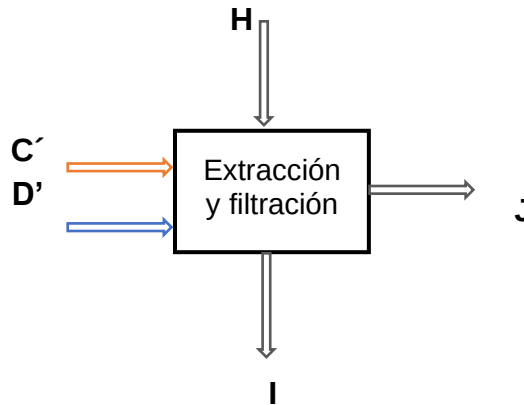
$$F = 9072,7 \text{ g}$$

Cálculo de la masa de la hoja

$$D' = 437,0 \text{ g} + (9970,0 \text{ g}) \cdot (0,09)$$

$$D' = 1334,3 \text{ g}$$

#### **Etapas de extracción y filtración**



Cálculo para obtener 100 L de jarabe terapéutico

$$C' + D' + H = J + I$$

Para calcular el volumen del jarabe terapéutico se despeja J. Además, la materia total después del proceso de calentamiento es igual a la suma de C' y D', que se obtiene en la etapa de filtrado.

#### **Anexo 4. Cálculo de balance de energía**

##### **Datos:**

$T_{\text{Agua}}$ : 23 °C

T ambiente  $T_{\text{amb}}$ : 24 °C

T ebullición  $T_{\text{eb}}$ : 98.17 °C

Tiempo del proceso: 90 minutos

Masa del tanque cilíndrico de acero inoxidable 304 sin tapa: 40 kg

Dimensiones del tanque cilíndrico de acero inoxidable 304: Volumen(V): 150 L; altura(h): 0,570 m y diámetro (D): 0,58 m

Densidad del acero inoxidable:  $7980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Cp olla:  $0,50 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$

Cp agua:  $4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$

$$C_p \text{ hojas: } 3,35 \frac{kJ}{kgK}$$

$$C_p \text{ de madera: } 1,76 \frac{kJ}{kgK}$$

Determinación de la temperatura de ebullición del agua en el cantón Arajuno, provincia de Pastaza a partir de la altura.

Datos:

Altura de Arajuno: 537 m.s.n.m

$$g = 9,80 \frac{N}{kg}$$

$$\delta_{aire} = 1,22 \frac{kg}{m^3}$$

$$P_o = 101325 Pa \left( \frac{N}{m^2} \right)$$

$$P_o' = 1 atm$$

Ecuación para hallar la presión Atmosférica a partir de la altura sobre el nivel del mar

$$P_h = P_o' e^{-\alpha h}$$

$$\alpha = \frac{\delta_{aire} \cdot g}{P_o} = \frac{1,22 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{N}{kg}}{101325 \left( \frac{N}{m^2} \right)} = 1,179 \times 10^{-4} m^{-1}$$

$$P_h = 1 atm \cdot e^{-1,179 \times 10^{-4} m^{-1} \cdot 537 m}$$

$$P_h = 0,9386 atm$$

Transformación de atmosferas a bar para interpolar los datos que se ilustra en la tabla de vapor sobre propiedades del agua saturada.

$$0,9386 atm \frac{1,01325 bar}{1 atm} = 0,9510 bar$$

Interpolación con la siguiente ecuación

$$y = y_o + \frac{y_1 - y_o}{x_1 - x_o} \cdot (x - x_o)$$

Temperatura obtenida es 98,17°C

Cálculos para obtener el calor de calentamiento en el tanque cilíndrico de acero inoxidable 304 de calibre 14 (1,98 mm  $\cong$  2mm espesor) con 110 L de agua más la mezcla de hojas y cortezas.

$$Q_{calentamiento}$$

$$= (mC_p \Delta T)_{agua} + (mC_p \Delta T)_{tanque} + (mC_p \Delta T)_{hojas} + (mC_p \Delta T)_{corteza}$$

$Q_{calentamiento}$

$$= \left[ \left( 109,70 \text{ kg} \times 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \text{agua} + \left( 39,26 \text{ kg} \times 0,50 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \text{tanque} \right. \\ \left. + \left( 3,00 \text{ kg} \times 3,35 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \text{hojas} \right. \\ \left. + \left( 24,30 \text{ kg} \times 1,76 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \text{cortezas} \right] \cdot [(98,17 + 273,15) - (23 + 273,15)] \text{K}$$

$$Q_{calentamiento} = 39805,52 \text{ kJ} \cdot \frac{1 \text{ kW} \cdot \text{h}}{3,6 \times 10^3 \text{ kJ}}$$

$$Q_{calentamiento} = 11,06 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

Cálculo para obtener la energía de salida del tanque cilíndrico.

$$Es = E_{conv} + E_{rad} + E_{vap}$$

$$Es = h_c A_{cilindro} (T_s - T_\infty) + \epsilon \sigma A_{cilindro} (T_s^4 - T_\infty^4) + m h_{fg}$$

## Convección natural

Se necesita conocer la temperatura del fluido del aire para obtener  $h_c$

$$T_m = \frac{1}{2} (T_{eb} + T_{amb})$$

$$T_m = \frac{1}{2} (98,17^\circ \text{C} + 24^\circ \text{C})$$

$$T_m = 61,1^\circ \text{C}$$

Utilización de la fórmula de interpolación

Conducción térmica

$$k = 0,02816 \frac{\text{W}}{\text{mC}}$$

Viscosidad cinemática

$$\nu = 1,907 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Difusividad térmica

$$\alpha = 2,648 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

El número de Prandtl se calcula mediante la siguiente fórmula

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$$

$$Pr = \frac{1,907 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}{2,648 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Pr = 0,7201$$

Coefficiente volumétrico de expansión termal  $\beta$

$$\beta = \frac{1}{T_m}$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{1}{2}(98,17 + 273,15 K)} = 5,38 \times 10^{-3} K^{-1}$$

Cálculo para hallar el valor del número de Rayleigh, esto a partir de la ecuación del número de Grashof.

$$Gr = \frac{g\beta(T_{ebull} - T_{amb})h^3}{\nu^2}$$

$$Ra = GrPr = \frac{g\beta(T_{ebull} - T_{amb})h^3}{\nu^2} \cdot Pr$$

$$Ra = GrPr$$

$$= \left[ \frac{\left(9,81 \frac{m}{s^2}\right) \cdot (5,38 \times 10^{-3} K^{-1}) \cdot ((98,17 + 273,15 K) - (24 + 273,15 K)) \cdot (0,57 m)^3}{\left(\frac{1,907 \times 10^{-5} m^2}{s}\right)^2} \right] 0,7201$$

$$Ra = 1,43 \times 10^9$$

Luego;

$$Gr = \frac{Ra}{Pr}$$

$$D \geq \frac{35h}{Gr^{\frac{1}{4}}}$$

$$D \geq \frac{35(0,57 m)}{\left(\frac{1,43 \times 10^9}{0,7201}\right)^{\frac{1}{4}}}$$

$$0,58 m \geq 0,09 m$$

Una vez que cumpla la relación, se utiliza la correlación empírica del número promedio de Nusselt para la convección natural sobre una placa vertical y se obtiene:

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra^{\frac{1}{6}}}{\left[ 1 + \left( \frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2$$

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{(0,387) \cdot (1,43 \times 10^9)^{\frac{1}{6}}}{\left[ 1 + \left( \frac{0,492}{0,7201} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2$$

$$Nu = 137,64$$

Cálculo del coeficiente  $h_c$  convección

$$h_c = \frac{k}{h} Nu$$

$$h_c = \frac{0,02816 \frac{W}{mC}}{0,57 m} \cdot (137,64)$$

$$h_c = 6,80 \frac{W}{m^2C}$$

**Cálculo para obtener el calor por convección natural**

Área del cilindro:

$$A_{cilindro} = \pi \cdot D \cdot L$$

$$A_{cilindro} = \pi \cdot (0,58m) \cdot (0,57m)$$

$$A_{cilindro} = 1,03 m^2$$

y;

$$\dot{Q}_{con} = h_c A_{cilindro} (T_{ebull} - T_{amb})$$

$$\dot{Q}_{con} = 6,80 \frac{W}{m^2C} \cdot (1,03 m^2) [(98,17 - 24)^\circ C]$$

$$\dot{Q}_{con} = 519,48 W$$

**Cálculo del calor por radiación**

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon A_{cilindro} \sigma (T_{ebull}^4 - T_{amb}^4)$$

$$\dot{Q}_{rad} = [(0,63) \cdot (1,03 m^2) \cdot (5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4})] ((98,17 + 273,15 K)^4 - (24 + 273,15 K)^4)$$

$$\dot{Q}_{rad} = 412,60 W$$

**Cálculo de pérdidas de calor por vaporización del agua.**

Para encontrar la entalpia de vaporización y la densidad del agua vaporada, se realiza una interpolación a la temperatura de 98.17°C

$$h_{fg} = 2261,8 \frac{kJ}{kg}$$

$$\delta_{agua(g)} = 0,5637 \frac{kg}{m^3}$$

Con la densidad del agua se puede tener la masa del agua vaporizada

$$\delta_{agua(g)} = \frac{m}{V}$$

$$m_{agua(g)} = \delta, V$$

$$m_{agua(g)} = 0,5637 \frac{kg}{m^3} 0,06 m^3$$

$$m_{agua(g)} = 0,0338 kg$$

$$\dot{Q}_{vap} = \dot{m} h_{fg}$$

$$\dot{Q}_{vap} = \frac{0,0338 kg}{5400 s} \cdot 2261,8 \frac{kJ}{kg}$$

$$\dot{Q}_{vap} = 0,0142 kW$$

$$\dot{Q}_{vap} = 0,0142 kW \cdot \frac{1000 W}{1 kW}$$

$$\dot{Q}_{vap} = 14,20 W$$

**Cálculo para obtener las pérdidas de calor**

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{con} + \dot{Q}_{rad} + \dot{Q}_{vap}$$

$$\dot{Q}_{total} = 519,48 W + 412,60 W + 14,20 W$$

$$\dot{Q}_{total} = 946,28 W = 946,28 \frac{J}{s} = \dot{Q}_{sale}$$

Entonces, se obtiene la siguiente expresión

$$\dot{E}_{sale} = \dot{Q}_{sale}$$

Entonces, **t** es igual al tiempo en que duró el proceso del jarabe terapéutico

$$E_{sale} = Q_{sale} \cdot t$$

$$E_{sale} = \left( 946,28 \frac{J}{s} \right) \cdot (5400s) = 5109912 J$$

Se transforma las unidades a kW-h

$$E_{sale} = 5109912 J \cdot \frac{1kW-h}{3.6 \times 10^6 J} = 1,42 kW-h$$

**Cálculo de la energía requerida para calentar 110 litros de agua.**

$$E_{entrada} = E_{sistema} + E_{sale}$$

$$E_{entrada} = 11,06 kW-h + 1,42 kW-h$$

$$E_{entrada} = 12,48 kW-h$$

## Anexo 5. Cálculo de calor por combustión de GLP.

### Datos:

Propano: 60%

Butano: 40 %

$$H_f^\circ \text{propano} = -103,85 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$H_f^\circ \text{butano} = -126,15 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$H_f^\circ \text{CO}_2 = -393,52 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$H_f^\circ \text{H}_2\text{O} = -285,83 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

### Dimensiones del cilindro de GLP de 15 kg

Altura (h): 0,72 m

Diámetro (D): 0,30 m

Radio (r): 0,15m

$$\delta_{GLP} = 0,54 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$$

### Volumen del cilindro de GLP

$$V_{cilindro} = \pi r^2 h$$

$$V_{cilindro} = \pi \left( \frac{0,30\text{m}}{2} \right)^2 (0,72\text{m}) = 0,0509 \text{ m}^3 = 50,9 \text{ L}$$

A partir de la fórmula de densidad se obtiene la masa

$$\rho = \left( \frac{m}{V} \right)$$

$$m_{cilindro} = \rho \cdot V$$

$$m_{GLP} = 0,54 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot 50,9 \text{ L}$$

$$m_{GLP} = 27,49 \text{ kg}_{GLP}$$

La composición del GLP es 60% de propano y 40 % de butano, se tiene las masas de cada gas

$$m_{propano} = (0,60) \cdot (27,49) \text{ kg}_{GLP}$$

$$m_{propano} = 16,5 \text{ kg}_{propano}$$

$$m_{butano} = (0,40) \cdot (27,49) \text{ kg}_{GLP}$$

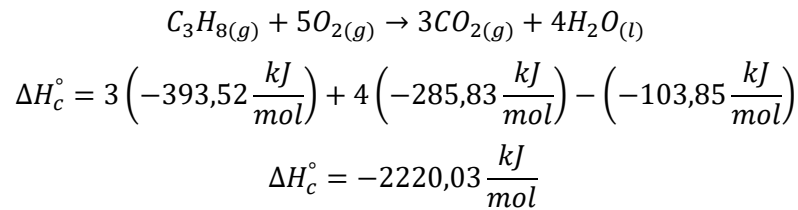
$$m_{butano} = 10,99 \text{ kg}_{butano}$$

### Cálculo del calor de combustión del GLP

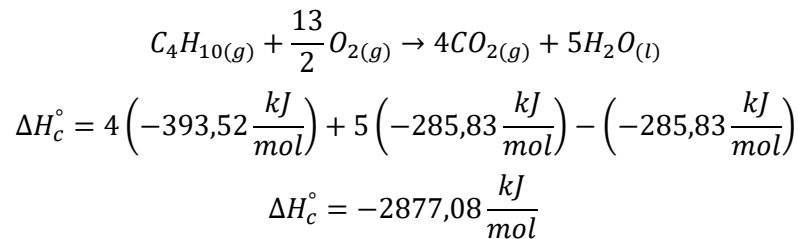
$$\Delta H_c^\circ = \sum n_{\text{Productos}} \cdot \Delta H_{fp}^\circ - \sum n_{\text{Reactivos}} \cdot \Delta H_{fr}^\circ$$



Para el propano, se balancea la ecuación química



Para el butano, se balancea la ecuación química



Entonces:

$$16,50 \text{ kg } C_3H_{8(g)} \cdot \frac{1000g C_3H_{8(g)}}{1kg C_3H_{8(g)}} \cdot \frac{1mol C_3H_{8(g)}}{44,1 \frac{g}{mol}} \cdot \frac{-2220,03 \frac{kJ}{mol} C_3H_{8(g)}}{1mol C_3H_{8(g)}}$$

$$= -830623,47 kJ C_3H_{8(g)}$$

$$10,99 \text{ kg } C_4H_{10(g)} \cdot \frac{1000g C_4H_{10(g)}}{1kg C_4H_{10(g)}} \cdot \frac{1mol C_4H_{10(g)}}{58,12 \frac{g}{mol} C_4H_{10(g)}} \cdot \frac{-2877,08 \frac{kJ}{mol} C_4H_{10(g)}}{1mol C_4H_{10(g)}}$$

$$= -544031,47 kJ C_4H_{10(g)}$$

**Calor de combustión del GLP**

$$\sum \Delta H_{c \text{ GLP}}^\circ = -830623,47 kJ C_3H_{8(g)} + (-544031,47 kJ C_4H_{10(g)})$$

$$\sum \Delta H_{c \text{ GLP}}^\circ = -1374654,94 kJ_{GLP}$$

Cálculo para conocer la cantidad de cilindros de GLP

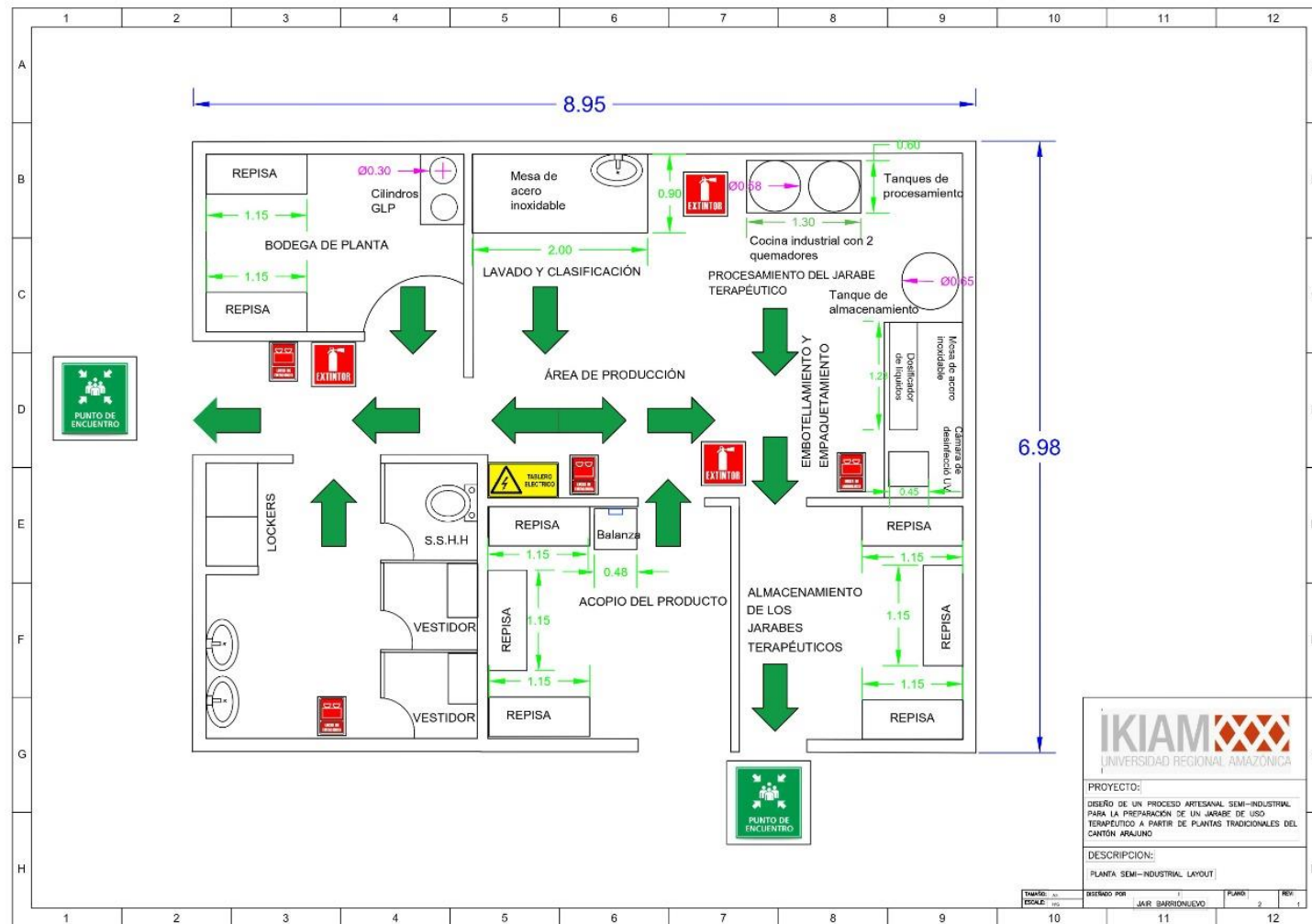
$$E_{entrada} = 24,96 \text{ kW} - h$$

$$\Delta H_{c(GLP)}^\circ = -1374654,94 kJ_{GLP} \cdot \frac{1 \text{ kW} - h}{3,6 \times 10^3 kJ} = (-381,84 \text{ kW} - h)_{GLP}$$

La relación es si un cilindro de GLP produce un total de  $(-381,84 \text{ kW} - h)_{GLP}$  y se necesita suministrar  $24,96 \text{ kW} - h$  en total para calentar 2 tanques de procesamiento de 110 L del jarabe terapéutico, entonces:

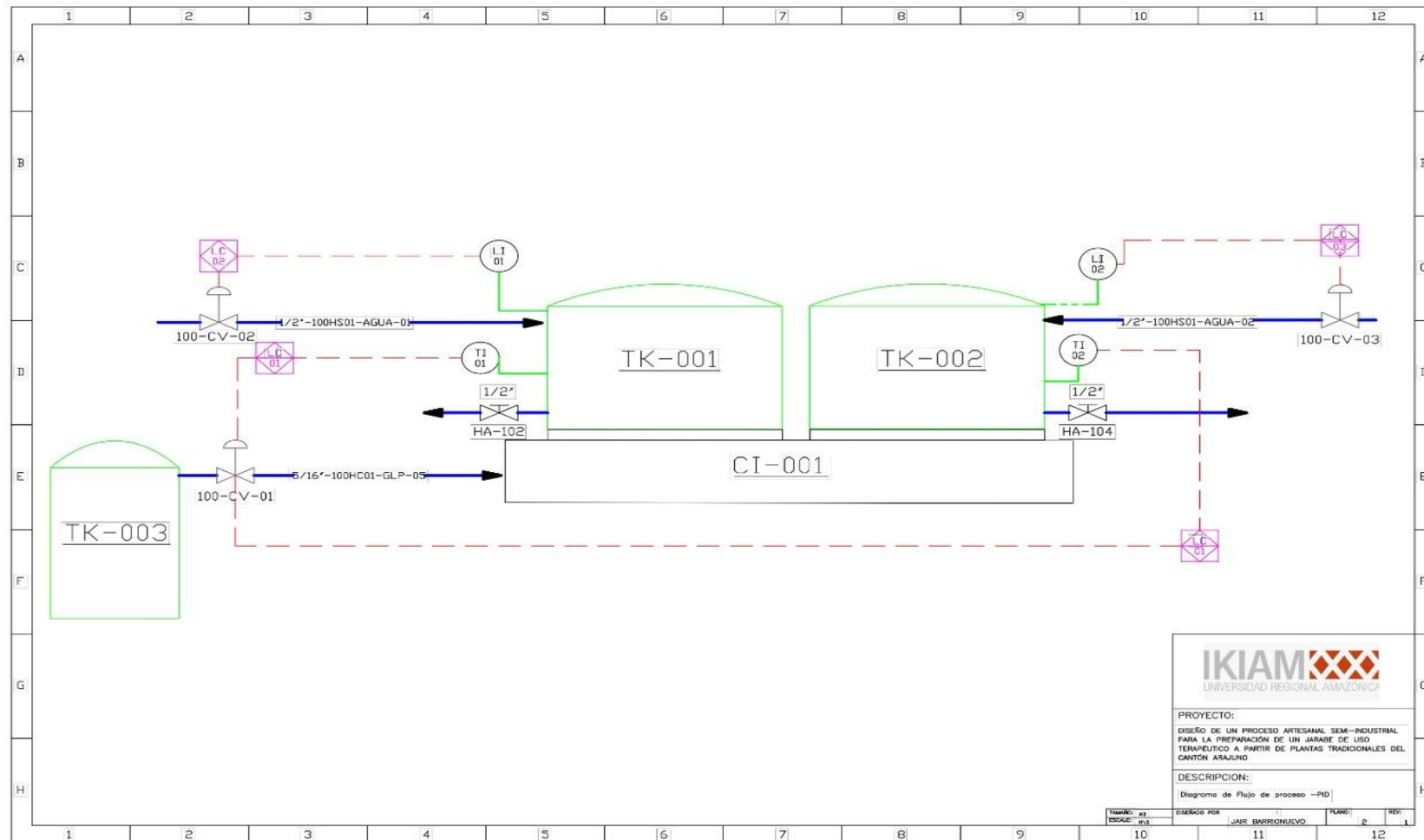
$$\text{¿ cilindro de GLP?} = \frac{24,96 \text{ kW} - h}{(381,84 \text{ kW} - h)_{GLP}} = 0,10 \text{ cilindro de GLP}$$

**Anexo 6.** Vista superior de la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico



**Realizado por:** Barrionuevo, Jair, 2022.

## Anexo 7. P&ID.de la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico



Realizado por: Barrionuevo, Jair, 2022

**Anexo 8.** Proformas de los equipos e instrumentos.



**CERRAJERIA METALEX**

"POR QUE NUESTRA ESENCIA ES SIMPLEMENTE INOXIDABLE"

CALIFICACION ARTESANAL No: 23654

Puyo 16 de Febrero del 2022

Ponemos en su consideración nuestro Presupuesto económico solicitado el cual detallamos continuación

**PROFORMA Nro. 570**

Señor ( es) UNIVERSIDAD IKIAM                      Telf . 0960705229

**DIRECCION. TENA**

| CANT                     | PRODUCTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | P /U     | PRECIO TOTAL    |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|
| 2                        | <b>TANQUE CON TAPA FABRICADO ACERO INOXIDABLE 304 2B MATE CALIBRE 2MM</b><br>MEDIDAS 0.58 Cm de diámetro x 0,57 cm de alto 2 neplós y 2 llaves de ½ para entrada y salida de líquido<br>Peso 39,26 Kg cada uno<br>Medidas dadas por el cliente                                                                       | 1.100 \$ | <b>2.200 \$</b> |
| 1                        | <b>MESA LAVABO DE 2 POZOS CON ESPLADAR FABRICADO ACERO INOXIDABLE 304 2B MATE SATINADO CALIBRE 1.2 M</b><br>MEDIDAS 2.00 metros de largo x 0.90 cm de ancho x 0.80cm de alto con dos pozos y espaldar de 15 m de alto sin grifería sin bandeja en la parte de abajo<br>Peso 35,26 Kg<br>Medidas dadas por el cliente | 830 \$   | <b>830 \$</b>   |
| 1                        | <b>COCINA DE 2 QUEMADORES EN ACERO INOXIDABLE</b><br>Quemador redondo de 0.40cm x 0.40 cm X 0.70 m de alto<br>Peso 45 Kg<br>Medidas dadas por el cliente                                                                                                                                                             | 680 \$   | <b>680 \$</b>   |
| <b>SUMAN UN TOTAL DE</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          | <b>3.710 \$</b> |

CARACTERISTICAS TECNICAS

**Ilustración 5.** Cotización de los tanques de acero inoxidable y cocina industrial

## Dosificadora semiviscosos de alimentación directa doble boquilla

Y2WTD-1000ML



PRODUCTO EN  
LIQUIDACIÓN

HASTA AGOTAR STOCK

40%

ANTES:  
~~\$2440,42~~

PRECIO CON  
DESCUENTO:  
**\$1464,25**

Incluye IVA

**Ilustración 6.** Cotización de llenador de botellas

**MULTICOMERCIO FERROLLAVES**

MEXICO 9 DE OCTUBRE SN Y 24 DE MAYO

RUC: 1801385665001  
TLF: 032885176

---

CLIENTE: YAIR BARIO NUEVO  
CODIGO: 321546 1600529760  
DIRECCION: Puyo  
TELEFONO:

**PROFORMA N° PR007816**  
EMISION: 15/02/2022 VENCIMIENTO: 15/02/2022  
VENDEDOR: FAUSTO LEMA

| N° | CODIGO        | DESCRIPCION                              | CANTIDAD | UND | PRECIO UNITARIO | DESC. | TOTAL   |
|----|---------------|------------------------------------------|----------|-----|-----------------|-------|---------|
| 1  | T634          | VALVULA INDUSTRIAL DE PALANCA HERK RG    | 1.00     | UND | 3.9300          | 0.00  | 3.9300  |
| 2  | 220457        | MANGUERA ANACONDA 1/2X100MTS P/AGUA      | 3.00     | MTR | 0.4500          | 0.00  | 1.3500  |
| 3  | C0010         | CONEXION DE BRONCE PARA MANGUERA         | 1.00     | JGO | 1.7900          | 0.00  | 1.7900  |
| 4  | 820132037244  | LLAVE DE CHORRO FV PESADA E43604BR       | 1.00     | UND | 10.7100         | 0.00  | 10.7100 |
| 5  | 7898482244561 | SIFON CORRUGADO TIGRE MULTIUSO 1-1/4     | 1.00     | UND | 2.1400          | 0.00  | 2.1400  |
| 6  | 7898482242468 | REJILLA PARA LAVABO 1PX7/8 TIGRE CPC 611 | 1.00     | UND | 1.8700          | 0.00  | 1.8700  |
| 7  | SPS20         | BALANZA D/MESA PLATO PLANQ. 20KG/44LB    | 1.00     | UND | 20.9800         | 0.00  | 20.9800 |
| 8  | ER365149      | BALANZA P. COCINA CAMRY LCD 5KG          | 1.00     | UND | 14.3000         | 0.00  | 14.3000 |

Observaciones: 9 DE OCTUBRE SN Y 24 DE MAYO

LA CANTIDAD DE: SESENTA Y TRES con 92/100

RECIBI CONFORME

|                  |         |
|------------------|---------|
| SUBTOTAL:        | 57.0700 |
| DESCUENTO 0.00 % | 0.00    |
| TOTAL NETO:      | 57.07   |
| BASE 12%:        | 58.17   |
| BASE 0%:         | 0.00    |
| I.V.A. 12 %      | 6.85    |
| VALOR A PAGAR:   | 63.92   |

**Ilustración 7.** Cotizaciones de equipos para la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico.

**ALMACENES SU ECONOMIA**  
Equipos Industriales

VARGAS SANCHEZ  
VANESSA ABIGAIL  
R.U.C. 1804978144001

Dirección: Primera Imprenta 08-19 y Maldonado - Ambato  
Telfs.: 032 424 157 - 099 859 5561 / e-mail: almacensueconomia@gmail.com

**NOTA DE PEDIDO N° 000123**

Fecha: 17/02/2022 Guía de Remisión

Cliente: YAIR BARIO NUEVO

CI / RUC: Telf.: 0960705229

Dirección: Puyo / PROFORMA

| Cont.    | DETALLE                                       | V. Unit. | V. Total |
|----------|-----------------------------------------------|----------|----------|
| 1        | Frutero                                       |          | 55.00    |
| 2        | Estanterías 115x40                            | 70.00    | 140.00   |
| 1        | Valvula industrial                            | 5.00     | 5.00     |
| 3        | mtrs manguera                                 | 2.00     | 6.00     |
| 1        | Olla industrial #16                           |          | 11.00    |
| 1        | Olla industrial #26                           |          | 29.00    |
| 1        | Olla industrial #32                           |          | 39.00    |
| 1        | Cocina 2 quemadores de acero inoxidable 60x60 |          | 290.00   |
| 1        | Mesa de trabajo con lavabo acero inoxidable   |          | 750.00   |
| Total \$ |                                               |          | 1325     |

Original: Adquirente  
Copia: Emisor

**Ilustración 8.** Cotizaciones de equipos en otra empresa para la planta semi-industrial procesadora de jarabe terapéutico

**GIUFERVY CIA. LTDA.**

ALBERTO ZAMBRANO PALACIOS Y 9 DE OCTUBRE

RUC: 169171630500  
TLF: 032866269

CLIENTE: CONSUMIDOR FINAL

CODIGO: 00009864      99999999999999

DIRECCION: PUYO

TELEFONO:

**PROFORMA N°** PR008270

EMISION: 03/02/2022      VENCIMIENTO: 03/02/2022

VENDEDOR: VENDEDOR 1

| N°                    | CODIGO      | DESCRIPCION                              | CANTIDAD | UND | PRECIO UNITARIO | DESC. | TOTAL |
|-----------------------|-------------|------------------------------------------|----------|-----|-----------------|-------|-------|
| 1                     | ACS-30-JC21 | BALANZA DIGITAL D/MOSTRADOR 30KG 66LB CA | 1.00     | UND | 51.6000         | 0.00  | 51.60 |
| SUBTOTAL:             |             |                                          |          |     |                 |       | 51.60 |
| DESCUENTO      0.00 % |             |                                          |          |     |                 |       | 0.00  |
| TRANSPORTE            |             |                                          |          |     |                 |       | 0.00  |
| TOTAL NETO:           |             |                                          |          |     |                 |       | 46.07 |
| I.V.A.      12 %      |             |                                          |          |     |                 |       | 5.53  |
| VALOR A PAGAR:        |             |                                          |          |     |                 |       | 51.60 |

Observaciones:

LA CANTIDAD DE:  
CINCUENTA Y UN con 60/100

**Ilustración 9.** Cotización de balanza digital

# ACERO-INOX

EQUIPOS DE ACERO INOXIDABLE

Quito, 03 de febrero del 2022

Proforma: 2022-08-Rev.0

Pág.2 de 2

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| Tanque de almacenamiento de 200Lts. | 2172,00 |
| Tamiz para tanque de almacenamiento | 1072,00 |

**Nota:** El precio no incluyen el IVA.

## 5. CONDICIONES GENERALES

|                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Validez de la oferta: | 10 días                               |
| Tiempo de entrega:    | 45 días                               |
| Forma de pago:        | 60% anticipo, saldo contra entrega    |
| Lugar de entrega:     | En nuestra planta, Quito.             |
| Garantía:             | Un año contra defectos de fabricación |

Atentamente,  
Wilson Paucar  
ACERO-INOX

## Ilustración 10. Cotización del tamiz de acero inoxidable



### Tapadora de botellas eléctrica

Reference: 0906 Condition: Nuevo

Tapadora de botellas eléctrica Ferrari

5 artículos

\$630.00 IVA incluido

1

<https://www.beerlandstore.com/home/765-tapadora-de-botellas-electrica.html>

1/4

## Ilustración 11. Cotización del tapador de botellas



Cotización para:

| COTIZACIÓN            |  |
|-----------------------|--|
| 282                   |  |
| R.U.C.: 1791936574001 |  |

Fecha: 24.03.2022

Cotización preparada por:

**Daniel Venegas**

+593 99 971 4266

dvenegas@ecuatorialaindustrial.com

Estimado/a

Gracias por su amable requerimiento, ponemos a su disposición la siguiente cotización para su revisión.  
Esperamos poder atenderle en su requerimiento muy pronto.

| No.      | CÓDIGO     | DESCRIPCIÓN                        | CANT.  | PRECIO   | DESC. | P. TOTAL USD |
|----------|------------|------------------------------------|--------|----------|-------|--------------|
| 1        | 8E00300404 | 703000 TAMAÑO 1/2" +VB015 100/240V | 1 und. | \$577.96 | 0%    | \$577.96     |
| Subtotal |            |                                    |        |          |       | \$577.96     |
| IVA 12   |            |                                    |        |          |       | \$69.36      |
| Total    |            |                                    |        |          |       | \$647.32     |

**Términos y Condiciones:**

- **Validez de la oferta:** 8 días, salvo venta previa
- **Forma de pago:** Contado contra entrega

**Ilustración 12.** Cotización de las válvulas de control.

