



Universidad
Mariana

Prototipo de una maquina semiautomática para la extracción de aceite del maní Sacha-Inchi
por medio de una prensa hidráulica en el departamento del Putumayo

Lina María Guevara Sánchez

Luisa Fernanda Ramos Quiñonez

Universidad Mariana

Facultad de ingeniería

Programa ingeniería mecatrónica

San Juan de Pasto

2024

Extracción de aceite maní Sacha-Inchi

Prototipo de una maquina semiautomática para la extracción de aceite del maní Sacha-Inchi
por medio de una prensa hidráulica en el departamento del Putumayo

Lina María Guevara Sánchez

Luisa Fernanda Ramos Quiñonez

Informe de investigación para optar al título de: Ingenieras Mecatrónicas

MsC. Fabio Camilo Gómez Meneses

Asesor

Universidad Mariana

Facultad de ingeniería

Programa ingeniería mecatrónica

San Juan de Pasto

2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007

Universidad Mariana

Agradecimientos

Iniciamos expresando nuestra gratitud a Dios por brindarnos la fuerza y sabiduría que nos ha permitido cumplir nuestros objetivos, incluido el desarrollo de este significativo proyecto para nosotras.

Agradecemos profundamente a nuestro asesor, Fabio Camilo Gómez Meneses, por su constante apoyo y por compartir generosamente sus conocimientos con nosotras. Extendemos nuestro reconocimiento a cada uno de los docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica por su invaluable tiempo y orientación en nuestra vida académica.

Queremos también agradecer a cada amigo que nos ha brindado su ayuda y orientación durante la realización de nuestros proyectos. finalmente, pero no menos importante, dedicamos un especial agradecimiento a nuestra familia, nuestro motor y fuente de inspiración, por su inquebrantable apoyo y por impulsarnos a alcanzar nuestros sueños cada día. Sin su respaldo, este logro no habría sido posible.

Dedicatoria

Este logro va dedicado directamente a mi padre, quien se encuentra en el cielo. Sé que estaría enormemente orgulloso de mí, ya que fue mi motor e inspiración para mantenerme firme incluso en los momentos más difíciles. Su legado vive en cada paso que doy hacia mis metas.

Lina Guevara.

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios quien da la sabiduría necesaria para que cada proyecto se dé y ha sido la clave principal para terminar, a mis padres por su amor y apoyo incondicional, A mi hija por ser mi mayor motivo de superación, a mis amigos por sus palabras y compañía a lo largo de este viaje académico. A mis profesores, por su paciencia y compromiso y a todos los que de alguna manera hicieron que esto fuese posible.

Luisa Ramos.

Contenido

Introducción	12
1. Resumen del proyecto.....	13
1.1. Descripción del problema.....	13
1.1.1. Formulación del problema	14
1.2. Justificación.....	14
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos.....	16
1.4.1. Antecedentes	16
1.4.1. Marco teórico.....	21
1.4.1.1 Fisiología del Sacha-Inchi.....	22
1.4.1.2 Requerimientos edafoclimáticos	22
1.4.1.3 La siembra.....	24
1.4.1.4 Características nutricionales	24
1.4.1.5 Beneficios para la salud	25
1.4.1.6 Aceite del Sacha – Inchi	25
1.4.1.6 Proceso de extracción del aceite Sacha - Inchi	25
1.4.1.7 Subproductos de la producción del aceite Sacha – Inchi.....	26
1.4.2. Marco conceptual	27
1.4.3. Marco contextual	29
1.4.3.1 Límites	31
1.4.3.2 Fisiografía	32
1.4.3.3 Hidrografía.....	32
1.4.3.4 Temperatura	32

1.4.3.5 Clima.....	33
1.4.3.6 Estructura poblacional	33
1.4.4. Marco legal.....	33
<i>1.5. Metodología.....</i>	<i>37</i>
1.5.1. Línea de investigación.....	37
1.5.2. Enfoque de investigación	37
1.5.3. Tipo de investigación	37
1.5.4. Descripción metodológica	37
2. Presentación de resultados.	39
<i>2.1 Procesamiento de la información.....</i>	<i>39</i>
<i>2.2. Análisis e interpretación de resultados.....</i>	<i>42</i>
2.2.1 Diseño y construcción.....	42
2.2.2 Partes de la prensa.....	44
<i>2.3 Construcción final y pruebas de funcionamiento</i>	<i>47</i>
• Funcionamiento General.....	48
• Eficiencia de Extracción	48
• Durabilidad y Mantenimiento.....	48
3. Conclusiones	50
4. Recomendaciones	51
Referencias bibliográficas.....	52
Anexos	54

Índice de Tablas

Tabla1 Criterio de búsqueda de artículo	17
Tabla2 Tipos de extracción de aceite	39
Tabla3 Semilla entera 1	40
Tabla4 Semilla entera 2	41
Tabla5 Semilla entera 3	41
Tabla6 Semilla entera 4	41

Índice de Figuras

Figura 1	Localización espacial del Putumayo en Colombia y división política administrativa	30
Figura 2	División política administrativa y límites del Departamento del Putumayo, 2020.	31
Figura 3	Prensa de extracción de aceite	43
Figura 4	Análisis estático de la prensa.....	43
Figura 5	Construcción de prensa.....	48
Figura 6	Prensa finalizada.....	49
Figura 7	Producto final	49

Índice de Anexos

Anexo A . Plano 1	54
Anexo B . Plano 2	55
Anexo C . Plano 3	56
Anexo D . Plano 4	57
Anexo E . Plano 5	58
Anexo F . Plano 6	59
Anexo G . Plano 7	59
Anexo H . Plano 8	59
Anexo I . Plano 9	59

Introducción

En la actualidad, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico son objetivos esenciales los cuales deben ir de la mano; en el presente proyecto se aborda la necesidad de encontrar soluciones innovadoras para aprovechar los recursos naturales de manera eficiente por la creciente preocupación por el impacto ambiental de las actividades industriales y agrícolas en el departamento del Putumayo, además el departamento de Putumayo es una región rica en recursos naturales y biodiversidad, enfrenta serios desafíos ambientales, como la degradación del suelo, la deforestación y la contaminación del agua, ya que la explotación de hidrocarburos, la producción agropecuaria y los cultivos ilícitos han exacerbado estos problemas, afectando negativamente al ecosistema y la salud de los habitantes locales

Ante este caso, se realiza la búsqueda de alternativas sostenibles para la extracción de recursos naturales, como el aceite de la semilla de Maní Sacha-Inchi. Este aceite, conocido por sus valiosos beneficios nutricionales y su potencial comercial, representa una oportunidad para fomentar el desarrollo económico de la región de manera sostenible

El objetivo principal de este proyecto es diseñar y desarrollar un prototipo de máquina semiautomática para la extracción de aceite de la semilla de Maní Sacha-Inchi, utilizando una prensa hidráulica en el departamento del Putumayo. Con esta propuesta se pretende mejorar la eficiencia y productividad en el proceso de extracción, al tiempo que minimiza el impacto ambiental asociado a las prácticas tradicionales.

1. Resumen del proyecto

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linnaeus) es originaria del Amazonas, una planta en evolución de la familia Euphorbiaceae. Fruta caracterizada por un alto contenido en proteínas y ácido oleico. Por tanto, esta fruta se puede utilizar como ingrediente para diversos fines. sectores, entre los cuales las industrias alimentaria y cosmética son las más destacadas, garantizará un desarrollo económico sostenible en la región amazónica.

Por otra parte, el aceite de sachá inchi es una fuente importante de ácidos grasos humanos esenciales, ácido linoleico y ácido linolénico. Además de los beneficios del Inchi, que muchas veces se atribuyen a su contenido en ácidos grasos omega 3 y 6, la presencia de antioxidantes en su composición hace que este producto tenga aún más beneficios. La presencia de estos compuestos confiere al aceite una mayor estabilidad, aportando mayor valor nutricional y saludable para el consumo alimentario (Arana, Paredes. 2008).

El prototipo desarrollado en este proyecto consiste en una máquina semiautomática para la extracción de aceite del maní Sacha-Inchi mediante una prensa hidráulica, este equipo se diseñó con el objetivo de mejorar la eficiencia y la productividad en el proceso de extracción, al mismo tiempo que se minimiza el impacto ambiental asociado a las prácticas convencionales.

La máquina se compone de varias partes fundamentales: un motor AC, una caja reductora para el motor, poleas, correas, un cilindro o camisa para la extracción del aceite, un pistón y un gato hidráulico para aplicar la presión necesaria. Además, cuenta con componentes eléctricos y electrónicos, que incluye una fuente de alimentación, un sensor de presión, pulsadores, LEDs, una pantalla LCD y un microcontrolador Arduino.

1.1. Descripción del problema

Debido a la degradación de los recursos naturales en la provincia del Putumayo, se buscan alternativas sustentables como el cultivo de maní Sacha-Inca para reducir el impacto ambiental y generar ingresos. Este cultivo es conocido por sus múltiples valores nutricionales y alto valor comercial, lo que lo convierte en una opción viable para contribuir a la economía local de manera sostenible. Sin embargo, el

procesamiento del maní Sacha-Inca es difícil y requiere métodos eficientes para extraer el aceite sin perder sus propiedades beneficiosas.

Con esta necesidad, se planteó la idea de crear una prensa que pudiera extraer de manera rápida y eficiente el aceite de maní Sacha-Inchi conservando todo su valor nutricional. El proyecto tiene como objetivo desarrollar una máquina semiautomática que utilice prensas hidráulicas para facilitar el proceso de extracción, aumentando la eficiencia y productividad de los fabricantes locales.

El objetivo de la medida no es sólo optimizar el proceso de extracción de petróleo, sino también reducir el impacto ambiental asociado a las tecnologías tradicionales. El diseño y construcción de la prensa tiene como objetivo brindar una solución tecnológica que contribuya al desarrollo económico del Putumayo, promueva las prácticas de permacultura y beneficie a la comunidad local.

Además, el programa pretende demostrar que la innovación tecnológica puede ser un aliado importante en la protección de los recursos naturales al proporcionar herramientas que permitan a las comunidades rurales utilizar sus recursos de manera responsable y eficiente. Con la introducción de esta prensa se espera no sólo mejorar la calidad y cantidad del petróleo producido, sino también promover el bienestar económico y ambiental de la región

1.1.1. Formulación del problema

¿De qué manera el diseño y fabricación de un prototipo de máquina semiautomática para la extracción de aceite del Maní Sacha Inchi por medio de una prensa hidráulica pueden contribuir a la minimización del impacto ambiental y mejorar su productividad?

1.2. Justificación

El desarrollo de un prototipo de máquina semiautomática que utiliza una prensa hidráulica para extraer aceite de maní Sacha-Inchi es una innovación importante en el sector agrícola, especialmente donde la falta de automatización limita la eficiencia y la productividad.

Actualmente, la extracción de varios productos en muchas zonas se realiza mediante métodos manuales o equipos rudimentarios, lo que ralentiza el proceso y puede afectar la calidad del producto final. La introducción de una prensa hidráulica semiautomática puede cambiar este proceso, brindando una solución rápida, eficiente y que preserva las propiedades beneficiosas del aceite de maní Sacha-Inchi.

Las semillas de la especie *Plukenetia volubilis* son muy atractivas por su riqueza en aceite, lo que las convierte en una interesante opción dietética como nutriente en el análisis de ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles, fitoesteroles, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Los fitoquímicos concluyen que su consumo puede considerarse una fuente dietética importante de promotores de la salud (Chirinos et al, 2013).

El aceite de maní Sacha-Inchi, posee propiedades nutricionales y beneficios para la salud impresionantes. El aceite de sacha inchi es una rica fuente de ácidos grasos insaturados, especialmente ácido oleico, ácido linoleico y ácido alfa-linolénico (omega-3), que son esenciales para la salud cardiovascular y el funcionamiento cerebral (Gavidia, 2014).

La creciente demanda de alimentos saludables y nutricionales ha generado un interés renovado en productos como el aceite de Sacha-Inchi, que se destaca por su perfil lipídico único y su capacidad para promover la salud en diversos aspectos. Su contenido excepcionalmente alto de ácidos grasos esenciales lo convierte en una opción atractiva para aquellos que buscan mejorar su dieta y reducir el riesgo de enfermedades crónicas.

El cultivo y procesamiento del maní Sacha-Inchi ofrecen oportunidades económicas significativas para las comunidades locales en el departamento del Putumayo. Al promover su producción y comercialización, no solo se diversifica la economía regional, sino que también se fomenta la conservación de los recursos naturales y se incentiva el desarrollo sostenible en la región.

El desarrollo de un prototipo de máquina semiautomática para la extracción de aceite del maní Sacha-Inchi se presenta como una iniciativa estratégica y oportuna. Esta tecnología innovadora no solo facilitará la producción eficiente y rentable de aceite de Sacha-Inchi, sino que también contribuirá a la reducción de la presión sobre los recursos naturales y la mitigación del impacto ambiental asociado con las prácticas agrícolas convencionales. Al abordar simultáneamente los desafíos ambientales y económicos del

departamento del Putumayo, este proyecto se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible y la promoción de prácticas agrícolas responsables. La implementación exitosa de este prototipo no solo beneficiará a los productores locales y a la industria alimentaria, sino que también sentará un precedente para la adopción de tecnologías innovadoras en otras regiones con desafíos similares. Por ende, el desarrollo de un prototipo de máquina semiautomática para la extracción de aceite del maní Sacha-Inchi representa una oportunidad única para impulsar la transformación positiva en el Departamento del Putumayo, promoviendo la sostenibilidad ambiental, la seguridad alimentaria y el desarrollo económico inclusivo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y fabricar un prototipo de máquina semiautomática para la extracción de aceite por medio de una prensa hidráulica del maní Sacha-Inchi en el departamento del Putumayo, que ayude a la minimización del impacto ambiental y mejorar su productividad

1.3.2. Objetivos específicos

- Recopilar información sobre los métodos de extracción de aceite del maní Sacha-Inchi en el departamento del Putumayo.
- Diseñar y fabricar un prototipo de máquina semiautomática con prensa hidráulica para la extracción de aceite de maní Sacha-Inchi en el departamento del Putumayo.
- Evaluar y validar el prototipo de máquina semiautomática con prensa hidráulica para la extracción de aceite del maní Sacha-Inchi en el departamento del Putumayo.

1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos

1.4.1. Antecedentes

Tabla1
Criterio de búsqueda de artículo

Criterios de búsqueda	"PRÁCTICAS AGRÍCOLAS AMAZONIA" "CONTAMINACIÓN " "DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO" "IMPACTO" "EXTRACCIÓN" Y "ACEITES " "MAQUINAS" "TECNOLOGÍAS" "PRODUCCIÓN" Y "ALIMENTOS"
Periodo de búsqueda	2015-2023
Número de documentos encontrados sin filtro	22
Filtro por área temática	Ingeniería ambiental y procesos
Tipo de documentos	Artículos
Número de documentos encontrados con filtros	2
Idioma	Español

Fuente: Scopus, 2023.

Generalidades del Sacha Inchi. El Sacha-Inchi, es una Euphorbiacea que comúnmente se conoce como maní del monte, sachá maní o maní del inca. Se encuentra distribuida desde América Central y en el Perú se le encuentra en estado silvestre en diversos lugares, como los departamentos de San Martín, Ucayali, Huánuco, Amazonas, Madre de Dios y Loreto, (Granados, 2009).

Así mismo, es definido como una de las plantas de nuestra biodiversidad amazónica, que despierta mayores expectativas. Es trepadora, semileñosa y de altura indeterminada, siendo una planta oleaginosa silvestre, cuyas semillas son muy estimadas por su alto contenido de ácidos grasos insaturados (omega 3, 6 y 9) y su valor proteico. (INCAGRO, 2008).

Por otra parte, se menciona que actualmente se han inventariado más de 50 eco tipos, que corresponden a grupos étnicos de las culturas de la Amazonía. La primera mención científica del Sacha Inchi fue hecha en 1980 a consecuencia de los análisis de contenido graso y proteico realizados por la Universidad de Cornell en USA, los que demostraron que las semillas del Sacha Inchi tienen alto contenido de proteínas (33 %) y aceite (49 %) (Arevalo,2009).

En primer lugar se referencia a Gutierrez (2020) que realizó el estudio nombrado “Plan de negocios para la creación de una empresa extractora de aceite de ricino en el Bajo Cauca” en Cauca, Colombia, con el presente plan de negocios se busca agremiar a los pequeños parceleros cultivadores de sachá inchi del Bajo Cauca, implementar una planta extractora y refinadora de aceite de sachá inchi, que permita comercializar este producto y sostenerle buen precio a los campesinos, garantizando la sostenibilidad social. Se espera comercializar con Sachá Colombia y poco a poco ir cubriendo el mercado local. El plan de negocios incluye el análisis del sector mediante las herramientas las Fuerzas de Porter, el análisis de mercado y su viabilidad la cual está soportada por los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación de mercado. La viabilidad del análisis financiero se establece con el cálculo del valor presente neto (VPN) siendo positivo por valor de \$13.819.097 para el análisis del flujo de caja. Se espera obtener una tasa interna de retorno del 37.58%, con una tasa de recuperación de la inversión de tres años. La viabilidad legal se obtiene del análisis DOFA.

La viabilidad técnica está garantizada con el estudio de los procesos y las maquinarias requeridas, las cuáles son accesibles en nuestro país. El análisis de la sostenibilidad está viabilizado con el estudio técnico y financiero y un análisis de sensibilidad. Con estos resultados se concluye la viabilidad del plan de negocios con una propuesta de valor

De acuerdo a los estudios que han adelantado Gutiérrez, Saá Y Vinueza, (2017), en la investigación denominada “Diseño y construcción de un prototipo para la extracción continua de aceite de la semilla Sachá Inchi con un proceso de prensado en frío”, en Quito, Ecuador, donde se presenta el diseño de un extractor de aceite a partir de la semilla de Sachá Inchi a través de un mecanismo de tornillo extrusor, permite alcanzar un rendimiento máximo del 34% mediante un proceso continuo de extracción en frío con temperaturas de trabajo inferiores a 45 °C. La temperatura es un parámetro crítico ya que, al superar los 50 °C, el aceite disminuye su valor alimenticio, por la pérdida de sus propiedades más importantes como son: el contenido de Omega 3 (48%), Omega 6 (36%), Omega 9 (8%), digestibilidad (96%), vitamina A y E. La metodología utilizada para el desarrollo de trabajo fue la de diseño concurrente y simultáneo de acuerdo con las recomendaciones de National Instruments.

El prototipo implementado está compuesto por un tornillo extrusor, un dado de presión, cámara de alimentación, tamiz y filtro. La ventaja del diseño modular es su flexibilidad, por lo que, al cambiar determinados componentes es posible utilizar el prototipo para extraer aceite de diferentes tipos y tamaños

de semillas. Los productos resultantes son: 33.34% de aceite y un residuo sólido conocido como Torta en un 66.66% que tiene muchas aplicaciones en el campo de la alimentación humana y de mascotas. Debido a que se está procesando un producto alimenticio se tomó en cuenta los requerimientos de la Norma ISO 22005 para el diseño y la implementación del prototipo.

Igualmente, Guzman y Rojas (2016) en su estudio titulado “Rediseño de una máquina tipo Expeller para extracción de aceite de la semilla de Sacha Inchi con capacidad de 20 kilogramos/hora en Quito, Ecuador, consiste en el rediseño de una máquina capaz de extraer el aceite de la semilla de sachá inchi, a partir de una máquina tipo molino para la extracción del aceite de chonta, con capacidad de 8kg/h, propiedad de la Fundación Chankuap ubicada en la ciudad de Macas – Morona Santiago. Este tipo de máquina consiste en un tornillo sin fin encamisado, por donde fluye el producto al mismo tiempo que eleva su presión, y al final del recorrido se extruye mediante una boquilla de diámetro de salida reducido, provocando la liberación del aceite por efecto de la presión generada justamente antes de la expulsión del desecho seco por éste. Los parámetros empleados en el rediseño son: Potencia del motorreductor (5 HP), revoluciones por minuto del motorreductor (60rpm); así como los parámetros de extracción de aceite de la semilla de sachá inchi como, presión (192.72bar) y temperatura (65°C). Las geometrías de las piezas rediseñadas se consideraron a partir de máquinas semejantes. La metodología en la que nos basamos para el desarrollo del presente proyecto fue la experimental, la cual consiste en un proceso sistemático y una aproximación científica a la investigación, donde el investigador manipula una o más variables, controla y mide cualquier cambio en otras variables. Y la metodología científica, que consiste en la observación sistemática, medición, experimentación, formulación, análisis y modificación de las hipótesis planteadas inicialmente.

Así mismo, se hace referencia a Arce (2015), quien realizó el estudio “Diseño de una prensa tipo expeller para el proceso de extracción de aceite a partir de semillas oleaginosas, mediante la metodología de ingeniería inversa” en Medellín, Colombia, efectuó al interior de la universidad EAFIT llamada “Investigación técnico social de las oleaginosas promisorias Higuierilla y Sacha Inchi con miras a su desarrollo agroindustrial en el Bajo Cauca Antioqueño”. En el cual se efectuó el diseño y costeo de una prensa tipo expeller para el proceso de extracción de aceite a partir de dichas semillas mediante la metodología de ingeniería inversa con la intención de maximizar la extracción de aceite.

Para adquirir el conocimiento de este tipo de prensas se investigó los diferentes métodos de extracción de aceite de semillas oleaginosas, como lo son la extracción por medio del agua, la extracción química (enzimas y solventes) y la extracción mecánica (prensa tipo Ram y Expeller). Adicionalmente se profundizó en el estudio de prensas tipo Expeller que se usan para la producción de aceites y se adaptaron los conocimientos útiles al nuevo diseño. Posteriormente se realizó el levantamiento de información de un modelo físico de una prensa Expeller que fue importada desde el Brasil y que se encuentra en la universidad EAFIT, tomando como referencia estos datos se generó un modelo 3D el cual fue objeto de rediseño, con el fin de facilitar la extracción de aceite mediante el pretratamiento efectuado a las semillas (aumento de temperatura) para así obtener mayor cantidad de aceite extraído.

Por otra parte Méndez (2012), desarrollo el estudio “Diseño e implementación de una prensa hidráulica para la extracción de Aceites fijos, en el laboratorio de investigaciones de extractos Vegetales (liexve) del centro de investigaciones de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala), el cual realizó con la finalidad de tecnificar cada vez más los procesos de trabajo en el laboratorio de extracto vegetal (LIEXVE) del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería en donde se realizan las operaciones de extracción de aceites vegetales.

La gran mayoría de máquinas en las que se incluyen las prensas hidráulicas y sus accesorios, son importadas por lo cual sus precios son considerablemente altos, siendo éste el principal motivo para que los pequeños empresarios de nuestro país no implementen tecnología en sus lugares de trabajo que les permita realizar sus actividades de manera más sencilla, segura y garantizada.

La metodología utilizada para el diseño de la prensa es la adecuada para la resolución de los problemas de ingeniería; los materiales empleados fueron seleccionados con base a las buenas propiedades mecánicas establecidas en catálogos y que cumplían con las exigencias del diseño, a fin de obtener una máquina de buen rendimiento; la construcción y el diseño de una prensa hidráulica de 12 toneladas es mucho más rentable que adquirir una prensa hidráulica en el mercado; la prensa hidráulica que proporciona la fuerza de extracción fue diseñada con base a modelos básicos de este tipo de máquinas, y presenta una gran versatilidad puesto que puede ser empleada en trabajos de: enderezado, punzonado, o embutido de poca profundidad; la máquina está conformada por elementos sencillos, de fácil construcción, y materiales de gran disponibilidad en el mercado local, esto permitirá a futuro establecer una producción en serie de este tipo de máquinas y sus repuestos, mejorando cada vez su diseño, y disminuyendo los costos de

construcción; es importante el concepto de manejar adecuadamente los pasivos ambientales, mediante la reutilización de materiales, que han sido separados de su función original y colocadas en espacios libres, los cuales pueden seguir siendo útiles en otras aplicaciones.

Es importante resaltar que las investigaciones que anteceden a este trabajo, manifiestan un alto interés por el Sacha Inchi, desde la producción hasta el procesamiento del aceite, incidiendo en la innovación a través del aprovechamiento de la maquinaria adecuada y eficaz que genere mayor rentabilidad en los agricultores. Además, el incremento en la demanda de este producto despierta interés en desarrollar investigación en este sector de la industria.

1.4.1. Marco teórico

- La morfología del Sacha- Inchi presenta las siguientes características:

Tipo de planta: es una planta trepadora, enredadera, vigorosa y de rápido desarrollo, el eje principal alcanza una altura de soporte o tutor (1.8 m) y se extiende hasta 10 metros de largo, es de consistencia semileñosa, perenne.

- **Hojas:**

Son alternas, acorazonadas, de color verde oscuro, de 10 a 12 cm de largo y 8 a 10 cm. de ancho, las nervaduras nacen en la base y la nervadura central se orienta hacia el ápice de la hoja.

- **Flores:**

Flores masculinas: Son pequeñas, blanquecinas dispuestas en racimos. Flores Femeninas:

Se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente, de una a dos flores.

- **Frutos:**

Es una cápsula de 3.5 a 4.5 cm de diámetro, con 4 lóbulos aristados, dentro de los cuales se encuentran 4 semillas, algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos.

- **Semilla:**

En la mayoría de los ecotipos es ovalada, de color marrón oscuro, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia el borde. Según los ecotipos el diámetro fluctúa entre 1.3 y 2.1 cm. (Palacios, 2008)

1.4.1.1 Fisiología del Sacha-Inchi

Referente al estudio del funcionamiento de los órganos y tejidos vegetales de la planta se describe así:

- **Crecimiento vegetativo:**

La planta del Sacha-Inchi da frutos comestibles y oleaginosos, es trepadora, de abundantes hojas y ramas, alcanza la altura de la planta soporte, por lo tanto, no es recomendable que ésta no tenga una altura mayor de 2 m para facilitar la cosecha.

- **Fructificación:**

La floración se inicia, aproximadamente, a los 3 meses (90 días), luego de realizado el trasplante, apareciendo primero los primarios florales masculinos e inmediatamente, después los femeninos. En un período de 7 a 19 días, las flores masculinas y femeninas completan su diferenciación floral. Existe una fase que se podría llamar estado lechoso, pues, es en este estado en que se vuelve muy apetecible a los insectos chupadores. Luego se inicia la maduración propiamente dicha de los frutos, cuando éstos, de color verde empiezan a tornarse de un color negruzco, que finalmente se convierte en marrón oscuro o negro cenizo; indicador que está listo para la cosecha. (Manco, 2007).

1.4.1.2 Requerimientos edafoclimáticos

- **La planta de Sacha Inchi:**

Se desarrolla cumpliendo los siguientes Requerimientos Edafoclimáticos:

- **Altitud:**

Los reportes de colectas realizadas en diferentes lugares de la Amazonía Peruana, indican que el Sacha Inchi crece desde los 39 msnm. en selva baja, hasta los 2110 msnm. En la selva alta.

- **Precipitación:**

El Sacha Inchi es una planta que se desarrolla bajo regímenes de precipitaciones desde 1000 a 1250 mm/ año. Requiere disponibilidad de agua para tener un crecimiento sostenido, siendo mejor con lluvias distribuidas uniformemente durante todo el año.

- **Textura de Suelos:**

Se adapta muy bien a suelos francos, pero en suelos arcillosos, se debe tener mucho cuidado en el manejo del riego, ya que, por la propia característica de la textura, tienden a retener mayor cantidad de humedad generando asfixia radical en el cultivo.

- **Luz:**

Es importante para la fotosíntesis. A bajas intensidades de luz la planta necesita mayor número de días para completar su ciclo vegetativo. Se observa que existe un mayor fructificación cuando la planta se encuentra en plena exposición de los rayos solares.

- **Humedad Relativa:**

La humedad relativa no debe ser tan alta, pues las condiciones de humedad con precipitaciones fuertes, favorece el desarrollo de enfermedades fungosas, una humedad relativa óptima debe ser de 78 por ciento y una temperatura media de 26°C, observándose plantas de Sacha Inchi prácticamente libres de enfermedades. (Granados, 2009).

1.4.1.3 La siembra

La siembra del Sacha Inchi depende del régimen pluviométrico, por lo que se recomienda realizarlo al inicio del periodo de lluvias, ya que la humedad adecuada de los suelos garantiza el éxito de la germinación. Para la siembra se puede realizar directamente a partir de semillas frescas, o una siembra indirecta con plántones de viveros.

Al ser una planta trepadora es utilizado comúnmente sistemas de tutores. Para los tutores muertos o espalderas se utilizan postes de madera de aproximadamente 2,5 metros de largo por 15 cm de diámetro. La cosecha se realiza de manera manual entre los 6 y 8 meses, después del trasplante definitivo, cuando los frutos están secos y maduros, desde esta primera cosecha, la planta no deja de producir, por ello, las cosechas se realizan cada 20—25 días, con un rendimiento entre 0.7 y 2.0 t/ha. La cosecha se realiza recogiendo sólo las cápsulas que se encuentran de color marrón y que aún permanecen en la planta, evitándose el recojo de las semillas que han caído al suelo por el riesgo a que se contaminen. (Doster, 2009)

1.4.1.4 Características nutricionales

Los principales componentes del Sacha Inchi son proteínas, aminoácido, ácidos grasos esenciales (omegas 3, 6, y 9) y vitamina E (tocoferoles, tocotrienoles). El aceite del Sacha inchi es el más rico en ácidos grasos insaturados, entre las semillas oleaginosas. La semilla mostró un contenido de proteína y grasa de 29.85 ± 0.085 y $42.75 \pm 0.5\%$, respectivamente. El 83.3% de la fracción grasa corresponde a ácidos grasos poliinsaturados, el 9.4% a ácidos grasos monoinsaturados y el 7.3% a ácidos grasos saturados. La composición en ácidos grasos del aceite de sachá presenta en su composición un alto contenido de insaturaciones, un 9.39% por ácidos grasos monoinsaturados y un 83.3% por ácidos grasos poliinsaturados.

El perfil de ácidos grasos en conjunto con las características fisicoquímicas y la viabilidad en la obtención de la materia prima, hacen del aceite de sachá inchi una alternativa con un amplio rango de aplicaciones a nivel industrial y alimenticio, como un producto nutracéutico. (Hurtado, 2012).

1.4.1.5 Beneficios para la salud

Los ácidos grasos de estas familias son considerados como ácidos grasos esenciales ya que no pueden ser sintetizados por el organismo, por lo tanto, deben ser aportados por la dieta en una proporción adecuada, cumplen funciones dentro del organismo, tales como el ser reguladores metabólicos en los sistemas cardiovascular, pulmonar, inmune, secretor y reproductor, preservar la funcionalidad de las membranas celulares y participar en los procesos de transcripción genética. De igual manera, la presencia de AGPI, permite que haya un efecto antioxidante, a pesar de ser unas especies muy sensibles, dentro del grupo de los lípidos, al ataque de radicales libres, especies químicas definidas de existencia corta que tienen en su estructura uno o más electrones desapareados, convirtiéndolo en un compuesto altamente inestable y fugaz con gran capacidad de formar otros radicales libres por reacciones químicas en cadena. (Sanchez, 2012).

1.4.1.6 Aceite del Sacha – Inchi

El proceso industrial de extracción del aceite se realiza en frío y se busca evitar las altas temperaturas. Este aceite es utilizado como aceite de mesa y de cocina, en alimentos enriquecidos con omega producidos industrialmente, en cosméticos y en medicina. Los tipos de aceites que se pueden extraer de la almendra del Sacha Inchi son los siguientes (Amazonas, 2005):

- Aceite extra virgen, este se obtiene con el primer prensado en frío, con una acidez inferior al 1 %.
- Aceite virgen, este se produce a partir del segundo prensado, y presenta una acidez inferior al 2 %.
- Aceite puro, este se obtiene por extracción con solvente, con acidez inferior al 2 %.
- Aceite insaturado, cuando se han eliminado los ácidos grasos saturados y ofrece mayor concentración y contenido de ácidos grasos insaturados.
- Aceite polinsaturado, cuando se han eliminado los ácidos grasos saturados y monoinsaturados, ofrece mayor concentración y contenido de ácidos grasos polinsaturados.

1.4.1.6 Proceso de extracción del aceite Sacha - Inchi

Para la extracción de aceites en semillas oleaginosas existen tres métodos comúnmente utilizados, los cuales son (Gómez V, Villegas Z. 2011):

- **Extracción por solventes:**

Esta es la acción de separar con un líquido una fracción específica de una muestra. Sus principales inconvenientes son los elevados costos de instalación inicial. Aunque este proceso presenta una alta eficiencia. Este tratamiento requiere un pre tratamiento: triturar, calentar con vapores a alta temperaturas.

- **Prensado discontinuo:**

En estas se realizan la extracción del aceite a altas presiones. Se utiliza generalmente un pistón de acción intermitente. La estructura es sencilla, ya que consiste en vástagos que por efecto de algún mecanismo simple ya sea de cremallera, de pistón, entre otros; ejercen presión suficiente para la extracción de aceite. Se requiere desmontar partes de la máquina como son las bandejas de tortas y de aceite, lo cual perjudica en el factor de producción.

- **Prensado continuo:**

Es básicamente una prensa de jaula, en la que, la presión se desarrolla por medio de un eje rotatorio o tornillo sinfín. En esta jaula se desarrolla una presión extremadamente alta, del orden de 140 a 2800 Kg/cm². Estas máquinas poseen una alta capacidad de producción, además que pueden funcionar ininterrumpidamente ya que no se tiene que desmontar ninguna de sus partes para poder abastecer carga a procesarse.

1.4.1.7 Subproductos de la producción del aceite Sacha – Inchi

El subproducto agroindustrial que se obtiene después del proceso de prensado le denominan torta. Estudios han demostrado que su alto contenido de aminoácidos esenciales junto con su alta digestibilidad, muestran que gracias su composición nutricional esta puede ser aplicado como alimento o suplemento alimenticio para la preparación de mezclas nutritivas. Además, esta representa una alternativa de la torta de soya en la actividad avícola y pecuaria, gracias que por su alto valor y calidad proteínico (Hurtado 2013).

1.4.2. Marco conceptual

Para la comprensión del proyecto, se debe tener claro los siguientes conceptos.

- **Semillas oleaginosas:**

Las plantas oleaginosas son vegetales de cuya semilla o fruto puede extraerse aceite, en algunos casos comestibles y en otros casos de uso industrial. Las oleaginosas más sembradas son la soja, la palma elaeis, Sacha Inchi o el maní, el girasol, el maíz y el lino. Cada planta, a su vez, puede tener otros usos económicos, como el lino, del que pueden extraerse fibras textiles, harinas y semillas alimenticias, o el maíz, la soja y el maní, cuyos frutos o semillas también pueden ser comidos, o el nogal, del que puede extraerse también madera.

- **La prensa:**

La prensa es una máquina herramienta que pertenece al grupo de aparatos de movimiento rectilíneo alternativo, tiene como finalidad lograr la deformación permanente o incluso cortar un determinado material mediante la aplicación de una carga. Son conocidas desde la antigüedad, empleadas prácticamente en todas las industrias, y utilizadas para actuar sobre distintos materiales ya sea en frío o en caliente, en cualquier operación que se requiera una fuerte presión, por ejemplo: embalar, forjar, extruir, estampar, laminar, estirar, etc.

- **Prensa hidráulica:**

consiste en esencia, en dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí y cuyo interior está completamente lleno de un líquido que puede ser agua o aceite. Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los cilindros, de modo que estén en contacto con el líquido. La fuerza que actúa en la superficie del embolo menor se transmite a través del fluido hacia el otro émbolo, dando lugar a una fuerza mayor que la primera.

Es una máquina formada por pistones, que se mueven en cilindros unidos por vasos comunicantes llenos de fluido, que actúa para multiplicar la fuerza. Cuando se aplica una fuerza pequeña al pistón de entrada, el sistema ofrece una fuerza mayor en el pistón de salida. Esta fuerza mayor se aprovecha en la industria metalmeccánica, para comprimir y cortar los metales, dándoles

la forma de piezas o partes mecánicas necesarias para ensamblar autos, aviones, electrodomésticos y más. También se puede emplear para levantar grandes pesos, ejercer tracción, extraer el aceite de las semillas y enderezar piezas de metal deformadas.

- **Sistema hidráulico:**

Basado en el principio de Pascal descrito, que contiene el fluido hidráulico, los pistones, válvulas, filtros, mangueras y tuberías, que complementan el sistema. También hay manómetros para verificar la presión y con ella la fuerza de salida.

- **Sistema eléctrico:**

Consistente en un sistema de arranque, cableado, bobinas, conectores y fusibles.

- **Sistema de potencia:**

Con un motor y una bomba.

- **Sistema de control computarizado:**

Contiene la electrónica necesaria para operar la prensa según los requerimientos del trabajo.

- **Bomba hidráulica:**

una bomba hidráulica es una máquina que produce o genera energía, la cual transforma dicha energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud. (Solorzano, 2016).

- **Cilindros hidráulicos:**

Los cilindros hidráulicos (también llamados motores hidráulicos lineales) son actuadores mecánicos que son usados para dar una fuerza a través de un recorrido lineal. (Solé, 2012).

Los cilindros hidráulicos obtienen la energía de un fluido hidráulico presurizado, que es típicamente algún tipo de aceite, el cilindro hidráulico consiste básicamente en dos piezas: un cilindro barril y un pistón o émbolo móvil conectado a un vástago; el cilindro barril está cerrado por los dos extremos, en uno está el fondo y en el otro, la cabeza por donde se introduce el pistón, que tiene una perforación por donde sale el vástago, el pistón divide el interior del cilindro en dos cámaras: la cámara inferior y la cámara del vástago, la presión hidráulica actúa en el pistón para producir el movimiento lineal. (Solé, 2012)

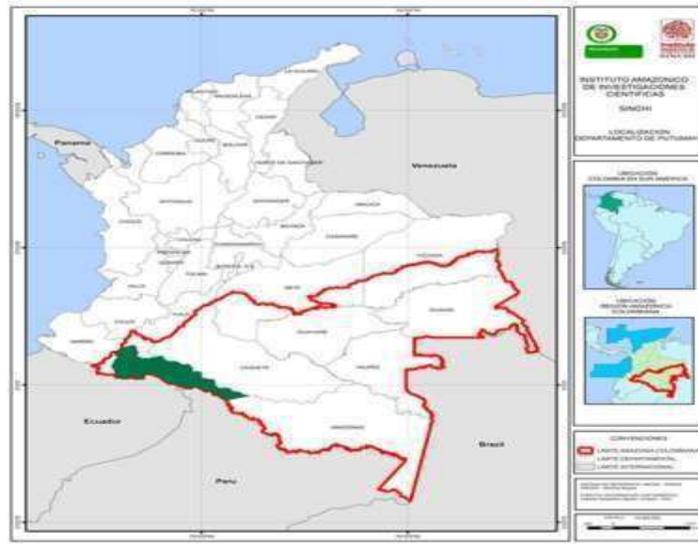
- **Motores eléctricos:**

El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor, algunos de los motores eléctricos son reversibles, ya que pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores o dinamo, los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras o en automóviles híbridos realizan a menudo ambas tareas, si se diseñan adecuadamente. (Harper, 2005).

1.4.3. Marco contextual

El Departamento del Putumayo se encuentra ubicado al sureste del país, pertenece a la Amazonia Colombiana, con una extensión de 27,820 KM² representa el 2,26% del territorio Nacional. Su territorio se extiende desde el pie de la cordillera oriental al occidente hasta la llanura amazónica al oriente, entre los ríos San Miguel y Putumayo al sur, el Cascabel al norte y el Caquetá al nororient. Cuenta con tres regiones geográficas que registran todos los pisos térmicos, conocidas como zona andino amazónica, piedemonte y llanura amazónica. Geográficamente el Putumayo se encuentra localizado entre 01° 26' 18" y 00° 27' 37" de latitud norte, y 73° 50' 39" y 77° 4' 58" de longitud oeste. (Plan de desarrollo del Putumayo 2.020 – 2.023).

Figura 1
Localización espacial del Putumayo en Colombia y división política administrativa

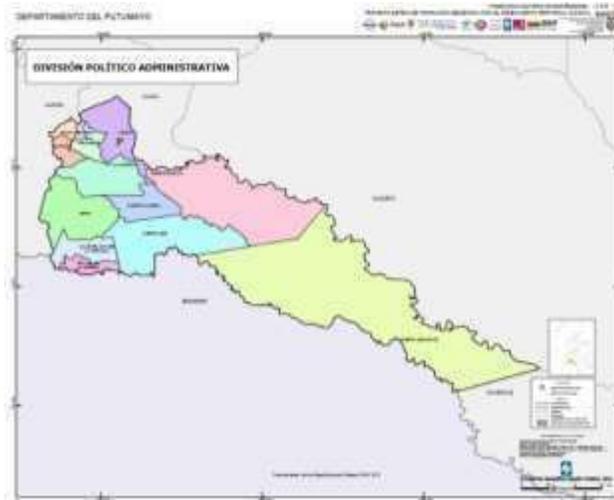


Fuente: SIAT – AC, 2023.

El departamento del Putumayo cuenta con trece municipios y su capital es Mocoa, registra una temperatura promedio de 25 °C, es el centro administrativo y financiero del departamento, los trece municipios: Mocoa, Leguízamo, Villagarzón, Puerto Asís, Orito, Valle del Guamuéz, Sibundoy, Colón, Santiago, San Francisco, Puerto Caicedo, Puerto Guzmán y San Miguel. (Plan de desarrollo del Putumayo 2.020 – 2.023).

Localizado al sur occidente del territorio continental colombiano, cerca del 9% de su territorio pertenece a la unidad de Paisaje Cordillera de los Andes, ubicada por encima de los 900 metros sobre el nivel medio del mar (msnm), cerca del 6% pertenece a la unidad de Paisaje Piedemonte, ubicada entre los 300 y los 900 msnm y cerca del 85% pertenece a la unidad Llanura Amazónica, ubicada por debajo de los 300 msnm. (Plan de desarrollo del Putumayo 2.020 – 2.023).

Figura 2
División política administrativa y límites del Departamento del Putumayo, 2020.



Fuente: SIG-OT,2010.

1.4.3.1 Límites

El Departamento del Putumayo está limitado al norte por el río Caquetá y al sur por el Putumayo, que lo separan de los Departamentos del Cauca y Caquetá, y de las Repúblicas del Ecuador y Perú, respectivamente. Al oeste limita con el Departamento de Nariño y al sureste con el Departamento de Amazonas. El Valle de Sibundoy, por constituir un Valle rodeado de estructuras montañosas; lo conforman los Municipios de Santiago, Colón, Sibundoy y San Francisco.

Es una región montañosa con alturas que superan los 4.000 msnm, con clima frío y de páramo. Subregión Piedemonte: Presenta alturas hasta de 590 msnm y temperatura promedio de 25°C; es un área rica en petróleo. Está conformada por siete (07) Municipios: Mocoa, Villagarzón, Puerto Guzmán, Puerto Caicedo, Orito, Valle del Guamuéz y San Miguel. Subregión Llanura Amazónica: Esta subregión es plana, cubierta de selva, con alturas hasta los 260 msnm y temperaturas que fluctúan entre los 27 y los 30°C, la conforman los Municipios de Puerto Asís y Leguízamo. (Plan de desarrollo del Putumayo 2.020 – 2.023).

1.4.3.2 Fisiografía

En el Putumayo se distinguen dos zonas morfológicas distintas: hacia el occidente se encuentra el flanco de la cordillera Oriental, que se extiende hasta el piedemonte amazónico y la llanura amazónica, que abarca el centro y oriente del territorio y es de relieve ondulado; a orillas del río Caquetá y Mecaya se encuentran sectores inundables. El relieve montañoso que ocupa la faja occidental presenta alturas hasta los 3,800 metros sobre el nivel del mar, compartidas con los vecinos departamentos de Nariño y Cauca. (Plan de desarrollo del Putumayo 2.020 – 2.023).

El departamento presenta alturas que van desde los 160 msnm cerca al asentamiento conocido como Nasaya en el extremo sur oriental, hasta los 3.560 msnm en el Cerro Patascoy en límites con el Departamento de Nariño, con temperaturas promedio anuales que varían entre los 25,3°C y los 15,4°C, y precipitaciones que varían entre 3.007,4 mm/año, en inmediaciones de Puerto Leguízamo y 4.616,0 mm/año, en el sector de la Torre de TV en San Francisco, y 4.829,6 mm/año en Villagarzón. (Plan de desarrollo del Putumayo 2.020 – 2.023).

1.4.3.3 Hidrografía

El departamento de Putumayo está localizado en la cuenca amazónica, que comprende las cuencas de los ríos Putumayo y Caquetá. Estos ríos bordean gran parte de su territorio paralelamente, en dirección de occidente a oriente, al norte por el río Caquetá y una gran extensión del límite suroriental por el río Putumayo. Este último tiene una longitud de 1,600 kilómetros y un caudal promedio de 500 metros cúbicos por segundo. Nace en el nudo de los Pastos y es navegable desde Puerto Asís. El río Putumayo es el rey de la región, con una amplia red de afluentes que se extienden desde todos los rincones del departamento (Plan de Desarrollo del Putumayo 2020-2023).

1.4.3.4 Temperatura

En el Departamento del Putumayo se registran temperaturas desde los 5°C en el Valle de Sibundoy hasta los 25°C en la llanura amazónica, con una precipitación pluvial anual desde los 800 a los 2,200 mm en el piedemonte, que aumenta hasta los 5,000 mm al año, lo que hace típico al Departamento de un clima de

selva húmeda tropical insalubre para el hombre. El rango de la temperatura es de 14°C y 28°C. (Plan de desarrollo del Putumayo 2.020 – 2.023).

1.4.3.5 Clima

En la región del piedemonte, con el aumento de la altitud, las precipitaciones inicialmente aumentan hasta llegar a su óptimo pluviométrico entre los 2,300 y 3,500 mm, para luego descender rápidamente. La llanura se caracteriza por las altas temperaturas superiores a los 27 °C, con una precipitación promedio anual de 3,900 mm. Sus tierras se distribuyen en los pisos térmicos cálido, templado y bioclimático páramo. En el Departamento se encuentran el Parque nacional natural La Paya y las reservas indígenas de Afilador, Santa Rosa del Guamuéz, Santa Rosa de Sucumbíos y Yarinal San Marcelino. (Plan de desarrollo del Putumayo 2.020 – 2.023).

1.4.3.6 Estructura poblacional

De acuerdo a la proyección DANE, el Departamento del Putumayo cuenta con 359.127 para el año 2020, en el Putumayo existe la presencia de varios grupos étnicos como son: Indígenas, Agro colombianos y los Colonos siendo este grupo el de mayor proporción con 76.32% seguido de los indígenas con 16.29%, Afrocolombianos con 4.8% y por último en menor proporción los Raizales con 0.04%.(Plan de desarrollo del Putumayo 2.020 – 2.023).

1.4.4. Marco legal

El abordaje legal del estudio sobre el Prototipo de una maquina semiautomática para la extracción de aceite del maní Sacha Inchi por medio de una prensa hidráulica en el departamento del Putumayo, se fundamenta en la siguiente normatividad y disposiciones legales.

La Constitución Política de Colombia de 1991 elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, a través de los siguientes principios fundamentales:

- **Derecho a un ambiente sano**

En su artículo 79, la Constitución Nacional de 1991 consagra que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.” (ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE, 1991).

- **Ambiente como patrimonio común**

La Constitución Nacional de 1991 incorpora este principio al imponer al Estado y a las personas la obligación de proteger las riquezas culturales y naturales (Art. 8), así como el deber de las personas y del ciudadano de proteger los recursos naturales y de velar por la conservación del ambiente (Art. 95). En desarrollo de este principio, en el Art. 58 consagra que: “la propiedad es una función social que implica obligaciones y, como tal, le es inherente una función ecológica”; continúa su desarrollo al determinar en el Art. 63 que: “Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la Ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables” (ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE, 1991).

- **Desarrollo sostenible**

La Constitución Nacional de 1991 en desarrollo de este principio, consagró en su Art. 80 que: “El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en zonas fronterizas”.

Lo anterior implica asegurar que la satisfacción de las necesidades actuales se realice de una manera tal que no comprometa la capacidad y el derecho de las futuras generaciones para satisfacer las propias. (ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE, 1991). Así mismo, la ley 9 de 1979. De la protección del medio ambiente. Mediante la cual se dictan medidas sanitarias; Se tendrán en cuenta en el estudio sobre el Prototipo de una maquina semiautomática para la

extracción de aceite del maní Sacha Inchi, por medio de una prensa hidráulica en el departamento del putumayo, los siguientes artículos de la presente ley:

Artículo 1; establece: “Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana; b. Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente”.

Artículo 80, tiene por objeto: “Preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones (...): a. Prevenir todo daño para la salud de las personas, derivado de las condiciones de trabajo; b. Proteger a la persona contra los riesgos relacionados con agentes físicos, químicos, biológicos, orgánicos, mecánicos y otros que pueden afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo; c. Eliminar o controlar los agentes nocivos para la salud en los lugares de trabajo; d. Proteger la salud de los trabajadores y de la población contra los riesgos causados por las radiaciones; e. Proteger a los trabajadores y a la población contra los riesgos para la salud provenientes de la producción, almacenamiento, transporte, expendio, uso o disposición de sustancias peligrosas para la salud pública”.

Artículo 158, establece que: “Todas las edificaciones se localizarán en lugares que no presenten problemas de polución, a excepción de los establecimientos industriales. Para facilitar el cumplimiento de esta medida se seguirán las pautas sobre zonificación existentes en cada ciudad, siempre que no contravengan las regulaciones establecidas en la presente Ley y sus reglamentaciones”.

Artículo 251, determina que: “El material, diseño, acabado e instalación de los equipos y utensilios deberán permitir la fácil limpieza, desinfección y mantenimiento higiénico de los mismos, y de las áreas adyacentes. Tanto los equipos como los utensilios se mantendrán en buen estado de higiene y conservación y deberán desinfectarse cuantas veces sea necesario para evitar problemas higiénicosanitarios”.

De otra parte, el Decreto 3075 de 1997: Regula, entre otros, las condiciones sanitarias de fabricación, envasado, transporte, manipulación, almacenamiento, comercialización, etc., de los alimentos y materias primas para alimentos que se fabriquen, envasen, expendan, exporten o importen, para el consumo humano. Establece los registros sanitarios que deberán llevarse a cabo ante el INVIMA (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos) Igualmente, la Resolución 2674 de 2013: Establece los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o registro de los alimentos, según el riesgo de la salud pública, con el fin de proteger la vida y la salud de las personas. De la misma forma, la Resolución 0288 de 2008:

Establece el reglamento técnico sobre requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano. Así mismo, la Norma Técnica Colombiana NTC 258: Grasas y aceites comestibles vegetales y animales, aceite de oliva. Establece definiciones, requisitos generales y específicos, toma de muestras y criterio de aceptación o rechazo. Hace referencia a normas de ensayo. Incluye envase y rotulado; También, la Norma Técnica Colombiana NTC 217: Grasas y aceites vegetales y animales, muestreo.

Describe los métodos de muestreo para grasas y aceites animales y vegetales, crudos o procesados, cualquiera sea su origen y sea su estado líquido o sólido. También describe al aparato utilizado para este proceso. Además, NTC 217:2009 (Segunda actualización) Grasas y aceites animales y vegetales. Describe: “los métodos de muestreo para grasas y aceites animales y vegetales, crudos o procesados, a los cuales de ahora en adelante se hará referencia como grasas, cualquiera sea su origen y sea su estado líquido o sólido.

También describe el equipo utilizado para este proceso”. Y NTC 4661:1999 Análisis sensorial de aceites y grasas comestibles. Determina: “los procedimientos recomendados para la evaluación sensorial de los aceites y grasas comestible; (...) cubre técnicas para evaluar olores y sabores en grasas y aceites, para determinar tanto la intensidad global del olor y el sabor como la intensidad de los olores y sabores

1.5. Metodología

1.5.1. Línea de investigación

Desarrollo mecatrónico de tecnologías sostenibles para la extracción de aceite de maní sachá inchi en el departamento del putumayo.

1.5.2. Enfoque de investigación

Investigación Cualitativa

1.5.3. Tipo de investigación

Investigación aplicada, ya que fundamentalmente, nos permite describir situaciones y eventos del sistema de producción en el cultivo de Sacha Inchi y por no existir investigaciones previas sobre el objetivo de estudio, y así poder dar un panorama con mayor precisión, sobre sus indicadores de rentabilidad relacionados directamente a este cultivo. En su libro Proceso de Investigación Científica, la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente”. (Tamayo, 2.006)

Puesto que es conveniente detallar las realidades del prototipo de una maquina semiautomática para la extracción de aceite del maní Sacha Inchi por medio de una prensa hidráulica en el departamento del Putumayo, los contextos, las actividades o los eventos del estudio y la investigación, originara las cosas más importantes de un hecho o situación concreta dentro del plano descriptivo. En este tipo de estudio, se define el análisis y el proceso que involucrará el estudio.

1.5.4. Descripción metodológica

A continuación, se presentan las tres fases que se llevarán a cabo durante el desarrollo de este proyecto:

- Fase 1

Investigación: En esta fase inicial, se realizará un estudio exhaustivo sobre los diferentes métodos de extracción de aceite, así como un análisis de las máquinas actualmente disponibles para este

propósito. Además, se verificará la relación entre mililitros de aceite extraído por gramo de semilla, asegurando una comprensión profunda de los parámetros de eficiencia y rendimiento.

- Fase 2

Diseño y Construcción: Basado en la información recopilada durante la fase investigativa, se procederá con el diseño y construcción de la máquina de extracción de aceite. Esta fase implicará la creación de planos detallados, la selección de materiales adecuados y el ensamblaje de la máquina, garantizando que cumpla con los estándares técnicos y de calidad requeridos.

- Fase 3:

Verificación de Resultados y Funcionamiento: En la fase final, se llevarán a cabo pruebas exhaustivas para evaluar el rendimiento y la eficiencia de la máquina construida. Se verificarán los resultados obtenidos en términos de cantidad y calidad del aceite extraído, asegurando que la máquina funcione correctamente y cumpla con los objetivos establecidos. Se realizarán ajustes y mejoras según sea necesario para optimizar su rendimiento.

Estas tres fases proporcionan una estructura clara y sistemática para el desarrollo del proyecto, asegurando una transición fluida desde la investigación inicial hasta la implementación y evaluación final de la máquina de extracción de aceite.

2. Presentación de resultados.

2.1 Procesamiento de la información

Existen muchos métodos para extraer aceite de estas semillas y el uso de estos métodos conduce a cambios en el rendimiento del aceite, la calidad y el contenido de ácidos grasos, la fibra total y el contenido de antioxidantes. Entre los métodos más famosos podemos mencionar (Ali N,2012). - Método mecánico: prensado de semillas. - Métodos químicos: utilizando disolventes y fluidos supercríticos:

Tabla2
Tipos de extracción de aceite

Método de extracción	Técnica de extracción	Ventajas	Desventajas
Compresión de la semilla	Prensado en frío y almacenamiento a baja temperatura (método discontinuo) Prensa de tornillo (método continuo)	Mejor conservación de los componentes antioxidantes (quercetina y miricetina)	Rendimiento bajo de extracción
Solvente	Método Soxhlet, usando como solvente el Hexano	Favorece las características funcionales del aceite, tales como la retención de agua y la estabilidad de emulsión	Pérdidas de antioxidantes, también presenta un riesgo potencial de contaminación y afectación en la salud del personal por el uso de hexano
Líquido supercrítico	Utilización del CO2 en estado supercrítico	Altos rendimientos de extracción y no requiere retirar los solventes del aceite ni de la torta residual	Las instalaciones y los equipos para este tipo de instalaciones resultan más complejas y costosas

Fuente: Propia

Seguidamente, se llevó a cabo la verificación de la relación entre mililitros de aceite extraído por gramo de semilla (ml/gr). Para esto, se realizaron una serie de pruebas utilizando la prensa hidráulica de 50 toneladas, donde el objetivo de estas pruebas es poder determinar la viabilidad y eficiencia de la máquina en términos de cantidad de aceite extraído.

Para realizar estas pruebas incluyeron mediciones precisas del aceite obtenido por gramo de semilla procesada, donde se pudo evaluar la consistencia y calidad del producto final, con estos datos se permitió confirmar que la prensa utilizada es capaz de extraer una cantidad significativa de aceite de Maní Sacha-Inchi de manera eficiente.

Con los resultados obtenidos se pudo validar que el uso de la prensa si es viable, ya que, al utilizar esta prensa para la extracción de aceite, se cumple con los requisitos de alta productividad y calidad esperados.

A continuación, se puede observar que en cada una de las tablas se realizaron pruebas diferentes para poder realizar el respectivo análisis sobre la viabilidad de la prensa a realizar.

Tabla3
Semilla entera 1

CANTIDAD (Gramos)	FUERZA (Toneladas)	TEMPERATURA (°C)	CANTIDAD OBTENIDA (mL)
100	3	17	15
	3	17	15,5
	3	17	14,8
	3	17	15,2
	3	17	14,02

Fuente: Propia

Tabla4
Semilla entera 2

CANTIDAD (Gramos)	FUERZA (Toneladas)	TEMPERATURA (°C)	CANTIDAD OBTENIDA (mL)
100	2,2	35	25
	2,2	35	25,7
	2,2	35	24,6
	2,2	35	24
	2,2	35	25,3

Fuente: Propia

Tabla5
Semilla entera 3

CANTIDAD (Gramos)	FUERZA (Toneladas)	TEMPERATURA (°C)	CANTIDAD OBTENIDA (mL)
100	2	17	22
	2	17	22,5
	2	17	21,8
	2	17	23,1
	2	17	22,6

Fuente: Propia

Tabla6
Semilla entera 4

CANTIDAD (Gramos)	FUERZA (Toneladas)	TEMPERATURA (°C)	CANTIDAD OBTENIDA (mL)
100	1,1	35	32,4
	1,1	35	32,2
	1,1	35	32,7
	1,1	35	33
	1,1	35	32,2

Fuente: Propia

2.2. Análisis e interpretación de resultados

2.2.1 Diseño y construcción

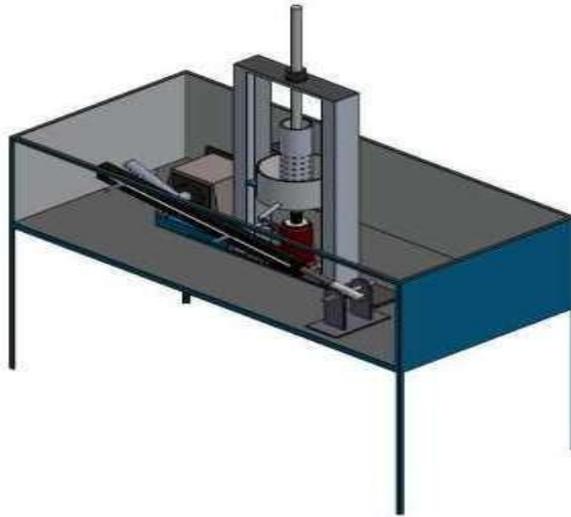
En esta fase, se realizó el diseño y construcción de la prensa destinada a extraer el aceite de Maní Sacha Inchi. En este proceso se incluyeron varias etapas para así asegurar que la máquina cumpliera con los requisitos de eficiencia y calidad establecidos durante la investigación inicial.

Primero, se desarrollaron planos de una manera detallada del diseño de la prensa, teniendo en cuenta los parámetros obtenidos en la fase de investigación, como la presión necesaria para la extracción óptima del aceite. Se seleccionaron materiales de alta calidad para garantizar la durabilidad y el rendimiento de la máquina.

Finalmente se procedió con la construcción de la prensa, donde se realizó la fabricación de los componentes individuales y su ensamblaje, siguiendo estrictamente los planos y especificaciones técnicas, seguidamente se realizó la calibración de la prensa hidráulica para asegurar que pudiera operar a la presión exacta requerida.

El resultado fue una prensa hidráulica discontinua es una opción técnica bien establecida que ofrece una serie de ventajas para la extracción de aceite de semillas oleaginosas. Este método se caracteriza por su capacidad para trabajar con una cantidad específica de producto en cada ciclo de prensado. En este caso, la prensa hidráulica estará equipada con un sistema de accionamiento hidráulico controlado, que aplicará la presión necesaria de manera uniforme sobre las semillas de maní sachá inchi. Esto permitirá la extracción eficiente del aceite contenido en las semillas, minimizando al mismo tiempo la pérdida de propiedades nutricionales y la degradación del producto.

Figura 3
Prensa de extracción de aceite



Fuente: Propia

A continuación, se puede apreciar el análisis estático de la prensa.

Figura 4
Análisis estático de la prensa



Fuente: Propia

El análisis estático que se puede observar en la figura 4, se realizó utilizando una configuración predeterminada de patrones de perforación, donde se tiene que la masa del modelo es 113595 kg,

volumen 0,00015777 m³, densidad 7200 kg/m³ y peso 111323 N. Este análisis se utiliza para habilitar los efectos térmicos del modelo. El sistema de unidades utilizado es el métrico (MKS) con longitud en milímetros y presión/tensión en newtons por metro cuadrado. El material utilizado en el modelo es hierro fundido gris, que tiene isotropía elástica lineal. La resistencia a la tracción es de 151658×10^8 N/m², la resistencia a la compresión es de 572165×10^8 N/m², el módulo de elasticidad es 661781×10^{10} N/m² y Poisson. La densidad del coeficiente es 0,27. La densidad es 7200 kg/m³, el módulo de corte es 5×10^{10} N/m² y el coeficiente de expansión térmica es 12×10^{-5} /Kelvin. En términos de carga y fijación, se fijó un lado del modelo y el otro lado se sometió a una fuerza normal de 100kgf. La malla utilizada fue una malla masiva con 25.002 elementos y 47.468 nodos generados en 00:00:02. La fuerza resultante muestra una fuerza de reacción en la dirección Y de 980668 N y un momento de reacción de 0 N.m. Como resultado, la fuerza del cuerpo libre en la dirección Z es 000303211 N y el momento del cuerpo libre es 1×10^{-33} N.m.

En los resultados de la investigación, la tensión de von Mises muestra un valor mínimo de 4.584×10^{-1} N/m² en el nodo 5460 y un valor máximo de 3.087×10^{-7} N/m² en el nodo 44341.) y 1.368×10^{-1} mm en el nodo 46436 (valor máximo). La deformación unitaria equivalente muestra un valor mínimo de 6.144×10^{-12} en la celda 10319 y un valor máximo de 2.364×10^{-4} en la celda 12142.

2.2.2 Partes de la prensa

Las partes básicas mecánicas e hidráulicas del prototipo son fundamentales para su funcionamiento eficiente. A continuación, se describen estas partes y sus funciones dentro del sistema:

- **Motor AC:** Se utiliza para proporcionar el movimiento necesario tanto al molino para la trituración del maní sachá inchi como al gato hidráulico para generar presión durante el proceso de extracción de aceite. Los motores AC son seleccionados según los cálculos de potencia requerida para cada fase del proceso.

1. Potencia en vatios (W):

La potencia en vatios se la calcula a partir de los caballos de fuerza que en este caso sería:

$$(W) = HP \times 745.7$$

Para un motor de 0.5 HP:

$$\text{Potencia (W)} = 0.5 \times 745.7 = 372.85$$

2. Velocidad angular (ω)

La velocidad angular en radianes por segundo se calcula a partir de las RPM:

$$\omega = \frac{2\pi * RPM}{60}$$

Para un motor de 1800 RPM:

$$\omega = \frac{2\pi * RPM}{60} = 188.5 \text{ rad/s}$$

3. Par motor (τ)

El par motor en Newton-metro se calcula utilizando la potencia y la velocidad angular:

$$r = \frac{w}{\omega}$$

Usando la potencia calculada:

$$r = \frac{372.85}{188.5} = 1.98 \text{ Nm}$$

4. Corriente nominal (I)

La corriente nominal depende del voltaje de operación y del factor de potencia (FP).

Suponiendo un motor con un factor de potencia de 0.8 y una eficiencia (η) del 85%:

PE = Potencia de entrada

PS = Potencia salida

$$PE = \frac{PS}{n} = \frac{372.85}{0.85} = 438.65 \text{ W}$$

Para un voltaje de operación de 120V:

$$I = \frac{PE}{V * FP} = \frac{438.65}{120 * 0.8} = 4.57 \text{ A}$$

5. Corriente de arranque:

La corriente de arranque de un motor monofásico puede ser varias veces la corriente nominal, típicamente de 5 a 7 veces.

Si la corriente nominal es 4.57 A, la corriente de arranque podría estar entre:

$$I_{\text{arranque}} = 4.57 * 5 \approx 22.85 \text{ A}$$

$$I_{\text{arranque}} = 4.57 * 7 \approx 31.99 \text{ A}$$

- **Caja reductora:** Esta caja se instala después de cada motor para ajustar la velocidad de rotación según las necesidades del diseño. Se emplea una caja reductora tanto para el motor que acciona el molino como para el motor que controla el gato hidráulico. Suele estar compuesta por un par de engranajes que reducen o aumentan la velocidad de rotación según sea necesario.
- **Poleas y correas:** Las poleas se encargan de transmitir el movimiento del motor al molino y al gato hidráulico. Las correas conectan las poleas y transmiten el movimiento de manera eficiente. Se seleccionan las poleas y correas adecuadas según los cálculos de velocidad y potencia requeridos.

- **Molino:** Se trata de un molino comercial adaptado para el uso en el prototipo. Su función es triturar el maní sachá inchi antes de la extracción de aceite. El molino se acciona mediante el motor AC y dispone de un acople para que el producto triturado caiga dentro del cilindro o camisa.
- **Cilindro o Camisa:** Es un componente esencial donde se coloca el producto triturado. Está fabricado en acero inoxidable y cuenta con pequeñas perforaciones que permiten la salida del aceite después del prensado. Garantiza una presión uniforme sobre el producto para una extracción eficiente del aceite.
- **Pistón:** Transmite la presión sobre el producto en el cilindro. Se asegura de que la presión sea uniforme y evita la salida del producto durante el proceso de prensado. Tanto el pistón como la tapa son fabricados en acero inoxidable para mantener la higiene y evitar la contaminación del producto.
- **Gato hidráulico:** Es el componente principal encargado de ejercer la presión sobre el producto en el cilindro. Se adquiere un gato hidráulico convencional y se realizan adaptaciones según las necesidades del prototipo, asegurando que los fluidos utilizados no afecten ni al producto ni al aceite final.

Estas partes mecánicas e hidráulicas trabajan en conjunto para garantizar un proceso de extracción de aceite eficiente y de alta calidad del maní sachá inchi en el Departamento del Putumayo

2.3 Construcción final y pruebas de funcionamiento

En la última fase, se completó la construcción de la máquina destinada a la extracción de aceite de Maní Sachá Inchi. Con la prensa ya construida, se procederá a realizar diversas pruebas para verificar su funcionamiento y eficiencia en la extracción del aceite

- **Funcionamiento General**

Se comprobará que todos los componentes de la máquina operen correctamente y de manera coordinada, asegurando la estabilidad y seguridad durante su uso.

- **Eficiencia de Extracción**

Se medirá la cantidad de aceite extraído por gramo de semilla, comparando los resultados con los parámetros establecidos durante la fase de investigación para asegurar que la máquina cumpla con las expectativas de rendimiento.

- **Durabilidad y Mantenimiento**

Se evaluará la resistencia de la máquina a través de pruebas de uso prolongado, identificando cualquier necesidad de mantenimiento o ajuste para mejorar su longevidad y eficiencia.

Figura 5
Construcción de prensa



Fuente: Propia

Figura 6
Prensa finalizada



Fuente: Propia

Figura 7
Producto final



Fuente: Propia

3. Conclusiones

La investigación y desarrollo de un prototipo de máquina semiautomática para la extracción de aceite del Maní Sacha Inchi en el Departamento del Putumayo representa un avance significativo en la búsqueda de soluciones tecnológicas para la producción sostenible de aceites vegetales en la región amazónica.

El proyecto ha demostrado la viabilidad técnica y práctica de implementar tecnologías innovadoras para mejorar los procesos de extracción de aceite, ofreciendo una alternativa eficiente y sostenible a los métodos tradicionales.

La colaboración entre diversas disciplinas, incluyendo la ingeniería mecánica, eléctrica y agrícola, ha sido fundamental para el éxito del proyecto, destacando la importancia del enfoque interdisciplinario en la resolución de problemas complejos.

La implementación de este tipo de tecnología puede tener un impacto positivo en el medio ambiente al reducir la necesidad de métodos de extracción que generan residuos y contaminación. Además, puede generar beneficios socioeconómicos significativos para las comunidades locales al mejorar la eficiencia y la productividad en la producción de aceites vegetales.

Se abre un amplio campo de posibilidades para futuras investigaciones y desarrollos relacionados con la optimización y mejora del prototipo. Se pueden explorar nuevas tecnologías y enfoques para aumentar la eficiencia, reducir los costos operativos y mejorar la calidad del aceite producido, lo que contribuirá al desarrollo sostenible y al bienestar de las comunidades locales en la región amazónica.

La colaboración entre diversas disciplinas, incluyendo la ingeniería mecatrónica y agrícola, ha sido fundamental para el éxito del proyecto, destacando la importancia del enfoque interdisciplinario en la resolución de problemas complejos.

4. Recomendaciones

Realizar un análisis detallado del diseño del prototipo para identificar posibles mejoras en la eficiencia, tamaño y costos de producción. Esto podría implicar la simplificación de componentes, la reducción de peso o la mejora de la ergonomía.

Realizar pruebas exhaustivas del prototipo en condiciones reales de operación para verificar su rendimiento, durabilidad y seguridad. Esto ayudará a identificar posibles fallos o áreas de mejora antes de la implementación a gran escala.

Investigar y desarrollar métodos optimizados para la extracción de aceite del Maní Sacha Inchi, con el objetivo de mejorar la eficiencia y el rendimiento del prototipo. Esto podría incluir la exploración de diferentes técnicas de prensado, tiempos de procesamiento y ajustes de presión.

Brindar capacitación adecuada a los operadores y usuarios del prototipo para garantizar su correcta operación y mantenimiento. Esto incluiría la formación en el manejo de equipos, procedimientos de seguridad y mantenimiento preventivo.

Buscar oportunidades de colaboración con instituciones académicas, empresas privadas y organizaciones gubernamentales para obtener apoyo adicional en términos de financiamiento, recursos y conocimientos especializados.

Referencias bibliográficas

- Bell, M. R., & Perez, L. C. (2005). Outsourcing como una herramienta de apoyo empresarial para el presente y futuro. Maturin: Universidad de Oriente.
- Guerrero, M. (2017). Estandarización y optimización de los procesos productivos de la empresa las maderas. Quito: Universidad Católica del Ecuador.
- Iddeo. (s.f.). La gestión por procesos. Recuperado el 1 de Diciembre de 2018, de http://aragon.es/estaticos/ImportFiles/05/docs/Areas/ComercioInterior/PlanesLocalesDinamizComerciales/JornadasDinamizadorasComerciales/Cuarta%20jornada/GESTION_PROCESOS.pdf
- Mendoza, L., & Benítez, J. (2018). Mejoramiento en el proceso de maquila de empaque de medicamentos Tecnoquímicas para la empresa Quinpack. Palmira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Schwarz, M. (2012 de Noviembre de 2012). Semántica de la eficiencia, eficacia, efectividad, productividad y optimización. Recuperado el 27 de Febrero de 2019, de <http://maxschwarz.blogspot.com.co/2012/11/semantica-de-la-eficiencia-eficacia.html>
- Arana, Paredes (2008) Estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) extraído de semillas tostadas a diferentes condiciones. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c421adf6-0e4d-43dd-bc25fd1816d716c9/content>
- Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet E., Larondelle, Y., y Campos D., (2013). Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*): Una fuente de semillas de ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles, fitoesteroles, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. *Química de los alimentos*, 43(2),167-171.

Gavidia (2014) salud y nutrición, obtenido de <https://saludynutricion.pe/politica-de-cookies-ue/>
Hummel (2014) salud para hoy. Obtenido de <https://saludparahoy.wordpress.com/>

Castaño D., Valencia M. (2012) Diseño y construcción de un prototipo para la extracción continúa de aceite de la semilla Sacha Inchi con un proceso de prensado en frío. Obtenidode: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422017000200015

Bell, M. R., & Perez, L. C. (2005). Outsourcing como una herramienta de apoyo empresarial para el presente y futuro. Maturin: Universidad de Oriente.

Guerrero, M. (2017). Estandarización y optimización de los procesos productivos de la empresa las maderas. Quito: Universidad Católica del Ecuador.

Iddeo. (s.f.). La gestión por procesos. Recuperado el 1 de Diciembre de 2018, de http://aragon.es/estaticos/ImportFiles/05/docs/Areas/ComercioInterior/PlanesLocalesDinamizComerciales/JornadasDinamizadorasComerciales/Cuarta%20jornada/GESTION_PROCESOS.pdf

Mendoza, L., & Benítez, J. (2018). Mejoramiento en el proceso de maquila de empaque de medicamentos Tecnoquímicas para la empresa Quinpack. Palmira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

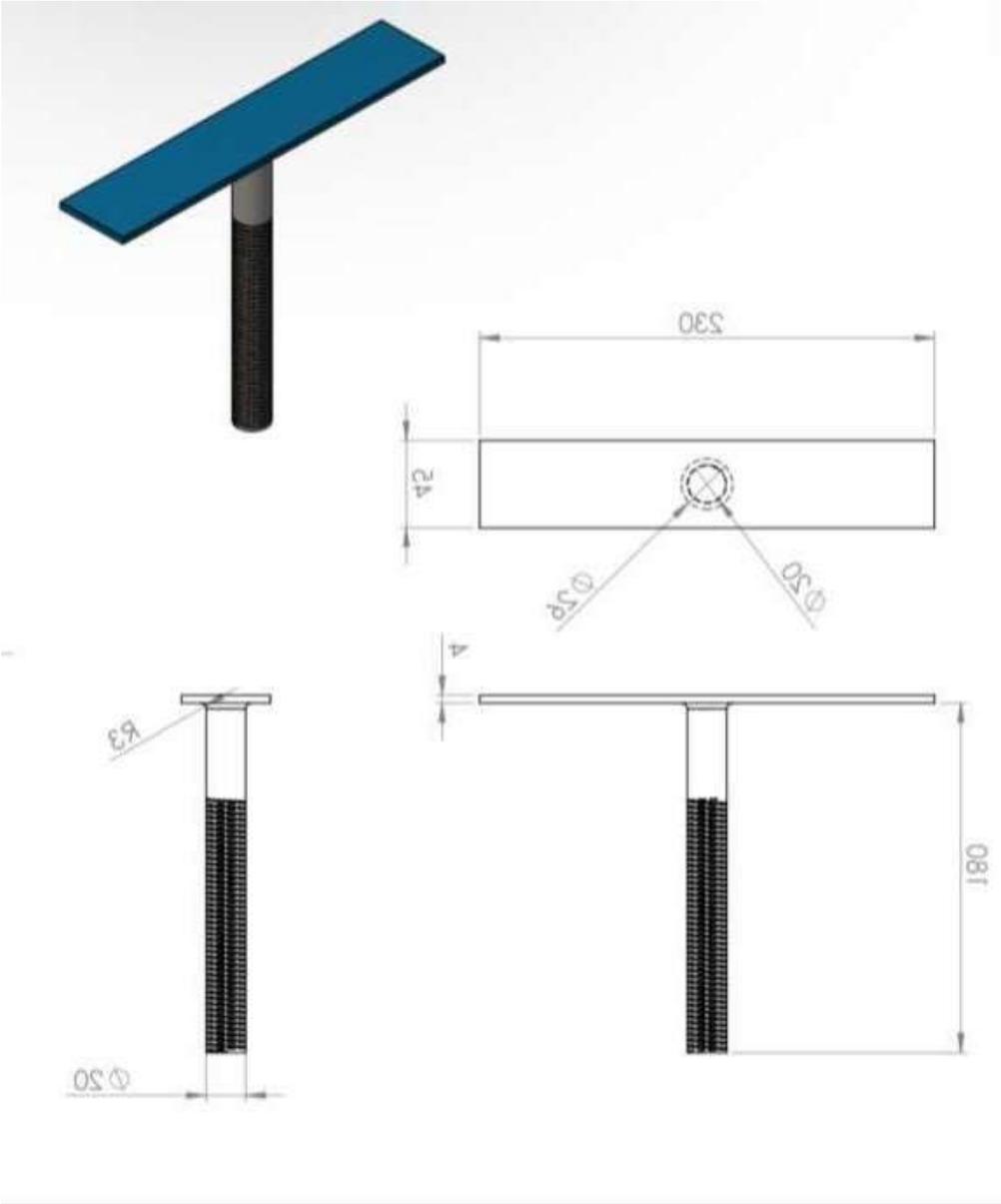
Schwarz, M. (2012 de Noviembre de 2012). Semántica de la eficiencia, eficacia, efectividad, productividad y optimización. Recuperado el 27 de Febrero de 2019. Obtenido de <http://max-schwarz.blogspot.com.co/2012/11/semantica-de-la-eficiencia-eficacia.html>

Anexos

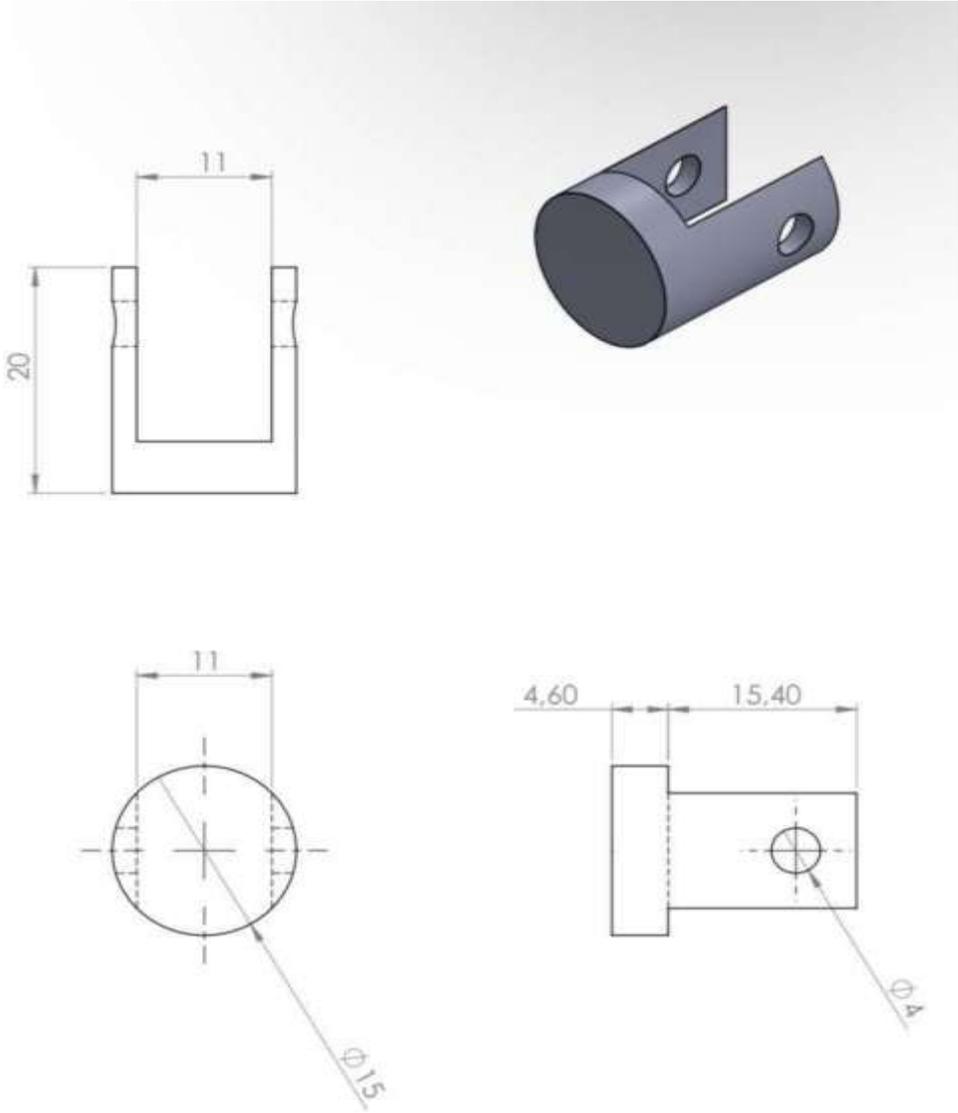
Anexo A. Plano 1



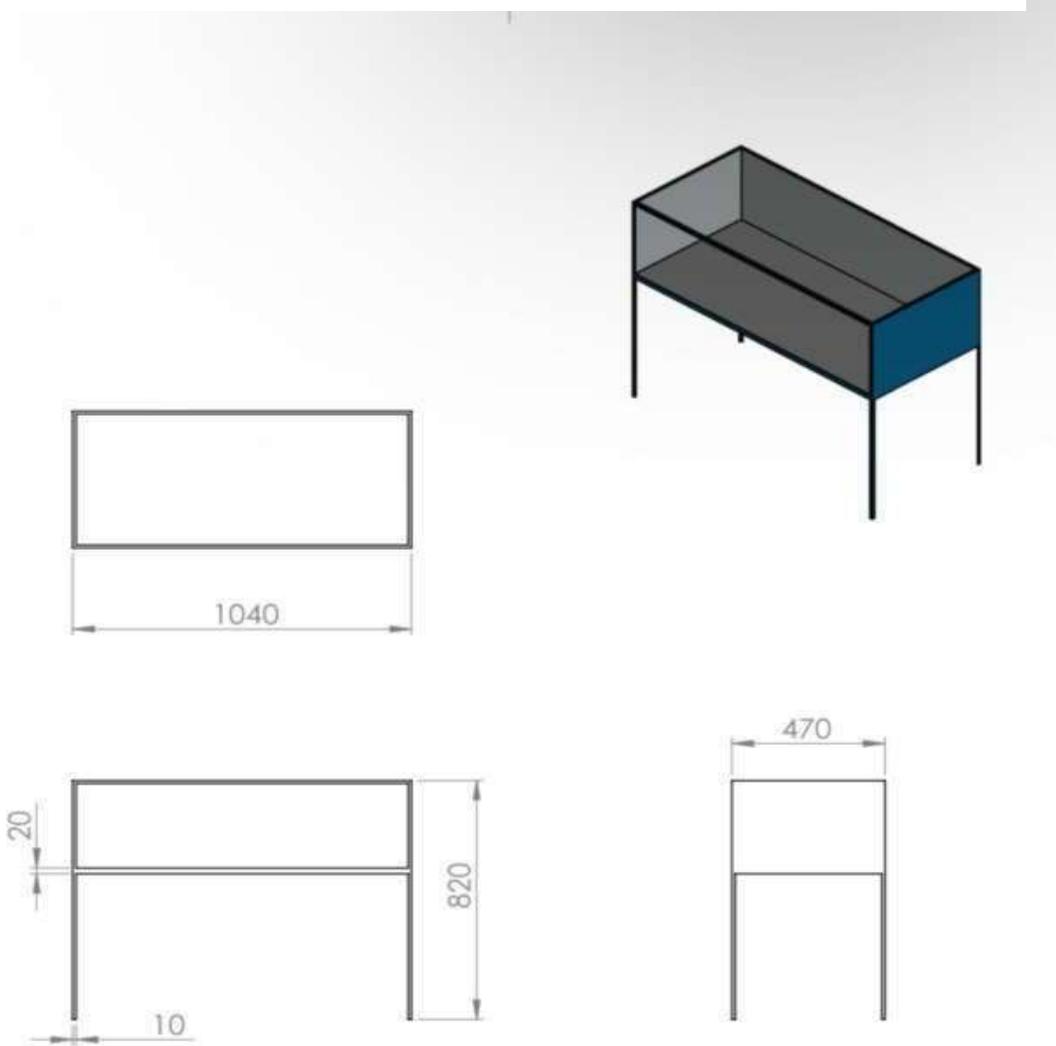
Anexo B. Plano 2



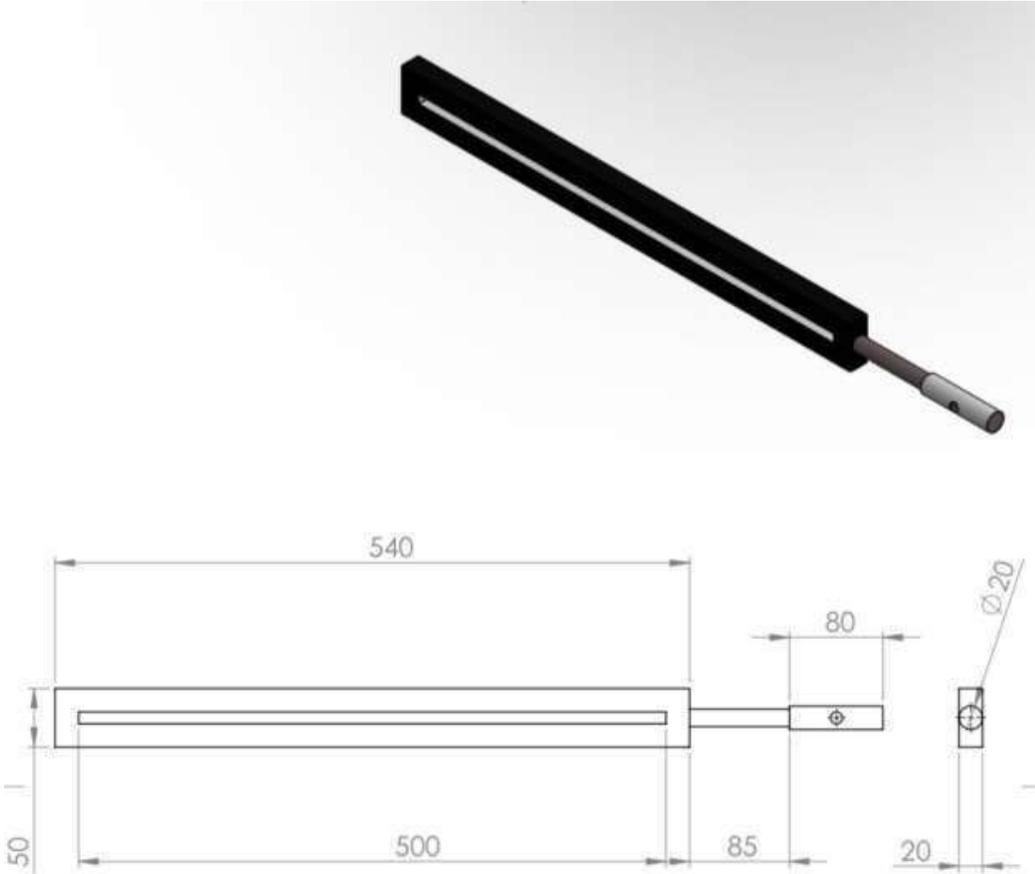
Anexo C. Plano 3



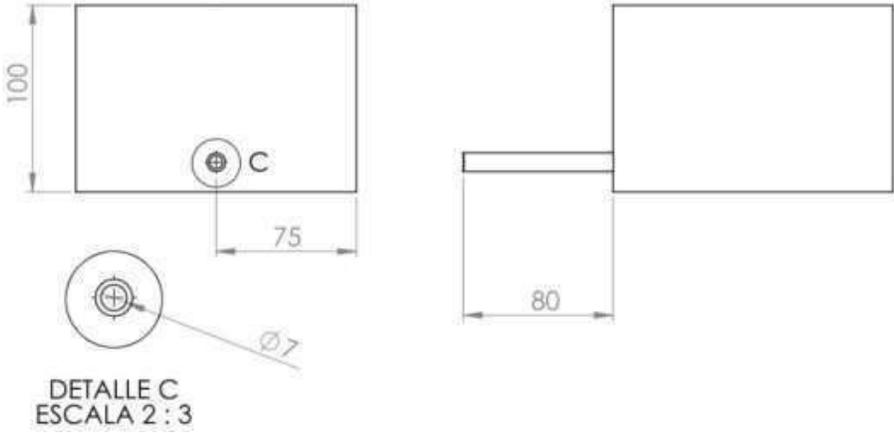
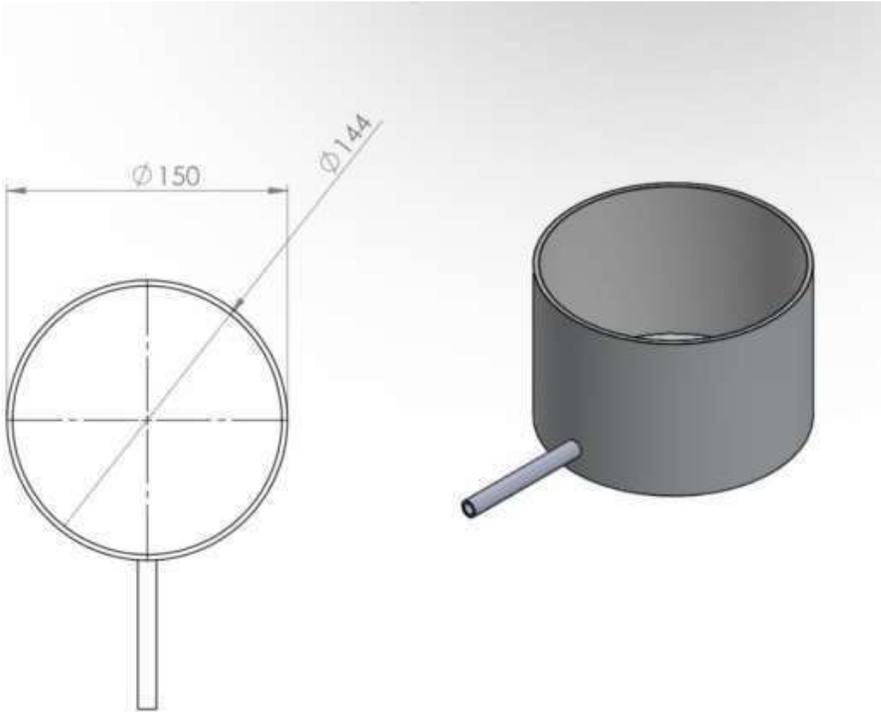
Anexo D. Plano 4



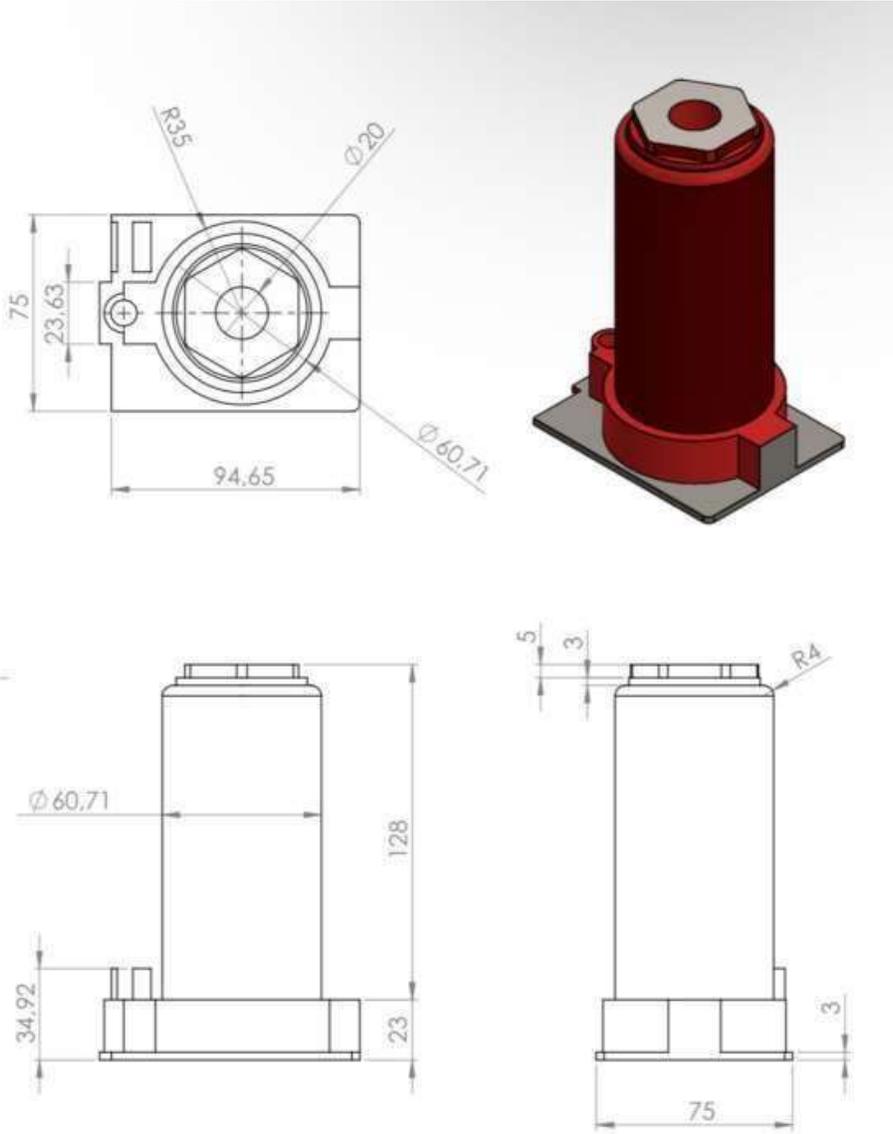
Anexo E. Plano 5



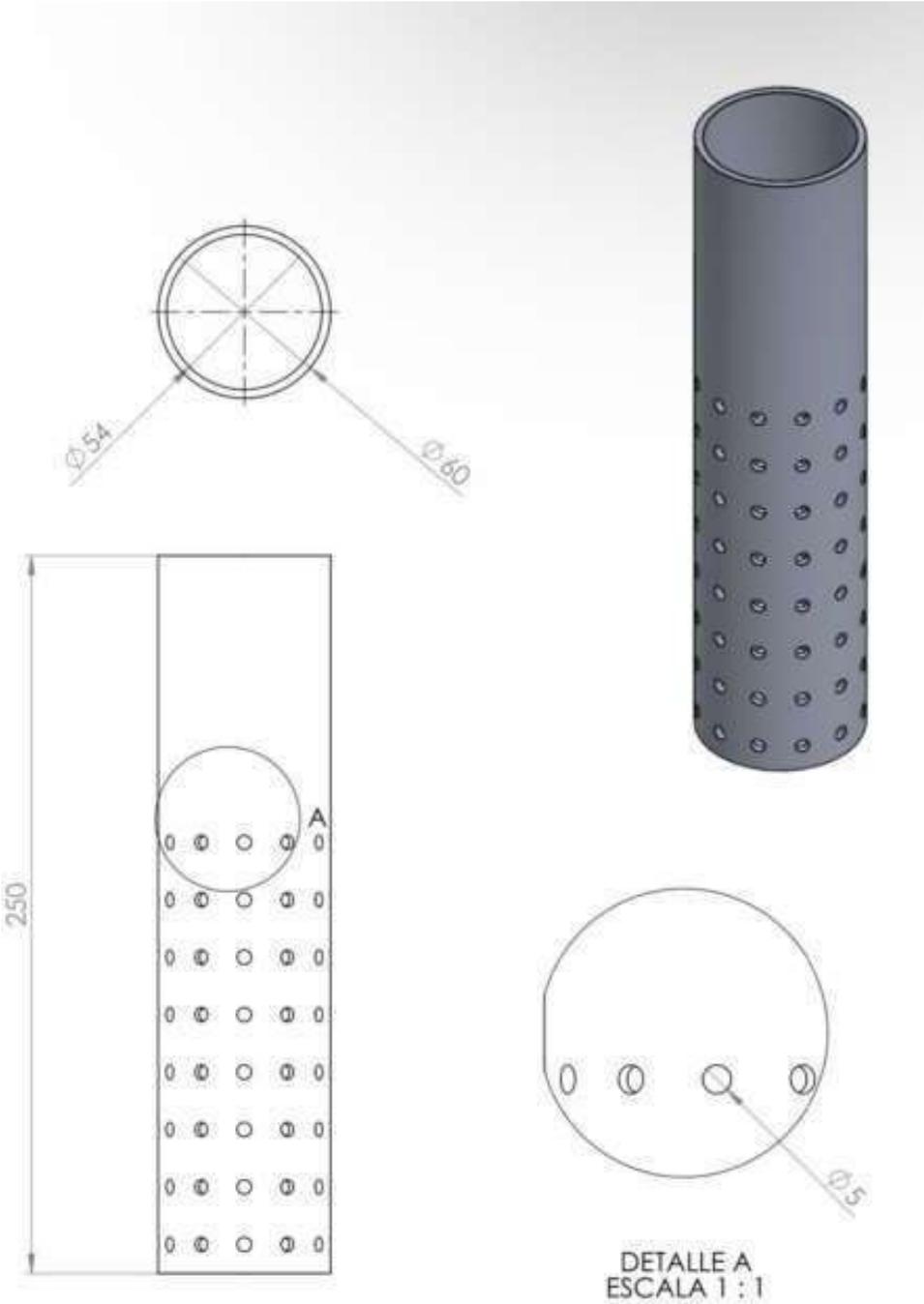
Anexo F . Plano 6



Anexo G. Plano 7



Anexo H. Plano 8



Anexo I. Plano 9

