



*Análisis de las propiedades de la uña de gato y de la sangre de drago y diseño de un equipo para su industrialización en las comunidades Warints y Yawi*

*Analysis of the properties of cat's claw and drago's blood and design of a team for its industrialization in the Warints and Yawi communities*

*Análise das propriedades da unha de gato e sangue de dragão e projeto de equipamentos para sua industrialização nas comunidades Warints e Yawi*

Lidia del Rocío Castro Cepeda<sup>I</sup>  
[lidia.castro@esPOCH.edu.ec](mailto:lidia.castro@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-0471-2879>

Ronald Ariel Varela Secaira<sup>II</sup>  
[varelaariel49@gmail.com](mailto:varelaariel49@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-5566-2066>

Mishell Carolina Moreno Samaniego<sup>III</sup>  
[mishell.moreno@esPOCH.edu.ec](mailto:mishell.moreno@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-5679-5485>

Diego Fernando Mayorga Pérez<sup>IV</sup>  
[diego.mayorga@esPOCH.edu.ec](mailto:diego.mayorga@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-2727-942X>

Mónica Alexandra Moreno Barriga<sup>V</sup>  
[monica.moreno@esPOCH.edu.ec](mailto:monica.moreno@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9881-6360>

Correspondencia: [lidia.castro@esPOCH.edu.ec](mailto:lidia.castro@esPOCH.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 25 de abril de 2022 \* **Aceptado:** 20 de mayo de 2022 \* **Publicado:** 20 de Junio de 2022

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH. Riobamba, Ecuador.
- II. Investigador Independiente, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH. Riobamba, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH. Riobamba, Ecuador.
- V. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ESPOCH. Riobamba, Ecuador.

## Resumen

Este artículo presenta una propuesta para el análisis de las propiedades de dos plantas nativas de las comunidades Warints y Yawi, como lo son la sangre de drago y la uña de gato; además el diseño de dispositivos que se buscan emplear para la industrialización en las comunidades de la Amazonia ecuatoriana, planteando en primera instancia las diferentes opciones que se tienen para realizar esta mejora en la producción, trabajos similares como antecedentes y varias opciones para la industrialización, escogiendo el proceso de micro pulverización, y en segunda instancia, el planteamiento de los diferentes dispositivos que se emplearán para poder agregar valor de mercado a estos productos nativos mediante el proceso seleccionado, además se justificará su implementación, tanto de forma económica como práctica y el orden en el que se debe realizar para asegurar que el proyecto tenga éxito, culminando con la elección óptima de los dispositivos mecánicos necesarios para satisfacer el proceso industrial.

**Palabras Clave:** diseño; micro pulverización; productos nativos; análisis físico químico.

## Abstract

This article presents a proposal for the analysis of the properties of two native plants of the Warints and Yawi communities, such as the dragon's blood and the cat's claw; In addition, the design of devices that are sought to be used for industrialization in the communities of the Ecuadorian Amazon, considering in the first instance the different options that are available to carry out this improvement in production, similar works as background and several options for industrialization, choosing the micro spraying process, and in the second instance, the approach of the different devices that will be used to be able to add market value to these native products through the selected process, in addition its implementation will be justified, both economically and practically and the order in which it must be carried out to ensure that the project is successful, culminating in the optimal choice of the mechanical devices necessary to satisfy the industrial process.

**Keywords:** design; micro spraying; native products; physical chemical analysis.

## Resumo

Este artigo apresenta uma proposta de análise das propriedades de duas plantas nativas das comunidades Warints e Yawi, como sangue de dragão e unha de gato; Além disso, o desenho de dispositivos que se pretende utilizar para a industrialização nas comunidades da Amazônia

equatoriana, considerando em primeira instância as diferentes opções disponíveis para realizar essa melhoria na produção, trabalhos semelhantes como pano de fundo e várias opções para industrialização, escolhendo o processo de microaspersão e, em segundo lugar, a abordagem dos diferentes dispositivos que serão utilizados para poder agregar valor de mercado a esses produtos nativos através do processo selecionado, além de justificar sua implementação, tanto economicamente e prática e a ordem em que deve ser realizado para garantir o sucesso do projeto, culminando na escolha ótima dos dispositivos mecânicos necessários para satisfazer o processo industrial.

**Palavras-chave:** design; micropulverização; produtos nativos; análise físico-química.

## Introducción

Dentro de la Amazonía ecuatoriana existen varios problemas que impiden que los pobladores de esta región tengan acceso a una vida digna, esta situación se ve especialmente reflejada en las comunidades más alejadas de las grandes ciudades, como es el caso de las comunidades Warints y Yawi, en las cuales existen carencias considerables de recursos y desarrollo económico a largo plazo, es por este antecedente que se plantea brindar una solución perdurable de estas problemáticas para estos asentamientos humanos amazónicos.

La economía local de estas zonas depende principalmente de la producción de plantas nativas de la región amazónica y de la agricultura comunitaria, la cual apenas resulta rentable para los pobladores debido en gran parte a lo poco remunerados que se encuentran los productos en el mercado local, a pesar de que estas plantas son altamente demandadas en los mercados internacionales, como se verá posteriormente en los índices de exportación de productos.

Debido a que se tiene una producción con un beneficio poco remunerado, el desarrollo de las comunidades no alcanza un crecimiento que se pueda considerar como aceptable ni a corto ni a largo plazo, y la mayoría de los pobladores no consigue una vida digna por este motivo, lo cual es una razón social suficiente como para justificar la ejecución de un proyecto comunitario que sea capaz de resolver este problema con responsabilidad profesional y ética ambiental (Vélez, 2015)

## Marco teórico

### A. *Propiedades de la uña de gato*

Es una planta de la amazonia cuyo nombre científico es: *Uncaria Tomentosa*, también se la encuentra en varios países de Sudamérica. Se conocen otra especie: *Uncaria guianenses* y se llaman de esta forma *Uncaria* porque hacen referencia a las espinas ganchudas de la planta, una forma similar a la uña de gato, la planta pertenece a la familia de la Rubiaceae, su forma es de un arbusto trepador que sube a los árboles aledaños generando enredaderas con una altura de hasta 20 metros. La composición química de la corteza de la uña de gato presenta compuesto alcaloides, triterpenos, esteroides, compuestos fenólicos.

En base a los análisis fisicoquímicos de la corteza de la planta se han determinado alrededor de 6 alcaloides oxíndolicos pentacíclicos y esteroides como sitosterol, estigmasterol y campesterol, los mismos que mediante el estudio farmacológico han evidenciado actividad antiinflamatoria y antioxidante moderada en pruebas en ratón. Un heterósido del ácido quinovico presentó actividad antiinflamatoria de forma independiente al contenido de alcaloides, sino más bien está en función de las propiedades inmunoestimulantes, por lo cual en base a todos los análisis se evidencia que esta droga vegetal presenta propiedades de actividad biológica alta gracias a la acción sinérgica de diferentes compuestos encontrados en la corteza.

La uña de gato es considerada en base a los estudios realizados como un gran antiinflamatorio y antioxidante que contiene propiedades de prevención de daños gastrointestinales, inhibición del (TNF) factor de necrosis tumoral, además de su actividad inmunoestimulante. El extracto de la corteza ha presentado resultados favorables en el tratamiento de la leucopenia inducida en ratas después del proceso de quimioterapia.

Los beneficios de esta corteza han sido difundidos y muy utilizados a nivel popular para el tratamiento de diversas enfermedades, sin embargo aún falta mucho por estudiar según indican los químicos y bioquímicos pues se requiere analizar los efectos de acuerdo a las concentraciones de los extractos obtenidos de la corteza de la uña de gato, es claro que sus propiedades antiinflamatorias son evidentes y se requiere potenciar su uso a nivel industrial complementando sus beneficios con estudios farmacológicos. Propiedades de la sangre de drago.

La sangre de Drago proveniente del árbol nativo de la familia de las euforbiáceas cuyo nombre real es *Croton lechleri*, se la nombró así por el color rojo oscuro con diferentes tonalidades, parecido a la sangre de los animales mitológicos que era la similitud ancestral establecida por los grupos

aborígenes, es un producto propio de la resina latex de la corteza externa del tallo con abundantes letincelas, el árbol puede alcanzar de 10 a 20 metros de altura, con hojas de forma acorazonada con 15 a 20 cm de largo y de 5 a 14 cm de ancho y flores de color blanco verdoso.

### *B. Propiedades de la sangre de Drago*

La sangre de Drago proveniente del árbol nativo de la familia de las euforbiáceas cuyo nombre real es *Croton lechleri*, se la nombró así por el color rojo oscuro con diferentes tonalidades, parecido a la sangre de los animales mitológicos que era la similitud ancestral establecida por los grupos aborígenes, es un producto propio de la resina latex de la corteza externa del tallo con abundantes letincelas y un sabor astringente, el árbol puede alcanzar de 10 a 20 metros de altura, con hojas de forma acorazonada con 15 a 20 cm de largo y de 5 a 14 cm de ancho y flores de color blanco verdoso.

El árbol crece en las regiones subtropicales y tropicales de Sudamérica entre una altitud de 1200 a 3000 metros, *Croton lechleri* es nativo de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, y en algunos países se cultiva para la producción del látex. La extracción es a partir de los ocho años de vida del árbol, la recolección se efectúa realizando incisiones en la corteza del tronco.

El *croton lechleri* es una especie rica en catequinas y proantocianidinas, en su corteza se ha identificado esteroides, cumarinas, alcaloides, flavonoides, taninos, saponinas de baja concentración, compuestos fenólicos, vitaminas A, E y C, entre otros compuestos químicos.

Sus propiedades medicinales han sido bastante conocidas desde los orígenes nativos, donde su poder curativo fue documentado por el naturista Bernabé Cobo a finales del siglo XVII, ya para esas épocas se evidenciaba que los indígenas usaban el latex o sangre de Drago para cubrir heridas como cicatrizante, y para frenar la infección. A través del tiempo generó interés en la comunidad científica por sus efectos curativos y hoy en la actualidad es usada como: cicatrizante, bactericida, fungicida, antiviral, y en el tratamiento de enfermedades como gastritis, quemaduras, herpes, anemias, tuberculosis, gingivitis, diarrea, entre otras.

### *C. Procesos Industriales para generar valor agregado*

Alrededor del mundo, y especialmente en los países en desarrollo, se realiza una gran variedad de proyectos y programas en el sector agroalimentario que son dirigidos al desarrollo de los agronegocios y de la agroindustria rural, el fortalecimiento de las organizaciones de productores y empresas de pequeña escala, el fomento de cadenas agro productivas o cadenas de valor, el mejoramiento de las condiciones del acceso de los pequeños productores a los mercados, al

desarrollo rural y territorial, cambio técnico adaptado a las condiciones particulares de la agricultura familiar, logro de la seguridad alimentaria en las áreas rurales, y otros temas más (Aldaz, 2017). El valor agregado que se les puede dar a los productos y servicios ofrecidos por los pequeños productores es un aspecto importante en muchos de estos proyectos y programas.

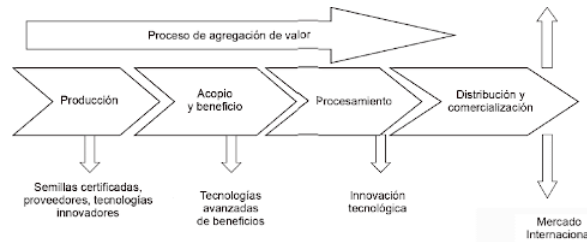


Figura 2. Modelo general de cadena de valor genérica para productos agropecuarios.

**Fig. 1.** Cadena de valor para productos agropecuarios  
**Fuente:** Suárez (2016)

#### D. Estrategias de agregación de valor en la producción agropecuaria

El Agricultural Marketing Resource Centre (AgMRC, s.f.) publica una definición del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por su sigla en inglés) que señala diferentes fuentes de valor agregado, entre ellas, las siguientes:

- Un cambio en el estado físico o la forma de un producto (por ejemplo, moler trigo para obtener harina, o convertir fresas en mermelada). |
- La diferenciación física de un producto o commodity agropecuario de tal manera que resulta en el enriquecimiento del valor de este producto o commodity (por ejemplo, un sistema de marketing que hace uso de una identidad protegida).
- Indica, además, que como resultado del cambio en el estado físico o de la manera en la que un commodity o producto agropecuario es obtenido y diferenciado (como resultado de inversiones en mercadeo, procesamiento o diferenciación física), la base de consumidores y la demanda potencial se expanden.

TABLA I ESTRATEGIAS PARA LA AGREGACIÓN DE VALOR EN LA CADENA AGROPECUARIA

	Descripción de la estrategia	Ejemplos
<b>Producto y/o proceso</b>	Son aquellas que implican cambios en el estado físico del producto y/o la valorización de atributos específicos del mismo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Procesos de conservación y transformación</li> <li>· Valorización de atributos intangibles</li> <li>· Generación de bioenergía</li> </ul>
<b>Unidad agropecuaria</b>	Son aquellas que resultan en la diversificación de las actividades agropecuarias y en la generación de ingresos adicionales al agronegocio principal, disminuyendo así la vulnerabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Agroturismo</li> <li>· (Retribuciones por) servicios ambientales</li> <li>· Aprovechamiento de biodiversidad; biocomercio</li> <li>· Generación de bioenergía</li> <li>· Aprovechamiento de subproductos y residuos</li> </ul>
<b>Aumento de la eficiencia</b>	Puede darse tanto en los procesos productivos, de procesamiento y de comercialización, como también en aspectos organizacionales y administrativos, el aprovechamiento de los recursos disponibles, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Disminución de pérdidas en manejo poscosecha</li> <li>· Aprovechamiento de subproductos y residuos</li> <li>· Alto nivel de integración vertical en la cadena productiva</li> <li>· Circuitos cortos de comercialización</li> </ul>

FUENTE: IICA (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA), 2014

La descripción del USDA, que categoriza las fuentes para la agregación de valor, hace notar que ésta no solamente se puede realizar en el producto mismo, sino que también puede darse en cualquiera de los componentes de las cadenas que conforman el sistema agro productivo. Asimismo, destaca las estrategias y mecanismos que se enfocan en lograr atributos que sean percibidos por el consumidor, en forma tal que incidan en su decisión de compra y en el precio que esté dispuesto a pagar por un producto o un servicio, en reconocimiento a su calidad, funcionalidad, forma, lugar de compra, tiempo y facilidad de adquisición.

#### *E. Conservación y transformación de productos agropecuarios*

La forma más tradicional y ampliamente conocida para agregar valor a los productos agropecuarios es su conservación y transformación. Esto significa que un producto fresco sea sometido a operaciones simples de postcosecha, como almacenamiento o limpieza, u otras más complejas como la elaboración de un producto procesado, pasando por otras más orientadas a la conservación que a la transformación, como es el caso de la refrigeración y congelación (Costales, 2003). El propósito de todo tratamiento que se le brinde a los productos en este sentido es adecuarlos a los requerimientos de los compradores, sean clientes industriales o consumidores finales.

TABLA II NIVELES DE PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL

Nivel	Operaciones	Ejemplos de productos
I	Limpieza, clasificación	Frutas y vegetales frescos, huevos
II	Pelado, molienda, corte, mezcla	Cereales, carnes, especias, alimentos para animales, yute, algodón, harina, madera
III	Cocción, pasteurización, enlatado, deshidratación, congelación, tejeduría, extracción, montaje	Productos lácteos, frutas y vegetales enlatados o congelados, embutidos, salsas, textiles y vestidos, aceites, muebles, azúcar, bebidas
IV	Alteración química, texturización	Alimentos instantáneos, productos vegetales texturizados

FUENTE: AUSTIN. 1992

Según Austin (1992) se distinguen de manera general cuatro niveles de procesamiento agroindustrial, los cuales se presentan en la tabla anterior.

## Metodología

### *F. Delimitación del Problema-Factores Causales*

El factor geográfico de la zona incide directamente en la atención que los gobiernos locales prestan a los pobladores, para las comunidades más alejadas del centro gubernamental de la provincia, los beneficios otorgados por este se vuelven menos evidentes.

El factor socioeconómico de estas poblaciones ha sido históricamente precario, debido a la poca actividad y capacidad económica que se arraigaba desde que las comunidades empezaron a comerciar con los mercados locales, esta perspectiva pareció cambiar durante los años 2000 al 2006(Morrillo, 2020), cuando se incitó a empezar con la extracción minera de los recursos de la zona, sin embargo, esta práctica se vio manchada por actos corruptos y una nula conciencia ambiental, por lo que estas mismas comunidades denunciaron estos actos, garantizando su soberanía como pueblo, pero a su vez, renunciando a la oportunidad económica que implica la minería, así, estos pueblos continúan siendo económicamente inestables, y requieren de un nuevo sistema económico para su desarrollo.

### *G. Recopilación de datos de los factores causales*

El mayor asentamiento de estas comunidades está ubicado dentro del cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago al sureste de Ecuador, el territorio perteneciente a estos pueblos consta de alrededor de 26, 777 hectáreas, 40 km al norte de la mina de Mirador y fronteriza a los depósitos San Carlos & Pananza(Mideros, 2012).

Según encuestas y censos realizados en las comunidades por el gobierno autónomo



descentralizado de Morona Santiago el asentamiento de las comunidades Warints y Yawi alberga a personas de nacionalidad Shuar, con una población de alrededor de 200 Familias.

De manera general, estos censos implican un cierto margen de error debido a que se realizaron hace casi 10 años y el margen esperado de crecimiento para este tipo de comunidades puede llegar a aumentar en aproximadamente 50 familias, este factor incide notablemente en la economía de la zona, como se verá posteriormente.



Fig. 2. Ubicación de las comunidades amazónicas Warints y Yawi.

Fuente: Diario El Telégrafo (2017)

Las comunidades Warints y Yawi han sido históricamente pobres a lo largo de su existencia, y subsisten gracias a su modo de vida comunitaria, sin embargo, estos índices se han ido agravando cada vez más, hasta volverse insostenibles para los pobladores.

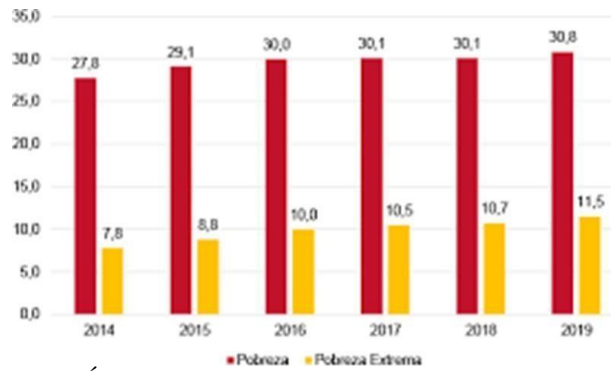


Fig. 3. Índice de pobreza de las comunidades amazónicas  
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

En el gráfico se observa el índice de pobreza y pobreza extrema de las comunidades amazónicas a partir del año 2014 hasta el año 2019, se puede apreciar que luego del cese de la actividad minera la economía de estas comunidades ha decrecido de manera progresiva, además, se observa que el mayor incremento se da en el 2019, debido a la crisis mundial por la pandemia originada en ese año, dando a entender que también ha afectado en gran medida a estas comunidades.

El análisis del problema sugiere la imperante implementación de soluciones para combatir las necesidades expuestas y contribuir de manera directa en el desarrollo y fortalecimiento de una economía estable para estas comunidades ancestrales.

TABLA III TAXONOMÍA DE LA SANGRE DE DRAGO Y UÑA DE GATO

Sangre de Drago	Uña de Gato
Reino: Plantae	Reino: Vegetal
División: Angiospermas	División: Antófitos
Clase: Dicotiledóneas	Clase: Dicotiledóneas
Orden: Geraniales	Orden: Rubiales
Familia: Euphorbiaceae	Familia: Rubiaceae
Género: Croton	Género: Uncaria
Especie: lechleri	Especie: tomentosa.

FUENTE: BASADA EN JACOBSEN (2003)

### H. Planteamiento de las posibles soluciones

Los criterios de solución se refieren a brindar una solución para la poca rentabilidad de los cultivos nativos que se tienen en estas comunidades y como afecta a su economía local y a su desarrollo social.



**Fig. 4.** Generación De Ideas De Solución  
**Fuente:** Elaboración Propia

Podemos observar que las soluciones que se presenten serán de alto impacto para la vida de los habitantes de las comunidades que se pretende intervenir, debido a que el desarrollo económico incide directamente en la calidad de vida de las personas de las comunidades.

## I. Árbol de Decisión

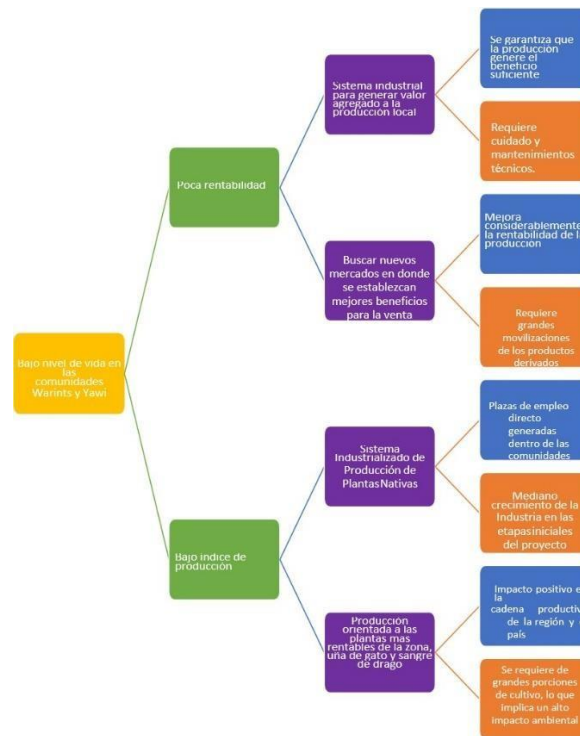


Fig. 5. Árbol de decisión  
Fuente: Elaboración Propia

Una vez establecidos de manera adecuada los diferentes criterios necesarios para poder afrontar la solución del problema, se planteará una ruta de solución mediante la técnica de solución de problemas del árbol de decisión.

La figura anterior nos plantea una ruta de solución que se ha analizado según los requerimientos del problema, entre las decisiones más importantes, se encuentra la elección de las plantas sobre las cuales se va a trabajar, debido a su alta producción y rentabilidad, siendo para este caso, las plantas uña de gato y sangre de drago, las elegidas, debido a su familiaridad con los pobladores y la alta rentabilidad que poseen estas plantas nativas, así como su fama en cuanto a medicina natural y alternativa

Según sus propiedades medicinales, ambas plantas son altamente demandadas por los mercados internacionales principalmente en los países en los que se encuentra más arraigada la medicina alternativa o los artículos de origen orgánico.

*J. Procesos de Valor Agregado*

Existen una gran cantidad de procesos de valor agregado para las plantas seleccionadas, dentro de las cuales se destacan la extracción de aceites esenciales, las saponificaciones, los productos alimenticios derivados, así como la pulverización de los productos secos.

TABLA IV TAXONOMÍA DE LA SANGRE DE DRAGO Y UÑA DE GATO  
Sangre de Drago                      Uña de Gato

Reino: Plantae	Reino: Vegetal
División: Angiospermas	División: Antófitos
Clase: Dicotiledóneas	Clase: Dicotiledóneas
Orden: Geraniales	Orden: Rubiales
Familia: Euphorbiaceae	Familia: Rubiaceae
Género: Croton	Género: Uncaria
Especie: lechleri	Especie: tomentosa.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADA EN JACOBSEN (2003)

De todas estas opciones de procesos se debe escoger un proceso que sea capaz de satisfacer las condiciones del problema, y que además sea aplicable para cualquiera de las plantas elegidas, las cuales por su taxonomía no son compatibles en su totalidad.

Analizando únicamente la rentabilidad, nos encontramos con que existen dos procesos industriales que son los más rentables para el mercado nacional e internacional, la deshidratación, y el liofilizado.

Analizando únicamente la rentabilidad, nos encontramos con que existen dos procesos industriales que son los más rentables para el mercado nacional e internacional, la deshidratación, y el liofilizado.

De estos escogeremos el proceso más básico, es decir el proceso de deshidratación y micro pulverización como proceso de valor agregado, debido a que es un proceso industrial que no requiere de gran inversión, se adapta a ambas plantas, y según datos es de los procesos más rentables que se pueden presentar (Jacobsen, 2003).

Por tanto, los prototipos que se buscarán diseñar se verán orientados a satisfacer este proceso, siendo fundamental el proceso de pulverización y deshidratación. Propuesta del diseño

TABLA V TAXONOMÍA DE LA SANGRE DE DRAGO Y UÑA DE GATO

Año	Peso, kg	Corteza %	Molido %	Micropulverizado %	Envasado %	Extracto %	Países exportados
1993	200	ND	-	-	-	-	1
1994	20743	84.9	-	13.6	1.5	-	8
1995	726684	89.6	4.6	5.3	0.5	-	24
1996	346903	80.3	15.2	3.5	0.8	0.1	26
Precio							
S/.		3.4/kg	5.9/kg	20.3/kg	1.8/100g	-	-

Fuente: INRENA

FUENTE: IRENA

## Propuesta del diseño

### A. Molino pulverizador de martillo

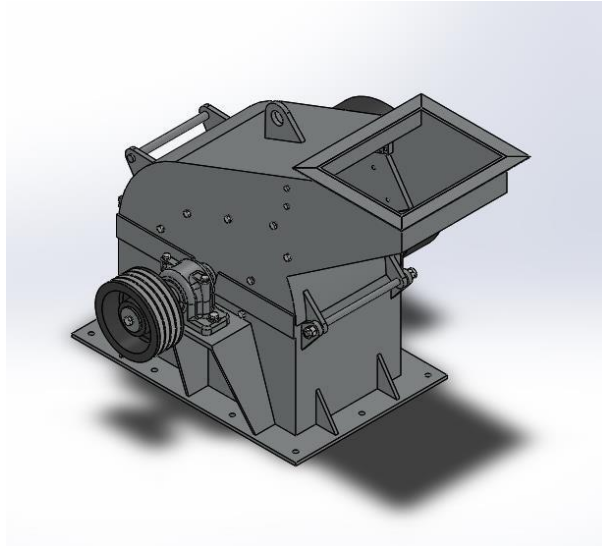
Un molino de martillo es una máquina que puede moler, pulverizar y aplastar una amplia gama de materiales.

Este equipo emplea una lluvia de golpes de martillo para destruir y desintegrar generalmente alimentos secos, como por ejemplo piensos para el ganado o alimentos para mascotas, entre otros. Por otra parte, estos equipos son ampliamente utilizados para el procesamiento de semillas oleaginosas como la soja, girasol, canola y también son muy usados para pulverizar hierbas aromáticas y hortalizas que han sido previamente deshidratadas (Ibarra, 2018).

Su diseño permite una fácil y rápida limpieza del equipo; son fabricados en Acero Inoxidable o Hierro Gris según el presupuesto y los requerimientos.

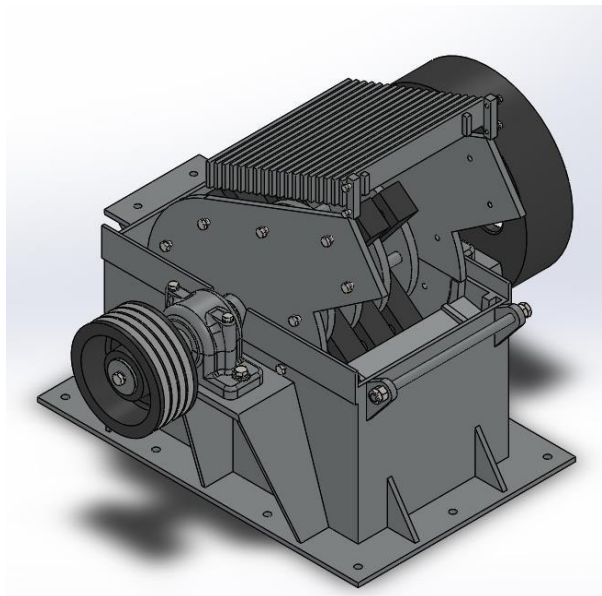
Estos molinos tienen diseños simples, que los hacen fácil de operar y mantener, están hechos para una alta capacidad de molienda. Funcionan según los materiales o el tipo de producto, ya sea que se triture o se rompa (Bazurto, 2010).

Su principal desventaja es el costo de fabricación, y los medios de manufactura, sobre todo con los martillos, para los cuales se necesitan altos grados de dureza si se quiere que estos cumplan con la misma cantidad de vida útil que poseen los otros elementos, por lo que es común que se importen estos de manera estándar, haciendo que aumente exponencialmente el precio de fabricación e implementación.



**Fig. 6.** Prototipo de Molino pulverizador de martillo  
**Fuente:** Elaboración Propia

Se tiene para este caso, un molino de martillos simple con cuatro martillos para el proceso de molienda, con inserción de la materia prima por gravedad, y un índice de compactación alto debido al proceso de funcionamiento.



**Fig. 7.** Estructura Interna  
**Fuente:** Elaboración Propia

Para poder abarcar el diseño de los componentes del molino de martillos, debemos obtener datos importantes para el diseño, como la fuerza de corte del material, el cual se halla entre los 20 N para las hojas de uña de gato seca, y los 36 N para la sangre de drago deshidratada, la velocidad tangencial de los martillos, establecida en 60 m/s, el radio de giro,  $R_g=18$  cm, y la longitud de los martillos, establecidos en 10 cm, dándonos una fuerza centrífuga aproximada de  $F_{cf}=1000$  N (Mott, 2006).

### *B. Diseño de la herramienta de percusión (Martillos)*

Es la herramienta primordial de molienda, su diseño consiste en forma básica, en el cálculo de sus dimensiones, El material que se recomienda para esta tarea es el AISI 01, debido a que es un material adecuado para los procesos de molienda.

Partimos calculando la masa necesaria que se necesita en los martillos.

$$Mm = \frac{F_c * 3}{a * L} = 0.2716 \text{ Kg} \quad (1)$$

Una vez obtenido este parámetro se procede a establecer un espesor de la herramienta en base al producto a ser triturado  $e=0.07$  m, y empleamos para el ancho de la herramienta la ecuación siguiente:

$$a = \frac{Mm}{\rho * e * L} = 0.08891 \text{ m} \rightarrow 0.09 \text{ m} \quad (2)$$

Teniendo una geometría para las herramientas de percusión como se muestra en la siguiente figura.



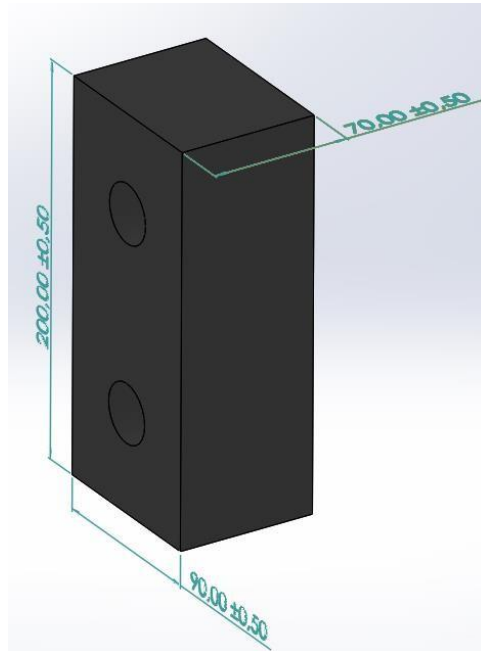


Fig. 8. Geometría de la herramienta de percusión  
Fuente: Elaboración Propia

### C. Diseño del Eje Secundario

En un molino de este tipo, los ejes secundarios son los encargados de soportar los martillos, por este motivo lo más común es que se diseñen con las siguientes fuerzas: la fuerza centrífuga y el propio peso de los martillos  $F_y = F_{cf} + W_m$ . Y los discos serán los apoyos del eje secundario, por tanto, se analizan 4 martillos y cinco apoyos de disco.

El material para emplear para el eje secundario será AISI 1018, y el diámetro seleccionado es de 30 mm, la longitud en función del diseño provisional es de 450 mm.

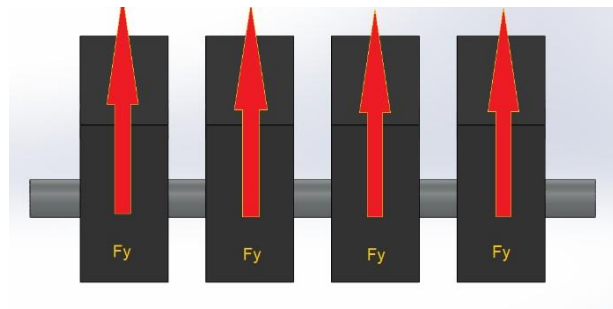


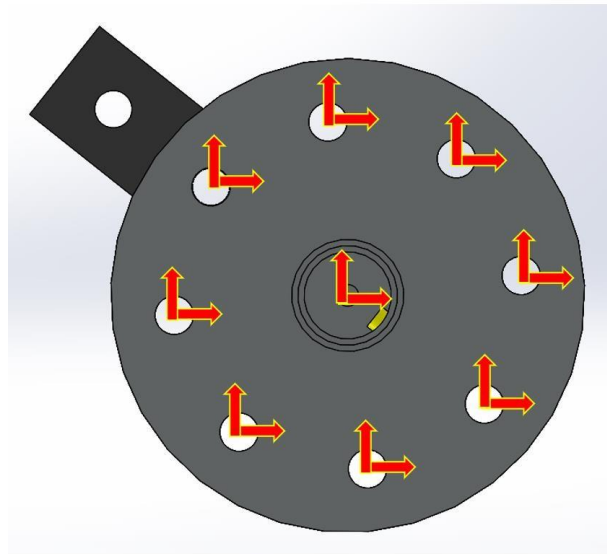
Fig. 9. Fuerzas en el eje secundario  
Fuente: Elaboración Propia

Con estos parámetros de cálculo se tiene un factor de seguridad de 6,5 lo cual es acertado para un dispositivo de molienda.

#### D. Diseño de los discos

Los discos en un molino de martillos son los elementos que soportan los ejes secundarios, por tanto, el diámetro del disco depende directamente del radio de giro preestablecido y de la longitud de los martillos. El material de estos será ASTM 36, y las fuerzas que soportan los discos son las reacciones aproximadas de los apoyos.

De manera general, las reacciones en los apoyos van desde los 3.07 a los 3.09 KN(Mott, 2006).



**Fig. 10.**Reacciones en los discos  
**Fuente:** Elaboración Propia

Así el dimensionamiento propuesto es un diámetro de 380 mm, y espesor de 25 mm con el cual se puede llegar a asegurar un coeficiente de seguridad de 8.

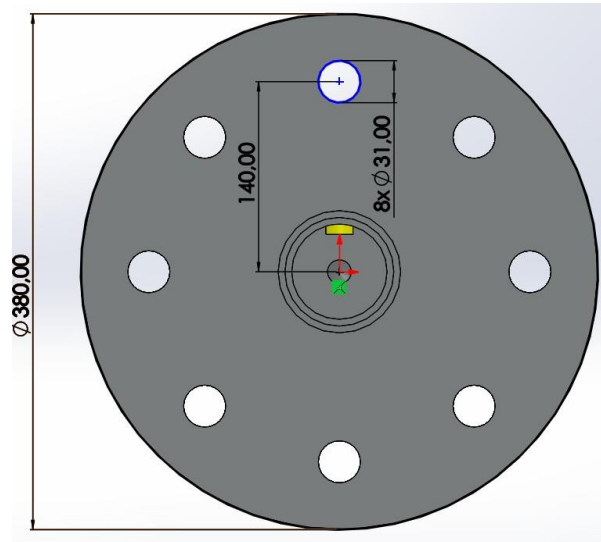


Fig. 11. Dimensiones principales del disco  
Fuente: Elaboración Propia

#### E. Potencia del motor

Para el cálculo de la potencia del motor, se debe sumar la potencia en vacío  $P$  y la potencia de carga, para lo cual se tiene las siguientes ecuaciones:

$$P = \frac{W_m \cdot R^2 \cdot n^3 \cdot \# \cdot f}{8 \cdot 100000 \cdot \gamma \cdot y_m} \quad (3)$$

$$E = k \cdot f \cdot \left[ \frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right] \quad (4)$$

$$P_{\text{carga}} = \text{Capacidad} \cdot E \quad (5)$$

En donde: #: número de martillos,  $n$ : rpm del rotor,  $f$  = factor dependiente de la velocidad de rotación de los martillos  $\eta$  : rendimiento mecánico por transmisión.  $\eta_m$  : rendimiento del motor,  $k$ : Constante Rittinger,  $f$  : Factor que depende del tipo de molienda, seca o húmeda.  $d_1$   $d_2$  : Diámetro del producto de entrada y de salida respectivamente.

$$P_{\text{motor}} = 5\text{HP} \quad (6)$$

### F. Diseño del eje principal

El eje principal soporta las fuerzas flexionantes por la presencia de la polea del sistema de transmisión, las fuerzas del sistema de transmisión, las reacciones de los apoyos, además soporta el torque del motor (ver figura 5). El material del eje es acero AISI 1018. Para calcular el diámetro del eje principal se tiene la siguiente ecuación:

$$D = \left[ \frac{32 * N}{\pi} * \sqrt{\left( \frac{K_t * M}{S_n} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

El momento máximo resultante es  $M = 465,98 \text{ Nm}$ , mientras que la resistencia a la fatiga real estimada se calcula con la siguiente ecuación  $s'_n = s_n * C_m * C_{st} * C_R * C_s = 191,25 \text{ MPa}$ . Para un factor de seguridad  $N = 3$ , se obtiene un eje de 90 mm de diámetro.

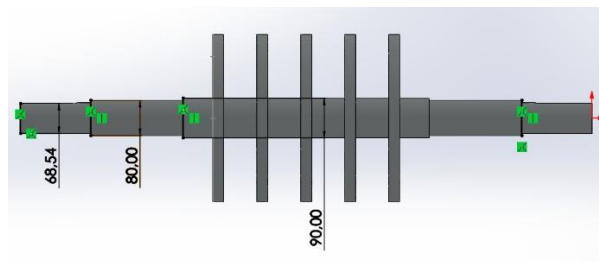
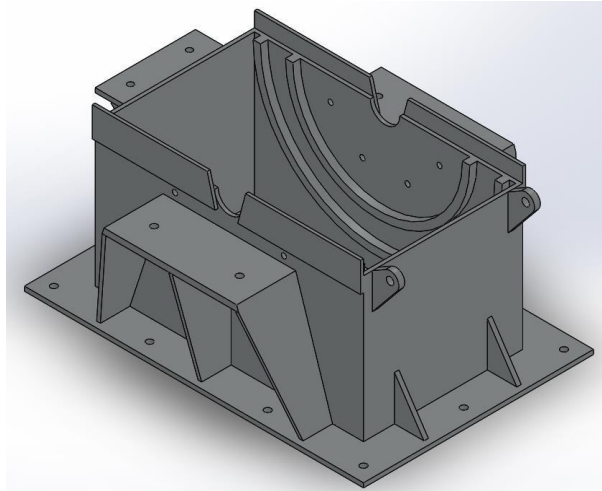


Fig. 12. Dimensiones del eje principal  
Fuente: Elaboración Propia

### G. Diseño de Bastidor

El bastidor aloja elementos como el sistema de trituración, las chumaceras, entre otros, por lo tanto, soporta las reacciones de la dinámica del sistema. La fuerza a la que se encuentra sometido el bastidor es la fuerza presente en los apoyos del eje principal  $P = 5.21 \text{ kN}$ , el material de construcción del bastidor es ASTM A36, y espesor de 10 mm.



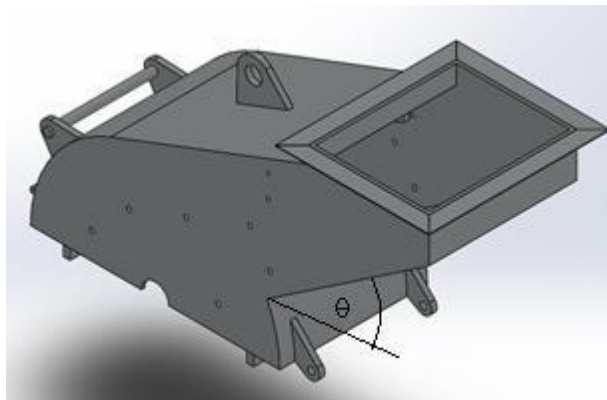
**Fig. 13.**Diseño del bastidor  
**Fuente:** Elaboración Propia

#### H. Diseño de la tolva

La principal característica de las tolvas de alimentación y de descarga es el ángulo de inclinación, el mismo que depende del coeficiente de fricción ( $\mu$ ), en este caso entre el grano y el acero y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\theta = \tan^{-1}(\mu) = 34,07^\circ \quad (8)$$

El material de las tolvas es de acero ASTM A36, la tolva de alimentación tiene una capacidad de  $W = 176,4$  N, y su espesor es de 8 mm.



**Fig. 14.**Diseño de la tolva  
**Fuente:** Elaboración Propia

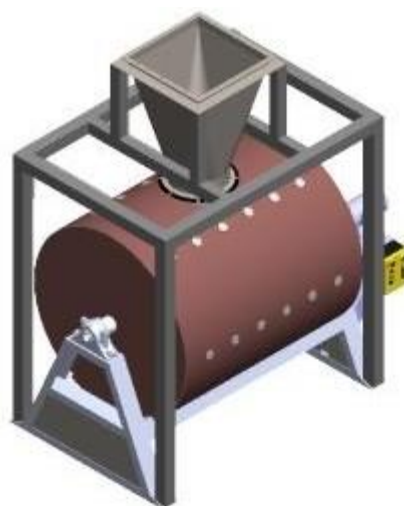
Una vez realizado el análisis y diseño de los componentes, se realiza el ensamble general del molino de martillos como se presenta en la figura 6.

### *1. Molino de bolas*

Un molino de bolas es un tipo de molino utilizado para moler y mezclar materiales para ser utilizados en procesos de mezclado de minerales, pinturas, pirotecnia, cerámicas y sinterización de láser selectivo. Funciona por el principio de impacto y fricción (Méndez, 1993).

No es muy habitual su aplicación en alimentos debido a que la gran mayoría de procesos no requieren altos grados de pulverización, y es más difícil cuidar la higiene por el método que se utiliza.

Cuando se emplea para procesos alimenticios, se suelen cambiar las bolas de acero por acero inoxidable, cerámica o goma dependiendo del índice de atomización (Espinoza. 2016).



**Fig. 15.**Estructura Interna  
**Fuente:** Elaboración Propia

Para la aplicación que se requiere se empleará un molino de bolas simple, cuyo cilindro será de acero inoxidable, para asegurar la correcta higiene para el consumo humano, y las bolas de molienda también deberán cumplir con este parámetro.

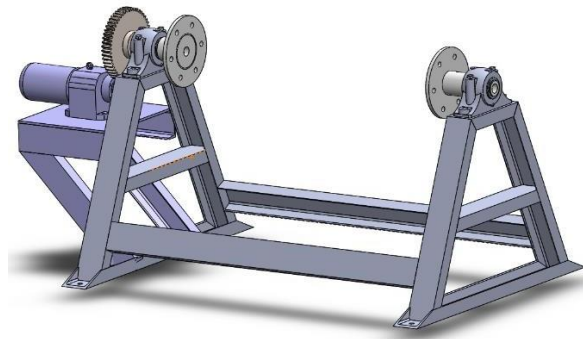


Fig. 16.Estructura Interna

### J. Principio de funcionamiento

Los molinos de bolas tienen una capa cilíndrica o cónica que gira sobre un eje horizontal, y se cargan con bolas bien sea de acero, pedernal o porcelana, como medio de molienda. La alimentación de los molinos de bolas debe ser de 2,4 a 4 cm (1 a 1½ in) para materiales muy frágiles, pero por lo general el tamaño máximo es de 1,3 cm (1/2 in), valores que han sido obtenidos por medio de ensayos experimentales. La mayor parte de los molinos de bolas operan con una razón de reducción de 20:1 a 200:1. (Alcántara Valladares J.R., 2008).

$$Carga = V_{molino}(J)(\rho_{bolas}) \quad (9)$$

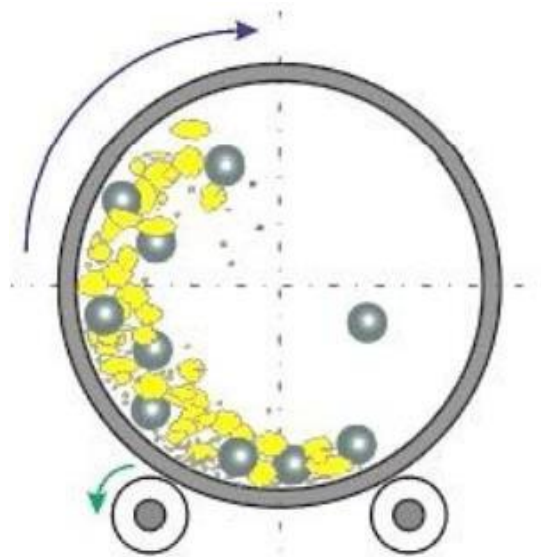


Fig. 17.Vista transversal de la disposición de la carga dentro del molino

Fuente: Elaboración propia

Para una molienda óptima el volumen del conjunto carga de molienda y material a moler deben constituir como mínimo aproximadamente 28% del volumen total del molino. Rescatando un 49% de ese conjunto que corresponde a volumen vacío, y el llenado óptimo del molino de bolas debe ser tal que  $h = 0,16D$ . (Alcántara Valladares J.R., 2008).

#### K. Operación

La fragmentación de las partículas se va a conseguir por medio de la combinación de fuerzas de compresión, cizalladura y abrasión. La fragmentación del mineral se realiza en el interior de unos equipos cilíndricos rotatorios de acero que se conocen con el nombre de molinos de rodamiento de carga o simplemente molinos.

Estos equipos pueden trabajar de forma discontinua y de forma continua, pueden trabajar en circuito abierto o circuito cerrado. (Martínez P. 2011).

TABLA VI PROPIEDADES DE LAS BOLAS DE CIRCONIO PARA MOLIENDA

**Tabla 1. Clasificación del tipo de molienda.**

Tipo de proceso	Tamaño de salida
Molienda gruesa	$\cong 1 - 2 \text{ mm}$
Molienda fina	$\cong 50 - 100 \mu\text{m}$
Molienda ultra fina	$\leq 10 \mu\text{m}$

FUENTE: (MARTÍNEZ P. 2011)

*Forma discontinua:* cuando el molino se recarga de material y se cierra para hacerlo girar, terminada esta operación, el molino se abrirá para a continuación separar el mineral de los cuerpos molturantes. Esta forma de trabajar se utiliza en molinos pequeños de laboratorio. (Martínez P. 2011).

*Forma continua:* El molino se alimenta de forma continua por un extremo y simultáneamente se va descargando el mineral molido por el otro extremo (o por el centro según el molino). La operación únicamente se detendrá para trabajos de mantenimiento o recarga de los cuerpos molturantes. En la industria minera y producción de áridos, se trabaja siempre de forma continua. (Martínez P. 2011).

Los medios de molienda efectúan movimientos de cascada y catarata (Fig. 6). El primero de ellos se aplica al rodado de las bolas de la parte superior hacia la base del montón, y el segundo al lanzamiento de las bolas por el aire hasta la punta del montón. (Alcántara Valladares J.R., 2008) (Martínez P. 2011).



*L. Velocidad Crítica del Molino*

El criterio que se sigue para comparar la acción de las bolas en molinos de varios tamaños se basa en el concepto de velocidad crítica. Se trata de la velocidad teórica a la que la fuerza centrífuga ejercida sobre una bola en contacto con la cubierta del molino, a la altura de su trayectoria, es igual a la fuerza sobre ella debido a la gravedad. (Alcántara Valladares J.R., 2008). La expresión que nos proporciona el valor de la velocidad crítica, para un molino de bolas dado, es la siguiente:

TABLA VII PROPIEDADES DE LAS BOLAS DE CIRCONIO PARA MOLIENDA

Sistema métrico	Sistema inglés
$N_c = \frac{42,2}{\sqrt{D}}$ (EC. 2 <sup>a</sup> )	$N_c = \frac{76,6}{\sqrt{D}}$ (EC. 2b)

FUENTE: (MARTÍNEZ P. 2011)

Donde:

$N_c$ =Velocidad Crítica en r.p.m.

$D$ =Diámetro del molino en m.

Las velocidades reales de los molinos van de 65 a 80% de su valor crítico. (Alcántara Valladares J.R., 2008) (Martínez P. 2011)

*M. Masa de carga*

El volumen de carga depende hasta cierto punto del tipo de molino. El cálculo se basa en determinar el tamaño del molino y el volumen de carga necesario para usar la potencia requerida de modo de obtener la producción propuesta. Necesitaremos conocer la fracción de carga del volumen del molino ( $J$ ) y la densidad de la bola. Se ha encontrado en la práctica que un valor óptimo de ( $J$ ) para este tipo de molinos es mínima 28%, y por debajo del 50%.

Así el peso de la bola se relaciona con el porcentaje de volumen de carga, manteniendo una relación de longitud ( $L$ ) y diámetro ( $D$ ) del molino  $L/D$  de 2,35:1, para esta forma cilíndrica del molino. (Alcántara Valladares J.R., 2008)

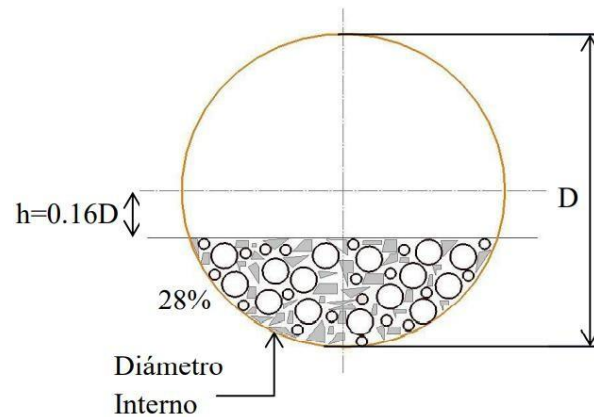


Fig. 18. Corte Transversal de un molino de bolas  
Fuente: (Alcántara Valladares J.R., 2008).

#### N. Dimensionamiento de las bolas

Para solventar la necesidad de una alimentación calculada según el tamaño de la bola se han propuesto métodos que se relacionan con el material a triturar.

De manera experimental se pudo comprobar que una expresión para relacionar de manera adecuada la masa de bolas y los materiales de molienda se encuentran mediante la siguiente expresión.

$$D_b = 0,1 * \sqrt{\frac{D_b * E_t}{K * \rho_r}} * \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho}} \quad (10)$$

Donde  $D_b$  es el diámetro de las bolas cm (in),  $X_p$  es el tamaño de partículas de alimentación más gruesas,  $E_t$  es el índice de trabajo del material alimentado,  $K$  es la constante de molibilidad, la cual es una medida de la velocidad de molienda del material en un molino particular de bolas

#### O. Selección de las bolas del Molino

Estas bolas se pueden encontrar de manera industrial prefabricadas, para su selección se toma en cuenta el uso que se va a requerir. Es usual que para los procesos de molienda de alimentos o productos ingeribles, se escojan bolas de circonio, fabricados para procesos alimenticios, terminando en un material cercano a lo que serían las carillas dentales, siendo por este proceso apto para el trabajo con alimentos.

TABLA VIII PROPIEDADES DE LAS BOLAS DE CIRCONIO PARA MOLIENDA

Densidad	g/cm <sup>3</sup>	>4
Dureza	Mohs	>=8
Densidad aparente		9
Densidad de empaquetamiento	g/cm <sup>3</sup>	>2.35
Absorción de agua	%	0
Redondez	%	>90
Carga de aplastamiento (Φ3.0)	N	1500
Tamaño disponible	mm	0.4-5.0 (cualquier tamaño intermedio)

FUENTE: KING'S MINEMATE

#### *P. Deshidratador solar inclinado*

Como dispositivo final se requiere un equipo capaz de ayudar al proceso de deshidratación, para lo cual se busca implementar un calentador solar de tubos, el cual será el encargado de acelerar el proceso de secado en el caso de que se requiera que la producción se acelere (Espinoza, 2003).

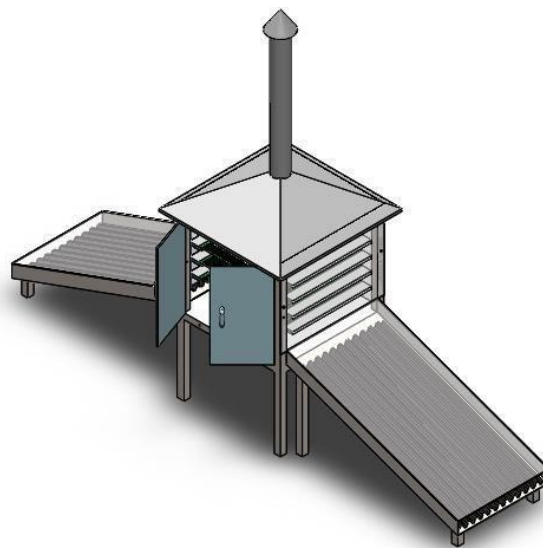


Fig. 19. Deshidratador solar inclinado de dos alas

El dispositivo elegido ya se encuentra validado, y es altamente empleado en estos procesos debido

a que posee una fabricación simple y una eficiencia alta de secado en especial para hojas o productos con poco porcentaje de agua

El dimensionamiento de este modelo se encuentra acorde con lo esperado en cuanto a índice de producción de cualquiera de los dos prototipos de molino, pero se puede expandir de ser requerido para aminorar el tiempo de secado según la demanda de producción.

La mayoría de las aplicaciones de este método de secado implican una fuente de sol medianamente estable, según estudios en el Ecuador hay muchas oportunidades de que esta se aplique de manera adecuada, siendo una opción más que aceptable para poder manejar los procesos de secado.



Fig. 20. Deshidratador solar inclinado de un ala en campo  
Fuente: Knezevic, 2010

#### *Q. Principio de funcionamiento*

En este tipo de secadero, la radiación solar no incide directamente sobre el producto a secar. El aire se calienta en un calentador solar y es conducido a la cámara de secado para deshidratar el producto. Generalmente se utilizan como colectores placas solares para calentar el aire en aplicaciones que utilizan baja y moderada temperatura. La eficiencia de estos calentadores depende del diseño y de las condiciones de operación.

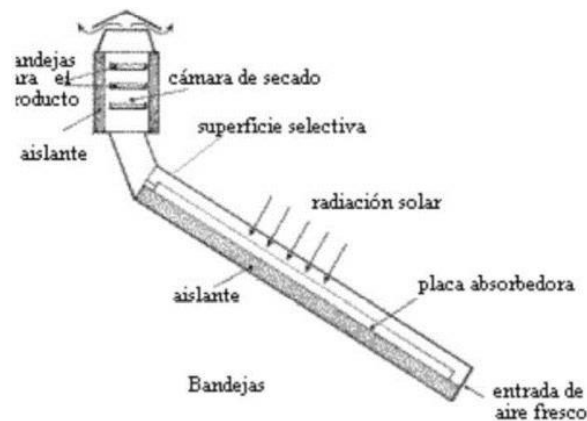


Fig. 21. Esquema de un Deshidratador solar inclinado  
Fuente: (Knezevic, 2010)

En la (Fig.25) aparece el esquema de un secadero de este tipo. El material para secar se coloca sobre bandejas perforadas situadas unas encima de otras. El aire del ambiente se calienta con una placa absorbedora, unido al fondo de la caja y fluye por sí solo al espacio de secado. La operación de los secadores solares es muy simple y no requieren casi nada de mantenimiento. De cualquier manera, se recomienda mantenerlo limpio y seco, para que el calor y la luz puedan ser absorbidos correctamente.

## Plan de Mantenimiento

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

### A. *Mantenimiento Correctivo*

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores (Zurita, 2010).

### B. *Mantenimiento Proactivo*

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa

propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

### *C. Mantenimiento Preventivo*

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

Presenta las siguientes características (García, 2010):

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

### *A. Mantenimiento Predictivo*

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en las aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información

referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo (Knezevic, 2010):



Fig. 22. Plan de Mantenimiento anual  
Fuente: (Knezevic, 2010)

## Analisis y discusión

Para el diseño de los elementos del molino de martillos se estableció un factor de seguridad mínimo de 3; para producción a gran escala de molinos de martillos, se recomienda que el factor de seguridad de los elementos diseñados se reduzca a 3, esto ayudaría a minimizar costos de producción.

La trituración de hojas y granos secos, genera determinada cantidad de harina, la misma que no siempre es aprovechada al máximo; por lo cual se recomienda implementar un sistema de absorción de harina, que puede ser acoplado al motor del molino, esto podría ser una investigación futura acerca de la industrialización mediante procesos de molienda, así mismo, se podría analizar la seguridad ambiental para el manejo de los polvos compactos generados por los molinos, debido a que por su índice de compactación, estos pueden llegar a ser peligrosos para los operarios.

Para el caso del molino de bolas, los factores principales a considerar son los parámetros de velocidad crítica, y los diámetros de las bolas seleccionadas para la molienda de las hojas de los frutos secos, en el caso de la velocidad crítica, esta se ve intrínsecamente ligada a la potencia seleccionada del motor, y las bolas en cambio, al índice de compactación del material.

Dado que nuestro molino es un molino de capacidad media, y una carga de trabajo baja, es mucho más sencillo comprobar la velocidad crítica que en otros molinos similares, el principal problema que se le puede presentar a nuestro modelo es que el índice de compactación sea demasiado bajo, por lo cual es fundamental calcular de manera adecuada el volumen de llenado y los diámetros de las bolas a emplear para el proceso de molienda.

El deshidratador solar en cambio, es un dispositivo mucho más simple y comprobado por investigaciones previas en cuanto a su funcionamiento y diseño conceptual, la gran mayoría de los deshidratadores solares inclinados presentes en el mercado, tienen una forma similar a nuestro prototipo, pero normalmente disponen únicamente de una ala, en nuestro caso, para poder llegar a la temperatura óptima de secado de manera más acelerada, empleamos dos alas de absorción de calor, lo que puede llegar a mejorar los tiempos de deshidratación en comparación con otros dispositivos similares.

## **Conclusiones**

En base al análisis de las propiedades de las dos especies nativas como son la uña de gato y la sangre de Drago y considerando sus notables beneficios medicinales, se vuelve prioritario establecer métodos para su industrialización, y el estudio actual presenta una alternativa para ello. Analizando de manera detenida cada uno de los prototipos planteados, podemos llegar a la conclusión de que se puede satisfacer las condiciones del problemas, ya que fuimos capaces de elegir en primera instancia un proceso industrial adecuado, para las plantas más rentables de la zona, y en segunda instancia de proponer soluciones mediante métodos ingenieriles y dispositivos técnicos para nuestro problema inicial, para una primera intervención, únicamente implementaríamos el molino de bolas, debido a que por su costo, y su principio de funcionamiento sería el más rentable, y en función del éxito de la implementación continuaríamos con el resto de dispositivos.

Los tres dispositivos generados, son capaces de producir un sistema para el proceso industrial de pulverización completo, siendo capaces de generar valor agregado a los productos seleccionados



que era el objetivo de nuestra investigación.

## Referencias

- [1] Vélez, Diego Fernando García. "La pobreza en Ecuador a través del índice P de Amartya Sen: 2006-2014." *Economía* 40.40 (2015): 91-115.
- [2] Aldaz Moya, Carlos Eduardo, and Wilson Efrén Albuja Raza. Análisis sobre el índice de pobreza multidimensional (IPM) basados en el módulo bienestar subjetivo y psicológico en la medición de la pobreza en la Región Amazónica del Ecuador en el año 2014-2015. BS thesis. Quito: UCE., 2017.
- [3] Morillo Trujillo, Myriam Elizabeth. Perspectivas territoriales frente al extractivismo en la Amazonía sur del Ecuador: la megaminería, el despojo territorial y la resistencia shuar por otras formas de existir. MS thesis. Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, 2020.
- [4] Mideros, Andrés. "Ecuador: definición y medición multidimensional de la pobreza, 2006-2010." *Revista Cepal* (2012).
- [5] Jacobsen, Sven Erik, A. Mujica, and René Ortiz. "La importancia de los cultivos andinos." *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología Y Antropología* 13.36 (2003): 14-24.
- [6] Ibarra Soriano, Johnny Daniel. "Diseño de un molino de ají paprika en industrias Fraclen SRL." (2018).
- [7] Bazurto Carreño, José Lorenzo, et al. "Proyecto de rediseño de la cámara de molienda en molinos de martillos para la industria de alimentos balanceados acuícola." (2010).
- [8] Méndez, Luis, Jonathan Palacios, and Ángel Hernández. "Diseño y construcción de un molino de bolas." (2019). [9] Michel Goossens, Frank Mittelbach, and Alexander Samarin. *The LATEX Companion*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1993.
- [9] Bolaños Valencia, Victoria Eugenia. Diseño de un molino de bolas de baja energía. BS thesis. Universidad Autónoma de Occidente, 2006.
- [10] Espinoza, Jaime. "Innovación en el deshidratado solar." *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* 24.ESPECIAL (2016): 72-80.
- [11] J. Ortiz Cañavate, *Las Máquinas Agrícolas y su Aplicación*, España: Undiprensa, 2003.
- [12] R. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas*, México: Pearson S.A, 2006 .

- [13] D. Walter, Manual Tecnológico del cemento, Barcelona: Reverté S.A, 2003.
- [14] R. Cuadrado Moncayo y J. Rueda Castillo, Diseño y Construcción de un Molino de Martillos, Quito, 2009.
- [15] B. Costales, Diseño, Elaboración y Evaluación de Proyectos, Quito: Agil Print, 2003.
- [16] Knezevic, J. (2010). Ingeniería de Mantenimiento. Universidad Silesiana, Pàg. 10.
- [17] Austin, L. G., & Concha, F. (1994). Diseño y simulación de sistemas de molienda y clasificación. CYTED, Pág.. 378.
- [18] Custodio, R. J. (2014). Molino de bolas. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, Pàg. 1.
- [19] Garcia, T. O. (2010). Plan de Mantenimiento – Equipos de Fumigación . Gerencia de Servicios a La Ciudad , Pàg. 2.
- [20] . Marín, T. F. (2013). EQUIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. Industrial Carabobo II , Pàg. 2.