

# **DISEÑO DE UNA MAQUINA PARA HACER LATILLAS DE CAÑA GUADUA.**

José Rodríguez Smith<sup>1</sup>, Edmundo Villacís<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Mecánico 2001

<sup>2</sup>Director de Tesis. Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1970, Profesor de Espol desde 1971.

## **RESUMEN**

La selección de la caña guadua como material para la construcción de casas para los más necesitados además de constituir la materia prima para la elaboración de las mismas, contribuye con la ecología, ya que reduciría en gran parte la indiscriminada tala de árboles que actualmente se da en nuestro país para la obtención de la madera como materia básica. Además la caña guadua tiene un ciclo mucho menor que el de la madera de los árboles comúnmente usados.

La presente tesis es sobre el “Diseño de una máquina para hacer latillas de caña guadua”. El trabajo de esta máquina será el de cortar la caña en latillas que son una especie de tiras que servirán para sujetar las cañas abiertas y formar las paredes de la futura casa.

Primero se realizaron pruebas en el laboratorio de Mecánica de Sólidos. En el desarrollo de la tesis se presentan varias opciones cada una de las cuales será descrita para luego escoger el sistema óptimo. Seleccionada la mejor opción y justificada su elección, se procederá a un análisis y diseño detallado de la misma.

Finalmente se realizará un análisis de costos de construcción de la máquina, es decir una cotización de todas las partes constitutivas de la misma.

## **INTRODUCCION**

Es conocido a nivel mundial el derecho del hombre al acceso de una vivienda adecuada. Hace poco tiempo el mundo sobrepasó los 6 mil millones de habitantes y así mismo aumentan cada día las necesidades de vivienda, alimentación y servicios básicos sobre todo en los países subdesarrollados.

En nuestro país el crecimiento demográfico es de aproximadamente 2.1%, uno de los más altos de América Latina.

En el Ecuador contamos con la materia prima necesaria para solucionar en parte el problema habitacional: la caña guadua o guadua angustifolia, que crece abundantemente entre los 1800 y 3000 metros. La selección de este material para la construcción de casas para los más necesitados además de constituir la materia prima para la elaboración de las mismas, contribuye con la ecología, ya que reduciría en gran parte la indiscriminada tala de árboles que actualmente se da en nuestro país. Además el ciclo de la caña es relativamente corto.

Varias fundaciones utilizan esta materia prima para la elaboración de viviendas, como es el caso de Hogar de Cristo, siendo el principal inconveniente para ellos el procesamiento de la caña en forma manual, perdiendo de esta manera mucho tiempo, lo que claramente pone de manifiesto la necesidad de una máquina que les ayude a trabajar más rápida y eficientemente.

Esta máquina se considera será de gran utilidad en nuestro medio, ya que el proceso de cortar la caña en latillas se lo realiza manualmente y utilizando un machete; a diferencia de otros países como Filipinas, Japón, China, en donde cuentan con las máquinas apropiadas para el procesamiento de la caña guadua, ahorrándose de esta manera tiempo y mano de obra, volviéndose así un trabajo más eficiente.

A continuación se definirá las variables y limitaciones de entrada y de salida con respecto al procesamiento que esta máquina le hará a la caña guadua:

Entrada: Caña guadua.

Variables	Limitaciones:
Largo	Hasta 3.2 m
Diámetro	Hasta 15 cm
Tipo	Angustifolia
Edad	2-3 años
Sección	Basal e Intermedia

Salida: Latillas

Variables	Limitaciones
Velocidad	No menor a 0.11 m/s
Altura de nudos	Menor a 1 cm
Distancia entre cortes	Hasta 6 cm

## **CONTENIDO.**

### **INFORMACION SOBRE LA CAÑA GUADUA.**

El hombre y el bambú han estado estrechamente ligados en China desde tiempos prehistóricos, lo que se demuestra en el hecho de que uno de los primeros radicales o elementos de la ideografía china que existieron, fue un dibujo del bambú, constituido por dos tallos con ramas y hojas que se denominó CHU.

En el transcurso de los siglos el hombre asiático ha obtenido de esta planta: alimento, vestido, vivienda, infinidad de objetos de uso doméstico, instrumentos musicales, herramientas, armas defensivas, transporte, etc.

Muchos de los usos primitivos que se le dio al bambú fueron el origen de herramientas y máquinas que hoy existen en acero. De la misma manera, las formas de las primitivas viviendas construidas en bambú por los Vedas y luego por los Bengalíes dieron origen a gran parte de los monumentos y edificios que hoy son símbolos de la arquitectura Hindú. Por otra parte, los gigantescos puentes colgantes con cables de bambú construidos en el Himalaya y entre China y el Tíbet fueron el origen de los grandes puentes y cubiertas colgantes que hoy se construyen con cables de acero.

En los últimos años, con ayuda de la moderna tecnología, se han revivido muchos de los antiguos usos que se le dio al bambú, a la vez que se han encontrado nuevas aplicaciones en medicina, farmacia, química y en otros campos industriales.

Dice McClure que entre los bambúes nativos del hemisferio occidental, la Guadua angustifolia es la más sobresaliente en altura, propiedades mecánicas (resistencia y trabajabilidad), durabilidad de sus tallos e importancia que sus tallos han dado a la economía local de los lugares en donde se desarrolla.

El empleo de los tallos de esta planta en lugar de las maderas duras de los grandes árboles que los rodean, beneficia a los nativos americanos con claras ventajas tales como:

Facilidad de transportación, labor reducida para prepararlos completos o divididos en dos partes, durabilidad de su madera que puede ser comparable a la mejor de las maderas, el sistema de construcción abierto de sus casas y la protección que los gruesos techos dan de los quemantes rayos del sol, mantienen una temperatura fría y agradable durante la hora más cálida del día”.

En el litoral Ecuatoriano, según un inventario realizado por el Programa Nacional Forestal, existen 14.619 ha de caña guadua con un número aproximado de 27 millones de plantas; de las cuales pueden explotarse anualmente 4.5 millones de unidades,

cantidad suficiente para satisfacer las demandas actuales. Los guaduales inventariados son guaduales naturales, los que se han formado sin la intervención del hombre. Son raros los casos de plantaciones de caña guadua artificiales.

Según el mismo inventario en Manabí existen 4.014 ha de las accesibles que se supone es un área considerable.

### **Ventajas y desventajas del empleo del bambú en construcción.**

#### Ventajas

1. Extraordinarias características físicas.
2. Liviano. Fácil de transportar y almacenar.
3. Apropiado para construcciones antisísmicas.
4. Puede ser cortado transversal o longitudinalmente con herramientas manuales.
5. Color atractivo. No requiere ser pintado, raspado o pulido.
6. No tienen corteza o partes que puedan considerarse como desperdicio.
7. Puede usarse en tuberías para transportar agua, y en secciones para drenaje.
8. Se emplea en combinación con todo tipo de materiales de construcción.
9. Del bambú pueden obtenerse diversos materiales para enchapes.
10. El bambú continúa siendo el material de construcción de más bajo precio.

#### Desventajas

1. Se pudre y es atacado por termitas y otros insectos en contacto con la humedad del suelo.
2. Debe someterse a un tratamiento de curado y secado inmediatamente después de cortado para evitar que sea atacado por insectos.
3. Es altamente combustible cuando está seco. Debe recubrirse con sustancia a prueba de fuego.
4. Cuando envejece pierde su resistencia, si no se trata apropiadamente.
5. El diámetro no es igual en toda su longitud. El espesor de pared tampoco es constante.
6. Al secarse se contrae y su diámetro se reduce.
7. Debido a su tendencia a rajarse no debe clavarse con puntillas o clavos.

### **ANALISIS TECNOLOGICO DE DIFERENTES ALTERNATIVAS.**

#### Procedimiento manual.

El procedimiento manual consiste en lo siguiente:

Se coloca perpendicularmente un machete en uno de los extremos de la caña, preferiblemente que no coincida con el nudo, ya que así se aplicaría la menor fuerza posible.

A continuación se sigue con el corte en sentido longitudinal a la caña hasta llegar al otro extremo empleando las dos manos, con ayuda de los pies o incluso con un martillo para cortar los nudos que se encuentren en el camino. De esta manera se habrá cortado la caña en dos partes.

Inmediatamente se toma cada una de las mitades y se procede de igual manera hasta obtener el número de latillas deseado: 6 u 8 dependiendo del diámetro de la caña.

De esta manera las latillas estarán ya listas para ser usadas en la sujeción de la caña picada que estará formando las paredes de la futura vivienda.

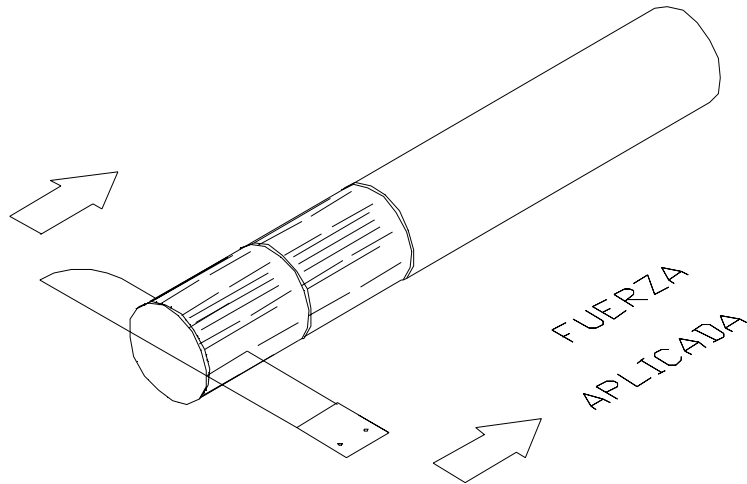


Fig. 1 Procedimiento manual.

#### Máquina con sistema de cremallera.

Primeramente se coloca un extremo de la caña guadua sobre el carro y el otro extremo próximo al sistema de corte (anillos con cuchillas) correctamente centrada para lograr latillas uniformes.

Posteriormente se pone en funcionamiento el motor, el engranaje en el eje que va unido a la cremallera gira y provoca que el carro se deslice presionando las cañas contra las cuchillas. Mediante esta fuerza las cañas son cortadas en latillas.

Cuando el carro realiza la carrera respectiva y las cañas han sido cortadas en su totalidad, es necesario invertir su desplazamiento para llevarlo a su posición inicial y cortar una nueva caña.

De esta manera es como esta máquina realiza el procesamiento de la caña.

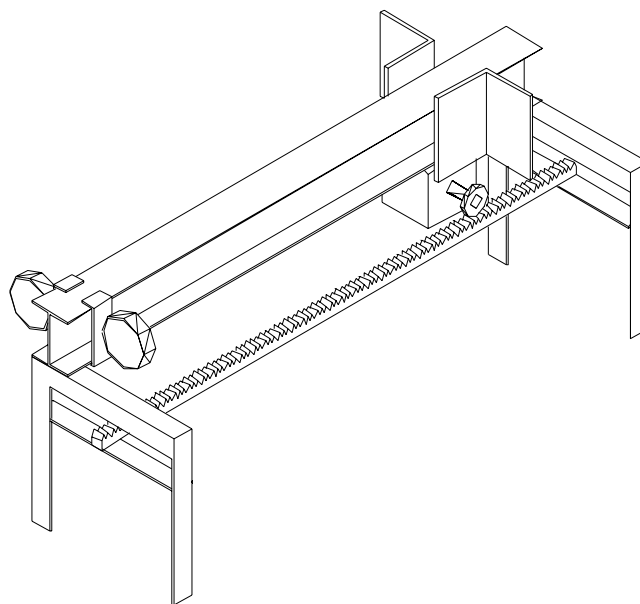


Fig. 2 Máquina con sistema de cremallera.

Máquina con polea cable.

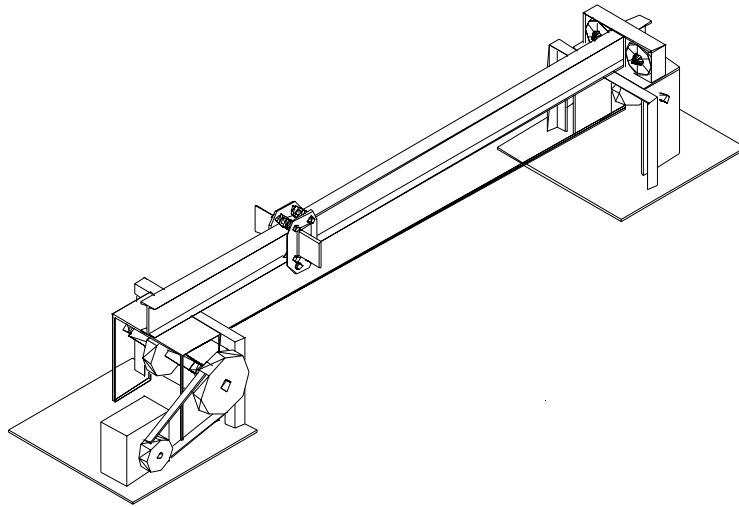


Fig. 3 Máquina con polea cable.

Una vez colocada la caña sobre el carro móvil se procede a encender el motor eléctrico, el cual mediante piñón-cadena mueve el eje de las poleas impulsoras. Los cables que pasan por estas poleas se encuentran sujetando al carro móvil de tal manera que empujan la caña contra las cuchillas para convertirlas en latillas.

Luego que las cañas han sido completamente cortadas, se invierte el sentido del motor para que los cables que agarran al carro móvil por el otro lado lo regresen a su posición inicial y poder iniciar el corte de las nuevas cañas.

Máquina con dos motores.

Una vez con la máquina lista para trabajar se procede, como en el caso anterior, a colocar las cañas; un extremo sobre el carro y el otro frente a las cuchillas de corte.

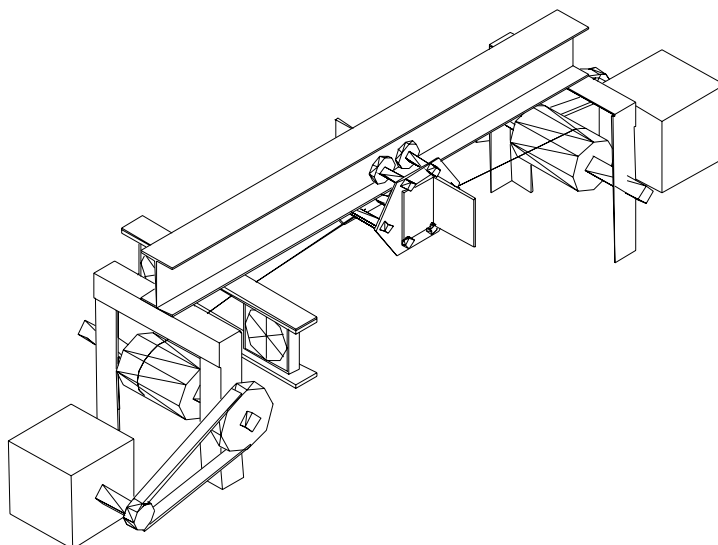


Fig. 4 Máquina con dos motores.

Se enciende el motor de trabajo o corte. El cable hala el carro presionando a la caña contra las cuchillas, cortándolas en latillas.

Una vez que la caña ha sido completamente cortada, el motor de avance se apaga e instantáneamente se enciende el de retorno para regresar al carro a su posición inicial para empezar el corte de una nueva caña.

Máquina con cadenas.

Con esta cuarta máquina para hacer latillas de caña guadua lista para operar se procede a colocar las cañas centradas debidamente entre el carro sujetador de las mismas y los anillos con las cuchillas para convertirlas en latillas.

Se pone en funcionamiento la máquina encendiendo el motor o motor reductor.

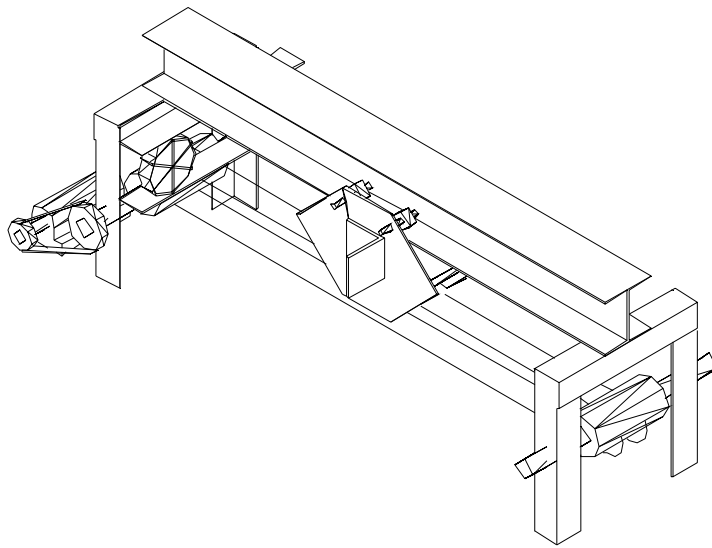


Fig. 5 Máquina con cadenas.

Esto pone a girar los piñones extremos y mediante las cadenas que por ellos pasan halan el carro hacia las cuchillas, de manera que mediante la fuerza ejercida se produce el corte de las cañas.

Cuando las cañas han sido totalmente cortadas el motor se apaga e inmediatamente invierte su sentido de giro para retornar el carro a su posición inicial e iniciar el corte de la siguiente caña.

Selección del sistema óptimo.

Matriz de decisión.

En vista de que hay varios diseños potencialmente viables, se procede en esta parte de la tesis a la selección del óptimo o mejor disponible.

Se tomarán en cuenta varios factores que se han considerado los más importantes para este caso.

A cada factor se le ha asignado un valor un valor máximo sobre el cual cada diseño será calificado.

El puntaje total, es decir la suma de los valores dados a los diseños en cada uno de los factores, no puede ser mayor a uno. El diseño cuya calificación sea cercana a la unidad será el óptimo y por lo tanto motivo de un estudio detallado.

Los factores considerados para la matriz de decisión son los siguientes:

- Costo.
- Seguridad.
- Funcionamiento.
- Mantenimiento.

	COSTO	SEGURIDAD	FUNCIONAM.	MANTENIM.	TOTAL
VALOR	0.2	0.3	0.3	0.2	1
DISEÑO 1	0.14	0.25	0.25	0.15	0.79
DISEÑO 2	0.18	0.28	0.26	0.2	0.92
DISEÑO 3	0.15	0.25	0.2	0.2	0.8
DISEÑO 4	0.15	0.25	0.28	0.18	0.86

TABLA 1.

Matriz de decisión.

DISEÑO 1: MAQUINA CON CREMALLERA

DISEÑO 2: MAQUINA CON POLEA CABLE

DISEÑO 3: MAQUINA CON DOS MOTORES

DISEÑO 4: MAQUINA CON CADENAS.

Justificación de la selección.

Como se puede apreciar en la matriz de decisión, el diseño seleccionado u óptimo fue la máquina con polea y cable.

En la parte de costo se le dio un valor de 0.18 sobre 0.20, significando esto que se trata de un diseño no muy costoso.

En cuanto a seguridad a la máquina se le asignó un valor de 0.28 sobre 0.30, significando que se trata de una máquina muy segura y que no representa un riesgo para el operario mientras está trabajando, siempre y cuando se tomen las respectivas medidas de seguridad.

En lo que corresponde a funcionamiento a esta máquina se le fijó un valor de 0.26 sobre 0.30. Esto significa que se trata de una máquina que prácticamente no va a presentar problemas cuando se encuentre cortando la caña guadua. Lo hará sin ningún inconveniente y sin problemas de trabas, atascamiento, etc..

Finalmente, en cuanto a mantenimiento se la calificó con un valor de 0.20 sobre 0.20. Esta máquina requiere en si de muy poco mantenimiento, necesita más bien chequeos visuales para observar desgaste en los cables, estabilidad en las poleas, tensión de la cadena, desajustes, etc.

## INGENIERIA DEL PROYECTO

En el Laboratorio de Mecánica de Sólidos se hicieron pruebas con tres muestras de cañas: caña usada en construcciones como andamios, caña de plantaciones de Manabí y caña empleada en Hogar de Cristo, se determinó que las fuerza para cortar una caña longitudinalmente en dos partes es 668.3Kg.

## CÁLCULO DE LA POTENCIA NECESARIA.

Las cañas a ser procesadas son de más o menos 3.25m de longitud y se desea cortarlas en un tiempo no menor a 30 segundos. La velocidad de corte es de 0.1083m/s.

La máquina que se va a diseñar debe cortar dos cañas a la vez, por lo tanto debe realizar una fuerza de aproximadamente 40000N. Con estos datos se encuentra la potencia que dio un valor de 4332w o 5.81hp.

#### DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.

Selección del motor reductor.

Primeramente de acuerdo a las condiciones de trabajo de la máquina se determinó un factor de seguridad de 1.25 por lo que la potencia necesaria del motor reductor es de 7.26hp.

Se buscó un motor reductor aproximado en el catálogo ASEA y se obtuvo el 132S-4/356 con una potencia de 7.5hp y 17.4rpm y un acople BEK.

Selección de piñón y cadena.

Como se mencionó anteriormente la velocidad de corte será aproximadamente de 0.11m/s, la polea mayor de unas 10pg. Con estos datos y con el de la potencia necesaria se determinó el tipo de piñones y cadena a emplearse, considerándose ciertos factores de diseño.

Del catálogo Martin se seleccionó: dos piñones dobles N° 140 de 13 y 26 dientes y 213.36cm de cadena doble del mismo número.

Diseño de sistemas auxiliares.

Un elemento muy importante considerado aquí es el eje transmisor donde va una polea, un piñón y dos rodamientos. Se determinó primeramente un diagrama de cuerpo libre, donde se obtuvo una fuerza máxima de  $F=40.000N$ , torque máximo  $T= 7854Nm$ , momento flector máximo  $M= 8400Nm$ . Luego se realiza el análisis en el punto donde va el rodamiento, la polea y el piñón, por lo que el eje no es de un diámetro uniforme sino variable de acuerdo al esfuerzo a que esté sometido en determinado punto.

#### DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.

Diseño de los apoyos y guía.

Los apoyos son elementos colocados en los extremos de la máquina y se analizaron en base a elementos sometidos a compresión. Con la ayuda del manual del AISC (American Institute of Steel Construction) se escogió un ángulo L3x3x3/16, el mismo que satisface las condiciones requeridas.

Sobre los apoyos descansará la guía del carro, la misma que consiste en un perfil H o en su defecto dos canales debidamente soldados. La longitud de las cañas a procesar es de más o menos 3.20m por lo que el perfil será no mayor a los 4m. Basándose en flexión y esfuerzo cortante en vigas y empleando el manual AISC se escoge un W8x31, el mismo que satisface ampliamente con los requerimientos.

#### DISEÑO DEL CARRO PORTA CAÑAS.

Estructura.

En lo que corresponde a estructura del carro, estará compuesto de dos placas laterales unidas mediante barras y en éstas estarán colocadas unas ruedas para lograr su desplazamiento sobre la guía, además de dos barras inferiores donde irá sujeto el cable que lo moverá.

Las placas debido al gran esfuerzo a que estarán sometidas tendrán un grosor de 15mm. Para las barras se determinó un diámetro de 4cm, tomando en cuenta fatiga y otros factores.



Para los ejes de las ruedas se diseñaron cojinetes de 40mm de longitud, 40mm de diámetro interior y 3mm de espesor.

Diseño de placa porta caña.

Son dos placas en forma de L soldadas a las laterales del carro y en éstas irán colocadas las cañas. Cada una soportará unos 20.000N aplicada en su centro.

Empleando un factor de seguridad de 1.2 debido a carga estática se establece un espesor de 15mm.

Diseño de transmisión de movimiento.

Selección del cable.

Para mayor seguridad se emplea polea de doble ranura, de esta manera el cable soportará la mitad de la fuerza estimada en el laboratorio (20.000N). Tomando en cuenta factores como: material del cable, de la polea, tensión del cable, presión mínima de apoyo sobre la polea y resistencia última, se determina el diámetro del alambre del cable y con éste dato se llega a la conclusión de un cable de 5/8pg (16mm).

Selección de la polea.

Para la polea se determinó un diámetro de 11.75pg y construida de acero fundido, de doble ranura y con una presión de apoyo máxima permisible de 1180psi.

**DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE.**

Estructura del sistema de corte.

Esta pequeña estructura irá soldada a la guía del carro por su parte media tanto arriba como abajo de la misma y tendrá una longitud de 62cm a lo mucho y 7.5cm de ancho. En cada extremo irá soldado un anillo, el mismo que tendrá fijas las cuchillas para el corte de la caña.

Cada aro tendrá seis cuchillas radiales, las que irán soldadas al elemento saca nudo colocado en el centro del anillo.

Este saca nudo se encargará de ir rompiéndolos a medida que la caña avanza para ser cortada por las cuchillas, de esta manera se evita que el material sea atacado por los insectos.

Análisis económico.

El costo de la máquina se determinó en alrededor de 6.000 dólares, se calculó también que reemplazaría a 8 hombres y que la inversión se recuperaría en aproximadamente un año.

**CONCLUSIONES.**

La caña guadua es un recurso que crece en gran medida y rápidamente en el Ecuador, por lo que puede y debe ser aprovechado como materia prima para la fabricación de viviendas y de gran variedad de productos debido a sus excelentes propiedades y características, tales como: alta resistencia, flexibilidad, dureza.

Esta máquina de acuerdo a los cálculos y pruebas realizadas en laboratorio puede procesar cañas de hasta 15 cm de diámetro y de una longitud de 3.20 m y no mayores a estas dimensiones ya que requeriría de un motor reductor de mayor potencia.

Con esta forma de convertir la caña guadua en latillas se ahorra bastante tiempo, mano de obra y dinero que realizando el procedimiento manual.

De las observaciones y valores obtenidos en el laboratorio se puede afirmar que las cañas procesadas o empezadas a cortar en su parte hueca requiere menos fuerza que las que se cortan por el nudo.

Debido a las consideraciones hechas en el diseño, esta máquina tendrá una vida útil larga siempre y cuando se tomen las correctas medidas de seguridad.

Se calculó que la máquina empleará medio minuto en cortar cada caña y se estima que tardará un minuto con manipulación y cambio. Debido a esto se estarían procesando aproximadamente 480 cañas diarias a razón de 8 horas de trabajo.

## **REFERENCIAS.**

1. J. Rodríguez, “Diseño de una máquina para hacer latillas de caña guadua” (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2001).
2. CORDOVA HOLGER, Perspectiva: Breve reseña política urbana, el problema de la vivienda en América Latina, el caso Guayaquil.
3. DREHER A. DOUGLAS, Residencia con guadua en Guayaquil, Simposio Nacional de bambú-gadua, 1991.
4. EDWARD V. KRICK, Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la
5. HIDALGO LOPEZ OSCAR Arq., Bambú. Su cultivo y aplicaciones, Estudios Técnicos Colombianos Ltda., Colombia 1974.
6. HIDALGO LOPEZ OSCAR Arq., Manual de construcción con bambú, Estudios Técnicos Colombianos Ltda., Colombia 1981.
7. McCCLURE F. A., Bamboo as a building material, Housing and home financy agency, Washington 1964.
8. MORAN UBIDIA JORGE, Uso del bambú en el Ecuador, Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil.
9. ROBERT L. NORTON, Diseño de maquinaria, McGraw-Hill, México 1995.
10. SHIGLEY JOSEPH EDWARD, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, México 1996.
11. VERGARA ALCIVAR JUAN, El bambú o guadua y su identidad manabita, Universidad Técnica de Manabí, 1991.