



Por un desarrollo Agrario,  
Integral y Sostenible

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO SISTEMAS INTEGRALES DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**Trabajo de Graduación**

**Silo prensa de palanca manual para la elaboración de ensilaje en  
bolsa a pequeña escala**

Autor:

Br. Marlon Ariel Espinoza Olivas

Asesores

Norlan Caldera Navarrete MSc.

Rosario C. Rodríguez Pérez MSc.

Managua, Nicaragua, Diciembre, 2014

## Índice de contenido

|          | Contenido  | Páginas |
|----------|--|---------|
|          | Índice   |         |
|          | Dedicatoria  | i       |
|          | Agradecimiento   | ii      |
|          | Índice de Tablas   | iii     |
|          | Índice de figura   | iv      |
|          | Índice de Anexos   | v       |
|          | Resumen  | vi      |
|          | Abstract   | vii     |
| I        | Introducción   |         |
| II       | Objetivos  | 2       |
| 2.1.     | Objetivo General   | 2       |
| 2.2.     | Objetivos Específicos  | 2       |
| III      | Materiales y Métodos   | 3       |
| 3.1.     | Ubicación del estudio  | 3       |
| 3.2.     | Tipo de Estudio  | 3       |
| 3.3.     | Duración del estudio   | 3       |
| 3.4.     | Pasos para la elaboración de la silo prensa de palanca manual  | 3       |
| 3.4.1.   | Diseño de la silo prensa de palanca manual   | 3       |
| 3.4.2.   | Elaboración de un prototipo de silo prensa de palanca manual para la elaboración de silo bolsa           | 4       |
| 3.4.3.   | Se describió el proceso del funcionamiento del silo prensa de palanca manual                             | 4       |
| 3.4.4.   | Presentar la descripción estructural de cada uno de los componentes de la silo prensa de palanca manual. | 4       |
| 3.4.5.   | Se determinaron los costos en la fabricación del silo prensa de palanca manual                           | 4       |
| IV       | Resultados y Discusión   | 5       |
| 4.1.     | Rediseño de la silo prensa de palanca manual   | 5       |
| 4.2.     | Elaboración del prototipo  | 5       |
| 4.2.1.   | Materiales utilizados  | 5       |
| 4.2.1.1. | Para cilindro o cuerpo del silo barril   | 5       |
| 4.2.1.2. | Picaporte  | 6       |
| 4.2.1.3. | Plancha de soporte inferior  | 8       |
| 4.2.1.4. | Eje de soporte inferior  | 8       |
| 4.2.1.5. | Soporte central  | 8       |
| 4.2.1.6. | Palanca Manual   | 9       |
| 4.2.1.7. | Disco apisonador   | 10      |
| 4.3.     | Corte y ensamblaje   | 10      |
| 4.4.     | Armado de la silo prensa de palanca manual   | 11      |
| 4.5.     | Verificación del funcionamiento  | 12      |
| 4.5.1.   | Dimensiones de los ensilajes tipo barril   | 13      |
| 4.5.2.   | Tiempo de elaboración de los ensilajes tipo barril   | 13      |
| 4.5.3.   | Peso de los ensilajes tipo barril elaborado  | 15      |

|    |        |  |    |
|----|--------|--|----|
|    | 4.5.4. | Eficiencia en el uso del silo prensa de palanca manual | 16 |
|    | 4.5.5. | Costo de elaboración del silo barril                   | 16 |
| V  |        | Conclusiones   | 17 |
| VI |        | Literatura citada                                      | 18 |
|    |        | Anexos   | 19 |

## **Dedicatoria**

En primer lugar dedico esta tesis a Dios por haberme guiado hasta estos momento, brindándome fuerzas necesarias para poder realizar cada uno de mis propósitos, en especial concluir mis estudios tomando como base mi principal objetivo ser un profesional del campo agropecuario.

De igual forma dedico este trabajo investigativo a mis hijos: Anthony Ariel Espinoza Matute y Sebastián Alejandro Espinoza Matute que son el motor de mi vida y que me motivan e inspiran de seguir luchando cada día para un futuro mejor

A mi Padre Luis Manuel Espinoza Andrade por brindarme el apoyo y creer en mí, a lo largo de todos mis años de estudio.

Especialmente dedico este trabajo de tesis a la Licenciada Rosario Rodríguez y al Ingeniero Norlan Caldera, por haberme brindado su apoyo incondicional en la realización de este, ya que no existen las palabras para expresar todo el cariño que me brindo a lo largo de todo este tiempo por haberme tratado como un hijo.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios sobre todas las cosas que me dio fuerza y fe para creer en lo que me parecía imposible de terminar y a mi familia por ayudarme dándome el apoyo para seguir adelante.

A la Lic. Rosario Rodríguez por su apoyo total en el transcurso de mi carrera, al aceptar ser mi asesora brindándome consejos para seguir adelante.

Al Ing. Norlan Caldera por su apoyo y ser mi asesor dándome la dirección en el camino de la investigación.

A todos ellos les dedico el presente trabajo porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecuencia de este logro, espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

## Índice de Tablas

| <b>Tabla</b> | <b>Contenido</b>   | <b>Páginas</b> |
|--------------|--|----------------|
| 1            | Eficiencia en la elaboración de ensilaje utilizando el silo barril tradicional comparado con el elaborado con un silo prensa de palanca manual | 16             |

## Índice de Figuras

| <b>Figura</b> | <b>Contenido</b>   | <b>Páginas</b> |
|---------------|--|----------------|
| 1             | Dimensiones de los silos elaborados con el silo prensa de palanca manual comparado con los silos elaborados con un silo barril tradicional.                            | 13             |
| 2             | Tiempo promedio obtenido en la elaboración de los ensilajes con el silo prensa de palanca manual comparado con los silos elaborados con un silo barril tradicional.    | 14             |
| 3             | Peso promedio obtenido en los ensilajes tipo barril elaborados con el silo prensa de palanca manual comparado con los silos elaborados con un silo barril tradicional. | 15             |

## Índice de Anexos

| <b>Anexos</b> | <b>Contenido</b>                            | <b>Páginas</b> |
|---------------|---|----------------|
| 1             | Silo prensa para silo marca KOYOTE®.        | 22             |
| 2             | Prototipo de Silo prensa de palanca manual. | 23             |

## RESUMEN

En el presente trabajo se presenta una propuesta para la elaboración de un prototipo de silo prensa de palanca manual para ser utilizado para el proceso de ensilaje de forraje, el cual partió de un modelo comercial que se encuentra en el mercado internacional. Se plantearon las modificaciones que se realizarían al modelo para obtener un prototipo. Se describió el diseño de máquina y su construcción, además se realizaron pruebas de funcionamiento al prototipo, se utilizó pasto cubano CT-115 (*P. purpureum* x *P. thyphoides*), el material fue picado y compactado con el prototipo para la elaboración de ensilaje. Se describen las pruebas realizadas para determinar el tamaño y diámetro de silo obtenidos (82.2 cm x 83 cm) y el tiempo (36.2 min a 20 min) que le tomaría a un operario o dos elaborar una silo bolsa. Se obtuvo el peso promedio de los silos elaborados (100.2 kg). Para medir la eficiencia de la máquina se comparó su funcionamiento con un silo barril tradicional obteniendo un rendimiento de 0.3 ton h<sup>-1</sup>, contra un 0.14 ton h<sup>-1</sup> respectivamente. El costo de elaboración de la máquina fue de \$ 289.66, sin embargo este costo puede variar por que la máquina es de fácil construcción y puede ser elaborada por el mismo productor y con materiales no utilizados que se pueden encontrar en la finca.

**PALABRAS CLAVES:** Diseño de máquina, Prototipo, Tiempo, Eficiencia, Silo prensa

## Abstract

A proposed for the development of a prototype silo hand press to be used for forage ensiling process, which started with a business model that is in the international market lever is presented in this paper. Modifications would be made to the model to obtain a prototype were raised. Machine design and construction described in addition to the prototype function tests were conducted, grass cutting Cuban CT-115 was used (*P. purpureum* x *P. thyphoides*), the material was chopped and compacted with the prototype for the production of silage. Tests to determine the size and diameter of silo obtained (82.2 cm x 83 cm) and time (36.2 min to 20 min) it would take an operator or two develop a silo bag is described. The average weight of processed silos (100.2 kg) was obtained. To measure the efficiency of the machine operation was compared with a traditional barrel silo performance obtaining 0.3 h-1 ton, 0.14 ton against h-1 respectively. The cost of developing the machine was \$ 289.66, however this cost can vary depending on the machine is easy to build and can be produced by the same producer and materials not used that can be found on the farm

**KEYWORDS:** Machine Design, Prototype, Time, Efficiency, Silo Press

## I. INTRODUCCIÓN

En el trópico, durante la época seca, el ganado bovino experimenta una reducción drástica en sus niveles productivos, que se caracteriza por una época de sobreproducción, que coincide con la época de lluvia, durante las cuales se produce más forraje del que los animales pueden consumir, y por una época de escasez de forraje durante la época seca, cuando se presenta sobre pastoreo, disminución en la producción de leche, reducción del periodo de lactancia, pérdida de peso, ausencia de celo, disminución de la tasa de preñez y aumento de la mortalidad, entre otros (Reyes y *Col.*, 2008).

En Nicaragua, en la época seca, una vaca pierde 50 kg de peso aproximadamente. Si consideramos que para reponer 1 kg de peso se necesita la misma cantidad de nutrientes que para producir 10 L de leche, esto significa que una vaca pierde en peso el equivalente a 500 L de leche. Por otro lado, si asumimos una duración promedio de la época seca de 180 d y que las vacas lactantes reducen su producción en un litro de leche por día, tendríamos una disminución en producción de 180 L de leche, los que sumados a los 500 L anteriores genera una reducción total de 680 L por vaca durante la época seca (*Op. cit.*).

La adopción de las técnicas de conservación de alimento como el ensilaje se convierte en una herramienta de manejo, que permite a los productores equiparar recursos alimenticios (forrajes residuos de cosecha, productos agro-industriales) con la demanda alimenticia para el ganado lechero. La función básica de la manufactura del ensilaje es almacenar y reservar alimento para su uso posterior con pérdidas mínimas de calidad nutricional (Wattiaux, 2005).

Uno de los principales problemas durante la elaboración del ensilaje tiene que ver con la compactación del material en el silo; un buen apisonado tiene por misión la expulsión del aire contenido en el forraje, lo que facilita una buena fermentación del mismo.

Un material bien compactado presenta menos pérdidas y permite obtener alimento de buena calidad. Otro aspecto importante a considerar es el tiempo que el productor dedique a compactar el forraje en el silo, un mayor tiempo utilizado durante la compactación tiene como resultado una menor cantidad de ensilaje elaborado en una jornada de trabajo. Por tal razón nos estamos planteando diseñar y elaborar un silo prensa de palanca manual que le permita a pequeños productores aumentar el volumen de ensilaje elaborado por unidad de tiempo, así como mejorar la calidad del material conservado por medio de la compactación.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Elaborar un prototipo de silo prensa de palanca manual, para la elaboración de ensilaje en bolsa a pequeña escala.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Elaborar un prototipo de silo prensa de palanca manual a partir de un modelo comercial.
- Describir estructuralmente el prototipo de silo prensa de palanca manual y su funcionamiento.
- Determinar los costos de fabricación del prototipo de silo prensa de palanca manual.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del estudio**

El estudio se realizó en la finca “Tierra prometida”, ubicada en la localidad del Timal en el cuadrante 120 del municipio de Tipitapa. Las condiciones climáticas de la zona corresponden al trópico seco con precipitación de 1,119.8 mm anuales y humedad relativa del 72%, con una marcada época seca de noviembre a mayo. Con una elevación de 56 msnm y que cuenta con una extensión de 3mz (INETER, 2010).

#### **3.2. Tipo de Estudio**

Se realizó un estudio de tipo no experimental, donde se planteó el diseño y elaboración de una silo prensa de acción manual construida con material metálico para la elaboración de silo bolsa a tamaño barril, la cual tiene como función la mejora en la compactación del material.

#### **3.3. Duración del estudio**

El presente estudio tuvo una duración de 60 días en el cual se diseñó, elaboró y se comprobó el funcionamiento del silo prensa de palanca manual.

#### **3.4. Pasos para la elaboración de la silo prensa de palanca manual**

Los pasos para la elaboración del silo prensa de palanca manual se realizaron en el siguiente orden:

##### **3.4.1. Diseño de la silo prensa de palanca manual**

Se partió de un modelo de silo prensa marca Koyote® (Agroindustria KOYOTE, 2013), que se oferta comercialmente en Colombia (ver anexo), para empaque de pequeñas cantidades de silo de maíz, pasto de corte, etc.

Las especificaciones que presentan son: prensas con rendimientos entre 5-12 bolsas  $h^{-1}$  con pesos promedios de 40 kg bolsa $^{-1}$ . Las características de la prensa indican que son fabricadas en acero, tubería y lámina estructural con un peso total de 50kg y con dimensiones de 50x50x90cm, pero la misma tiene un costo muy alto (US \$ 465.06 más los costos adicionales por envío).

**3.4.2. Elaboración de un prototipo de silo prensa de palanca manual para la elaboración de silo bolsa.**

Una vez definido el diseño se procedió a elaborar un prototipo de la silo prensa de palanca manual en acero, con el uso de tubería, lámina y tomando como base del diseño un barril metálico de capacidad de 55 galones.

**3.4.3. Se describió el proceso del funcionamiento del silo prensa de palanca manual.**

Una vez obtenido el prototipo de la máquina se procedió a verificar el funcionamiento de la misma elaborando silos bolsas en campo y dejando en evidencia de la operación de la máquina a través de video.

**3.4.4. Presentar la descripción estructural de cada uno de los componentes de la silo prensa de palanca manual.**

Se realizó una descripción de cada uno de los componentes del silo prensa de palanca manual, verificando la cantidad y dimensiones de los mismos.

**3.4.5. Se determinaron los costos en la fabricación del silo prensa de palanca manual.**

Se contabilizaron los costos de la fabricación del silo prensa de palanca manual presentando los mismos en tablas.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1.Rediseño de la silo prensa de palanca manual

A partir del modelo de silo prensa marca Koyote<sup>®</sup> Se plantearon los siguientes cambios o mejoras del diseño

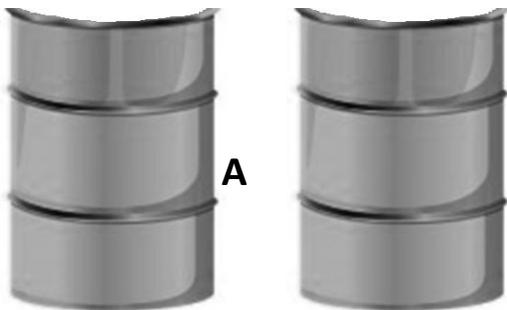
- a) Cambio en el tamaño del cilindro: de un cilindro tamaño bolsa de 45 kg de capacidad a utilizar un barril con capacidad de 100.2 Kg.
- b) Debido al aumento en el tamaño y capacidad el cilindro se colocó un doble fondo en la base inferior, para mejor soporte de la presión y peso del material a ensilar.
- c) Se colocó un contra peso en la palanca manual, debido a un mayor alargamiento de la misma por el aumento de la capacidad de la silo prensa.
- d) Se adicionó un mango al brazo de presión para facilitar su manejo y se cambió el calibre del cable de tensión.
- e) Ante el aumento de la capacidad del cilindro se realizaron cambios en el sistema de cierre para facilitar la extracción de la bolsa con el material ensilado.
- f) Se alargó el soporte central por aumento del tamaño del cilindro.

### 4.2.Elaboración del Prototipo

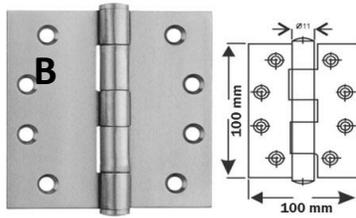
#### 4.2.1. Materiales utilizados

Para proceder al ensamblaje del silo prensa de palanca manual se utilizaron los siguientes materiales:

##### 4.2.1.1.Para cilindro o cuerpo del silo barril

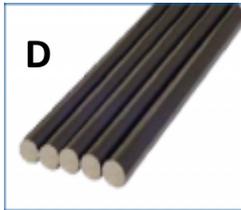
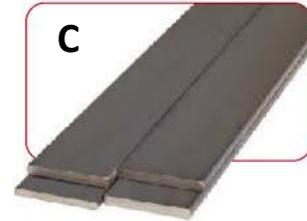


- Un barril de capacidad de 55 galones o 100.2 Kg (cortado a la mitad obteniendo dos mitades iguales). Para su corte se utilizó un matabo de 9” utilizando un disco de corte y posteriormente un disco de devaste para limar las asperezas dejadas en el corte inicial



- 4 bisagras de 4" de largo las que servirán de soporte para unir a ambas mitades del barril (A), siendo fijadas a cada tapa por medio de soldadura calibre 60/11 dispuestas a distancia de 10 cm del borde del barril y 10 cm entre bisagras.

- 2 Platinas de 1" x 87.5 cm de largo de forma semicircular, las que serán colocadas en los bordes de cada tapa del barril (2 por cada tapa [A]) soldadas en la parte interna en los bordes superior e inferior.



- 8 varillas arqueadas de  $\text{Ø } 1/2''$  x 91 cm de largo en forma semicircular las que serán colocas en los pliegues internos de cada tapa de barril [A] (4 internas y dos colocadas en los bordes de la cara exterior de cada tapa.



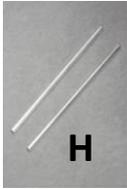
- 2 tubos cuadrados de  $\text{Ø } 3/8$  x 86 cm de largo los se colocaran en los bordes inversos de cada tapa del barril (A), a los que se les coloco las bisagras (B), esto con el objetivo de darle fuerza a los bordes que servirán de soporte al sistema de cierre del cilindro.

#### 4.2.1.2.Picaporte.

- 2 tubos redondos de  $1/2$  x 3 cm de largo estos se colocaran a lo largo de ambas piezas "E", del borde del cierre del cilindro sirviendo de soporte a la varilla que funcionará como picaporte central



- 1 varilla de  $\text{Ø } 7/8''$  x 52.5 cm de largo la que funcionará como eje central del picaporte la cual pasará a través de las dos piezas "F"



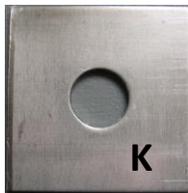
- 2 Varilla de  $\text{Ø } 1/2''$  x 14 cm de largo en forma de "L" en ángulo de 60, ubicadas en los extremos de la pieza "F" o varilla que funciona como picaporte.



- 2 varillas  $\text{Ø } 1/2''$  x 28 cm de largo a las que se les dio forma de herradura con un ángulo de  $30^\circ$  de inclinación fijadas con soldadura a una de las tapas del barril (A), tapa opuesta a la que se le fijara el picaporte. Estas piezas complementaran el sistema de cierre del cilindro



- 1 Tubo Cuadrado de  $3/8''$  x 20 cm de largo, con un ligero doblez lo que se colocara en el centro del picaporte y servirá como manivela para el manejo del sistema de cierre.



- 1 platina de 8.5 cm de largo x 4.5 cm de ancho la que se perforara en uno de sus extremos, la que se fija a la tapa opuesta del picaporte y tienen como función impedir que cuando se produzca el cierre del cilindro este se abra.

- 1 perno de acero  $1/2$  x 4", el cual tiene como función introducirlo en la platina "K" y sirve de llave al cierre



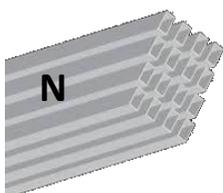
#### 4.2.1.3. Plancha de soporte inferior



- Para el soporte inferior se utilizaran dos piezas de lámina de hierro calibre 1/8" las cuales fueron cortadas en forma circular con un diámetro de 58 cm.



- 1 lamina de calibre 1/8" x 13 cm de ancho x 157 cm de largo, la que colocara en los bordes que unirá las dos piezas circulares (LL) que servirán de fondo del silo prensa.



- 16 tubos cuadrado de 3/8" x 12.5 cm de largo, los que se colocaran de forma uniforme a lo ancho de la lámina "M", los que fungirán de soporte a la lámina de fondo del silo prensa.

#### 4.2.1.4. Eje de soporte inferior



- El soporte inferior está conformado por un tubo de 1 3/4" de chapa No. 3/16 x 146 cm de largo, un tubo de 1 1/2" chapa No. 1/8 x 114 cm de largo y un tubo de 1 1/2" de chapa No. 1/8 x 50 cm de largo. Las piezas de 1 1/2" se unen en forma de "T", esta estructura ira inserta dentro del tubo de 1 3/4" y la misma tiene como función servir de apoyo a la persona que accionara la palanca manual y permitirá un mejor balance del silo barril. El tubo de 1 3/4" atravesará completamente la base y saldrá aproximadamente 13 cm fuera de la base

#### 4.2.1.5. Soporte Central



- 4 varillas Ø 1/2 x 32 cm de largo, las que fijaran una de las tapas del cilindro al poste central. Estarán ubicadas a 40 cm entre cada par de soportes y a 25 cm de los bordes del cilindro



- El eje central está conformado por un tubo de 1 3/4" de chapa 3/16 x 132 cm de largo, el cual se fijara al cilindro por medio de las piezas "O"; a su vez se fijara por la base al eje del soporte inferior, en el extremo superior se colocaran dos platinas de acero de 5 cm de ancho x 15 cm de largo, ambas platinas serán perforadas para hacer calzar un perno de acero de 1/2" x 4", los cuales servirán de soporte a la palanca manual.

#### 4.2.1.6. Palanca Manual (Q)

La construcción de la palanca manual se realiza con un tubo de 1 3/4" chapa No. 3/16 x 210 cm de largo, al cual se fijará un tubo de 1 3/4" chapa No. 3/16 x 28 cm de largo en el extremo anterior el cual cumplirá con la función de manivela de la palanca, hacia el otro extremo a los 170 cm se fijaran a la palanca dos platinas de acero de 5 cm de ancho x 10 cm largo, las que serán perforadas para hacer atravesar un perno de acero de 1/2" x 4". En la parte posterior de la palanca se colocó un gancho de varilla de 1/2" para el contrapeso.



A los 116 cm sobre la palanca se colocara un varilla de  $\varnothing$  7/8" x 18 cm de alto a la que se le soldó una tuerca por la cual pasa un cable de acero de 6.5 pies de largo x 3/16 de grosor que se fijara a ambos extremos de la palanca por medio de dos tensores de 5/16 y sujeto con dos grilletes de 5/16.

En la parte inferior de la palanca a una distancia de 112 cm se fijaran dos platinas perforadas que servirán para fijar el disco apisonador del cilindro. A su vez se colocara una varilla de 1/2" x 57 cm largo, doblada en forma de "C" y colocada en la parte inferior de la palanca para servir de soporte al momento de levantar la palanca para dejarla en posición de descanso.

#### 4.2.1.7. Disco apisonador

- El disco apisonador se fijará a la palanca manual por medio de una platina de acero de 7 cm de largo x 5 cm de ancho, esta estará soldada a un tubo de tubo de 1 ½” con chapa No. 1/8 x 53.5 cm de largo al cual se le realizaron dos perforaciones. Dentro de este tubo ira inserto el eje (tubo de 1 ¼” x 64 cm de largo), al cual esta soldado el disco apisonador. El disco está conformado por una platina de 1” x 125 cm de largo la cual se le dio forma circular, se le soldaron cuatro tubos de media de 18.5 cm de largo en forma de cruz y que fijan el disco con el eje del mismo.

#### 4.3. Corte y ensamblaje

Para el ensamblaje del silo prensa de palanca manual se procedió a cortar cada una de las piezas en el orden de ensamblaje siguiente:

1. Ensamblaje del cilindro central
2. Montaje del picaporte del cierre del cilindro
3. Construcción de la plancha del soporte inferior
4. Colocación del eje del soporte inferior
5. Construcción del soporte central
6. Ensamblaje de la palanca manual
7. Montaje del disco apisonador

**Corte:** El corte de las piezas de tubería se realizó por medio del uso de una prensa de banco de 6” de ancho y se utilizó un cortador de tubo circular de 2” de diámetro para asegurar un corte uniforme. Cuando se requirió el corte en forma de 45° se utilizó sierra manual con ayuda de escuadra, los tubos cuadrados fueron cortados con sierra manual.

El corte de las platinas debido a su grosor fueron cortadas con un matabo circular (cortador radial portátil), fijando las platinas con la prensa de banco para una mejor precisión del corte.

Las planchas que sirvieron de fondo para ser cortadas de forma circular estas fueron primeramente recortadas con ayuda del cortador radial portátil y posteriormente con ayuda de un disco de devanado estas fueron rebajadas, hasta conseguir la forma deseada.

**Perforación de platinas:** para perforar las platinas y asegurar un agujero de ½” se utilizó un rotomartillo de ½” con broca de ½” de punta de diamante para asegurar un agujero uniforme, a su vez las platinas se fijaron a la prensa de banco.

**Doblado de las varillas solidas:** para doblar las varillas están fueron primeramente medidas y se marcaron los puntos de doblez posteriormente se utilizó la prensa de banco para fijar las varillas y con ayuda de una grifa y un mazo de mano estas fueron dobladas y medidos los ángulos y distancias marcadas.

**Doblado circular y semicircular de las láminas y varillas:** para darle la forma circular y semicircular se utilizó el fraguado del material y con ayuda de un molde se le fue dando forma circular a las platinas y las varillas, estas últimas fueron cortadas una vez dobladas para alcanzar la forma de semicírculo.

**Soldadura y unión de las piezas:** Para comenzar el proceso de ensamblado se unieron las piezas en el orden de ensamblaje establecido previamente, punteando las piezas inicialmente para asegurar su correcta ubicación, una vez seguros de que están colocadas correctamente estas fueron soldadas completamente con ayuda de un soldador marca Lincoln<sup>®</sup>, utilizando electrodos calibre 60/11 marca Lincoln para realizar una soldadura con sellado de penetración y evitar que las piezas por el trabajo de la maquina fueran a desprenderse.

#### **4.4.Armado de la silo prensa de palanca manual.**

Una vez ensambladas cada una de las secciones se procedió a unir las de la siguiente forma:

- a) Una vez elaborado el eje del soporte inferior este se unió a la plancha inferior haciendo pasar el eje inferior a través de la plancha y asegurándola por medio de soldadura procurando dejar hacia la parte posterior 13 cm de longitud, de donde se fijara el soporte central.
- b) Una vez teniendo la base con su soporte inferior unido, procedemos a fijar el cilindro central, para ello se procuró que la parte media de la cara de la tapa a la que se le colocaron las dos herraduras del sistema de cierre se encuentre alineada con el extremo del soporte inferior. Una vez alineado se procedió a fijarla por medio de soldadura en el extremo inferior, procurando que el borde del mismo coincida con el borde de la plancha inferior.
- c) Colocado el cilindro central y verificando que el mismo cierre de forma correcta, se procedió a fijar el poste central para ello se procuró que el mismo quede en un ángulo de 90° con respecto al eje del soporte inferior, para ello se colocó una escuadra y se verifico por medio de una plomada que quedara de forma vertical respecto al cilindro central. Una vez que se soldó el eje central este se unió al

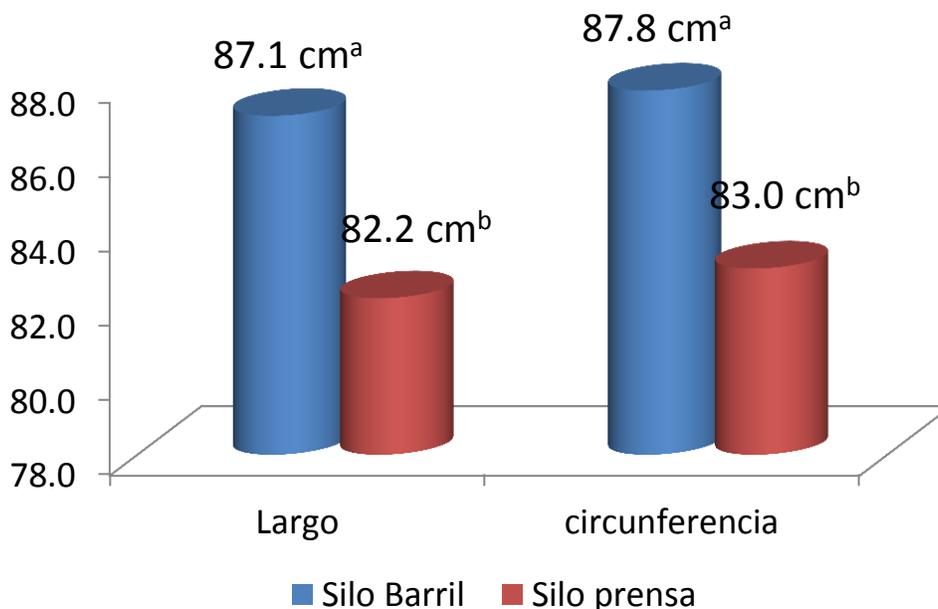
cilindro por medio de cuatro varillas de 7/8" las que fueron fijadas al cilindro en un ángulo de 106° aproximadamente,

- d) El ensamblaje de la palanca manual inició con la colocación del mango de 28 cm de longitud, el cual se ubicó en uno de los extremos en un ángulo de 90°, posteriormente sobre la parte superior de la palanca se colocó un varilla de a la que previamente se le soldó una tuerca de 1/2" por la que pasara el cable tensor de acero. Esta varilla está ubicada a 111 cm y 44 cm hacia el otro extremo. Se colocaron dos tuercas de 1/2" en el extremo de la palanca que posee el mango y hacia los 155 cm, donde también hacia la parte inferior se soldaron dos platinas que se unirán al poste central (eje central de la silo prensa). Se hizo pasar un cable de acero de 3/16" recubierto por uno de los extremos (a través de la tuerca) y se aseguró con una brida 5/16", hacia el otro extremo se hizo pasar el cable por la varilla central y en el extremo de la palanca se colocó un tensor (5/16") y al cual se sujetó el cable con otra brida 5/16". En la parte inferior se soldaron las platinas que sujetaran el eje del disco apisonador y una varilla que permite la manipulación de la palanca
  
- e) La palanca se unió al poste central por medio de un perno de acero que atraviesa tres platinas de hierro con un agujero de 1/2". Se verificó el funcionamiento del mismo.
  
- f) El eje apisonador se fijó a la palanca por medio de un perno de acero que atraviesa las platinas colocadas en la parte inferior de la palanca.

#### **4.5.Verificación del funcionamiento.**

Una vez ensamblada la maquina se verifico su funcionamiento para lo cual se accionó la palanca para apisonar un pasto el cual previamente colocado dentro de la prensa, se hicieron los ajustes necesarios para que la maquina fuera totalmente funcional.

#### 4.5.1. Dimensiones de los ensilajes tipo barril.



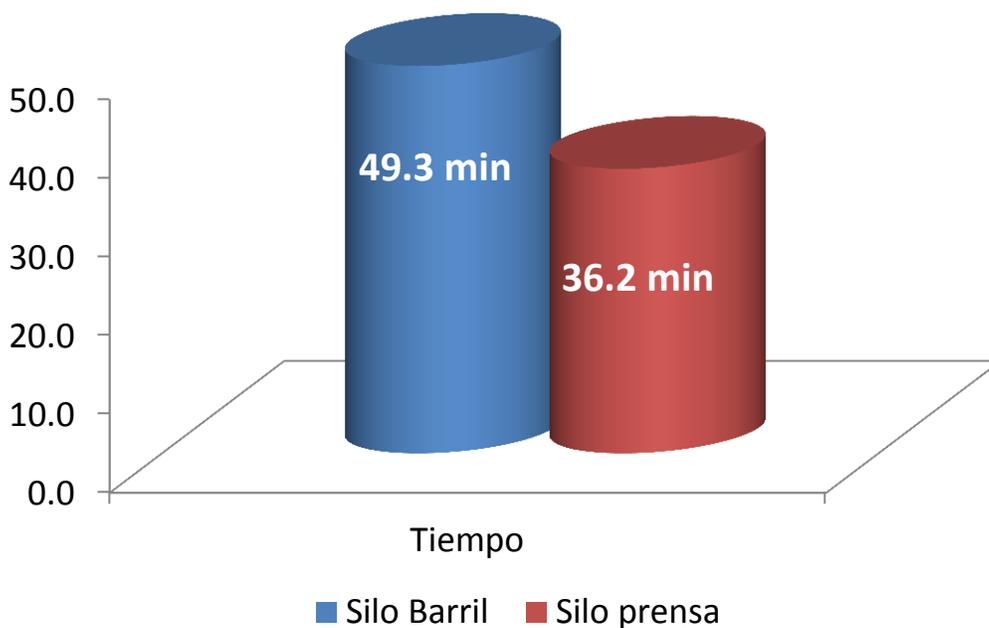
**Figura 1.** Dimensiones de los silos elaborados con el silo prensa de palanca manual comparado con los silos elaborados con un silo barril tradicional

Al comparar las dimensiones que se obtienen en los silos elaborados con la silo prensa de palanca manual vs los silo elaborados con el silo barril (figura 1), encontramos que existe variación en cuanto a la altura y diámetro de los mismos. Para los ensilajes elaborados con el silo barril tradicionales Presentan una mayor circunferencia y altura respecto a los elaborados con el silo prensa de palanca manual, esta diferencia se le atribuye a que el silo prensa de palanca manual su cilindro es reforzado a nivel de cada tercio y en los bordes impidiendo que el mismo se deforme, caso contrario sucede con el silo barril tradicional que tiende a deformar su circunferencia de acuerdo a la presión que se ejerce sobre el material.

#### 4.5.2. Tiempo de elaboración de los ensilajes tipo barril

En la figura 2, se observa que el tiempo utilizado en la elaboración de los ensilajes con el silo prensa de palanca manual fue de 36.2 min. en promedio, siendo esto menor en 13.1 min en relación al tiempo que se lleva elaborar un silo barril de la forma tradicional, sin embargo esta diferencia de tiempo puede deberse al peso de la persona que compacta el silo barril tradicional.

Al comparar la silo prensa de palanca manual con otros modelos que se comercializan en otros países encontramos que en Colombia se comercializan algunos silo prensa de acción manual o hidráulico e híbridas, la mayoría de los modelos encontrados tienen como estándar la elaboración de bolsas entre 40-50 kg con máxima eficiencia de  $0.4 \text{ ton h}^{-1}$  con dos operarios, sin embargo las dimensiones del cilindro varían entre los 110-90 cm de alto por 50-70 cm de diámetro (Koyote<sup>®</sup> (2014), Quimbaya<sup>®</sup> (2014), Practiagro<sup>®</sup> (2014), Silo fácil Invento Agro<sup>®</sup> (2014)). Pudiendo encontrar modelos con uno o dos cilindros. El prototipo construido al compararlo con estos modelos no difiere en cuanto al tamaño del cilindro siendo este de 89 cm de alto x 58 cm de largo con una eficiencia de trabajo de  $0.3 \text{ ton h}^{-1}$  con dos operario, pero con la diferencia que el peso de la bolsa difiere alcanzando los 100.2 kg,



**Figura 2.** Tiempo promedio obtenido en la elaboración de los ensilajes con el silo prensa de palanca manual comparado con los silos elaborados con un silo barril tradicional.

### 4.5.3. Peso de los ensilaje tipo barril elaborado.

Al comparar los pesos obtenidos encontramos que los ensilajes elaborados con el barril tradicional pesan en promedio 118.2 kg, superando en 18 kg a los elaborados con el silo prensa (figura 3), sin embargo esta diferencia es relativa porque a la vez los ensilajes elaborados con el silo barril tradicional fueron elaborados en un mayor tiempo, al establecer una relación entre la cantidad de kilogramos de material ensilado por unidad de tiempo (minuto), encontramos que con el silo barril se logra producir  $2.4 \text{ kg min}^{-1}$  de material ensilado en cambio con el silo prensa se producen  $2.8 \text{ kg min}^{-1}$



**Figura 3.** Peso promedio obtenido en los ensilajes tipo barril elaborados con el silo prensa de palanca manual comparado con los silos elaborados con un silo barril tradicional

Al respecto Rodríguez (2014), al evaluar los ensilajes elaborados con un silo prensa de palanca manual vs los elaborados con el silo barril tradicional se obtuvo una mayor compactación con el silo prensa ( $756.23 \text{ kg MV m}^{-3}$ ), en cambio con el silo barril tradicional el grado de compactación obtenido fue de  $635.5 \text{ kg m}^{-3}$ , esto a su vez tuvo influencia en el grado de pérdidas que se obtuvieron siendo estas de 3.7 kg para el silo prensa y de 15.5 kg con el silo barril tradicional.

#### 4.5.4. Eficiencia en el uso del silo prensa de palanca manual

El comprobar la eficiencia del funcionamiento del silo prensa de palanca manual (Tabla 1), se tomó como base el volumen de un barril estándar, para ellos se partió la densidad de compactación que se obtiene con el silo prensa y con el silo barril tradicional, además del tiempo de que se obtuvo en la elaboración de los mismos tanto por uno o dos operarios y podemos comprobar que con el silo barril tradicional se requiere alrededor de 39 d, para ensilar una manzana de pasto cubano CT-115 (*P. purpureum* x *P. thyphoides*), en cambio con el silo prensa el tiempo para realizar la misma actividad se reduce a 18 d si se utilizaran dos operarios, en cambio se requieren de 32 d con un solo operario.

**Tabla 1.** Eficiencia en la elaboración de ensilaje utilizando el silo barril tradicional comparado con el elaborado con un silo prensa de palanca manual

| Tipo                       | Tiempo (min) | No. silo/día <sup>(1)</sup> | Volumen de un barril estándar (m <sup>3</sup> ) | Densidad del material ensilado kg MV m <sup>-3</sup> | Peso del barril (kg) | Tiempo días/mz de pasto <sup>(2)</sup> | No. silos a elaborar |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|---|--|----------------------|--|----------------------|
| Silo Barril <sup>(3)</sup> | 49.3         | 7                           | 0.235   | 635.5  | 118.2                | 39                                     | 271                  |
| Silo prensa <sup>(4)</sup> | 36.2         | 10                          | 0.235   | 756.23   | 100.2                | 32                                     | 319                  |
| Silo prensa <sup>(5)</sup> | 20           | 18                          | 0.235   | 756.23   | 100.2                | 18                                     | 319                  |

<sup>(1)</sup> Jornada laboral de 6 horas

<sup>(2)</sup> *Pennisetum purpureum* (32 ton/corte)

<sup>(3)</sup> Elaborado por dos operarios

<sup>(4)</sup> Elaborado por un operario

<sup>(5)</sup> Elaborado por dos operarios

#### 4.5.5. Costo de elaboración del silo barril

El costo de elaboración del silo barril de palanca manual, fue de U\$ 289.66, este valor relativamente es más bajo que los que se ofertan en el mercado internacional, los que oscilan entre los U\$ 382.50 a U\$ 775.09 dólares más gastos de envío. Si el productor utilizara materiales con que cuenta en su finca el costo podría reducirse hasta un U\$ 155.35, (este último valor solo incluye el gasto en pintura, y mano de obra que se requeriría para su elaboración).

## V. CONCLUSIONES

El tamaño y peso del equipo diseñado, facilita su transporte, esta característica del equipo hace que sea viable su adquisición y empleo. Permitiendo compactar y empacar rápidamente el forraje cosechado en una finca.

La construcción del prototipo como base para el desarrollo y prueba del diseño definitivo del equipo, permitió evaluar la eficiencia del mismo, con un costo relativamente bajo.

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento del prototipo se obtuvo un ensilaje en bolsa a tamaño barril con pesos de 100.2 kg, y el cual se puede obtener en un tiempo aproximados de 20 minutos por silo barril (2 operarios), lo que permite tener una eficiencia de  $0.3 \text{ ton h}^{-1}$ . En una jornada de 6 h se puede elaborar  $1.8 \text{ ton d}^{-1}$ , lo posibilita que una manzana de pasto de corte que produzca  $32 \text{ ton corte}^{-1}$ , pueda ser conservada en 18 d. Al comparar el tiempo que llevaría conservar la misma cantidad de forraje con un silo barril tradicional esta se realizaría en 39 d.

Cabe destacar que esta máquina puede ser elaborada por cualquier productor utilizando recursos con que cuenta en su finca o comprar los materiales, no necesitando tener que importarla de otros países.

Aunque la máquina fue diseñada para empacar y compactar forraje para ensilaje puede utilizarse para empacar heno, dando un valor adicional para el productor.

## VI. LITERATURA CITADA

Agroindustria Quimbaya. 2014. Silo prensa o silo bolsa. Quindío, CO. (en línea). Consultado 28 Nov., 2014. Disponible en <http://colombia.nexolocal.com/p31594963-prensa-manual-o-silo-bolsa-de-palanca-manual-quimbaya-otras-ventas>

Agroindustria. Invento Agro. 2014. Silo prensa o silo bolsa. Bogotá, CO. (en línea). Consultado 28 Nov., 2014. Disponible en. [http://www.invento.com.co/product\\_silo\\_1.html](http://www.invento.com.co/product_silo_1.html)

Agroindustria Practiagro. 2014. Silo prensa o silo bolsa. Manizales, CO. (en línea). Consultado 28 Nov., 2014. Disponible en. [http://www.oritoday.pp.ua/ori.php?v=BJaeBS8v93o&feature=youtube\\_gdata\\_player&titl=SILO%20BOLSA%20DE%20PALANCA%20MANUAL](http://www.oritoday.pp.ua/ori.php?v=BJaeBS8v93o&feature=youtube_gdata_player&titl=SILO%20BOLSA%20DE%20PALANCA%20MANUAL).

Agroindustria KOYOTE. 2013. Silo prensa o silo bolsa. Bogotá, CO. (en línea). Consultado 20 oct., 2013. Disponible en <http://koyoteagroindustria.blogspot.com/p/productos.html>

Reyes, S. N.; Mendieta, A. B.; Mena, M.; Fariñas T. 2008. Guía de suplementación alimenticia estratégica para bovinos en época seca. Universidad Nacional Agraria. Managua, Ni. (Serie Técnica No 12.). (en línea). Consultado 4 dic. 2013. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/72726579/Guia-Alimentacion-Bovina-Epoca-Seca-1>

Rodríguez, A., 2014. Calidad de ensilaje en bolsa elaborada con silo prensa de palanca manual vs ensilaje elaborado artesanalmente. Tesis. Ing. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. Managua, NI. 15-16. p

Wattiaux, M., 2005. Introducción al Proceso de Ensilaje. Novedades lácteas. Feeding No. 502. *Instituto Babcock*. Universidad de Wisconsin. (en línea). Consultado 26 nov 2013. Disponible en [http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/productdownload/du\\_502.es\\_.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/productdownload/du_502.es_.pdf)

# **A N E X O S**

**Anexo 1.** Silo prensa para silo marca KOYOTE®

## **SILO BOLSA MANUAL o PRENSA PARA SILO**

Con nuestra silo bolsa manual sencilla, empaque pequeñas cantidades de silo, con la mejor compactación y presentación, para almacenar a corto y mediano plazo. Almacene maíz, caña, pastos de corte, hojas, entre otros.

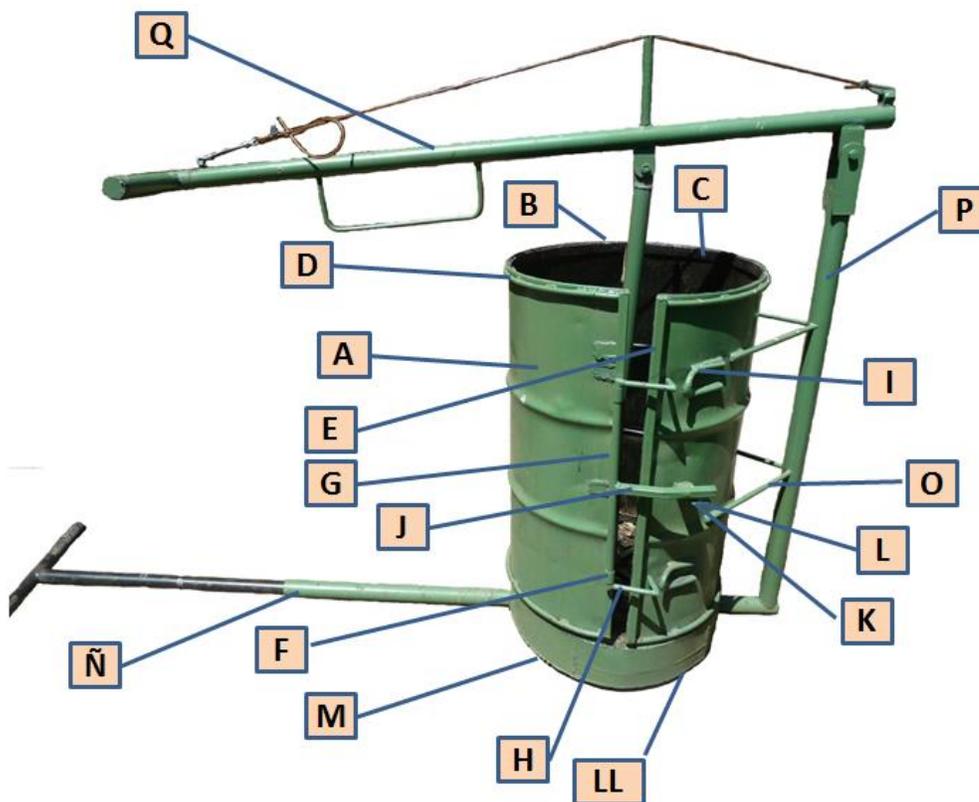
Es una herramienta sencilla que no requiere mecanismos sofisticados. Multiplique la productividad sin incrementar el personal.



Rendimiento Aproximado:  
Cantidad de Bolsas:  
5-12/hora  
Peso Bolsa: <40kg

Dimensiones:  
50cmx50cmx90cm  
Peso Neto: 50kg

**Anexo 2.** Prototipo de Silo prensa de palanca manual



|          |   |           |   |          |   |
|----------|---|-----------|---|----------|---|
| <b>A</b> | 2 Semi barriles                                 | <b>H</b>  | 2 Varilla de Ø 1/2" x 14 cm de largo                        | <b>N</b> | 16 tubos cuadrado de 3/8" x 12.5 cm de largo  |
| <b>B</b> | 4 Bisagras                                      | <b>I</b>  | 2 varillas Ø 1/2" x 28 cm de largo                          | <b>Ñ</b> | 1 tubo de 1 3/4" de chapa No. 3/16 x 146 cm de largo, un tubo de 1 1/2" chapa No. 1/8 x 114 cm de largo y un tubo de 1 1/2" de chapa No. 1/8 x 50 cm de largo.  |
| <b>C</b> | 2 Platinas de 1" x 87.5 cm                      | <b>J</b>  | 1 Tubo Cuadrado de 3/8" x 20 cm de largo                    | <b>O</b> | 4 varillas Ø 1/2 x 32 cm de largo   |
| <b>D</b> | 8 varillas arqueadas de Ø 1/2" x 91 cm de largo | <b>K</b>  | 1 platina de 8.5 cm de largo x 4.5 cm de ancho              | <b>P</b> | un tubo de 1 3/4" de chapa 3/16 x 132 cm de largo   |
| <b>E</b> | 2 tubos cuadrados de Ø 3/8 x 86 cm de largo     | <b>L</b>  | 1 perno de acero 1/2 x 4"                                   | <b>Q</b> | Palanca Manual: 1 tubo de 1 3/4" chapa No. 3/16 x 210 cm de largo, 1 tubo de 1 3/4" chapa No. 3/16 x 28 cm de largo 2 platinas de 5 cm de ancho x 10 cm largo, 1 perno de acero de 1/2" x 4" .<br>1 varilla de Ø 7/8" x 18 cm de largo, 1 cable de acero de 6.5 pies de largo x 3/16", 2 tensores de 5/162, 2 grilletes de 5/16", 1 varilla de 1/2" x 57 cm largo,. |
| <b>F</b> | 2 tubos redondos de 1/2 x 3 cm de largo         | <b>LL</b> | 2 láminas calibre 1/8" diámetro de 58 cm                    |          |   |
| <b>G</b> | 1 varilla de Ø 7/8" x 52.5 cm de largo          | <b>M</b>  | 1 lamina de calibre 1/8" x 13 cm de ancho x 157 cm de largo |          |   |