



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

División de Ingeniería

Departamento de Maquinaria Agrícola



**Diseño y Construcción de un Prototipo de una Máquina Manual
de una Quebradora de Piñón**

POR:

RUBIER POZO RODRÍGUEZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Departamento de Maquinaria Agrícola

Diseño y Construcción de un Prototipo de una Máquina Manual de una
Quebradora de Piñón

Por:

RUBIER POZO RODRÍGUEZ

TESIS

Que Somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:

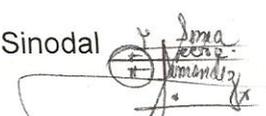
INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Tesis

Asesor Principal


Ing. Rosendo González Garza

Sinodal


M.C. Héctor Uriel Serna Fernández

Sinodal


Ing. Juan Arredondo Valdés

Coordinador de la División de Ingeniería


Dr. Raúl Rodríguez García

Coordinación de
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2009

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a ti señor Dios nuestro y a ti Virgencita de Guadalupe por ser mi luz de enseñanza en cada día de mi vida y acompañarme siempre en mis sueños y anhelos ya que con tus manos me diste la bendición para no perder la esperanza de seguir triunfando.

A mi “ALMA TERRA MATER” por haberme dado la oportunidad de estar en tu casa, de conocer diversas regiones llenas de conocimiento y un enorme amor al campo, también por haberme permitido ser un buitre formándome como una persona llena de valores apta para saber defenderme en el exterior.

A mis asesores: Ing. Jesús R. Valenzuela García, M.C. Héctor Uriel Serna Fernández, Ing. Juan Arredondo Valdez y Rosendo González Garza por el apoyo brindado como asesor principal, para que se lograra los objetivos y el desarrollo de esta tesis.

A la MC. Blanca Elizabeth de la Peña por las clases, consejos y apoyo brindado dentro del departamento de maquinaria agrícola.

Al DR. Martín Cadena Zapata por ser siempre un amigo y por apoyarme incondicionalmente en cualquier momento dentro y fuera de clases.

Al MC. Héctor Uriel Serna Fernández por ser un gran maestro y amigo dándome apoyo incondicional para mejora de mi vida.

Al Ing. Juan Arredondo y al M.C. Juan Antonio Guerrero por el apoyo brindado a través del desarrollo de mi carrera como catedráticos.

Al Dr. Santos Gabriel Campos por el apoyo brindado en materiales y estrategias para la elaboración del prototipo de este proyecto dentro del taller de maquinaria agrícola.

A Alejandro, Mario, Yhony, y Acacio; quienes colaboraron conmigo en el patio de maquinaria para el desarrollo del prototipo de esta máquina y por enseñarme al manejo de maquinaria y equipos agrícolas dentro de las clases y a las secretarias del departamento de maquinaria agrícola, Tere, Chavelita y Juanita.

Gracias a todos mis maestros de la UAAAN, por haberme dado las herramientas necesarias para contribuir en una mejora en el campo mexicano. A todos ustedes que colaboraron como tales para que mi carrera llegara a su fin como un buen profesionalista.

Un agradecimiento especial a mis compañeros y amigos de la carrera de Ing. Mecánico Agrícola: Orsai, Gregorio, Luís Adrián, Jorge, Wilder, Julio Cesar, Ana Maria, Leonardo Felipe, Luís Miguel Cornelio, José Cruz, Honorio, Guadalupe, Francisco, Ricardo, Juan, Alonso, entre otros que de una u otra manera estuvieron conmigo en mi estancia en la universidad.

A mis grandes amigos: Orsai, Gollito, Aquino, Jorge, Wilder, Tito, Yhony, Osiel, Juanito, Maribel, Yosi Yaren, Miguel, Blanquita, Lupita, Ángel, Mari, Carmen, con quienes pase alegrías y tristezas, pero al mismo tiempo aprendí de cada uno de ellos.

A todas las personas que de alguna u otra manera intervinieron a lo largo de mi estancia dentro de esta bonita universidad, GRACIAS.

DEDICATORIA

La dedico a los seres más maravillosos del mundo, a quienes les debo la vida y todo lo que soy, quienes sin importar desvelos, angustias, temores, siempre han estado a mi lado, dándome aliento, cariño, amor y fortaleza; por mis padres:

Sr. Librado Pozo Martínez
Sra. Berlinia Rodríguez Aguilar

A mis hermanos: Matilde, Marisela, Araceli, Uribe, por ser mis primeros amigos e idealistas de triunfos y no de fracasos, y darme lo mejor de ellos.

Gracias por ser mis amigos, por todo el apoyo que me han dado, porque en esos momentos en los que me sentí débil, ustedes me animaron, por estar siempre pendientes de mis limitaciones.

Dedico este logro a Omar Pacheco Aguilar y Hermosinda Bertha Escobar López por ser mi segunda familia, un espejo a seguir y que me han conducido por el camino del bien dándome consejos e ideas para poder triunfar.

¡¡¡ Mi triunfo se debe a ustedes!!!

A mis cuñados y cuñadas: Cruz Nolasco, Octavio Gómez, José, Carmela Díaz, por el apoyo que siempre me brindaron estando en casa.

A mis sobrinos: Eduardo, Nelcy, Nicolás, Eleny, Emily, Eleana, Lupita, Dany, Angelito, Martha, a ellos por darme grandes momentos de felicidad. Gracias por llenar de alegría mi existencia.

*A las **Familias**: Pérez Morales, Lara Aguilar, Treviño Regalado, Rodríguez Aguilar, García Martínez, Escobar Domínguez, Nolasco Pozo y Pacheco Escobar, Pacheco López, Roblero Pacheco, por brindarme su amor y darme hermosos momentos llenos de felicidad en mi vida, en especial al amor de mi vida Diana Lisbeth por darme tu apoyo incondicional, amor y paciencia para lograr cada una de mis metas. .*

*A mis **abuelitas**, Isabel Martínez Infante y Rosenda Escobar López, por enseñarme a ver la vida con amor y darme las fuerzas que siempre he tenido para luchar siempre y obtener mis metas.*

*A mis **Tíos** Derli, Adelfo, Salvador, Elizander, Eleazar, Efraín, José y en especial a mis Tías; Aidé, Margarita, Amalia, Tere, Josefa, Edid, Araceli, Teresa, Trinidad, Maria, por haberme apoyado, por no dejarme solo, por su cariño y comprensión.*

A mis nuevos hermanos Lucely, Deny Madubi, Aridai Alberto y amigos con quienes viví una parte muy importante de reflexión en mi existencia, en forma muy especial a ti Ever Dany por ser el mejor de mis amigos y hermano con quien compartí mi vida, que desde el cielo aun sigues conmigo por donde voy y que estarás siempre en mi mente siendo motivos para no desistir en la lucha de ser alguien en la vida y obtener nuevos triunfos enfrentando nuevos retos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PAG.
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
CAPITULO #	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- Objetivo General.....	4
1.2.- Objetivos Específicos.....	4
1.3.- Hipótesis General.....	4
1.4.- Hipótesis Especificas.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1.- Propiedades físicas y mecánicas de la semilla de piñón.....	5
2.1.1.- Propiedades físicas de los materiales biológicos.....	5
2.1.2.- Valor nutritivo del piñón.....	7
2.1.3.- Propiedades físicas y mecánicas del piñón (Estudios).....	12
2.2.- Clasificación científica, producción y distribución del piñón.....	14
2.2.1.- Clasificación científica.....	14
2.2.2.- Producción de semilla de piñoneros.....	14
2.2.3.- Distribución del piñón.....	17
2.3.- Comercialización y consumo del piñón.....	18
2.3.1.- Comercialización de la semilla de piñón.....	18

CAP. #		PAG.
	2.3.2.- Consumo del piñón.....	18
	2.4.- Propiedad de los materiales.....	19
	2.4.1.- Propiedades mecánicas.....	19
	2.4.2.- Propiedades físicas.....	21
	2.5.- Curva de esfuerzo-deformación.....	22
	2.6.- Ley de Hooke. Módulo de elasticidad.....	23
III.-	DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE PIÑÓN MANUAL.....	25
	3.1.- Definición de diseño.....	25
	3.2.- Diseño conceptual de la máquina.....	26
	3.3.- Criterios para la elaboración del mecanismo por rodillos para la máquina quebradora de piñón de operación manual.....	27
	3.4.- Fases del proceso de diseño.....	30
	3.4.1.- Rodillos.....	30
	3.4.2.- Alimentador o tolva.....	31
	3.4.3.- Base o cuadro base	32
	3.4.4.- Protector o cubierta de engranes y rodillos.....	32
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
	4.1.- Condición inicial.....	34
	4.2.- Materiales usados.....	34
	4.3.- Maquinaria y equipo utilizado.....	35
	4.4.- Diseñar el prototipo de la máquina quebradora de piñón.....	36
	4.4.1.- Criterios de diseño.....	36
	4.5.- Métodos (Procedimientos).....	37
	4.5.1.- Rodillos.....	37
	4.5.2.- Rodamientos.....	39
	4.5.3.- Engranés.....	40
	4.5.4.- Base para los rodamientos o donde gira el eje del rodillo.....	40
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
	5.1.- Características generales del prototipo diseñado..	46
	5.2.- Especificaciones del prototipo.....	46

	5.2.1- Alimentador (tolva).....	46
	5.2.2.- Guarda o cubierta de los engranes y rodillos.....	46
	5.2.3.- Base para los rodamientos de los rodillos.....	46
VI.	CONCLUSIONES.....	47
VII.	LITERATURA CITADA.....	49
VIII.	PAGINAS WEB CITADAS.....	53
IX.	ANEXOS.....	54
	ANEXO A.....	55
	ANEXO B.....	61
	ANEXO C.....	63
	ANEXO D.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁG.
2.1.-	Composición de los piñones secos por cada 100gr (Valenzuela 1980).....	8
2.2.-	Valor alimenticio de varios piñoneros.....	9
2.3.-	Valor alimenticio del piñón comparado con otros comestibles.....	10
2.4.-	Clasificación científica.....	14
2.5.-	Rendimientos en la recolección de Piñones para la zona de Quinquén.....	15
2.6.-	Comportamiento de la Superficie sembrada y cosechada, Producción, Rendimiento y Precio Medio Rural del Piñón en México (1997-2007).....	16
3.1.-	Pruebas de rotura de la semilla de piñón en dos tipos de orientaciones con 10 repeticiones.....	28
4.1.-	Propiedades mecánicas del acero AISI 4340.....	38
4.2.-	Dimensiones de piñones con cáscara.....	41
A1.-	Dimensiones de piñones tomando en cuenta el ancho máximo y mínimo, así como el largo y grosor.....	56
A2.-	Grosor de la cascara de la semilla del piñón (punto de ruptura).....	58
A3.-	Evaluaciones realizadas para obtener la eficiencia de la máquina en cuanto al quebrado de la semilla del piñón....	59

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁG.
1.1.- Pinus Cembroides (Pino piñonero).....	2
2.1.- Semillas de nuez de Piñón sin cáscara.....	6
2.2.- Piña abierta del piñón piñonero.....	7
2.3.- Piña madura cerrada.....	12
2.4.- Piña abierta.....	12
2.5.- Diagrama de esfuerzo-deformación.....	22
2.6.- Diagrama esfuerzo-deformación de dos materiales dúctiles típicos.....	23
3.1.- Curva esfuerzo-deformación obtenida desde un análisis de compresión.....	27
3.2.- Vista de la orientación 1 de la semilla de piñón.....	29
3.3.- Vista de la orientación 2 de la semilla de piñón.....	29
3.4.- Rodillos (liso y dentado) y formas de corte por compresión.....	30
3.5.- Alimentador o tolva.....	31
3.6.- Base o mesa	32
3.7.- Protector o cubierta de los engranes y rodillos.....	32
3.8.- Procedimiento Metodológico para el diseño. (Shigley/ Mischke, 2002).....	33
5.1.- Máquina quebradora de piñón manual.....	42
5.2.- Visibilidad de la apertura de los rodillos.....	43
5.3.- Máquina sin cubierta.....	43
5.4.- Cáscaras de semillas de piñón piñonero.....	44
5.5.- Piñones quebrados y nueces obtenidas.....	45
B1.- Largo de la semilla del piñón.....	62
B2.- Dimensiones de la semilla de piñón.....	62
C1.- Básculas utilizadas para pesar los piñones.....	64
C2.- Piñones contados para pruebas de quiebra.....	64
C3.- Piñones quebrados (pruebas).....	64
D1.- Vista superior de la máquina quebradora de piñón.....	66
D2.- Vista frontal de la máquina sin tolva ni cubierta.....	66
D3.- Vista lateral derecha de la máquina sin tolva ni cubierta..	67
D4.- Vista superior de la máquina con la tolva y cubierta ensamblados.....	68

Figura		PAG.
D5.-	Vista frontal de la máquina puesta la tolva y la cubierta...	69
D6.-	Dimensiones de la máquina quebradora de piñón, vista superior sin tolva ni cubierta.....	70
D7.-	Dimensiones de la tolva en la máquina, vista frontal.....	71
D8.-	Dimensiones de los rodillos.....	72
D9.-	Dimensiones de los engranes.....	72
D10.-	Dimensiones de la base para los rodamientos.....	73
D11.-	Dimensiones de la base.....	73

RESUMEN

Este trabajo se realizó en base a criterios establecidos para las principales aplicaciones de ingeniería con la finalidad de obtener la rotura del piñón y obtención de la nuez.

En éste trabajo se mencionan las características físicas y propiedades mecánicas del piñón, las cuales se consideraron como base para la elaboración y evaluación del prototipo para quebrar el piñón (semilla).

Las características que fueron consideradas son el contenido de humedad promedio del piñón alrededor del 8.9 %, rangos de deformación de 0.82 mm a 1.14 mm que es el requerido para poder quebrar la cáscara en dos posiciones, con una fuerza de compresión requerida entre 160 y 305 N, tomando en cuenta los criterios anteriores.

Con el prototipo de la máquina elaborada se obtuvo una eficiencia del 80 % considerando la quiebra de 500 semillas de piñón, obteniendo 400 nueces enteras, 16 partidas a la mitad, 10 maltratadas de la punta, 12 quebradas en el diámetro mayor, 20 partidas en forma longitudinal y 42 semillas que pasaron enteras por la abertura entre los rodillos.

Palabras claves: Diseño, máquina, prototipo, semillas, piñón, quebradora, nueces, cáscaras.

I. INTRODUCCIÓN

El piñón es la semilla propia de las especies del género *Pinus Cembroides* Zucc (familia Pinaceae), procedente de la piña. Alrededor de 20 de estas especies producen piñones suficientemente grandes como para que su recolección sea productiva; en otras especies, aunque también comestibles, son demasiado pequeños y sin valor para la alimentación humana.

En las condiciones económicas tan difíciles que se viven en estos días, el *Pinus Cembroides* adquiere una gran importancia cada vez más relevante, como el pino piñonero cuya semilla genera una alta actividad comercial en amplias zonas rurales del país, especialmente en las de clima semiárido.

Su recolección abastece más del 90% del mercado nacional, su colecta y venta, proporcionan ingresos a una numerosa cantidad de familias. Aunque no es muy común, su madera suave y de veteado agradable llega a utilizarse en la fabricación de muebles rústicos. También se ha sugerido su uso, en proyectos de recuperación de suelos, en huertos familiares e incluso en la reforestación urbana (Martínez, 1948; Eguilúz, 1978).

Los piñoneros mexicanos se localizan entre los tipos climáticos seco y templado, y templado con época seca larga, requieren de una precipitación anual entre 305- 356 mm. En alturas que van desde los 1500 m hasta 2800 msnm. . (Miranda y Hernández X. 1963).

Robert (1977) menciona que en el área de distribución de *Pinus Cembroides*, se encontraron temperaturas máximas entre 12.7 y 19.5 °C con más de 20 horas heladas por año y precipitación comprendida entre 250 y 600 mm, con seis a siete meses secos; y según estos autores las exigencias ecológicas de la especie se relacionan más con la precipitación y temperatura, que con otros factores.

Caballero y Ávila (1989), afirmaron que por el hecho de que los piñoneros se desarrollen en las regiones semiáridas del país (figura, 1.1), bajo condiciones ecológicas sumamente adversas, han jugado un importante papel como proveedores de bienes y servicios para una población rural que está caracterizada por los más profundos niveles de marginación social y económica.



Figura 1.1 *Pinus Cembroides* (Pino piñonero)

La necesidad de facilitar cada vez más las actividades agropecuarias nos lleva a pensar y elaborar maquinaria necesaria para realizar las tareas con menor dificultad y más rápidas, por ello esta vez se analizó la necesidad de quebrar el piñón y poder obtener la nuez.

Este rediseño está basado en la máquina elaborada por Menchaca Lara en 1996, donde analizó los criterios de diseño, propiedades físicas y químicas del piñón piñonero, esta máquina es manipulada con motor de 1 hp, con el cual obtuvo una fuerza de compresión entre 160 y 305 N para romper la semilla en diferentes posiciones. El rango de deformación va desde 0.82 a 1.14 mm para la ruptura de la semilla, considerando el contenido de humedad de 8.9 %, y la eficiencia de la maquina del 70 %.

Por ello el rediseño está basado en la elaboración de una máquina quebradora de piñón manipulada con una manivela para evitar el uso de energía eléctrica para operación de la máquina, y pueda ser operada en

cualquier parte, se pretende que la máquina sea ligera en peso y además que sea pequeña.

Según Shigley (1989) el reconocimiento de la necesidad empieza en el momento en que alguien quiera satisfacer una demanda humana, descubre una dificultad o descontento hacia alguna actividad, funcionamiento de algún dispositivo o las condiciones bajo las cuales se vive, trabaja y desarrolla la persona. Por lo general, la necesidad se reconoce o se identifica repentinamente a partir de una circunstancia adversa o de una serie de circunstancias fortuitas que surgen casi al mismo tiempo. La identificación de la necesidad se realiza con facilidad después de que alguien la ha planteado (Palma, 2006).

Para éste caso se considera necesario rediseñar una máquina quebradora de piñón manipulada mecánicamente para elaborar un prototipo manipulada manualmente ya que esta puede ser una opción para la economía de las zonas rurales de México productoras de la semilla del piñón piñonero sin necesidad de comprar una máquina grande que utiliza motor (energía eléctrica), así pues, al ser el prototipo manipulado manualmente se ahorra la energía eléctrica y además se puede trasladar de un lado a otro para realizar el cascado de la semilla del piñón en cualquier parte.

La definición del problema abarca todas las condiciones para el objeto que ha de ser diseñado. Las condiciones o especificaciones, las características y dimensiones de la máquina, y todas las limitaciones a estas cantidades.

Las especificaciones definen el costo, la cantidad de piezas a emplear, la duración esperada, el intervalo o variedad de capacidades, las condiciones de trabajo, entre otras.

1.1.- OBJETIVO GENERAL

Elaboración del prototipo de una máquina quebradora de piñón operada manualmente.

1.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Rediseñar y construir el prototipo de una máquina quebradora de piñón de motor a manual, de bajo costo, de composición estructural sencilla y de fácil manejo.
- ❖ Evaluar la máquina en términos de eficiencia del quebrado del piñón y % de nuez entera.

1.3.- HIPÓTESIS GENERAL

Es posible rediseñar una máquina quebradora de piñón de bajo costo y elaborar el prototipo siendo éste manipulado manualmente.

1.4.- HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ❖ Es posible rediseñar y construir el prototipo de una máquina quebradora de piñón de motor a manual, que sea económica, de composición estructural sencilla y de fácil manejo.
- ❖ Podrá obtenerse arriba del 70%, en eficiencia y nuez entera al quebrar el piñón.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Esta investigación consiste en el rediseño de una máquina quebradora de piñón operada con motor a una máquina operada manualmente, elaborando el prototipo de éste, el cual se llevará a cabo dentro de las instalaciones del departamento de maquinaria agrícola, así como, en el taller del parque de maquinaria agrícola dentro de la UAAAN.

2.1.- Propiedades Físicas Y Mecánicas de la Semilla de Piñón.

2.1.1.- Propiedades físicas de los materiales biológicos.

Las propiedades físicas son particularmente atributos de estos materiales como son forma, tamaño, volumen, densidad, porosidad, color y apariencia; estas son algunas de las características más importantes en la designación específica para la elaboración de la máquina o el análisis del producto en particular.

Según Martínez (1948), la semilla del piñonero es una especie de nuez, de color morena o negruzca, ovalada o vagamente triangular, sin ala, comúnmente se encuentran dos semillas en cada escama, pero en ocasiones, cuando se trata de semillas grandes (piñones) una de estas se atrofia, su tamaño alcanza hasta 15 mm o algo más, de testa o cáscara leñosa más o menos gruesa, revestida hacia el interior por una capa membranosa y translúcida llamada tegmen, cuya función es proteger directamente a la almendra, la que está constituida por un albumen grasoso, de color rosado o blanco y comestible.



Figura 2.1 Semillas de nuez de Piñón sin cáscara.

Los piñones tienen un periodo de conservación con cáscara muy largo, si se mantienen refrigerados (entre -5 a $+2^{\circ}\text{C}$), pero tanto enteros como pelados las semillas (nueces) se deterioran rápidamente en condiciones cálidas y en ambientes húmedos, volviéndose rancios en unas cuantas semanas.

La conservación del Piñón se realiza mediante el hidratado y el deshidratado, método que permite conservar el producto en perfecto estado hasta por 5 meses (Valenzuela, 1980, cit. Por Caro, 1995).

Las semillas cuando están frescas tienen color de lino, (Shaw 1909).

Hoffmann (1982) explica que los piñones son semillas comestibles con altos contenidos energéticos (ricos en hidratos de carbono). La resina del tronco del árbol de *Pinus Cembroides Zucc* se utiliza en medicina popular para curar úlceras en la piel. Además es un árbol muypreciado como planta ornamental en plazas y jardines.

Las semillas de muchas especies se caracterizan por llevar adherida una ala membranosa, mientras que las de otras carecen por completo de este apéndice, tal y como ocurre con las semillas de *Pinus Cembroides Zucc*, la cual por esta y otras causas está considerado dentro de los pinos primitivos dentro del género, (Eguilúz y Col 1985).

Eguilúz y col mencionan que los piñones están cubiertos por una cáscara dura de 1 mm de gruesa o menos, dependiendo de la especie. El nutrimento se almacena en el tejido del gametofito femenino que mantiene el embrión en desarrollo (esporofito) en el centro. En sentido culinario, los piñones son frutos; sin embargo, en sentido botánico, son semillas y, a pesar de ser gimnospermas, carecen de carpelo exterior.

Eguilúz *et al* (1985) realizaron un estudio morfológico de las semillas de siete especies de piñoneros donde concluyeron que las Semillas o Piñones al llegar a la madurez, presentan notables diferencias en tamaño, forma y peso; textura color y grosor de los tegumentos y la testa, color y consistencia del gametofito femenino, así como el numero y longitud de los cotiledones, entre otros. (Shaw, 1914; Mirov, 1967; Eguilúz, 1984; Niembro, 1985).

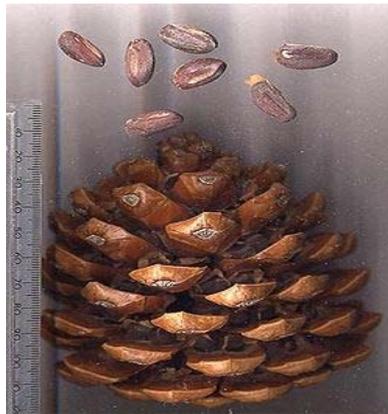


Figura 2.2 Piña abierta del piñón piñonero.

2.1.2.- Valor nutritivo del piñón

Trabajos e investigaciones anteriores han demostrado el valor del conocimiento acerca de las propiedades físicas y mecánicas de semillas y nueces. Estos estudios han demostrado el uso de éste conocimiento en el diseño de máquinas, estructuras y procesos. Además, han sido utilizados para analizar y determinar la eficiencia de maquinaria y procesos.

Según Valenzuela 1980, los piñones tienen un alto valor nutritivo (cuadro 2.1), y son la base de la alimentación de algunos pueblos de México. Su importancia en la alimentación de este grupo social sólo ha disminuido con el

advenimiento de la agricultura y la ganadería más intensiva del período hispánico (cit. Por Caro, 1995).

Cuadro 2.1. Composición de los piñones secos por cada 100gr.

Composición de los piñones secos por cada 100gr.		
	Pino piñonero (pinus pinea)	Pino del colorado (pinus edulis)
Agua	6,69g	5,90g
Energía	566kcal	529kcal
Grasas	50, 70g	60, 98g
Proteínas	24g	11,57g
Hidratos de carbono	14,22g	19,30g
Fibra	4,5g	10,7g
Potasio	599mg	628mg
Sodio	4mg	72mg
Fósforo	508mg	35mg
Calcio	26mg	8mg
Cobre	1,036mg	1,035mg
Magnesio	233mg	234mg
Manganeso	4,298mg	4,393mg
Hierro	9,20mg	3,06mg
Zinc	4,25mg	4,28mg
Selenio	16,6mg	-----
Vitamina C	1,9mg	2mg
Vitamina B1(Tiamina)	0,810mg	1,243mg
Vitamina B2(Rivoflavina)	0,190mg	0,223mg
Niacina	3,57mg	4,370mg
Folacina	57mcg	58mcg
Vitamina B6	0,110mg	0,111mg
Vitamina A	29 IU	29IU
Vitamina C	3,5mg	-----

Fuente: proteínas://Www.Cibernetia.Com/Tesis_Es/Ciencias_Tecnologicas/tecnología_De_Los_Alimentos/Propiedades_De_Los_Alimentos/1.

Botkin y Shires, 1948, realizaron estudios generales sobre el piñón y comparación con otros tipos de alimentos acerca de contenidos de desechos, agua, proteínas, grasas, carbohidratos, cenizas y calorías, así como, actualización de datos sobre estudios del piñón piñonero. (Almaraz, *et. al.*, 1992). Estudió las características físicas de la nuez de pistache temprano, y encontró una diferencia significativa en peso, longitud y altura, entre las nueces.

Los piñones son muy ricos en minerales, especialmente en hierro, cobre, magnesio, potasio, y fósforo.

Al respecto García (1985), menciona que se han realizado trabajos bromatológicos y se han comparado los valores entre los mismos piñoneros, valores que se muestran en el cuadro 2.2., así como con otros alimentos cuadro 2.3.

Cuadro 2.2 Valor alimenticio de varios piñoneros.

Especie	Porción Comestible	Humedad	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra Cruda	Ceniza
<i>Pinus Cembroides</i>	33.2	2.73	18.51	59.96	13.82	1.79	3.19
<i>Pinus edulis</i> *2	58.1	2.87	14.51	6.09	18.74	1.03	2.78
<i>Pinus</i> *3 <i>monophylla</i>	71.1	10.19	9.52	22.97	53.84	1.06	2.40
<i>Pinus quadrifolia</i>	67.2	4.94	10.80	37.24	43.53	1.06	2.42

Fuente: *1 Recopilados por Botkin y Shires (1948)

*2 Promedio de seis años

*3 Promedio de cinco años

Cuadro 2.3 Valor alimenticio del piñón comparado con otros comestibles.

TIPO DE ALIMENTO	DESECHOS %	AGUA %	proteínas %	GRASAS %	Hidratos de carbono %	CENIZAS %	CALORIAS %
Avellana (Bellota)	35.6	4.1	37.4	37.4	48.0	2.4	2718
Almendra	64.8	4.8	54.9	54.9	17.3	2.0	3030
Manzanas	-----	84.6	-----	-----	-----	0.3	290
Tocino	-----	17.4	62.2	62.2	-----	-----	2715
Frijol	-----	12.6	1.8	1.8	59.6	-----	1520
Ejotes	-----	83.0	0.3	0.3	6.9	-----	170
Carne	-----	52.4	19.1	----	16.1	-----	975
Castaño (c/ cascara)	16.0	45.0	6.2	5.4	42.2	1.3	1125
Pollo	-----	47.1	13.7	12.3	-----	-----	765
Maíz verde	-----	75.4	3.1	1.1	19.7	0.7	440
Avellana (c/ cascara)	52.1	3.7	15.6	65.3	13.0	2.4	3432
Nuez dura (c/cascara)	62.2	3.7	15.4	67.4	11.4	2.1	3495
Nuez (c/cascara)	53.2	3.0	11.0	71.2	13.3	1.5	3633
<u>Piñón</u> <u>(c/ cáscara)</u>	<u>40.6</u>	<u>3.4</u>	<u>14.6</u>	<u>61.9</u>	<u>17.3</u>	<u>3.8</u>	<u>3364</u>
Chuleta	-----	41.8	13.4	-----	24.2	-----	1245
Ternera	-----	68.3	20.1	7.5	-----	-----	695
Nuez negra (c/cascara)	74.1	2.5	27.6	56.3	11.2	1.9	3105
Nuez persa (c/cascara)	58.0	2.8	16.7	64.4	14.8	1.3	3305
Naranja	-----	86.9	0.8	0.2	11.6	0.5	240

Fuente: Passini, 1982; D.G.P.F., S.A.R.H., 1989.

La dispersión de la semilla según Patiño (1974) es durante los meses de Octubre y Noviembre.

La temporada de recogida de la piña se establece entre los meses de noviembre y enero por los piñeros todos los años, las únicas personas autorizadas por los ayuntamientos para la temporada, teniendo como requisito entre otros el estar dado de alta en el paro agrícola, pudiendo obtener tras la temporada de recogida aproximadamente 1,5 millones de pesos por su trabajo en esos meses.

Sin duda los piñeros hacen un trabajo increíble, con sus utensilios para la labor, desde ganchos enormes para cortar las piñas o espolones en las botas para escalar en los pinos. Un gran trabajo que justifica por supuesto el precio de mercado de estos piñones, entre otras cosas la cantidad de intermediarios por los que pasa.

Una vez que el piñero ha recogido la piña, las ponen en altos hornos para sacar el piñón ya que la piña de manera natural para protegerse contra fuegos naturales abre las compuertas, para asegurar la supervivencia y luego dejan caer el piñón y al obtenerlo, vuelven a tostarlos para así luego poder comercializar y distribuir ese característico piñón dulce de este pino piñonero. (http://es.wikipedia.org/wiki/Pinus_pinea).

Las piñas son ovalo-esféricas (figura 2.3) de entre 10 y 15 cm de longitud y maduran al tercer año, dando unos piñones cubiertos de una dura corteza, de 1 cm de longitud, carnosos y sabrosos, pudiendo haber piñas en su primer año de maduración junto con otras listas para ser recogidas en la copa de un mismo pino piñonero.

Los conos o piñas en *Pinus Cembroides* son mayores de 5 a 6 cm. de largo con pedúnculos cortos, simétricos, globosos, cortamente ovales, se abren al madurar figura 2.4, son pronto deciduos con pocas escamas las de la base y el ápice son estériles y más pequeñas que las escamas fértiles de la parte central. (Shaw, 1909).



Figura 2.3 Piña madura cerrada



Figura 2.4 Piña abierta

Cibrián y Méndez (1989) observaron que conos marcados en julio de 1981, algunos de los cuales llegaron a ser conos maduros y liberar sus semillas en octubre de 1982, lo cual indica una duración de 15 meses para alcanzar la maduración y dispersión de la semilla (piñones).

2.1.3.-Propiedades físicas y mecánicas del piñón (Estudios).

Según Cárcel (2004) dice que la relación entre las propiedades físicas del piñón y su contenido en agua, influirán de manera decisiva en el proceso de cascado. Se ha estudiado la relación entre el contenido en agua y las dimensiones del piñón en cáscara y en grano. Se comprobó que algunas de las dimensiones de la cáscara como del grano, presentan variación con niveles elevados de humedad, produciéndose un ligero incremento. También fue comprobada una dependencia de los valores de densidad real y aparente, respecto del contenido en agua.

Cárcel (2004) estudió la relación de equilibrio agua - producto, realizándose las isotermas de sorción a 4 niveles de temperatura (5, 10, 20 y 30 °C). Se aplicaron los principales modelos existentes en la bibliografía para productos de este tipo (frutos secos) obteniéndose ajustes adecuados. Los modelos estudiados son: modelo molecular de adsorción de Brunauer, Emmett y Teller (BET), modelo de Guggenheim, Anderson y de Boer (GAB), ecuación

de Halsey, ecuación de Henderson, ecuación de Oswin, modelo de Chung-Pfost y ecuación de Caurie.

Cárcel (2004), estudiando la evolución de la humedad del piñón, tanto en grano como con cáscara, a lo largo del proceso de remojo o humectación que tiene lugar en el acondicionamiento y lavado, también a 5, 10, 20 y 30 °C. Se aplicó un modelo empírico que proporcionó un ajuste adecuado, el del modelo de Peleg en 1988.

Se desarrollaron modelos difusivos de humectación de la cáscara y el grano, basados en la ley de Fick. Se obtuvo la resolución analítica del modelo para una geometría esférica del piñón en grano con difusividad constante. Debido a la mayor complejidad del comportamiento del piñón con cáscara se desarrolló un modelo con dos capas (grano y cáscara), con coeficiente de difusividad variable en el grano en función de la humedad. Este modelo se resolvió mediante el método de las diferencias finitas. Se ha verificado la influencia de la temperatura en la difusión del agua en el producto. La humedad del producto es muy importante en el proceso de cascado.

Se estudió la evolución de las principales propiedades mecánicas del piñón, mediante ensayos a compresión uniaxial a diferentes niveles de humedad. Se ha comprobado la disminución de la fuerza máxima de rotura del piñón, mientras que la deformación a la que se produce la quiebra, y la elasticidad de la cáscara aumentaron al incrementar la humedad, (Cárcel, 2004).

La fragilidad del grano también está relacionada con su humedad, se han realizado ensayos a punción y corte del grano de piñón, observando que al aumentar el contenido en agua del piñón disminuye la fuerza máxima de rotura del piñón, pero lo que es más importante es que incrementa su elasticidad y la deformación a la que se produce la rotura. (http://www.cibernetia.com/tesis_es/ciencias_tecnologicas/tecnologia_de_los_alimentos/propiedades_de_los_alimentos/1).

2.2.- Clasificación científica, producción y distribución del piñón.

2.2.1.- Clasificación científica

Cuadro 2.4 Clasificación científica

Reino	Plantae
División	Spermatophyta Pinophyta
Clase	Pinopsida coniferopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	Pinus
Subgénero	Pinus
Especie	Pinus pinea
Nombre binominal	Pinus pinea

Fuente: [Http://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Pinus_Pinea](http://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Pinus_Pinea).

2.2.2.- Producción de semilla de piñoneros.

La D.G.P.F S.A.R.H., 1989, y García (1985), afirmaron que la producción de semilla de los piñoneros, se inicia entre los 10 a 25 años según los resultados de investigación, la cual se incrementa gradualmente con forme se avanza la edad, siendo entre los 50 y 75 años, cuando del piñonero cabe esperar una producción aceptable; los árboles de acuerdo a la consulta producen durante un período de 300 a 400 años.

Cibrián y Méndez (1989), obtuvieron que la cantidad de semilla producida por árbol varía de acuerdo a la edad del árbol y ramificación entre otras características produciendo algunos piñoneros entre 0.05, 0.25 a 2.0 kg. Se ha determinado producciones por hectárea de 32 hasta 300 kg/ha. Mencionan que por experiencias previas se sabe que una buena cosecha por árbol es de 3 kg de piñón con cáscara. De cada arpilla de 20 a 25 kg de piña (conos), se extraen aproximadamente 4 kg de semilla útil.

En relación a los rendimientos de cosecha, esto estará en directa relación con la temporada, la cual puede ser buena, mala o regular. La unidad de medida es de sacos/familia y cada saco pesa alrededor de 65 a 70 kg. (Tacón *et al.*, 2000).

En el cuadro 2.5 se muestran algunos rendimientos de cosecha para la zona de Quinquén en la región de Araucanía, Chile. De acuerdo a la característica de la temporada y al tamaño de la familia.

Cuadro 2.5 Rendimientos en la recolección de Piñones para la zona de Quinquén por tipos de familias.

Temporada	Familia Grande		Familia Pequeña	
	Sacos	Kg. aproximados	Sacos	Kg. Aproximados
Muy buena	100 - 180	7.000 - 12.500	60 - 100	4.000 - 7.000
Regular	20 - 30	1.500 - 2.000	8 - 10	600 - 700
Mala	10 - 15	700 - 1000	5 - 6	300 - 400

Fuente: Tacón *et al.*, (2000)

Por otro lado fue imposible lograr obtener datos concretos de la cantidad consumida o transada por temporada del producto, hablándose de 150 - 200 kg por mes en ciertos locales o puestos de venta en la Vega Municipal de Temuco; sin embargo, en otros locales no fue posible obtener dicha información, ni siquiera con carácter estimativo (INFOR, 2002).

En este apartado (Cuadro 2.6), se presenta un cuadro con las variables superficie, producción, rendimiento y precio al productor, mismas que se analizan para ver los cambios que han sufrido cada una de ellas con respecto a la producción de piñón a lo largo del período 1997-2007. Este análisis contempla la entrada en vigor del TLC que abarca desde el año 1994 al 2007.

Cuadro 2.6 Comportamiento de la Superficie sembrada y cosechada, Producción, Rendimiento y Precio Medio Rural del Piñón en México (1997-2007)

Año	Superficie sembrada Ha	Superficie cosechada Ha	Volumen de Producción (ton)	Valor de la producción (\$)	Rend (ton/ha)	PMR (\$/ton)
1997	500.0	500.0	50.0	750.0	0.1	15000.0
1998	570.0	500.0	500.0	11,000.0	1.0	22000.0
1999	500.0	500.0	500.0	10,000.0	1.0	20000.0
2000	500.0	500.0	355.4	10,662.0	1.0	30000.0
2001	500.0	500.0	11.0	330.0	0.0	30000.0
2002	500.0	500.0	24.6	984.0	0.0	40000.0
2003	500.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
2004	542.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0000
2005	582.0	540.0	83.1	3,324.0	0.0	40000.0
2006	582.0	582.0	244.2	17,094.0	0.0	70000.0
2007	540.0	540.0	35.5	2,130.0	0.0	60000.0

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles en el sistema de información agroalimentaria de consulta (SIACON).

Como se aprecia en el cuadro 2.6, la superficie del período de 1997 al 2002 se mantuvo estable con un promedio de 500 has, lo cual no presentó un incremento en la superficie sembrada ni cosechada por este cultivo, dado que la producción fue muy variable en estos años por lo que el precio medio rural pasó de \$15,000.00 a \$40,000.00 esto se debió a que el cultivo está cobrando una demanda en incremento.

Pero en el 2003 al 2004, la producción fue afectada por fenómenos climatológicos y presencia de plagas lo que ocasionó fuertes daños en el piñón por lo que no se tuvieron valores en estas variables. Y para el año 2005 al 2007 se incrementó la superficie sembrada arrojando altos valores en la producción lo que en los dos últimos años se tuvieron precios muy atractivos de hasta \$70,000.00 la tonelada. Por lo que se puede decir que el piñón ha tenido mayor importancia económica para el productor y una fuerte demanda del mismo.

2.2.3.- Distribución del piñón.

Se cultiva en 19 estados de la República productores de piñón que son: Nuevo León, Zacatecas, San Luís Potosí, Coahuila, Guanajuato, Chihuahua, Tamaulipas, Querétaro, Durango, Puebla, Jalisco, Sonora, Hidalgo, Baja California Sur y Norte, Veracruz, Estado de México, Aguas Calientes y Tlaxcala.

Las zonas de mayor producción de piñón son: Aramberri y Galeana de Nuevo León, Mazapil, Concepción del Oro y Zacatecas en Zacatecas, Arteaga en Coahuila, San Luis Potosi en S.L.P. y Xichu en Guanajuato. (D.G.P.F. – S.A.R.H., 1989).

Mirov (1967), considera que en los E.E.U.U. el *Pinus Cembroides* se encuentra en el suroeste de Nuevo México y sureste de Arizona y Texas.

De acuerdo con Mirov (1967), el *Pinus Cembroides* presenta la distribución más amplia: en México desde Coahuila, Nuevo León, Chihuahua y Sonora, hasta los estados de Pueblas y Tlaxcala, y también en los extremos norte y sur de Baja California.

Bailey y Hawksworth, 1979 consideran que las poblaciones de Arizona y Nuevo México pertenecen a la especie *P. discolor*. Las otras especies tienen distribución muy restringida y localizada.

El *Pinus culminicola* se encuentra únicamente en el cerro del Potosí en el estado de Nuevo León y en unos cerros altos del SE de Coahuila y es el piñonero el que vegeta a mayor altitud sobre el nivel del mar. (Riskind y Petterson, 1975). Mencionan que las semillas son el producto de mayor valor de los pinos piñoneros fundamentalmente *Pinus Cembroides* Zucc, y que los insectos representan un factor limitante en la producción de las mismas.

2.3.- Comercialización y consumo del piñón.

2.3.1.- Comercialización de la semilla de piñón.

La venta puede hacerse directamente en la zona de producción, en mercados cercanos o en mercados primarios como el DF o cabeceras municipales.

Los compradores pueden ser pequeños comerciantes rurales, transportistas, o mayoristas de la zona productora. El precio del piñón, osciló entre 40 y 60 pesos por Kg con cáscara en Saltillo, Coahuila precio de 1999.

Las semillas se comercializan en la misma temporada de recolecta, con cáscara o sin ella. Existen semillas negras, color café claro o amarillas, siendo éstas dos últimas las que tienen mejor precio. El precio de la semilla sin cáscara alcanza hasta los \$400.00 pesos base 1999, en grandes mercados y los \$500-550 pesos base 1999, en mercados locales y en época navideña.

La exportación del piñón no tiene arancel y está regulada por el manual de procedimientos para la importación y exportación de especies de flora y fauna silvestre y acuática, sus productos y subproductos. (Diario Oficial de la federación el 31 de Julio de 1996).

2.3.2.- Consumo del piñón.

El aprovechamiento del piñón está regulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SARH3-1994, ahora **NOM-007-RECNAT-1997** aprobada en diciembre de 1996, Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas.

La forma de consumir el producto es muy variada, pudiendo ser crudo, cocido, tostado, como harina (base para hacer pan y licor) y/o como Chicha. En este sentido, los Pehuenches lo consumen de tres formas básicas: Tostados, Cocido y como licor fermentado. Otra manera de consumo es

como Harinas, existiendo tres formas básicas: TIKUN, MURTE y NOLLE (Caro, 1995).

El producto fundamental de los piñoneros es el piñón. Señala que para los indios y mexicanos el piñón era un alimento básico (Phillips, 1909).

Hamilton (1965) señala que las evidencias arqueológicas han demostrado el valor del piñonero para el hombre al comprobarse que éste proporciona alimento, calor, abrigo y pegamento.

2.4.- Propiedades de los Materiales.

La Ciencia de los Materiales se ocupa principalmente de las propiedades, clasificación, procesamiento y usos de las diversas manifestaciones de la materia en el Universo.

En forma general, las propiedades se separan para su estudio en dos grandes ramas: propiedades físicas y propiedades mecánicas.

2.4.1.- Propiedades mecánicas

Describen la forma en que un material soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, impacto, cíclicas o de fatiga, o fuerzas a altas temperaturas incluyendo el coeficiente de fricción.

- ✓ Resistencia a la Tensión de un material, es su capacidad para soportar los esfuerzos que tienden a alargarlo.
- ✓ Resistencia a la Compresión, es la capacidad que tienen los materiales para soportar una fuerza que tiende a comprimirlo o aplastarlo.
- ✓ Resistencia a la Cortadura, es la que se opone a la fuerza que tienden a rasgarlo.
- ✓ Resistencia a la Fatiga, es la máxima carga repetida que un metal puede soportar sin producirse falla por fatiga.

Rotura por Fatiga, es el agrietamiento progresivo que tiene lugar en metales que están sometidos a cargas repetidas.

La falla por fatiga, es un agrietamiento progresivo, y a menos que se detecte, éste agrietamiento conduce a una ruptura que con frecuencia es catastrófica (Davies, 1963).

Las anteriores propiedades mecánicas se valoran con exactitud mediante ensayos mecánicos:

- ✓ Ensayo de tracción: Ofrece una idea aproximada de la tenacidad y elasticidad de un material.
- ✓ Ensayos de dureza: Permiten conocer el grado de dureza del material.
- ✓ Ensayos al choque: Su práctica permite conocer la fragilidad y tenacidad de un material.
- ✓ Ensayos tecnológicos: Ponen de manifiesto las características de plasticidad que posee un material para proceder a su forja, doblado, embutido, etc.

A continuación se señalan algunos estudios que se han realizado con relación a las propiedades físicas y mecánicas, así como, análisis respecto a semillas y nueces.

Menchaca (1996), analizó las propiedades físicas y mecánicas del piñón así como, el diseño de un sistema de quiebra y obtención de nuez, determinando con ello el punto de ruptura del piñón a través diferentes posiciones de la semilla, características en general y comparaciones con otros tipos de piñones.

Rodríguez (2006) realizó estudios relacionados con el quebrado y descascarado de la nuez, pronóstico de venta, mayor calidad y valor agregado para futuras generaciones.

Braga *et. al* (1995), estudió el comportamiento mecánico de la nuez de macadamia, cuando se somete a una carga de compresión uniaxial. Se estudio el efecto del contenido de humedad de la cáscara, tamaño, la posición de ruptura, la energía y la deformación para poder romper la nuez. Ellos concluyeron que estos son factores que influyen el comportamiento mecánico.

Sarig (1980) estudió las curvas de deformación de la nuez de macadamia durante pruebas de compresión en una máquina universal de ensayos. Se encontró una gran diferencia de fuerza requerida para romper nueces del mismo tamaño donde la deformación no es variable. Esto puede ser utilizado como criterio en el diseño de un descargador de nuez de macadamia. Finalmente, concluyeron que para el proceso de ruptura o de quebrado de alto rendimiento, la nuez debe ser seleccionada por tamaño. (Sarig, *et al*, 1980).

Shelef y Mohsenin (1980) estudiaron el efecto del contenido de humedad de las semillas de mijo cuando se comprime. Ellos midieron el módulo de elasticidad y la deformación. Concluyeron que todos estos valores de los parámetros decrecen cuando el contenido de humedad aumenta.

2.4.2.- Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los materiales dependen de la estructura y procesamiento del material. Describen características como color, conductividad eléctrica o térmica, magnetismo y comportamiento óptico, generalmente no se alteran por fuerza que actúan sobre el material. Pueden dividirse en: eléctricas, magnéticas y ópticas.

En la agricultura moderna, los productos animales y vegetales son procesados por muchos medios como el mecánico, térmico, eléctrico, ópticos, técnicas de ultrasonido, pero poco es conocido acerca de las características propiedades físicas y mecánicas de la mayoría de los productos agrícolas. (blog.reforestamosmexico.org/?p=87 - 15k).

Las propiedades físicas son atributos peculiares de los materiales, la forma, el tamaño, el volumen, la densidad, el área superficial, la porosidad, el color y la apariencia, son algunas de las características físicas más importantes en el diseño específico de un proceso o de una máquina, o el análisis del comportamiento del producto. (Mohsenin, 1986).

<http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/cienciamateriales/capitulo1.htm>

2.5.- Curva de esfuerzo-deformación

Los diagramas esfuerzo - deformación para diferentes materiales varían considerablemente, y diferentes pruebas de tensión del mismo material pueden producir diferentes resultados, dependiendo de la temperatura de la muestra y de la rapidez de aplicación de la carga.

Sin embargo, es posible distinguir algunas características comunes entre los diagramas esfuerzo - deformación de varios grupos de materiales y dividirlos en dos amplias categorías sobre la base de estas características. Materiales *dúctiles* y materiales *frágiles*.

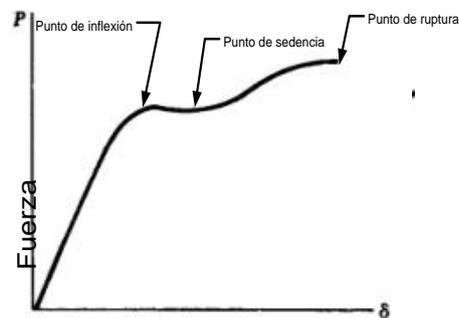


Figura 2.5 Diagrama de esfuerzo-deformación

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Curva Esfuerzo-Deformación: Esfuerzo ():

Donde F es la carga (Fuerza) y A_0 es la sección inicial de la probeta

➤ Deformación ():

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

2.6.- LEY DE HOOKE. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

La mayor parte de las estructuras se diseñan para sufrir pequeñas deformaciones, que involucran sólo la parte lineal del diagrama esfuerzo – deformación. Para la parte inicial del diagrama (véase la figura 2.6), el esfuerzo σ es directamente proporcional a la deformación ϵ y puede escribirse: $\sigma = E \epsilon$

Esta relación es la *ley de Hooke*, llamada así en honor del matemático inglés Robert Hooke (1635-1703). El coeficiente E se llama *módulo de elasticidad* del material o también *módulo de Young* en honor del científico inglés Thomas Young (1773-1829).

Como la deformación E no tiene dimensiones, el módulo E se expresa en las mismas unidades del esfuerzo (σ) o sea, en pascales o uno de sus múltiplos en el sistema SI, y en psi o ksi, si se usa el sistema americano.

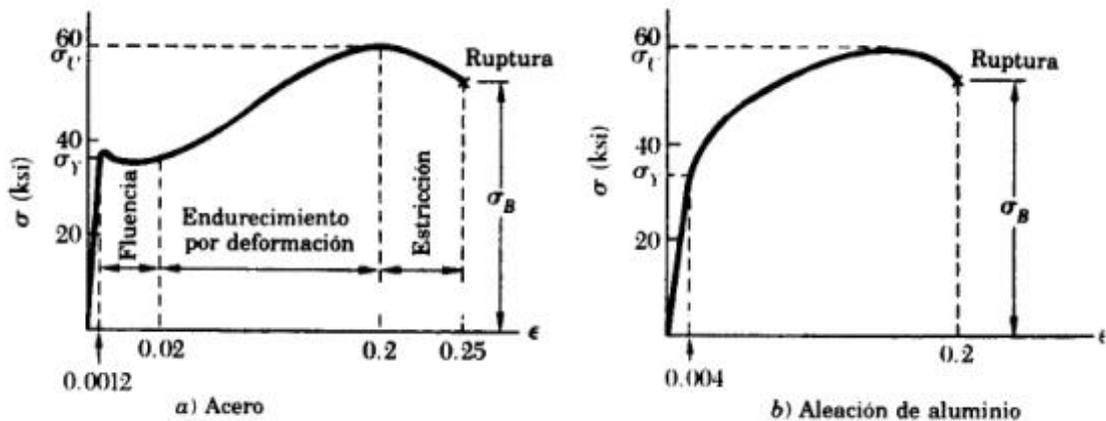


Figura 2.6 Diagrama esfuerzo-deformación de dos materiales dúctiles típicos.

El mayor valor para el cual se puede utilizar la ley de Hooke para un material dado es conocido como límite de proporcionalidad de ese material. En el caso de materiales dúctiles con un punto de fluencia bien definido, (figura 2.6), el límite de proporcionalidad coincide con el punto de fluencia.

Para otros materiales, el límite de proporcionalidad no puede definirse tan fácilmente puesto que se hace difícil determinar con precisión el valor de σ para el cual la relación entre σ y ε ya no es lineal. Pero esta misma dificultad indica que el usar la ley de Hooke para valores un poco mayores que el límite de proporcionalidad real no conducirá a errores significativos.

(www.angelfire.com/pro2/resmat/U02/01diagramaesfuerzo/diaesf.htm - 24k)

III.- DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE PIÑÓN MANUAL.

3.1.- Definición de diseño

La palabra diseño proviene de la palabra “designare”, que significa designar, marcar, el diccionario incluye varias definiciones de la palabra diseño siendo la más aplicable delinear, trazar o planear como acción o trabajo, concebir, inventar o idear, el diseño en ingeniería se puede definir como el proceso de aplicar las técnicas y principios científicos con el objetivo de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización.

El diseño de maquinas se ocupa de la creación de la máquina que funge segura y confiable. Una máquina puede definirse de muchas maneras:

- ✓ Conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía, transformarla y restituirla en otra más adecuada o para producir un efecto antes previsto.
- ✓ Dispositivo que modifica una fuerza o movimiento.

La idea del trabajo útil es fundamental la función de la máquina, ya que en ella siempre habrá alguna transferencia de energía, la mecanización de fuerza y movimiento (Norton, 1999).

En ingeniería, el término diseño puede tener diferentes significados para diferentes personas:

- ✓ Técnico que dibuja en todos sus detalles una máquina o elementos de una maquina.
- ✓ Es la creación de un sistema complejo, como una red de comunicaciones.

- ✓ Denominaciones: ingeniería de sistemas o aplicación de la teoría de las decisiones.

Diseño mecánico: diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica, por ejemplo, maquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. (Shigley, 1990).

En conclusión el diseño en ingeniería se puede definir como *“El proceso de aplicar las diversas técnicas y los principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización”* Un problema de diseño no es un problema hipotético en absoluto, todo diseño tiene un propósito concreto: la obtención de un resultado final al que se llega mediante una acción determinada o por la creación que tiene la realidad física.

3.2.- Diseño conceptual de la máquina

Menchaca 1996 menciona que la textura de la semilla de piñón fue analizada usando las propiedades mecánicas en diferentes posiciones de la semilla. El rango de prueba desde 0.1 m/s a 10 m/s. la unidad para la medición es equipada con un sistema de control computarizado para la adquisición de datos y análisis de datos.

Evaluación de las propiedades mecánicas según Menchaca (1996), son las determinaciones de las propiedades requeridas para la compresión, la producción de una curva completa de esfuerzo-deformación se basa satisfaciendo la curva estándar ASAE S368.3 esta obtenida desde un análisis de compresión axial.

En la figura 3.1, se muestra una curva típica de esfuerzo deformación obtenida desde un análisis de textura y los contactos de la semilla a través de la compresión ejercida.

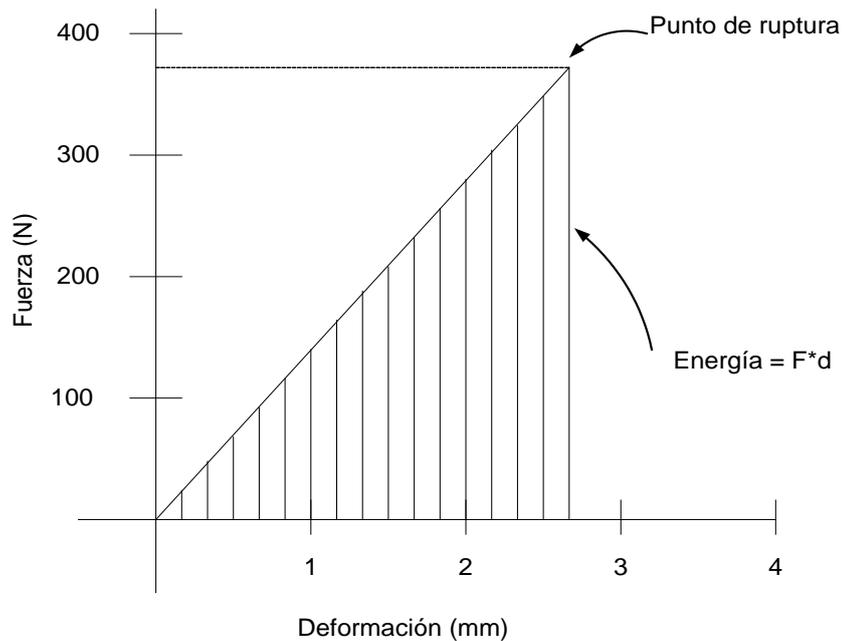


Figura 3.1, Curva de esfuerzo-deformación obtenida desde un análisis de compresión (ASAE standard, 1995)

3.3.- Criterios para la elaboración del mecanismo por rodillos para la maquina quebradora de piñón de operación manual.

- 1.- Se requiere un contenido de humedad del 8.9 % para una buena rotura y obtención de la nuez de piñón entera.
- 2.- El rango de deformación va desde 0.82 mm a 1.14 mm que es el requerido para la rotura del piñón en diferentes posiciones.
- 3.- Para obtener una buena calidad en rotura depende mucho del tipo de dosificación y la uniformidad de la semilla e incluso clasificarla.
- 4.- La fuerza de compresión necesaria para la rotura de la semilla en diferentes posiciones se clasifica dentro de un rango de 160 N a 305 N.
- 5.- La adecuación general de una tolva para la dosificación uniforme de la semilla.
- 6.- La fuerza necesaria para la rotura del piñón en la posición 1 (figura 3.1) está entre un rango 175.83 N a 229.78 N o 39.528 lb_f a 51.656 lb_f respectivamente considerando el porcentaje de humedad de la semilla.

7.- La fuerza necesaria para la rotura del piñón en la posición 2 (figura 3.3) está entre un rango 185.72 N a 316.42 N o 41.75 lb_f a 71.135 lb_f respectivamente considerando el porcentaje de humedad de la semilla.

8.- La fuerza necesaria para que una persona de pie pueda operar una maquina con manivela es de 120 a 130 lb_f. Y sentada necesita una fuerza en torque de 35 a 40 de torque.

En el cuadro 3.1, se muestran dos pruebas realizadas en dos tipos de orientaciones para el quebrado de la semilla cada una con 10 repeticiones considerando un porcentaje de humedad en la semilla del 8.9 %, esto se realizo para obtener resultados sobre fuerzas (N), deformación de la semilla (mm) y la energía requerida para quebrar la semilla y obtener la nuez limpia.

Cuadro 3.1 Pruebas de rotura de la semilla de piñón en dos tipos de orientaciones con 10 repeticiones.

PRUEBA	% WB	ORIENTACION	REP.	FUERZA (N)	DEFORMACION (mm)	ENERGIA (Nm)
			1	229.78	1.16	0.1582
			2	282.3	1.20	0.1784
			3	364.64	1.32	0.2671
			4	279.64	1.31	0.2070
1	8.9	1	5	234.21	1.13	0.1541
			6	211.98	1.05	0.1307
			7	180.95	0.71	0.0728
			8	310.41	1.39	0.2468
			9	175.83	0.96	0.6640
			10	310.63	1.36	0.2464
			PROMEDIOS	258.037	1.159	0.23255

PRUEBA	% WB	ORIENTACION	REP.	FUERZA (N)	DEFORMACION (mm)	ENERGIA (Nm)
			1	271.83	1.12	0.1672
			2	213.63	1.11	0.1225
			3	253.37	1.74	0.1492
			4	316.42	1.29	0.2134
2	8.9	2	5	269.46	1.03	0.1477
			6	274.7	1.35	0.1906
			7	244.06	1.42	0.1452
			8	230.5	1.18	0.1366
			9	185.72	0.8	0.0896
			10	236.8	1	0.1261
			PROMEDIOS	249.649	1.204	0.14881

Fuente: Análisis realizada por Menchaca Lara, 1996.

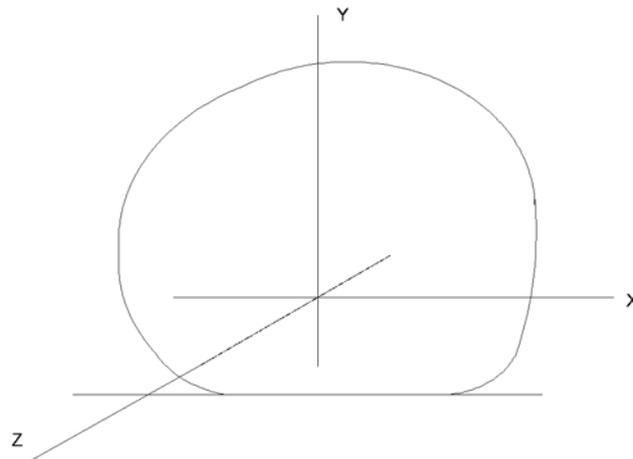


Figura 3.2 Vista de la orientación 1 de la semilla de piñón.

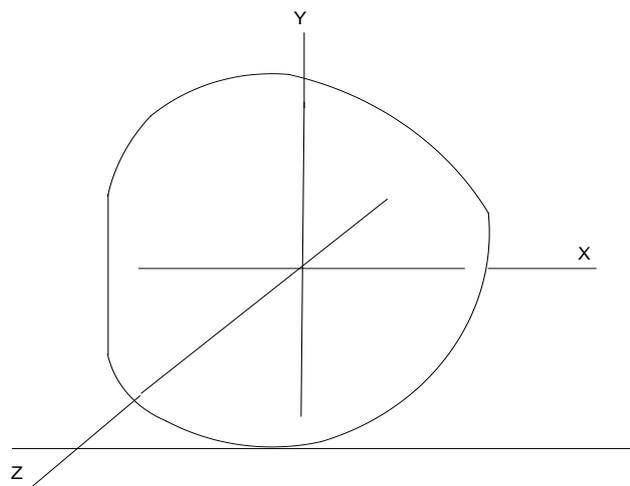


Figura 3.3 Vista de la orientación 2 de la semilla de piñón.

3.4.- Fases del proceso de diseño

A menudo se describe el proceso total de diseño (desde que empieza hasta que termina), principia con la identificación de una necesidad y con una decisión de hacer algo al respecto. Después de muchos bosquejos, el proceso finaliza con la presentación de los planes para satisfacer tal necesidad (Shigley, 1990).

Dentro del diseño se considera primero la materia prima que se utilizara para la elaboración poder obtener el prototipo de una maquina quebradora de piñón operada manualmente que sea eficiente en el quebrado.

A continuación se describen los elementos que integran el diseño de la máquina quebradora de piñón manual.

3.4.1.- Rodillos

Los más frecuentes son los de igual velocidad en ambos cilindros. Consisten en dos rodillos lisos enfrentados y separados una cierta distancia que giran en sentidos opuestos movidos por dos motores independientes.

Los rodillos llevan una camisa de acero al manganeso como protección al desgaste. Uno de los rodillos va montado sobre una base que hacen de sistema de seguridad, el otro rodillo va montado sobre unos soportes con tornillos que permiten regular su posición respecto al anterior.

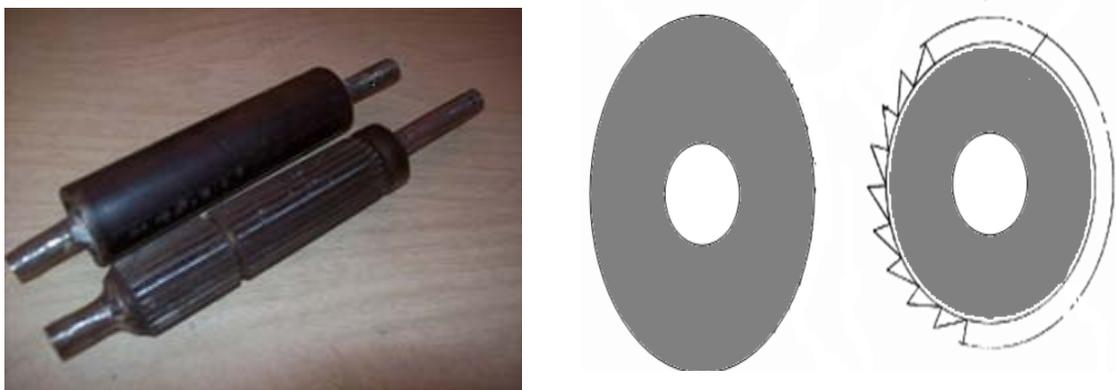


Figura 3.4.- Rodillos (liso y dentado) y formas de corte por compresión.

Las semillas de piñón caen, pasando entre los rodillos y son quebrados o partidos por compresión. Esta máquina se puede alimentar moderadamente o “en una capa” que produce nueces enteras aumentando así la eficiencia de la misma.

3.4.2.- Alimentador o tolva

Se denomina tolva a un dispositivo destinado a depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados. En muchos casos, se monta sobre un chasis que permite el transporte.

La tolva se coloca en la entrada para alimentación de materiales que se desea procesar. Es importante en los procesos de tecnología, pues permite una dosificación de material homogénea que se refleja en la calidad del producto obtenido.



Figura 3.5 Alimentador o tolva.

Es fundamental para diversos procesos industriales de muchas índoles en la actualidad. ("<http://es.wikipedia.org/wiki/Tolva>")

3.4.3.- Base o cuadro base.

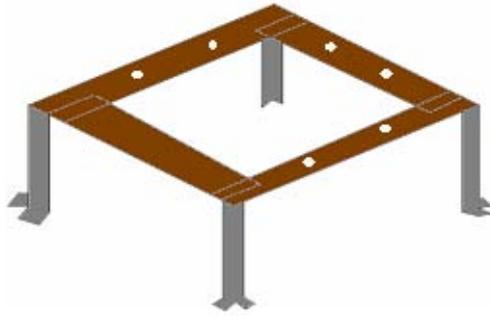


Figura 3.6 Base o mesa.

La base generalmente se utiliza para fijar los elementos que conforman la máquina para obtener un mejor desempeño en las actividades, en este caso se utilizará para sujetar la tolva, además de los ángulos con los rodamientos y rodillos, los cuales servirán para el cascado de la nuez del piñón piñonero.

3.4.4.- Guarda o cubierta de los engranes y rodillos.

Generalmente este protector se coloca en las máquinas para que ningún operador esté en riesgo de algún accidente, en este caso se utilizará para cubrir los rodillos y engranes para que ni por accidente introduzcan los dedos o incluso las manos y se puedan mutilar los dedos al estar en movimiento los rodillos y engranes.

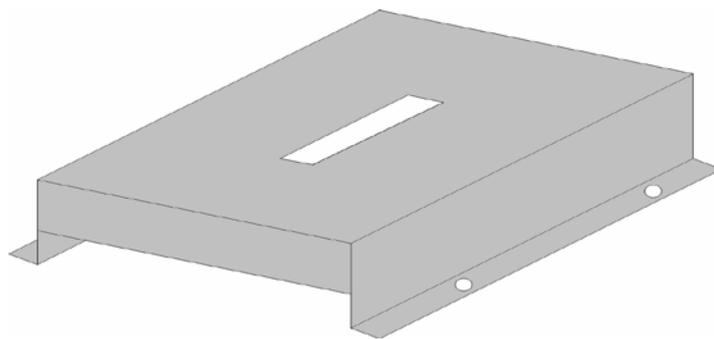


Figura 3.7. Guarda o cubierta de los engranes y los rodillos

3.5.- Metodología del Diseño.

Diseñar es formular un plan para la satisfacción de una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan propicia la creación de algo que tiene una realidad física, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se pueda fabricar y comercializar. (Shigley y Mischke, 2002).

La metodología utilizada para el rediseño de esta máquina, es la del diseño en ingeniería mecánica de los autores mencionados anteriormente.

En el desarrollo de esta metodología de diseño también se apoyará con el software de dibujo y otros software: Paint, Excel, Word, MICROSOFT VISIO 2003, diagramas de procesos industriales.

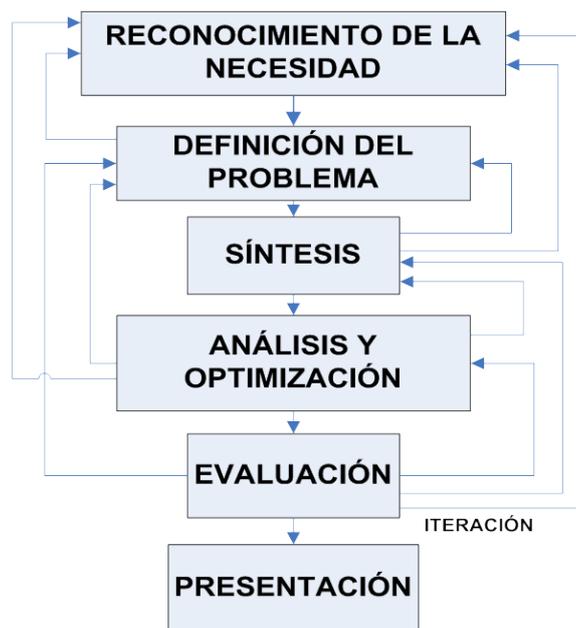


Figura 3.8 Procedimiento Metodológico para el diseño (Shigley / Mischke, 2002).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.- Condición Inicial

Este trabajo fue elaborado dentro del taller del patio de maquinaria agrícola en conjunto con el Departamento de Maquinaria Agrícola ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en Buenavista Saltillo, Coahuila, siendo éste el rediseño de una máquina quebradora de piñón y elaboración del prototipo.

4.2.- Materiales Usados

- Lamina de calibre 14 y 16, 19.69 pulgadas de largo y 7 pulgadas de ancho cada una.
- Angulo de 2*3/16 pulgadas.
- Trozo de varilla lisa de 5/8 de pulgada de diámetro por 20 pulgadas de largo.
- Retazos de solera de 1/8 *4 pulgadas.
- 6 tornillos de 5/16 de diámetro por 1 pulgada de largo, con tuercas y arandelas.
- Engrane de 21 dientes, diámetro interno 1/2 pulgada y externo de 1.9039 pulgadas contando la altura de los dientes, altura de dientes 0.3343 pulgadas.
- Remaches Rivets 1/8 * 1/4 de pulgada.
- Una manivela completa de un molino manual para nixtamal.
- Engrane de 12 dientes, diámetro interno 1/2 pulgada y externo de 1.1299 pulgadas contando la altura de los dientes, altura de dientes 0.3118 pulgadas.

- Tubo liso de 1.3441 pulgadas de diámetro por 5.114 pulgadas de largo.
- Rodillo dentado (parte de una flecha de automóvil) de 1.1783 pulgadas de diámetro y largo de 5.140 pulgadas con 27 estrías.
- Varilla para soldar (soldadura para aceros especiales EUTECTRODE 680 CA-CD y varillas para soldar aleación estándar VERSA-T E6013).
- Perno o pasador de sujeción de acero 0.124 pulgadas de diámetro y largo de 1.423 pulgadas para la unión del eje con la manivela.
- Perno o pasador de sujeción de acero de 0.124 pulgadas de diámetro y largo de 1.617 pulgadas que sujeta al engrane con la manivela.
- Perno o pasador de sujeción de 7/64 de diámetro, para el eje y el engrane chico y poder dar movimiento.

4.3.- Maquinaria y Equipo Utilizado

- Máquina para soldar eléctrica LINCOLN ISSA 320.
- Cortadora eléctrica 14" abrasiva de disco, a 3900 rpm.
- Esmeril de mano
- Esmeril de banco
- Arco y Segueta
- Taladro de pedestal
- Taladro de mano
- Prensa de presión

Considerando las especificaciones del cuadro 4.1, del tipo de acero, el rodillo estriado (parte de una flecha de transmisión automática) quedo de 1.1783 pulgadas de diámetro y 5.140 pulgadas largo, con 27 estrías; se obtuvo de cortar la parte estriada de la flecha de transmisión automática, con la segueta manual y emparejar con la cortadora eléctrica de disco y el esmeril de banco, de manera que quedara a la medida a utilizarse; se le añadió soldando con soldadura especial en ambos extremos un eje de varilla lisa de 5/8 pulgada de diámetro y 2.421 pulgadas de largo en un extremo y en el otro extremo de 2 pulgadas de largo.

4.4.- Diseñar el prototipo de la máquina quebradora de piñón manual.

4.4.1.- Criterios de diseño

Estos criterios se seleccionaron de acuerdo a las características que deseamos que tenga nuestro proyecto.

- Fácil calibración. La fácil calibración se obtendrá con un ajustador pegado a la base donde van los rodillos que será un tornillo unido a una tuerca encontrada con una arandela al otro lado fijado a un rodamiento que se une a través de este al eje rodillo para que de el ajuste al tamaño de semilla a quebrar.
- Eficiente y eficaz. Que el quebrado del piñón sea uniforme y entero para poder ofertar el producto con calidad.
- Económico (de bajo costo). Que los materiales para la construcción se puedan encontrar fácilmente en fierro viejo, y otros en ferretera.
- Fácil de desarmar. Se pretende que la máquina se pueda desarmar sin necesidad de un experto para el armado de nueva cuenta.
- Fácil manipulación. En este caso, quien opere la máquina pueda ser cualquier persona y sin ningún riesgo expresado por la máquina.
- Fácil traslado. Que por el peso y el tamaño que tiene la máquina pueda ser llevado a cualquier parte por el operador para realizar las actividades correspondientes.
- Ruido. Se pretende que la máquina no provoque ruido para que el operador de la misma pueda estar tranquilo y trabajar un tiempo considerado con ella y que no moleste con el ruido a alguien más.
- Durabilidad. Considerando las especificaciones de los materiales a usar, la resistencia al corte, fatiga, y al desgaste por fricción, entre otras

cosas la resistencia a la compresión de la semilla de piñón, se pretende que con esta máquina puedan estar trabajando un tiempo considerable y que la maquina tenga una vida útil de 5 años en promedio, para que los productores de piñón estén satisfechos con el desempeño de la misma.

4.5.- Métodos (Procedimientos)

Diseño del sistema de quiebra de la máquina quebradora de piñón manual.

4.5.1.- Rodillos

Para la obtención de los rodillos se consideraron las siguientes características: para el rodillo estriado se tomo en cuenta la parte de la flecha de 27 estrías, con un diámetro exterior de 1.178 pulgadas tomando en cuenta la altura de los dientes, y 0.1377 pulgadas de distancia entre diente y diente, considerando que con las dimensiones de las estrías se podría ejercer mayor contacto con la semilla de piñón al efectuarse la compresión entre los rodillos, ya que los piñones se encuentran entre un rango de 5.63 a 7.90 mm en promedio el tamaño.

Este rodillo se utilizo con la finalidad de que las estrías puedan inducir a los piñones entre los rodillos para poder romper la cáscara por compresión. Considerando que éste acero es uno de los mejores aceros grado maquinaria por su alto contenido de aleación, posee una excelente y profunda templabilidad, buena tenacidad y ductilidad y por su elevada resistencia a la tensión puede usarse en piezas sujetas a severos esfuerzos.

Cuadro 4.1 Propiedades mecánicas del acero AISI 4340

	RESISTENCIA A LA TENSION (Kg/cm2)	PUNTO DE CEDENCIA (Kg/cm2)	% ELOGACION EN 50.8 mm	REDUCCION DE AREA	DUREZA BRINELL
Recocido (815°C) 1"Ø	7595	4815	22	50	217
Normalizado (870°C)					
1"Ø	13045	8790	12	36	363
2"Ø	12430	8050	13	37	341
4"Ø	11320	7245	13	36	321
Templado (840°C) y Revenido (540°C)					
1"Ø	12300	11675	14	46	352
2"Ø	11955	11215	16	55	341
4"Ø	11585	10215	15	53	331

Fuente: Aceros al carbón y aleaciones F:\IIRSACERO S_A_ de C_V_ - AISI 4340.mht

Se considero un rodillo no estriado para que al momento de quebrar el piñón no se maltrate la nuez obtenida tomando en cuenta que tiene un diámetro mayor que el estriado para obtener la distancia necesaria para que el piñón pase entre los rodillos y poder quebrar la semilla de piñón. El rodillo no estriado se obtuvo de un tubo liso de acero AISI 1060 con la siguiente composición química 0.55/0.65 % de Carbono (Ca), 0.60/0.90 % de Manganeso (Mn), 0.15/0.30 % de Silicio (Si), con un P max. De 0.04 % y un S max. 0.05 %.

Este tipo de aceros se utilizan donde hay mucho desgaste y se considera que tiene una alta resistencia a la tensión y resistencia al desgaste por fricción, por ello se tomo en cuenta cortar un tubo de acero de este tipo con las siguientes características: 1.3441 pulgadas de diámetro por 5.114 pulgadas de largo, que se le añadió dos tapones de fierro a presión en ambos extremos soldados con dos extensiones de varillas lisas de 5/8

pulgada de diámetro y 2 pulgadas de largo, para formar el eje. Estos dos al ser movidos por la manivela a través del eje del rodillo estriado permite que se muevan los engranes encontrados produciendo un giro de tal forma que cuando el piñón pase por en medio de los rodillos se quiebre y se obtenga la nuez del piñón.

Los rodillos fueron elegidos de acuerdo a las dimensiones que queríamos que tuviera la máquina considerando también, las dimensiones de los piñones para poder obtener la rotura correcta y alcanzar con la maquina un grado de eficiencia alto.

4.5.2.- Rodamientos

Los rodamientos fueron seleccionados de acero AISI 1045 con la composición química siguiente: 0.43/0.50% de carbono (C), 0.60/0.90% de Manganeso (Mn), 0.15/0.30% de Silicio (Si), P max. 0.04% y un S max. 0.05%, ya que se necesita que tenga una gran resistencia al desgaste por fricción ya que hace contacto con el eje del rodillo al momento que gira, los rodamientos elaborados en maquila particular fueron 4 de diámetro interior de ½ pulgada y exterior de 1 pulgada; y de ancho variable dos de 0.5906, uno de 0.5118 y otro de 0.2756 pulgadas en maquila particular. Los dos de 0.5906 pulgadas se soldaron en los extremos pegados a los orificios por donde corre el eje del rodillo estriado, aun lado del rodamiento el engrane grande, luego el rodamiento de 0.2756 pulgadas como separador entre el engrane y la manivela considerando el largo del perno, donde estos dos están unidos a través del perno, atravesando la manivela y el engrane para poder dar movimiento al encuentro de los dos engranes; los rodamientos se utilizaron para evitar desgastes por fricción entre el eje y la base donde corre el eje de cada rodillo y así, poder obtener una vida útil mayor de la maquina. El rodamiento de 0.5118 pulgadas se soldó a la otra base a través de una tuerca con tornillo de 5/16 para dar ajuste a la abertura de los rodillos para poder separar o unir dependiendo del tamaño de las semillas quedando como rodamiento del eje del rodillo no estriado.

4.5.3.- Engranés

Se consideraron engranes ya elaborados considerando las mediciones hechas de las semillas de piñón y el diámetro de los rodillos previamente estableciendo la abertura entre estos dos únicamente se ajustaron los engranes correspondientes ya con dos del mismo tamaño no daba el ajuste para poder quebrar la semilla del piñón, quedando ajustados de tal forma como se explica como sigue: un engrane de 21 dientes, de diámetro interno $\frac{1}{2}$ pulgada y externo de 1.9039 pulgadas contando la altura de los dientes, altura de dientes 0.3343 pulgadas y otro de 12 dientes, diámetro interno $\frac{1}{2}$ pulgada ajustándolo y externo de 1.1299 pulgadas contando la altura de los dientes, la altura de dientes es de 0.3118 pulgadas. Considerando las distancias entre centro y centro de los engranes permitió que los rodillos al girar quiebren homogéneamente al piñón. El engrane de 21 dientes se taladro con broca de $\frac{3}{32}$ a una distancia de 0.4724 pulgadas del centro del eje cruzando todo el engrane para colocarle un perno o pasador unido a la manivela y poder darle giro. El engrane de 12 dientes se fijó al eje a través de un perno de acero con diámetro de $\frac{7}{64}$.

4.5.4.- Base para los rodamientos o donde gira el eje del rodillo.

Se utilizaron dos bases de ángulo de $2 \times \frac{3}{16}$; uno con dos perforaciones con taladro de base con broca $\frac{5}{16}$ a una distancia de 1.541 pulgadas entre orificios, y en el ancho dos perforaciones con broca $\frac{1}{2}$ a una distancia entre orificios de 1.38 pulgadas al centro de cada orificio. Y la otra con dos perforaciones con taladro de base con broca $\frac{5}{16}$ a una distancia de 1.77 pulgadas, y en el ancho dos perforaciones con broca, uno de $\frac{1}{2}$ y un orificio con broca de $\frac{3}{4}$ para ajustar la distancia entre los rodillos considerando las dimensiones del piñón a quebrar.

Para realizar las perforaciones de cada una de las bases, así como, para la obtención de los engranes y rodillos; se consideraron los datos del cuadro 4.2, (Anexo A1).

Cuadro 4.2 Promedios de las dimensiones de piñones con cáscara.

Dimensiones	Largo	Alto	Ancho	
			Max.	Min.
MAX.	14.72	8.33	9.62	7.40
PROM.	12.57	7.01	7.90	5.63
MIN	10.36	5.57	6.22	4.16

Fuente: Elaboración propia considerando la medición de 100 semillas de piñón con cáscara.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1.- Características generales del prototipo diseñado.

Siguiendo los objetivos a alcanzar en el desarrollo de este proyecto de rediseño de elaboración del prototipo de una máquina quebradora de piñón manual, se obtuvieron los siguientes resultados.

En base el objetivo general, si se logro rediseñar la máquina quebradora de piñón manual, y la elaboración del prototipo. Obteniendo como resultado la máquina mostrada en la figura 5.1.



Figura 5.1 Máquina quebradora de piñón manual.

Basado en los objetivos específicos resultaron lo siguiente.

Se logró el diseño la máquina como se ve en la figura 5.1 de arriba, con las siguientes dimensiones; 30 cm de altura, 19 cm de ancho y 26 cm de largo, y un peso de 6.540 kg.

La elaboración del prototipo se hizo con los materiales especificados en el apartado 4.2 y el método de elaboración se dio considerando dimensiones de la semilla del piñón a quebrar siendo este un promedio considerando 100 semillas medidas, largo de 12.57 mm, ancho máximo 7.01 mm, grosor de semilla 7.90 mm y ancho mínimo 5.63 mm, considerando este último la medida de la punta del piñón. Quedando la abertura de los rodillos de 5.63 a 7.90 mm ya que la rotura del piñón se da por compresión en la parte más gruesa de esta, por la colocación de la semilla al caer entre los rodillos dosificado las semillas de piñón de 2 en 2 a través de la tolva.



Figura 5.2 Visibilidad de apertura de los rodillos.



Figura 5.3 Máquina sin cubierta.

La máquina quebradora de piñón obtenida es de bajo costo, siendo este de \$ 600 pesos totales

Con respecto a la quiebra de la semilla del piñón, se obtuvieron los siguientes datos: realizando 50 pruebas cada una de 10 semillas.

La máquina quiebra la semilla, en el grosor de ésta; encontrando un promedio de 0,8948 mm de grosor de la cáscara considerando la medición en 20 cascaras (cuadro, A2), siendo el punto donde se rompe.



Figura 5.4 Cascaras de semillas de piñón piñonero

Realizándose tres pruebas de cada quiebra ajustando la tuerca al tornillo unido al rodamiento del eje del rodillo no estriado se obtuvo, que si abrimos la distancia entre los rodillos a través de él, de 6.765 mm a 7.4 mm, se obtiene una eficiencia de la máquina al quebrar el piñón del 80 % en promedio de 500 semillas quebradas obteniendo de esto 400 nueces limpias (enteras), 16 nueces partidas a la mitad, 10 nueces quebradas la punta, 12 maltratadas en la parte más ancha de la nuez, 18 nueces partidas a la mitad (a lo largo de la nuez), y 42 semillas que se pasaron enteras, considerando que si éstas últimas se vuelven a pasar entre los rodillos modificando la abertura se obtendría mayor eficiencia, porque en la abertura antes mencionada, los piñones chicos de diámetro menores a 6.00 mm no pasan enteros y que en los mayores a 7.8 mm no se maltrate la nuez, saliendo la nuez entera como se ve en la figuras 5.5, se considera también que las semillas partidas a la mitad tanto longitudinal como en lo ancho son rotas así porque son semillas que tienen un diámetro mayor a 9 mm, los que se quiebran la punta es por la fricción entre puntas de las semillas, y las semillas que se pasan sin quebrarse son las de diámetros menores.



Figura 5.5. Piñones quebrados y nueces obtenidas.

Respecto al peso de las semillas de los piñones, realizando 4 tipos de pesadas (50 semillas) se encontraron los siguientes resultados:

De 50 semillas pesadas con cáscara en promedio resultaron 17.22 gr. totales: de los cuales, 5.99 gr. de nuez comestible y 11.23 gr. de cáscara en promedio y que en 1 kg, se tendrían 2, 904 semillas aproximadamente, de las cuales se obtendrían 347.889 gr. de nuez comestible en promedio.

En otra prueba se pesaron 20 semillas con cáscara que en promedio pesan alrededor de 0.34 gr cada semilla, obteniendo 14 gr. de nuez comestible y 20 gr. de cáscara por semilla. Por lo tanto se obtendrían aproximadamente 2,941 semillas en promedio por kilogramo.

Dentro último objetivo se tiene que si se puede obtener la nuez de la semilla del piñón entera dándonos como resultado una eficiencia del 80 % en promedio esta máquina.

Se tiene en promedio 2922 semillas por kilogramo considerando la pesada de 1 y 50 semillas en 10 pesadas, y se obtendrían alrededor de 347.889 gr. a 411.74 gr de nuez comestible para venta, por cada kilogramo de semilla respectivamente.

En resumen se tiene que si un kilogramo de semillas de piñón se venden alrededor de 60 pesos con cáscara, obteniéndose 347.889 gr. de nuez comestible, sí esto se vende nos daría aproximadamente \$208.73, considerando que el precio de esta sin cáscara esta alrededor de \$600.00 pesos que ganaríamos al vender la nuez, \$ 148.73 pesos en promedio por kilogramo vendido considerando la eficiencia de la máquina.

5.2.- Especificaciones del prototipo.

5.2.1.- Alimentador (Tolva)

La tolva o alimentador se elaboró con lámina galvanizada calibre 14, la cual se hicieron por piezas, dos triángulos de 2.378 * 4.237* 3.57 pulgadas, una pieza de ancho 1 de 2.793 pulgadas y ancho 2 de 3.067 pulgadas, largo de 2.60 pulgadas. 2 trapecios de 1.95 arriba y base de 0.941, largo de 2.47, estas piezas se unieron a través de remaches de 1/8* ¼, quedando armada con una capacidad de 200 gr llena la tolva, considerando las dimensiones del piñón en promedio de 14.72 mm de largo, con un grosor de la semilla de 7.90 mm llegando a obtener en promedio 585 semillas de piñón en los 200 gr a tolva llena.

5.2.2.- Guarda o cubierta de los engranes y rodillos

Se elaboró con lámina calibre 16 ya que esta permite doblarla fácilmente dándole el acabado deseado, así pude medir y cortar la lamina quedando de 4.53 pulgadas de ancho, alto de 2 pulgadas, largo de 7.5 pulgadas, y al centro de esta paralela a los rodillos un rectángulo de ½ * 2.5 pulgadas, que es donde va sentada la tolva de alimentación. Los laterales de 1 pulgada con dos orificios de 7/16 en cada lado para sujetarla a la base principal.

5.2.3.- Bases para el rodamiento de los rodillos

La base se elaboró con ángulo estándar de 2*2* 3.34 pulgadas, en el cual se soldaron los dos rodamientos encontrados con los agujeros labrados en el ángulo para que se obtuviera como rodamientos de los ejes de los rodillos, y así evitar desgastes por fricción.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Dentro del primer objetivo se logra rediseñar y elaborar el prototipo de la máquina quebradora de piñón, siendo ésta de bajo costo, con una composición estructural sencilla y puede ser manipulada fácilmente, esto se logró, gracias a la metodología de diseños y a la obtención de la materia prima para la elaboración del prototipo y al tipo de mecanización de la misma.

En el objetivo dos, para la evaluación de la máquina se realizaron 50 pruebas de quiebra (10 semillas cada una), con el prototipo obteniendo un grado de eficiencia al quebrar el piñón del 80 %, ya que de 500 semillas quebradas se obtuvieron 400 nueces limpias (enteras), 16 nueces partidas a la mitad, 10 nueces quebradas la punta, 12 maltratadas en la parte más ancha de la nuez, 20 nueces partidas a la mitad (a lo largo de la nuez), y 42 semillas que se pasaron enteras, considerando que si éstas últimas se vuelven a pasar entre los rodillos modificando la abertura se obtendría mayor eficiencia pero en segunda quiebra, considerando el 8.9 % de humedad en la semilla.

En base a los resultados obtenidos puedo explicar que si conviene a los productores de piñón que obtengan una máquina para quebrar el piñón ya que así pueden generar mejores ganancias para sus familias considerando que esta máquina tiene un alto grado de eficiencia, y si comparamos con la maquina diseñada por Menchaca en 1996, la eficiencia es 70 el diseño a 80 % el rediseño; y la energía utilizada en el rediseño es manual tomando en cuenta el ahorro de energía eléctrica además de la diferencia en costos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que la alimentación a la tolva sea de forma continua pero dosificada, para que no produzca dentro de la tolva un apelmazamiento de las semillas y así poder evitar mayores esfuerzos al quebrar la semilla y que al final de la jornada se limpie tanto tolva como rodillos que no queden residuos de nuez ni semillas.

Se recomienda que la máquina sea fijada para evitar que al momento de trabajar con ella no ocurra ningún accidente.

Se recomienda que en la parte de los ejes de los rodillos donde tiene contacto con los rodamientos se lubrique dependiendo del tiempo de trabajo puede ser diario o cada dos días para evitar los desgastes por fricción en la máquina.

Que la alimentación del torque a la manivela sea de forma constante hasta terminar la semilla de la tolva, ya que si se deja con semillas entre los rodillos se puede producir un exceso de fuerza para continuar con la operación de la máquina.

Se recomienda que se seleccionen las semillas por tamaños para obtener mejores resultados en cuanto a eficiencia de la máquina para quebrar el piñón.

VII. LITERATURA CITADA

Almaraz Bocanegra (1992), El Pino Piñonero (*Pinus Cembroides* Zucc). En el Estado de Coahuila. Monografía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Braga G.C., Cuoto S.M., Hara T. 1995, Mechanical Behavior of Macadamia Nut Under Compression Loading. ASAE Paper No. 956640. International Meeting. Chicago, 1995.

Caballero D.M. Y Ávila R.R. (1989), Importancia Actual Y Potencial de los Pinos Piñoneros En México. Cifap-D.F III. Simposium Nacional Sobre Pinos Piñoneros, UAAAN, Inifap, Saltillo, Coahuila, México.

Cárcel 2004, Relación entre el Contenido en Agua y las Propiedades Físicas del Piñón de *Pinus Pinea* L. Que Intervienen en el Proceso de Cascado, E.T.S. de Ingenierías Agrarias.

Caro, M.P. 1995. Producción y Dispersión de Semillas de *Araucaria Araucana* (Mol.) C. Koch, en Lonquimay. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal. Departamento de Silvicultura. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agrarias Y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.

Cibrián T.D. (1985), Insectos en los Pinos Piñoneros de México U.A.Ch., México, I. Simposium Nacional Sobre Pinos Piñoneros, U.A.N.L., Unidad Linares, N.L. México.

Devies Cornelius. (1963), Maquinaria Agrícola, 2ed. Ediciones Aguilar, S.A.

- Cibrián T.D. Y Méndez M.T., (1989), Manejo de Plagas Forestales en la Producción de Piñoneros. U.A.Ch. de México, II. Simposium Nacional Sobre Pinos Piñoneros. Cemca, U.A.Ch. Y Centro de Genética Forestal, México, D.F.
- D.G.P.F. (1978), Información Proporcionada por las Jefaturas del Programa Forestal de los estados Productores de piñón piñonero. Tomado de la Dirección General de Política Forestal, S.A.R.H. México (1989).
- Eguilúz P.T., A. Niembro R. Y P.M. Pérez R., (1985). Estudio Morfológico de las Semillas de Siete Especies de Piñoneros. I. Simposium Nacional Sobre Pinos Piñoneros, U.A.N.L. – Unidad Linares, N.L. México.
- Eguilúz P.T. (1978), Evolución de los Pinos Piñoneros Mexicanos. U.A.Ch. México. II. Simposium Nacional Sobre Pinos Piñoneros. Cemca, U.A.Ch., Y Centro De Genética Forestal, México, D.F.
- García Gaytan (1990), Diseño Y Construcción de una Maquina Picadora de Forraje Portátil. Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- García Moya E (1985), Estado Actual de Conocimiento de los piñoneros. I Simposium Nacional Sobre Pinos Piñoneros, CEMCA, U.A.CH. y Centro de Genética Forestal, México, D.F.
- García Moya E. (2006), Evaluación de la Producción y Análisis de Conos y Semillas de Pinus Cembroides Zucc. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Julio-diciembre año/vol. 12, numero 002, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México. pp. 133-138.
- Harris A.G., Munkle, T.B. And Shaw, J.A. (1974), 2ed.Editorial Acribia, Zaragoza España.

- Infor, 2002. Informe 1ª Gira Tecnológica Proyecto Innovación Tecnológica Y Comercial de Productos Forestales no Madereros (Pfm) En Chile. Project Fondef-Infor-Intec Dooi1041.
- Lincoln Electric (1994). The Procedure Handbook of Arc Welding. Cleveland: Lincoln Electric. ISBN 99949-25-82-2.
- Martínez M. (1948), Los Pinos Mexicanos. Ediciones Botas, Segunda Edición, México, D.F.
- Menchaca Lara (2006), Analysis of the Physical and Mechanical Properties of the Pine Nuts as Criteria in the Design of a Pine Nut Sheller, (test mastery), Page. 60.
- Miranda y Hernández X. (1963), Localización de los Piñoneros Mexicanos entre los Tipos Climáticos.
- Mohsenin N.N. 1986, Physical properties of plants and animals materials. ch.1, 1-10, Gordon and Breach Science Publishers, Inc. New York.
- Passini M.F. (1985), Algunas Consideraciones Acerca De Los Pinos Piñoneros De México. I Simposiun Nacional Sobre Pinos Piñoneros, U.A.N.L. Unidad Linares, México.
- Pearson T.C. Slaughter D.C. Studier H.E. 1994, Physical Properties of Pistachio Nuts. Transactions of the ASAE, 37(3): 913-918.
- Robert M.F. (1977), Notas Sobre El Estudio Ecológico Y Fitogeografico de los Bosques de Pinus Cembroides Zucc, en México. Ciencia Forestal 2(10): 49 – 58.
- Rodríguez I. (2006), Eficiencia del Quebrado Y el Cascado de la Nuez Pecanera para obtener un valor agregado al producto. Memoria profesional para titulación Pág. 27

Sarig Y., Grosz F., Rasis S. 1980. The Development of a Mechanical Cracker for Macadamia Nuts. J. Agric. Eng. Res. 25:367-374.

Shelef I. Mohsenin N.N. (1996), Effect of Moisture Content on Mechanical Properties of Shelled Corn. Cereal Chem. 46:242-253.

Shigley J.E., Mischke C.R. 1989, Mechanical Engineering Design. First edition. McGraw-Hill Publishing Company. New York.

Tacón A., Fernández U., Y Ortega F. 2000. El Mercado de los Pfnm Y su Papel en la Conservación de la Ecorregión de los Bosques Valdivianos. Red de Productos Pfnm de Chile. Proyecto Fb 80. Wwf-Codeff.

Weman, Klas (2003). Welding processes handbook. New York: CRC Press LLC. ISBN 0-8493-1773-8

VIII. PÁGINAS WEB CITADAS

http://www.cibernetia.com/tesis_es/ciencias_tecnologicas/tecnologia_de_los_alimentos/propiedades_de_los_alimentos/1.

blog.Reforestamosmexico.Org/?P=87 - 15k

<http://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Pi%C3%B1%C3%B3n>

http://Www.Mexicoforestal.Gob.Mx/Nuestros_Arboles.Php?Id=6

http://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Pinus_Pinea).

<http://Www.Infor.CI/Webinfor/Pw-Sistemagestion/Pfnm/Mercado/Txt/Pinon.Htm>

<http://www.ntnmexico.com.mx/pages/spanish/chumaceras.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Tolva>

<http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/cienciamateriales/capitulo1.htm>

www.angelfire.com/pro2/resmat/U02/01diagramaesfuerzo/diaesf.htm - 24k

IX. ANEXOS

ANEXO A

Cuadro A1.- Dimensiones de piñones tomando en cuenta el ancho máximo y mínimo, así como el largo y grosor (mm).

No	Largo	Ancho máx.	Grosor semilla	Ancho min.
1	13.15	6.54	7.00	5.00
2	12.85	6.95	8.10	6.20
3	12.00	7.28	6.80	5.00
4	13.22	7.42	9.00	6.00
5	12.60	6.35	7.92	5.00
6	12.58	6.35	7.92	5.35
7	13.20	7.88	8.10	6.00
8	12.54	6.50	6.36	5.00
9	11.90	6.05	6.70	5.10
10	13.75	6.83	7.44	5.16
11	12.90	7.50	6.22	5.00
12	12.60	7.08	7.82	5.00
13	14.72	6.75	8.15	5.00
14	12.52	7.10	8.80	6.00
15	12.74	7.62	8.00	6.00
16	12.56	6.56	7.56	5.06
17	14.62	7.46	9.24	6.90
18	12.52	6.72	8.24	6.68
19	11.77	6.64	7.39	5.20
20	12.70	6.52	7.32	5.80
21	12.80	7.08	7.66	5.52
22	12.70	7.90	9.20	6.00
23	11.94	7.24	7.82	7.40
24	11.60	6.61	7.00	5.62
25	12.58	7.40	8.70	5.00
26	12.80	8.15	8.58	5.00
27	12.00	6.91	7.88	6.32
28	12.28	7.26	7.80	4.58
29	12.24	6.68	7.21	5.65
30	13.62	7.07	8.38	5.80
31	13.02	7.67	8.59	6.21
32	12.53	7.24	8.72	6.25
33	13.70	8.33	9.24	7.30
34	12.28	7.22	8.28	7.00
35	14.30	6.52	7.58	6.20
36	11.75	5.72	7.76	7.40
37	13.90	7.04	7.78	5.68
38	14.22	7.60	7.50	5.30
39	13.46	7.20	9.56	7.40
40	12.90	7.24	8.00	5.46
41	12.00	7.18	7.79	6.00
42	13.00	7.06	7.68	7.10
43	11.10	7.02	7.86	5.42
44	12.70	7.40	8.44	6.34
45	13.12	7.90	8.70	5.60
46	13.74	8.20	9.20	6.38
47	13.29	7.92	8.34	5.32

No	Largo	Ancho máx.	Grosor semilla	Ancho min.
48	11.56	6.48	7.00	5.00
49	11.18	6.88	7.18	5.00
50	13.90	8.32	9.12	7.00
51	13.46	8.24	8.36	5.42
52	12.12	6.82	7.00	5.00
53	13.23	7.71	9.08	5.50
54	12.19	7.48	7.64	5.00
55	12.86	6.86	8.16	5.60
56	11.71	7.35	7.90	6.20
57	12.35	6.68	8.06	5.62
58	13.20	6.50	7.76	5.80
59	13.08	6.94	8.56	6.40
60	13.19	7.06	7.82	5.24
61	11.36	6.40	7.24	5.46
62	12.00	6.26	7.72	5.10
63	12.66	6.59	7.78	6.94
64	12.42	6.85	7.26	5.64
65	11.55	7.36	8.39	6.00
66	10.94	6.34	7.08	5.00
67	11.86	7.42	7.89	5.00
68	12.58	7.20	7.50	5.20
69	11.50	6.34	6.60	4.80
70	12.42	7.14	7.54	5.70
71	13.51	7.32	8.21	5.74
72	12.62	6.74	7.54	6.30
73	14.12	7.55	9.51	6.52
74	12.52	6.64	8.00	5.06
75	12.55	6.41	7.36	5.58
76	12.44	6.18	7.42	4.16
77	13.12	7.70	9.39	7.00
78	12.42	6.96	7.48	5.58
79	12.76	7.30	8.24	5.20
80	13.90	7.73	9.62	6.34
81	12.54	6.56	7.00	5.10
82	12.14	6.76	7.24	5.00
83	10.36	6.45	8.10	5.20
84	12.22	7.64	8.20	5.10
85	12.10	6.40	7.24	5.68
86	12.58	7.00	7.64	5.50
87	12.20	7.18	8.42	5.00
88	11.82	6.36	8.00	6.20
89	11.00	6.64	8.20	5.00
90	12.20	7.30	8.63	5.20
91	12.59	6.31	7.16	5.42
92	13.42	7.28	8.10	5.18
93	10.71	6.59	7.75	5.00
94	12.20	7.48	8.00	5.10
95	11.26	6.21	6.80	5.44
96	12.72	6.52	7.00	4.42
97	12.19	6.94	7.55	5.20
98	11.30	5.57	7.04	5.00

No	Largo	Ancho máx.	Grosor semilla	Ancho min.
99	13.14	7.49	8.34	5.56
100	11.72	6.00	6.88	4.90
	Largo	Ancho máx.	Grosor de semilla	Ancho min.
MAX.	14.72	8.33	9.62	7.40
PROM.	12.57	7.01	7.90	5.63
MIN	10.36	5.57	6.22	4.16

Cuadro A2. Grosor de la cáscara de la semilla de piñón (punto de ruptura).

Semillas	Grosor de cáscara (mm)
1	0,963
2	0,943
3	0,81
4	1,02
5	0,95
6	0,97
7	0,99
8	0,93
9	0,82
10	0,94
11	0,86
12	0,80
13	0,79
14	0,85
15	0,83
16	0,85
17	0,88
18	0,83
19	0,85
20	1,02
promedio	0,8948

Cuadro A3. Evaluaciones realizadas para obtener la eficiencia de la máquina en cuanto al quebrado de la semilla del piñón.

# de pruebas	# de semillas	Nueces enteras	Nueces partidas a la mitad	Nueces quebradas la punta	Nueces partidas en el diámetro mayor	Nueces quebradas a la mitad en forma longitudinal	Semillas enteras
1	10	8	1				1
2	10	10					
3	10	9					1
4	10	7		1			2
5	10	6	2				2
6	10	9					1
7	10	8	1		1		
8	10	8				1	1
9	10	7	2	1			
10	10	9					1
11	10	10					
12	10	7	1	1			1
13	10	8				1	1
14	10	9			1		
15	10	8				1	1
16	10	7					3
17	10	6			1	2	1
18	10	9				1	
19	10	10					
20	10	8				1	1
21	10	7			1	1	1
22	10	9					1
23	10	8			1	1	
24	10	9		1			
25	10	9			1		
26	10	9	1				
27	10	8		1		1	
28	10	7	1	1	1		
29	10	8				1	1
30	10	8	1				1
31	10	9					1
32	10	8				1	1
33	10	7	1	1			1
34	10	8				1	1
35	10	7	1			1	1
36	10	8			1	1	
37	10	9		1			
38	10	8			1	1	

# de pruebas	# de semillas	Nueces enteras	Nueces partidas a la mitad	Nueces quebradas la punta	Nueces partidas en el diámetro mayor	Nueces quebradas a la mitad en forma longitudinal	Semillas enteras
39	10	6	1	1		1	1
40	10	8				1	1
41	10	8				1	1
42	10	7	1	1			1
43	10	8					2
44	10	7	1		1	1	
45	10	8					2
46	10	7	1		1		1
47	10	9					1
48	10	8					2
49	10	7			1		2
50	10	8					2
Totales	500	400	16	10	12	20	42
%	100%	80%	3.20%	2.00%	2.40%	4.00%	8.40%

Fuente: Elaboración propia (evaluaciones).

ANEXO B

DIMENSIONES DE LA SEMILLA DE PIÑÓN.

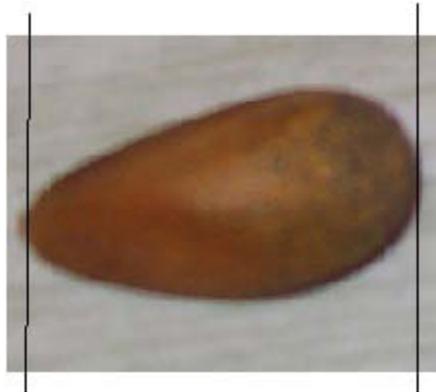


Figura B1.- Largo de la semilla de piñón.

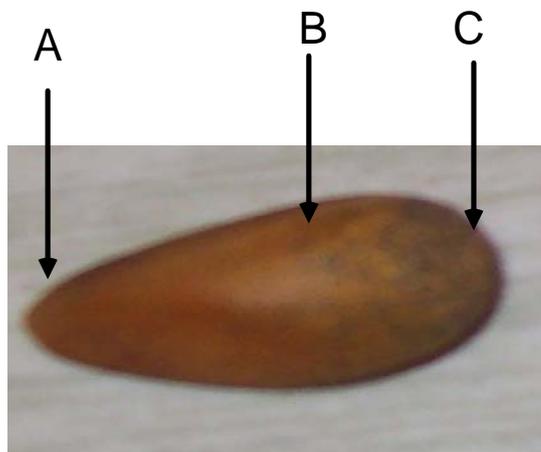


Figura B2 Dimensiones de la semilla de piñón.

- A. Es el ancho mínimo, midiendo la punta de la semilla.
- B. Grosor. Punto donde se rompe la semilla.
- C. Ancho máximo.

Se considera que entra por los rodillos de punta y en el punto B es donde se rompe, siendo esta la parte de la cáscara más delgada de la semilla.

ANEXO C

Básculas utilizadas para pesar los piñones con y sin cáscara.



Figura C1.- Báscula utilizadas para pesar el piñón.

Fotos de piñones contados para pruebas de quiebra.



Figura C2.- Piñones contados para prueba de quiebra.

Piñones quebrados con la máquina elaborada (prototipo).



Figura C3.- Piñones quebrados (Pruebas).

ANEXO D

DIBUJO DE VISTAS DEL PROTOTIPO DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE PIÑONES.

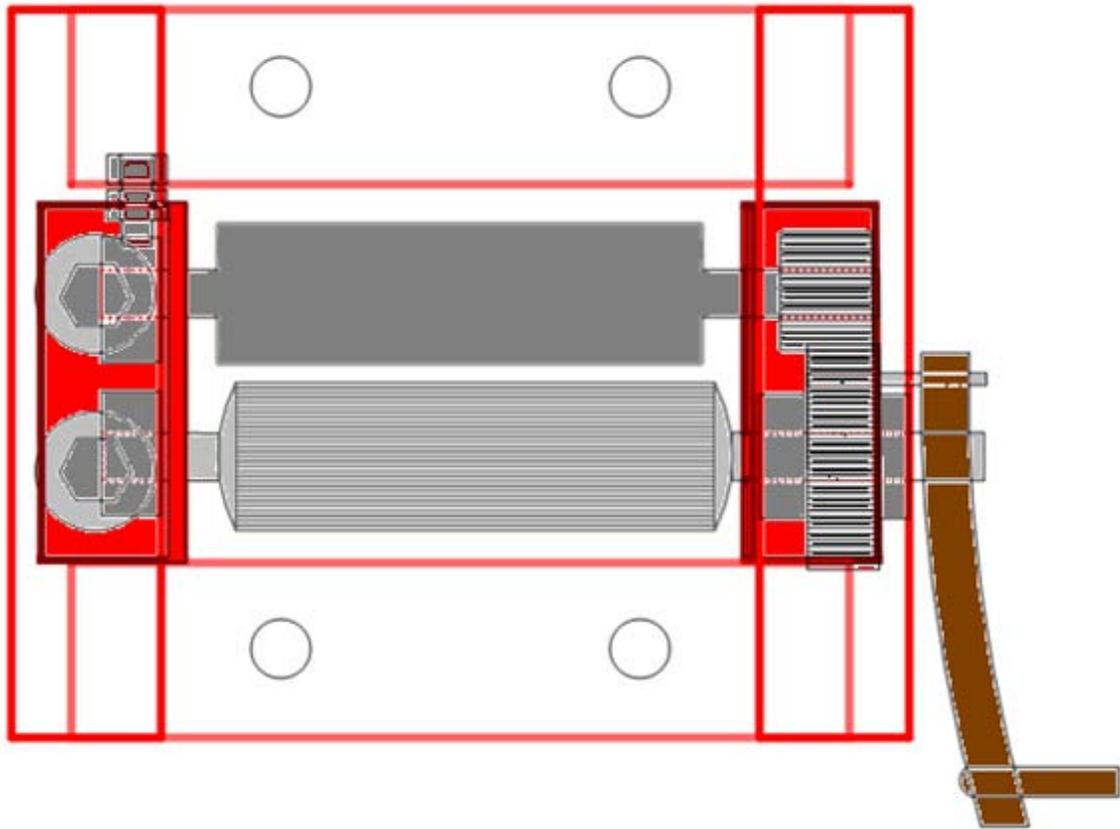


Figura D1. Vista superior de la máquina quebradora de piñón.

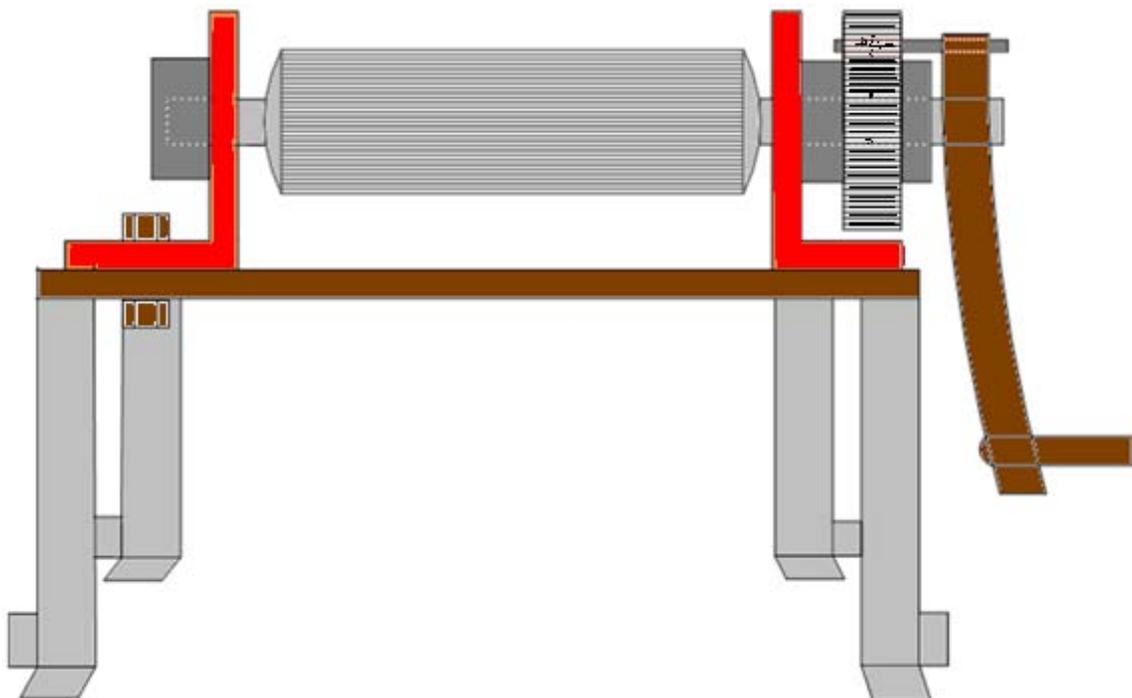


Figura D2. Vista frontal de la máquina.

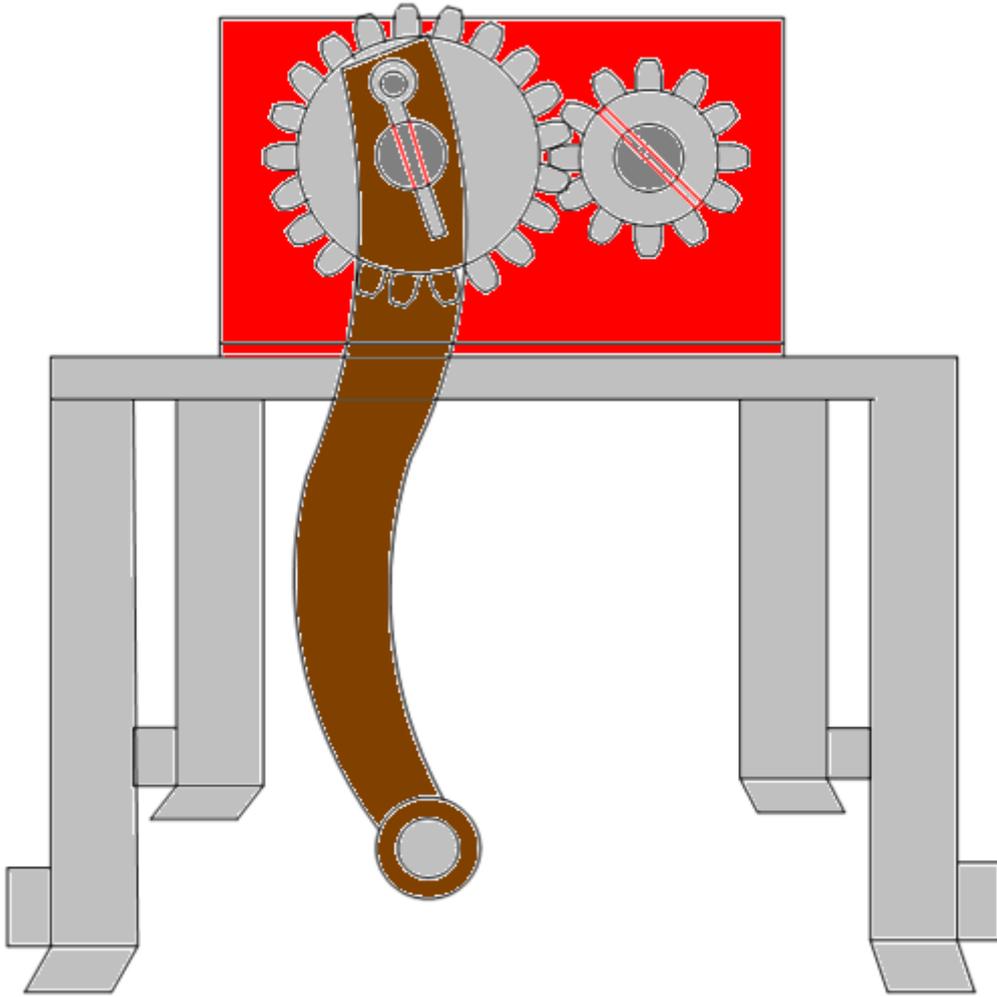


Figura D3. Vista lateral derecha de la máquina sin tolva y cubierta.

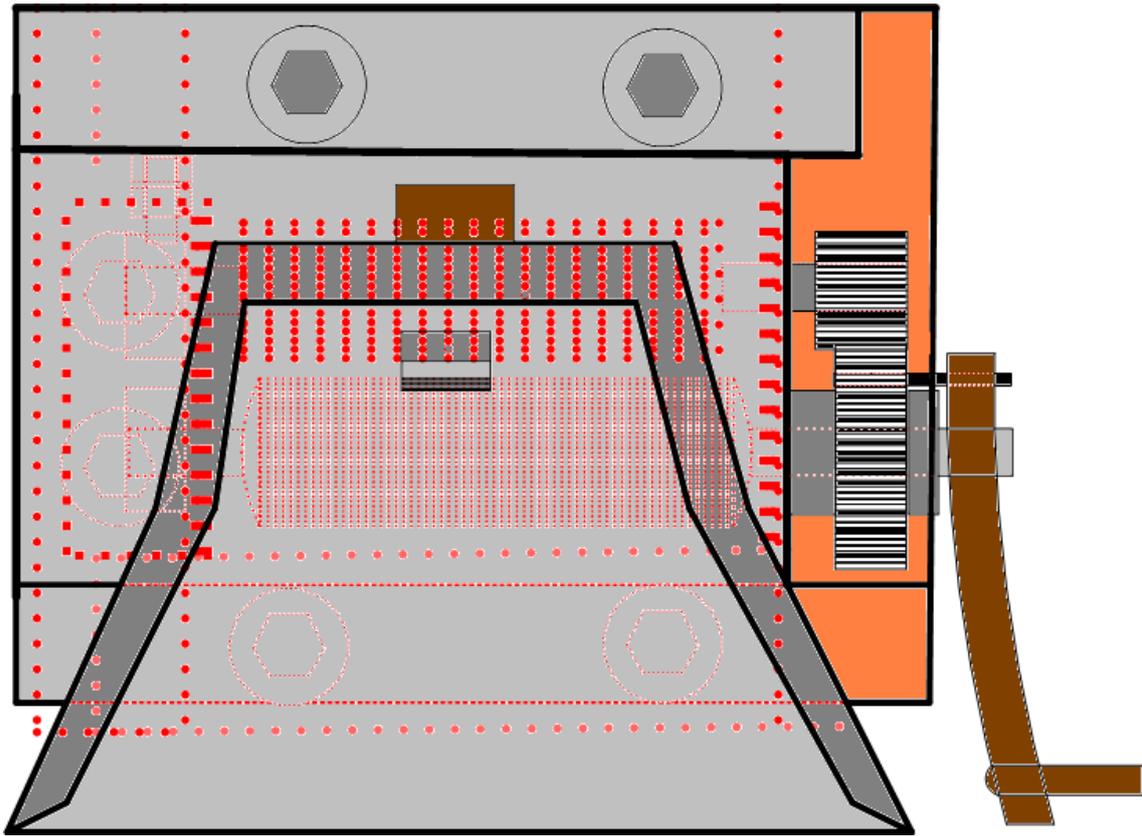


Figura D4. Vista superior de la máquina con la tolva ensamblada

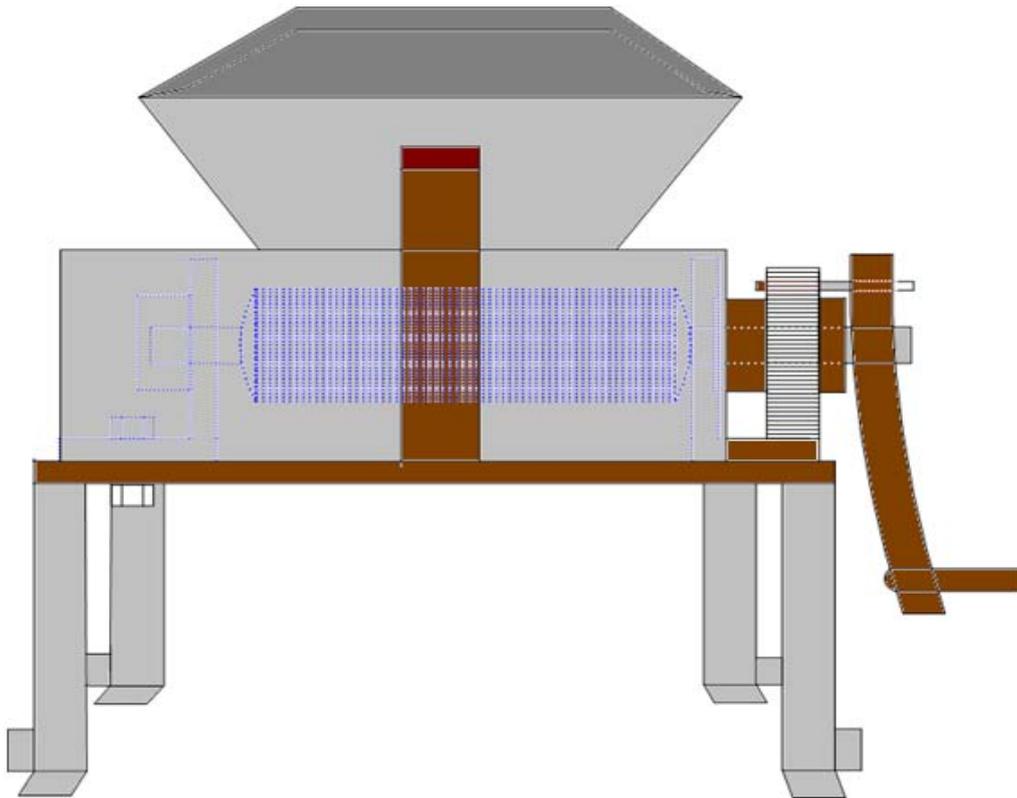


Figura D5. Vista frontal de la máquina, puesta la tolva.

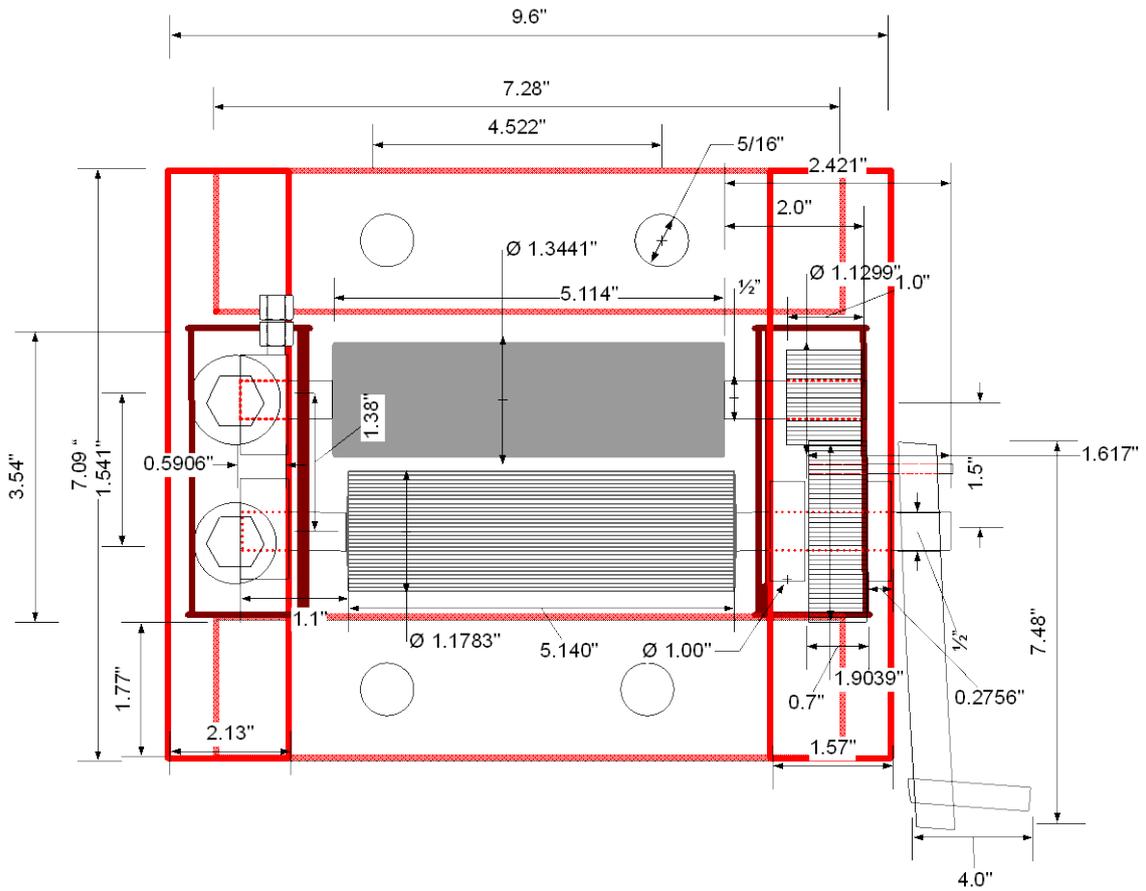


Figura D6. Dimensiones de la máquina quebradora de piñón, Vista superior sin la tova y cubierta.

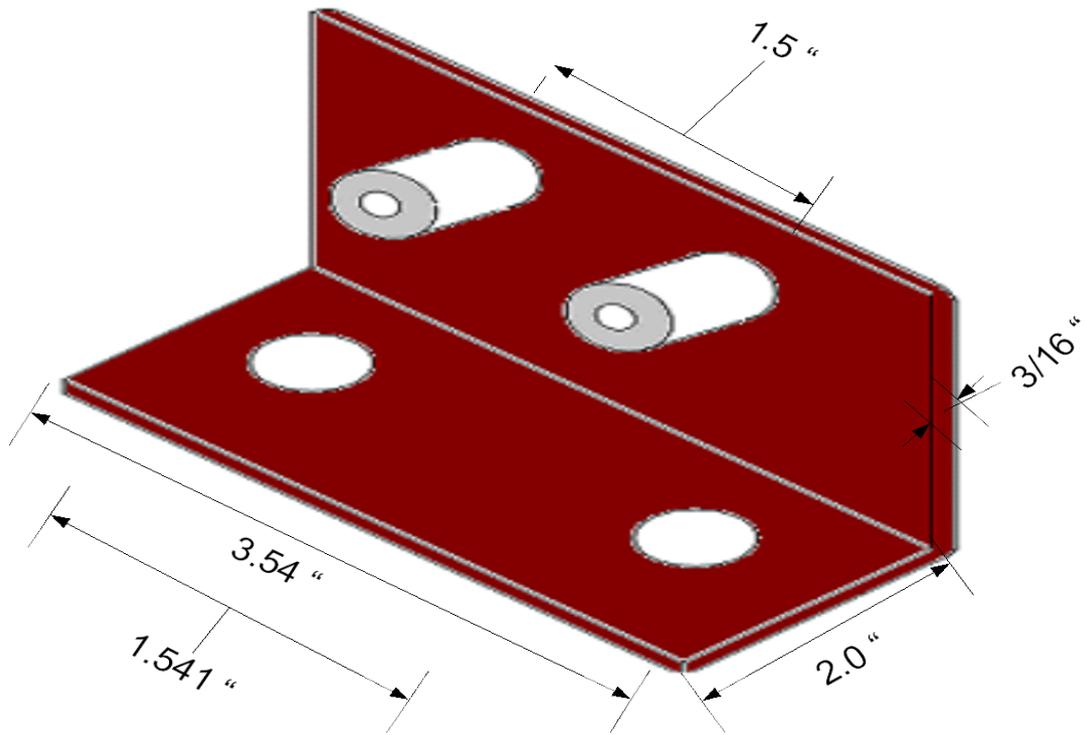


Figura D10. Dimensiones de la base para los rodamientos

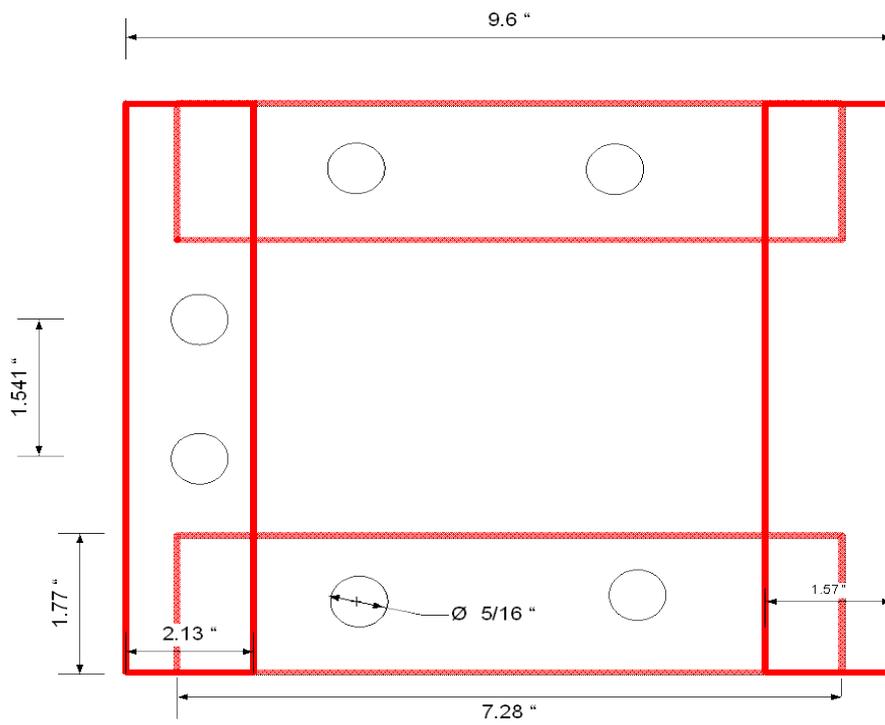


Figura D11. Dimensiones de la base.